

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme

d'Ingénieur en Sciences de la Mer

Option : Biodiversité et Gestion des Ecosystèmes

Thème :

Estimation du carbone bleu dans les herbiers sous-marins de Sidi-Fredj : *Cymodocea nodosa* et *Posidonia oceanica*.

Présenté par :

AOUDJEGHOUT Faiza.

Soutenu le 29 Septembre 2022, devant le jury composé de :

M, OTTMANI H.	Maitre de conférences 'B'	ENSSMAL	Président
M, REFES W.	Professeur	ENSSMAL	Promoteur
M, ZERROUKI M	Maitre-assistant 'A'	ENSSMAL	Co-Promoteur
Mme, KERAGHEL M.	Maitre de conférences 'B'	ENSSMAL	Examinatrice
M, LOURGUIOUI H.	Maitre de conférences 'B'	ENSSMAL	Examineur

Année universitaire : 2021/2022

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



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Hydrobiologie Marine et Continentale
Spécialité : Biodiversité et Gestion des Écosystèmes

Thème :

Estimation du carbone bleu dans les herbiers sous-marins de Sidi-Fredj : *Cymodocea nodosa* et *Posidonia oceanica*.

Présenté par :

AOUDJEGHOUT Faiza

Soutenu le 29 Septembre 2022 devant le jury composé de :

M, OTTMANI H.	Maitre de conférences 'B'	ENSSMAL	Président
M, REFES W.	Professeur	ENSSMAL	Promoteur
M, ZERROUKI M	Maitre-assistant 'A'	ENSSMAL	Co-Promoteur
Mme, KERAGHEL M.	Maitre de conférences 'B'	ENSSMAL	Examinatrice
M, LOURGUIOUI H.	Maitre de conférences 'B'	ENSSMAL	Examineur

Année universitaire : 2021/2022

Remerciement

Après avoir rendu grâce à Dieu le Tout Puissant et le Miséricordieux, je tiens à remercier vivement tous ceux qui, de près et de loin ont participé à la réalisation de ce document.

Je tiens à remercier et à exprimer toute ma reconnaissance à mon promoteur de projet de fin d'étude, Wahid REFES. Je le remercie de m'avoir encadré, orienté et aidé. Je remercie aussi mon Co-encadreur, Mohamed ZERRROUKI de m'avoir guidé au laboratoire et aider dans la rédaction.

Je remercie les membres de jurys monsieur H. OTMANI, madame M. KERAGHEL et monsieur H. LOURGUIOUI pour leurs attentions et leurs remarques instructives.

Je remercie mes très chers parents, qui ont toujours été là pour moi. Leur soutien inconditionnel et leur encouragement ont été de grande aide.

Enfin, je remercie mes sœurs, qui ont été toujours là pour moi, surtout Lynda. Je remercie mes copines et camarades, pour toutes les années qu'on a passées ensemble.

A tous ces intervenants, je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude.

Dédicace

Je dédie le rendement de ces années d'études à mes chers parents de guise de remerciement pour tout l'appui, les encouragements, les sacrifices et l'amour inconditionnel qu'ils m'ont donné.

Je dédie ce travail à mes frères et sœurs pour leurs bienveillances et pour toute la motivation qui ont su semer en moi.

A tous mes amis et camarades qui m'ont donné leur coup de mains pour l'aboutissement de ce travail.

A toute personne ayant contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail.

Faiza.

Table des matières

<i>Remerciement</i>	
<i>Dédicace</i>	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction	8
1. Généralités	11
1.1. Le cycle du carbone	11
1.2. Le système des carbonates dans l'eau de mer	12
1.2.1. Les paramètres influençant le système des carbonates dans l'eau de mer	14
1.3. Définition d'un puits de carbone	16
1.4. Définition du carbone bleu	17
1.5. Description des espèces de <i>Posidonia oceanica</i> et <i>Cymodocea nodosa</i>	17
1.5.1. <i>Posidonia oceanica</i> (Linnaeus) Delile, 1813	17
1.5.2. <i>Cymodocea nodosa</i> (Ucria) Asch.....	18
2. Matériels et méthodes	21
2.1. Description de la zone d'étude	21
2.1.1. Localisation et description géographique.....	21
2.2. Approche méthodologique	23
2.2.1. Collecte des échantillons	23
2.2.2. Les Tests et mesures physico-chimique	24
2.2.3. Les tests statistiques	31
3. Résultats et discussion	34
3.1. Matrice des données collectées.....	34
3.2. Température :.....	34
3.3. Salinité.....	36
3.4. pH	37
3.5. Alcalinité total (AT)	39
3.6. La pression partielle de CO ₂ (pCO ₂).....	41
3.7. Concentration de CO ₂	43
Conclusion	45
Conclusion	46
Références Bibliographiques	48
Annexes	52

Liste des figures :

Figure 1: Diagramme simplifié du cycle global de carbone, montrant les principaux pools de C (gigatonne de dioxyde de carbone (Gt) C) et flux (données de IPCC, 2007).....	12
Figure 2: Variation en fonction du pH des rapports [CO ₂]/CIT et [CO ₃ ²⁻]/CIT en % dans une eau de salinité 35 est à 25°C échange avec l'atmosphère. Le domaine des péages habituel des eaux de mer (7.5 et 8.6) est délimité par des tirets (Jacque et Saugier, 2008).	16
Figure 3: Schéma de <i>Pocedonia oceanica</i> (Boudouresque et al, 2006).....	18
Figure 4: Parties anatomiques de <i>Cymodocea nodosa</i> . Modifié par V. González Ortiz. Gutiérrez, D.G. (2019)	19
Figure 5: Situation géographique de la presqu'île de Sidi-Fredj. A : Détails de la presqu'île. ...	21
Figure 6: La plage Ouest de Sidi-Fredj	22
Figure 7: Localisation des stations de prélèvement dans la presqu'île de Sidi-Fredj.	22
Figure 8: Les flacons des échantillons collectés dans les sorties 1 et 2.	23
Figure 9: Conductimètre de type (WTW 719i).	24
Figure 10: Le pH-mètre (METTLER TOLEDO).....	25
Figure 11: Image du bain thermostaté.....	26
Figure 12: Le titrateur automatique (TitroLine SCHOTT 7000).	27
Figure 13: image du programme CO2SYS.	31
Figure 14: résultats moyens des mesures de température.	35
Figure 15: résultats moyennes de salinité dans les trois stations étudiées.	36
Figure 16: résultats moyens de pH dans les trois milieux étudiés.	38
Figure 17: L'Alcalinité total moyenne pour les trois milieux étudiés.	40
Figure 18: résultats moyennes des mesures de pression partielle des échantillons dans les trois milieux étudiés.	42
Figure 19: La concentration moyenne de CO ₂ dans les trois milieux étudiés.	44

Liste des tableaux

Tableau 1: Les coordonnées géographiques des stations de prélèvements :	23
Tableau 2: Test de répétabilité.....	28
Tableau 3: matrices des résultats physico-chimiques obtenues dans les milieux étudiés.....	34
Tableau 4: Résultats de la mesure de température pour les échantillons des milieux étudiés au laboratoire.	35
Tableau 5: comparaison des moyennes deux à deux avec le test de Student à un risque de 5%. 36	36
Tableau 6: Résultats de la mesure de salinité dans les milieux étudiés.....	36
Tableau 7: Comparaison des moyennes deux à deux avec le test de Student à un risque de 5%.	37
Tableau 8: Résultats des calculs de pH dans les milieux étudiés.	38
Tableau 9: Comparaison des moyennes deux à deux avec le test de Student à un risque de 5%.	39
Tableau 10: Résultats des calculs de l'alcalinité totale dans les milieux étudiés.	39
Tableau 11: Comparaison des moyennes des valeurs de l'alcalinité total des trois stations, deux à deux avec le test de Student à un risque de 5%.....	40
Tableau 12: Résultats des calculs de la pression partielle de CO ₂ dans les milieux étudiés.	41
Tableau 13: Comparaison des moyennes de la pression partielle de CO ₂ deux à deux avec le test de Student à un risque de 5%.	43
Tableau 14: Les résultats des calculs de la concentration de CO ₂	43
Tableau 15: Comparaison des moyennes de la concentration de CO ₂ deux à deux, avec le test de Student à un risque de 5%.....	44
Tableau 16: données brutes des mesures des paramètres Hydrologiques des échantillons prélevés.	52
Tableau 17: les données brutes pour la mesure des paramètres du système des carbonates des échantillons prélevés.	53

Introduction

Introduction

Les émissions de gaz carboniques (CO₂), ont considérablement augmenté depuis l'ère industrielle, ce qui a pour effet d'augmenter la concentration de gaz à effets de serre dans l'atmosphère en déséquilibrant le cycle du carbone en aggravant l'effet de serre et les changements climatiques.

Les mers et les océans jouent un rôle très important dans le maintien de l'équilibre du cycle de carbone et de l'absorption de grande quantité de gaz carbonique. Selon les Nations Unies et par le biais de leur Évaluation mondiale des océans en 2021 (Nations Unies, 2021), l'augmentation des concentrations de CO₂ dans l'atmosphère a un effet direct sur la chimie de l'océan compte tenu de l'absorption océanique de CO₂. L'océan a absorbé environ 30 % de toutes les émissions de CO₂ entre 1870 et 2015 (Le Quéré et al., 2016; Gruber et al., 2019), cette augmentation de la concentration de CO₂ dans l'eau fait baisser son pH par la formation d'acide carbonique. L'acidification menace la survie de plusieurs espèces marines et menace, par le fait même, l'équilibre des réseaux trophiques et des écosystèmes marins.

Le Programme des Nations Unies pour l'environnement dans son rapport d'avril 2021 (PNUE, 2021), nous recommande de « Faire la paix avec la nature », « La restauration des écosystèmes peut simultanément atténuer le changement climatique, ralentir et inverser le déclin de la biodiversité et augmenter les avantages que les gens tirent de la nature ».

D'après l'Évaluation des Nations Unies on voit bien que les océans se dégradent de plus en plus et nous rapprochant de la perte de la structure, de la fonction et des avantages des systèmes marins de la Terre. Parmi les systèmes marins qui jouent un rôle majeur dans la séquestration du carbone à court ou à long terme, ce sont les puits de carbones bleus. Les écosystèmes de carbone bleu comprennent les herbiers marins, les marais littoraux et les mangroves. Selon (Macreadie et al, 2019), les écosystèmes d'herbiers marins ont une plus grande capacité à séquestrer le carbone que les écosystèmes terrestres.

Le bassin Algérien est en train de subir de fortes pressions anthropiques, et cela à cause de la forte urbanisation de ces côtes et la concentration des activités industrielles, donc de grandes émissions carboniques s'y accumulent. Ces pressions affectent les écosystèmes marins et menacent de détruire leur équilibre en particulier les écosystèmes de carbone bleu.

Dans notre présent travail, et pour la première en Algérie, on va essayer de déterminer si les herbiers à *Posidonea oceanica* et *Cymodocea nodosa* dans la plage Ouest de Sidi-Fredj, sont des puits de carbone bleu, et lequel d'entre eux stocke plus de carbone. Ce travail va nous aider à

mieux connaître ces écosystèmes et à déterminer le taux de la séquestration de carbone bleu, par le biais de la pression partielle de CO₂ et l'alcalinité totale.

Selon (**Jacques et Saugier, 2008**), plusieurs méthodes permettent de mesurer le carbone dans l'océan : soit une des formes inorganique (pression partielle du CO₂ ; CO₂ anthropogénique ; carbone inorganique totale ; alcalinité totale) et des formes organique (carbone organique, la production primaire).

Dans la présente étude, notre travail s'attèlera uniquement à mesurer la pression partielle du CO₂ et l'alcalinité totale en s'articulant autour de trois parties :

- Les généralités sur le carbone et le système des carbonates
- Les explications sur la méthodologie employée au sens des prélèvements sur le terrain, et des mesures et calculs réalisés.
- La présentation et la diffusion des résultats obtenus au sens de la période de prélèvement en les comparants avec les données de la littérature.

Généralités

1. Généralités

Le carbone joue un rôle important dans la chimie de l'eau de mer à divers titres (**Roy-Barman, 2011**) :

- C'est le principal constituant de la matière organique.
- Les différentes formes de carbone inorganique dissous déterminent le pH de l'eau de mer.

Sur terre, le carbone circule d'un réservoir à l'autre à des vitesses et sous des formes diverses, certains compartiments constituant des réserves plus ou moins importantes, plus ou moins durables, plus ou moins accessibles.

1.1. Le cycle du carbone

Le cycle du carbone (**Figure 1**) est l'ensemble des échanges du carbone sur Terre. Ces échanges ont lieu entre les différents réservoirs de stockage du carbone : la lithosphère (le sol), l'hydrosphère (l'ensemble des océans, mers, lacs et cours d'eau), la biosphère (la faune et la flore) et l'atmosphère. Ces réservoirs étant liés par leurs interactions, une augmentation ou une diminution du carbone dans l'un d'eux provoque une augmentation ou une diminution du carbone ailleurs. Le cycle du carbone contrôle et stabilise la concentration de CO₂ de l'atmosphère, agissant ainsi comme un thermostat global.

C'est l'expression servant à désigner les flux de carbone (sous forme de dioxyde de carbone, de composant de la biomasse, de carbonates et bicarbonates océaniques, etc.) dans l'atmosphère, l'hydrosphère, la biosphère terrestre et marine et la lithosphère (**GIEC, 2018**).

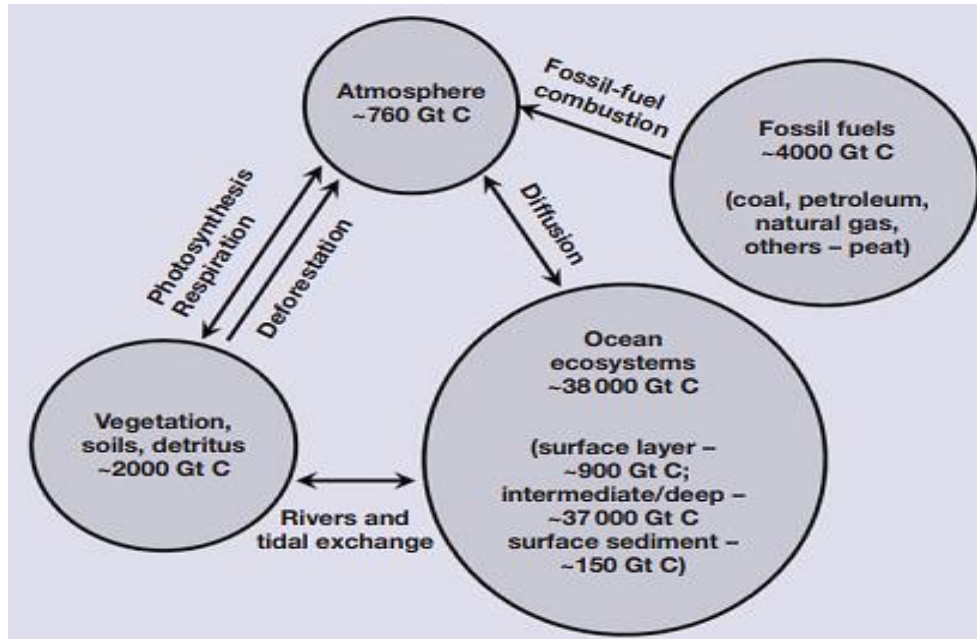


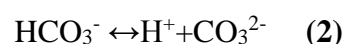
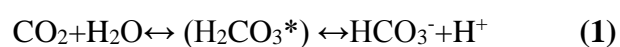
Figure 1: Diagramme simplifié du cycle global de carbone, montrant les principaux pools de C (gigatonne de dioxyde de carbone (Gt) C) et flux (données de IPCC, 2007)

Le CO₂ atmosphérique est échangé à la surface de l’océan à travers l’interface air-mer. Ce flux d’échange, est dû à la différence de pression partielle de CO₂ entre l’eau et la mer. Dans l’océan le carbone est disponible principalement sous forme de carbone inorganique dissous (acide carbonique, carbonates et bicarbonates). En outre, l’océan contient également du carbone organique dissous (**Hansell, 2009**).

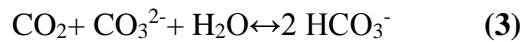
La solubilité du CO₂ dans l’eau de mer augmentent quand la température diminue : on parle de « pompe thermodynamique ». A l’effet de la température s’ajoute celui de l’activité biologique : la photosynthèse transforme le CO₂ dissous en carbone organique particulaire, qui est rapidement isolé de l’atmosphère par sa chute vers les eaux profondes. On parle alors de « pompe biologique ». Enfin, la contre pompe des carbonates, qui correspond à la formation de CaCO₃, tempère légèrement la pompe biologique (**Roy-Barman, 2011**).

1.2. Le système des carbonates dans l’eau de mer

Dans l’océan, le carbone se présente sous trois formes minérales dissoutes : le dioxyde de carbone (CO₂), le bicarbonate (HCO₃⁻) et le carbonate (CO₃²⁻). Ces espèces sont en équilibre (**Jacque et Saugier, 2008**).



(* La présence d'acide carbonique H_2CO_3 dans les océans reste à démontrer) ce qui se réduit à la réaction d'équilibre :

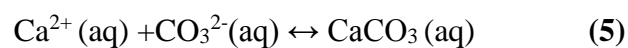
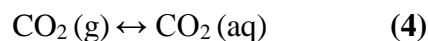


Contrairement aux vitesses d'échange entre gaz et liquide, de l'ordre de quelques jours, les cinétiques des réactions entre espèces dissoutes sont à l'échelle du centième de seconde. Toute modification de la concentration d'une de ces espèces déplace les équilibres et modifie l'abondance des autres formes. Ainsi quand la teneur en CO_2 dissous augmente, l'abondance de bicarbonate HCO_3^- s'élève, tandis que celle du carbonate CO_3^{2-} diminue (déplacement de l'équilibre vers la droite dans la dernière équation). La variation de la concentration des ions carbonate et d'ailleurs la principale cause de variation du pH de l'eau de mer (**Jacque et Saugier, 2008**).

Le système des carbonates est très important ; car il régule le pH de l'eau de mer et contrôle la circulation du CO_2 entre la biosphère, la lithosphère, l'atmosphère et les océans (Millero, 2013)

Lorsque le CO_2 rentre en contact avec l'eau de mer ; l'équilibre se produit selon les équations précédentes (Millero, 2013). Les espèces majoritaires sont les bicarbonates (HCO_3^-) et les carbonates (CO_3^{2-}) qui représente respectivement 90% et 9% du carbone inorganique dans l'océan (Millero, 2013).

La constante de dissociation stœchiométrique pour la première ionisation est définie par (Millero, 2013)



$$K_1^* = [\text{H}^+]_T \times [\text{HCO}_3^-]_T / [\text{CO}_2^*] \quad (6)$$

$$K_2^* = [\text{H}^+]_T \times [\text{HCO}_3^-]_T / [\text{HCO}_3^-] \quad (7)$$

Où : $[\text{CO}_2^*] = [\text{CO}_2] + [\text{H}_2\text{CO}_3]$

➤ T : correspond aux concentrations totales.

1.2.1. Les paramètres influençant le système des carbonates dans l'eau de mer

➤ Le pH

La plupart des océans ont des valeurs de pH entre 7,6 et 8,3 (Millero, 2013). Ce pH varie en fonction de la température, la proportion des ions carbonate et du CO₂ dissous : à température égale, une eau de mer prélevée en surface et appauvrie en CO₂ par la photosynthèse est un peu moins acide qu'une autre prélevée en profondeur (Roy-Barman, 2011), ceci est dû à la dissolution de CaCO₃ dans les eaux profondes (Millero, 2013).

La mesure classique du pH repose sur une détermination potentiométrique. Le système de mesure électrode de référence plongé dans une solution standard S à potentiel connu une électrode indicatrice réagissant aux protons dans une solution inconnue X.

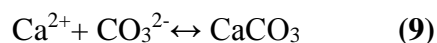
Le pH est défini par l'expression suivante (Dickson, 2007) :

$$\text{pH (X)} = \text{pH (S)} + \frac{E(S) - E(X)}{RT \ln 10 / F} \quad (8)$$

Avec : R = 8,3143 J.K⁻¹.mol⁻¹ (constante thermodynamique) ; T(k) = t (°C) + 273.15 (Température thermodynamique) ; F = 96487 C.mol⁻¹ (valeur de Faraday).

➤ Les carbonates de calcium (CaCO₃)

Les ions carbonates participent à la formation d'un minéral, le carbonate de calcium, selon l'équation :



Lors de sa formation le carbonate de calcium précipite généralement dans une des deux formes cristallines majeures ; l'aragonite (orthorhombique) où la calcite (rhomboédrique).

La solubilité du CaCO₃ dans ses deux formes principales (la calcite et l'aragonite), est nécessaire pour étudier le système des carbonates. Le produit de solubilité stœchiométrique est donné par (Millero, 2013) :

$$K_{ps} = [\text{Ca}^{2+}] \cdot [\text{CO}_3^{2-}] \quad (10)$$

K_{ps} : Constante de solubilité des carbonates de calcium.

L'aragonite est moins stable et plus soluble que la calcite dans les conditions normales (Pilson, 2013). La solubilité de ces deux minéraux est différente dans l'eau de mer. Elle est exprimée par la relation suivante (Pilson, 2013) :

$$K_{ps}(\text{Aragonite}) = 1.78K_{ps}(\text{Calcite}) \quad (11)$$

Les valeurs de K_{ps} sont considérablement sensibles aux variations de la salinité. Une augmentation de la pression fait augmenter le K_{ps} et cet effet est plus prononcée à de basses températures (**Pilson, 2013**).

Le degré de saturation de CaCO_3 diminue avec l'augmentation de la pression (profondeur), avec la décroissance de la température, du pH et la concentration des carbonates (**Copin-Montégut, 1996**)

➤ **Alcalinité totale : AT**

L'alcalinité est la concentration en charges négatives susceptibles de neutraliser H^+ . Elle se calcule en faisant la somme algébrique des charges d'acides et de bases faibles pouvant neutraliser H^+ (**Roy-Barman, 2011**).

L'alcalinité totale est donnée par (**Dickson, 2007**) :

$$\begin{aligned} \text{AT} = & [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{B}(\text{OH})_4^-] + [\text{OH}^-] + [\text{HPO}_4^{2-}] + 2[\text{PO}_4^{3-}] + [\text{SiO}(\text{OH})_3^-] \\ & + [\text{NH}_3] + [\text{HS}^-] + \dots - [\text{H}^+]_{\text{F}} - [\text{HSO}_4^-] - [\text{HF}] - [\text{H}_3\text{PO}_4] - \dots \end{aligned} \quad (12)$$

Plus de 95% de l'alcalinité totale est représentée par les carbonates. Leur contribution est définie comme l'alcalinité des carbonates selon l'équation suivante (**williams, 2011**) :

$$[\text{AC}] = 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-] \quad (13)$$

➤ **La pression partielle de CO_2 : $p\text{CO}_2$**

Contrairement à l'atmosphère, il n'existe pas autant de données historique de $p\text{CO}_2$ dans les eaux de surfaces océanique. Néanmoins, les mesures répétitives ces 20 dernières années ont donné un aperçu sur le changement du $p\text{CO}_2$ dans les eaux de surfaces (**Millero, 2013**).

Les changements du $p\text{CO}_2$ dans les eaux de surfaces peuvent être causés par (**Millero, 2013**) :

- la photosynthèse ;
- la dissolution et la formation du CaCO_3 ;
- l'oxydation de la matière organique ;
- l'augmentation du CO_2 dans l'atmosphère par la combustion des fossiles ;

Quand les eaux de surfaces se réchauffent ou se refroidissent, la $p\text{CO}_2$ est fortement affectée (**Pilson, 2013**), la $p\text{CO}_2$ diminue en hiver et augmente en été (**Millero, 2013**). Cet effet est très important dans les échanges du CO_2 entre l'atmosphère et la mer. La sensibilité de cette relation est tellement forte que de petites erreurs de mesures de la température de surface peuvent affecter significativement le calcul des flux de ou vers l'océan (**Pilson, 2013**)

La somme des espèces de carbonates dissous est notée : carbone total dissous TCO_2 (Zeebe, 2012).

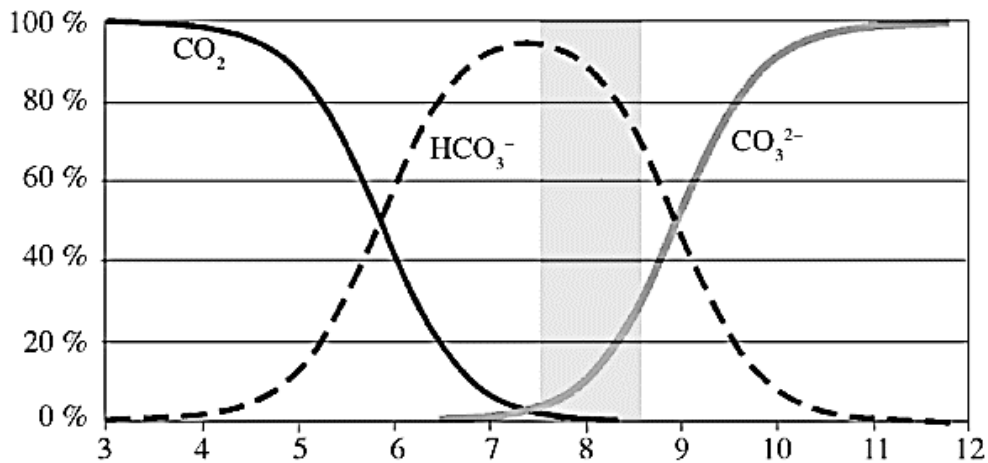


Figure 2: Variation en fonction du pH des rapports $[\text{CO}_2]/\text{CIT}$ et $[\text{CO}_3^{2-}]/\text{CIT}$ en % dans une eau de salinité 35 est à 25°C échange avec l'atmosphère. Le domaine des péages habituel des eaux de mer (7.5 et 8.6) est délimité par des tirets (Jacque et Saugier, 2008).

Le TCO_2 et l'alcalinité total sont des éléments conservateurs, leurs concentrations sont insensibles aux variations de pression ou de température. Par conséquent ce sont les traceurs préférés dans les modèles numériques du cycle de carbone dans l'océan (Zeebe, 2012).

1.3. Définition d'un puits de carbone

Par opposition à une source, un puits de carbone se définit comme un réservoir de carbone (un océan ou un écosystème par exemple) qui, pendant une période donnée, absorbe globalement plus de carbone qu'il n'en rejette (Locatelli, 2002).

Les deux grandeurs physiques associées sont les stocks, qui caractérisent les réservoirs et les flux de carbone. Les puits sont définis par des stocks croissants ou des flux positifs de l'atmosphère vers la biosphère (Locatelli, 2002).

À propos des écosystèmes continentaux, le terme de puits de carbone peut caractériser un objet physique à des échelles différentes, depuis la parcelle forestière jusqu'à la biosphère globale (Locatelli, 2002).

Deux catégories de puits peuvent être distinguées en fonction de l'influence anthropique. Par opposition aux puits gérés, un puits naturel est un écosystème qui augmente son stock de carbone sans intervention directe de l'homme (néanmoins avec des influences indirectes des activités

humaines, comme par exemple la fertilisation par l'augmentation du CO₂ atmosphérique) (Locatelli, 2002).

Sans intervention humaine, une forêt ou une plantation absorbe du carbone pendant sa croissance : c'est un puits. Ensuite, lorsqu'elle arrive à maturité, on considère généralement qu'elle est à peu près à l'équilibre. Elle prélève à peu près autant de carbone qu'elle en émet dans l'atmosphère : le puits est dit faible ou inactif (Locatelli, 2002).

1.4. Définition du carbone bleu

Le « carbone bleu » est le carbone organique qui, provenant principalement des feuilles de plantes, du bois, des racines et des animaux en décomposition, est capturé et stocké par les écosystèmes océaniques et côtiers. Les écosystèmes de carbone bleu comprennent les herbiers marins, les marais salés et les mangroves. Formant une étroite bande qui borde les côtes, ils sont très productifs, jouant un important rôle écologique dans le cycle des nutriments et du carbone, en tant qu'aires de reproduction et habitats pour un large éventail d'espèces marines et terrestres, dans la protection du littoral et dans le maintien de l'existence et du bien-être des communautés locales. (UNESCO, 2021).

1.5. Description des espèces de *Posidonia oceanica* et *Cymodocea nodosa*

1.5.1. *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile, 1813

a. Taxonomie (World Register of Marine species)

- Règne : Plantae
- Sous-règne : Viridiplantae
- Infra-règne : Streptophyta
- Phylum : Tracheophyta
- Sous-phylum : Spermatophytina
- Classe : Magnoliopsida
- Super-ordre : Lilianae
- Ordre : Alismatales
- Famille : Posidonia
- Genre : *Posidonia*
- Espèce : *Posidonia oceanica*

b. Description

- Feuille verte foncé, linéaire, large (de 7 à 11mm), longues jusqu'à 140 cm, parcourues par 13 à 17 nervures longitudinales, et à sommet carré ou légèrement arrondi ; faisceaux de 5 à 8 feuilles ; rhizomes bruns, épais (de 1 à 2 cm), ligneux, très développés, horizontalement et verticalement (souvent sur plusieurs mètres) en un réseau compact colmaté par les sédiments et que l'on nomme «matte» (**Boudouresque et al, 2006**).
- Toute l'année ; en automne, les feuilles, mortes, de couleur brune, sont rejetées massivement sur le rivage, ou elles s'accumulent en dépôts parfois très importants appelés « banquettes » ; peuplement denses « herbiers » sur substrats rocheux ou meubles, de la surface, jusqu'à 30 à 35 m de profondeur (**Boudouresque et al, 2006**).
- Endémique de la méditerranée (**Boudouresque et al, 2006**).

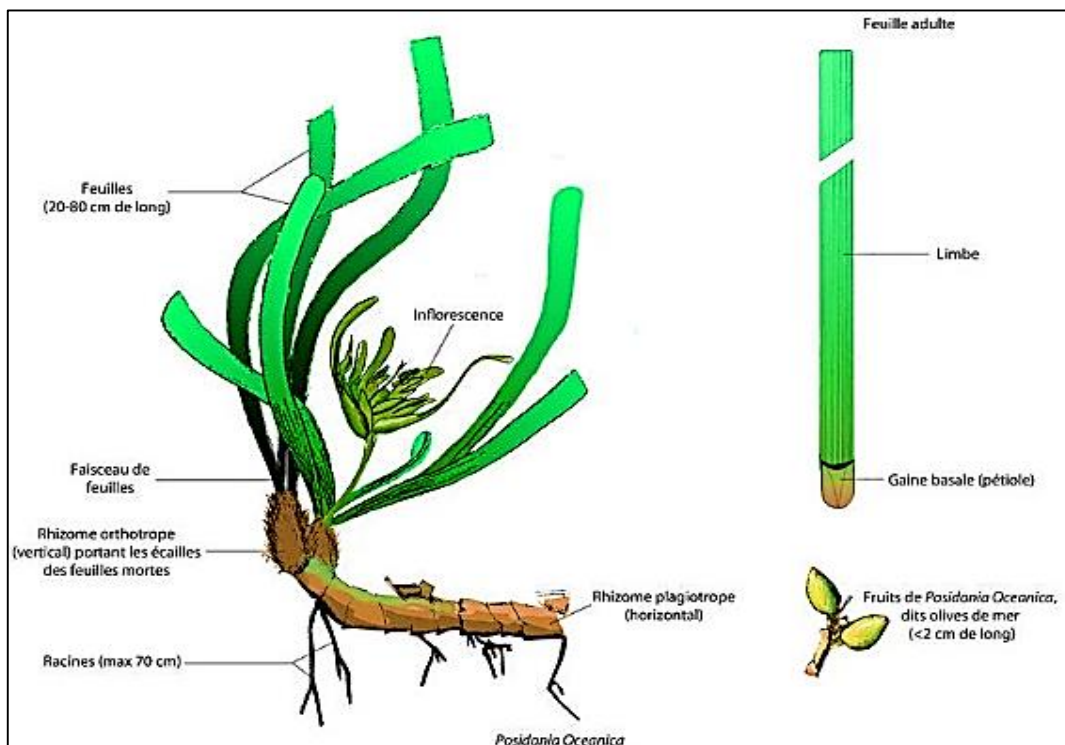


Figure 3: Schéma de *Posidonia oceanica* (**Boudouresque et al, 2006**).

1.5.2. *Cymodocea nodosa* (Ucria) Asch.

a. Taxonomies (World Register of Marine species):

- Règne : Plantae
- Sous-règne : Viridiplantae
- Infra-règne : Streptophyta
- Phylum : Tracheophyta
- Sous-phylum : Spermatophytina
- Classe : Magnoliopsida

- Super-ordre : Liliales
- Ordre : Alismatales
- Famille : Cymodoceaceae
- Genre : *Cymodocea*
- Espèce : *Cymodocea nodosa*

b. Description

- Feuilles vert clair, linéaire étroite (de 3 à 4 mm) allongées (de 15 à 40 cm) à apex obtus finement denticulé à la marge ; de 7 à 9 nervures longitudinales ; rhizomes minces (quelques millimètres de diamètre), souvent annelés à intervalles réguliers (Boudouresque, 2006).
- Toute l'année ; pelouse sur substrats sableux dans les stations bien éclairées et abritées, entre 0.5 m et 10 m de profondeur ; lagunes littorales ; souvent associée avec *Caulerpa prolifera* et *Zostera noltii* (Boudouresque, 2006).
- De l'Atlantique nord est (du sud de l'Espagne au tropique du Cancer), Méditerranée (Boudouresque, 2006).

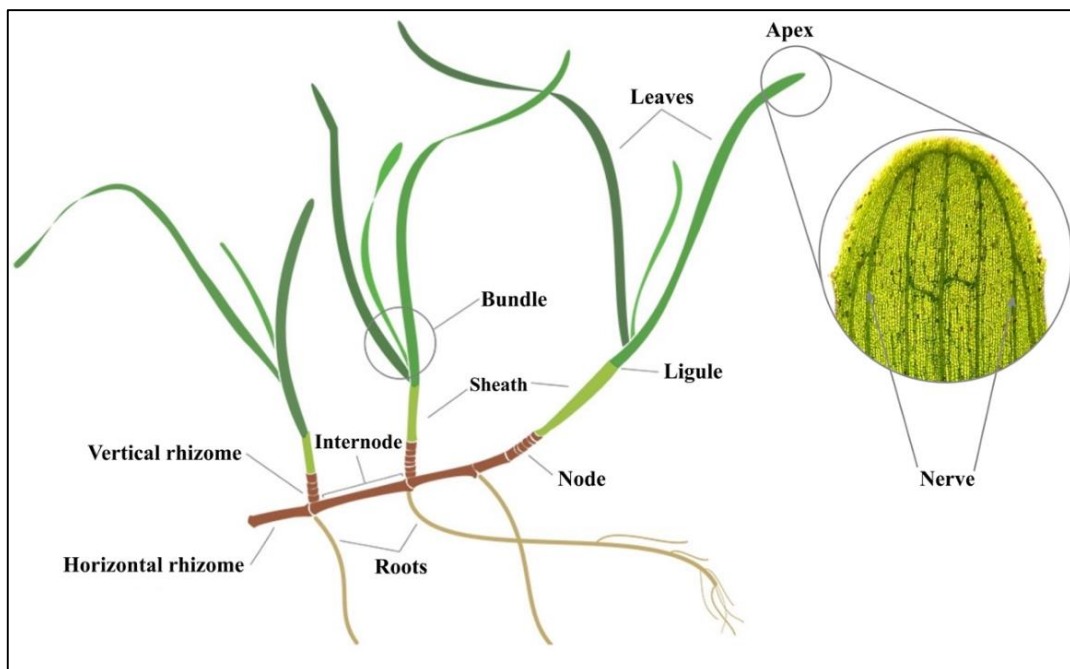


Figure 4: Parties anatomiques de *Cymodocea nodosa*. Modifié par V. González Ortiz. Gutiérrez, D.G. (2019).

Matériels Et Méthodes

2. Matériels et méthodes

2.1. Description de la zone d'étude

2.1.1. Localisation et description géographique

2.1.1.1. La presqu'île de Sidi Fredj

La presqu'île de Sidi Fredj (**Figure 5**) se situe dans la baie de Bou Ismail, à une trentaine de kilomètres d'Alger. Elle est constituée d'un éperon d'environ 1km de long. À l'est, la pointe du marabout est doublée vers le large par un chapelet d'îlot vers l'Ouest ; les îles du grand rocher du milieu prolongeant la pointe de Saint Janvier (De Giovanni, 1973).

Du point de vue administratif, elle appartient à la commune de Staouali, daïra de Zeralda et Wilaya d'Alger. Elle se situe entre 2°50'48'' Est de longitude et 36°45'17'' Nord de latitude jusqu'à 2°50'41'' Est de longitude et 36°45'06'' Nord de latitude. L'anse Est de Sidi Fredj est une zone relativement battue par la houle de Nord Est. Avant la construction du port de plaisance, un herbier de zostéracées et posidonies occupaient cette zone (De Giovanni, 1973).

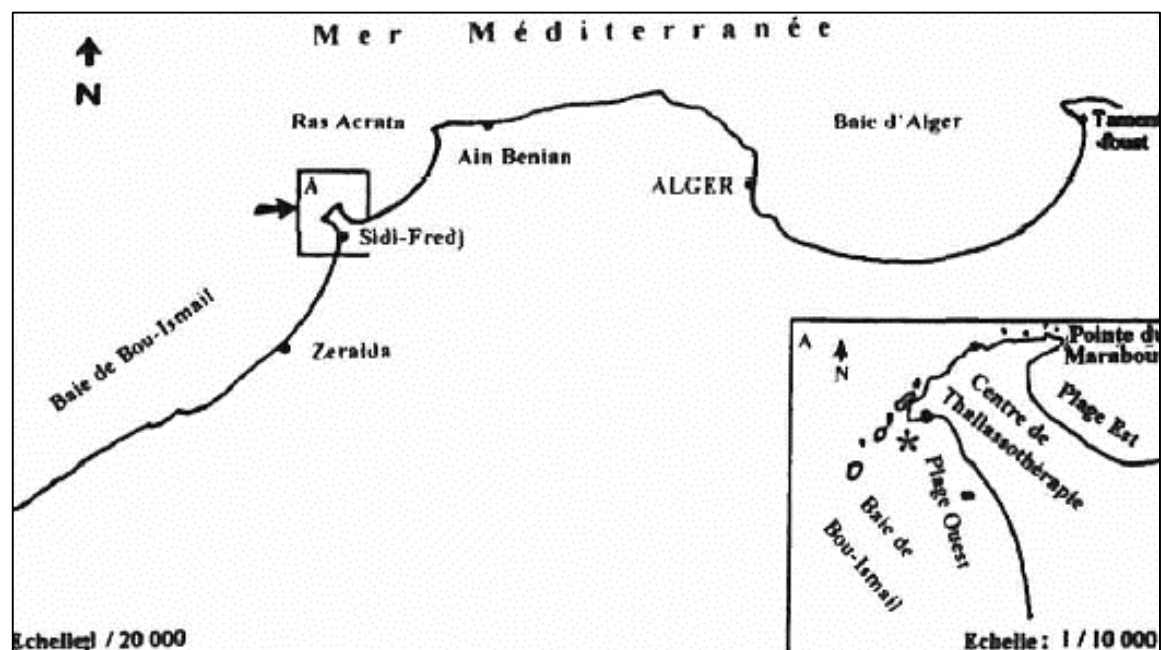


Figure 5: Situation géographique de la presqu'île de Sidi-Fredj. A : Détails de la presqu'île (Mezali, 1998).

2.1.1.2. Plage Ouest de Sidi Fredj

La plage Ouest, est délimitée par la digue du centre de thalassothérapie et au Sud par la digue du centre de repos de l'ANP (Armée National Populaire), cette plage est bordée par plusieurs habitations, certaines de ces habitants rejettent leurs eaux usées sur la plage. Cette plage est très fréquentée durant la période estivale.



Figure 6: La plage Ouest de Sidi-Fredj

2.1.1.3. Localisation des stations de prélèvements

On a présenté ci-dessous (**Figure 7**) la localisation des stations étudiées à la plage Ouest de Sidi-Fredj:



Figure 7: Localisation des stations de prélèvement dans la presqu'île de Sidi-Fredj.

Tableau 1: Les coordonnées géographiques des stations de prélèvements :

Stations	Latitude	Longitudes
1	36°45'32.54"N	2°50'29.51"E
2	36°45'36.15"N	2°50'26.57"E
3	36°45'27.21"N	2°50'18.23"E

2.2. Approche méthodologique

2.2.1. Collecte des échantillons

On a effectué 2 sorties à Sidi-Fredj le 21 et 28 février (Hiver) de l'année 2022, pour la collecte des échantillons.

- Sortie du 21 février 2022 : ciel partiellement nuageux, vents et température de 14°C.
- 28 février 2022 : ciel partiellement nuageux, temps calme et température de 13°C

On a effectué des prélèvements d'eau près des herbiers à *Posidonia oceanica*, la *Cymodocea nodosa* et dans la colonne d'eau, par des plongées sous-marines, en utilisant des flacons de 100ml (**Figure 8**) stérilisés puis fixés par 20µl du chlorure de mercure HgCl₂ en utilisant une micropipette.

On a utilisé deux flacons pour les stations **1** et **2** et un seul flacon pour la station **3**.

Les flacons ont été fermés soigneusement pour s'assurer qu'ils resteront sans échanges de gaz. Les échantillons ont été conservés au frais jusqu'au moment de la mesure.

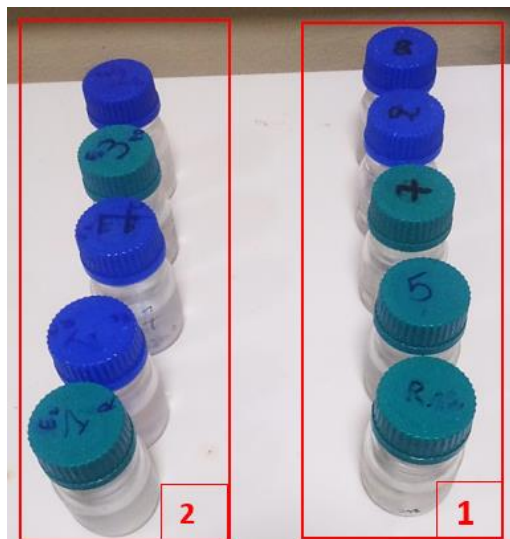


Figure 8: Les flacons des échantillons collectés dans les sorties 1 et 2.

Les prélèvements ont été effectués dans trois stations différentes 1,2 et 3 :

1. Herbiers à *Posidonia oceanica*.
2. Herbiers à *Cymodocea nodosa*.
3. La colonne d'eau.

2.2.2. Les Tests et mesures physico-chimiques

Les tests ont été effectués après que les échantillons ont été fixés par 20 μ l de chlorure de mercure et par la suite mis aux frais. Les paramètres ont été mesurés en température ambiante du laboratoire.

2.2.2.1. Température et salinité

c. Température

La mesure de la température est faite pendant la mesure de chacun des paramètres physico-chimiques puisqu'ils n'ont pas été réalisés dans le même jour.

On n'a pas pu garder la même température pendant les tests, à cause du bain thermostaté endommagé, donc il y a eu des variations de températures.

Pour cela on a procédé à calculer la moyenne des températures mesurées pour chacun des échantillons et on a entré les valeurs trouvées dans le programme (CO2SYS) afin de calculer la pression partielle et la concentration de CO₂ dans les milieux étudiés.

a. Salinité :

La salinité a été mesurée au laboratoire à l'aide d'un conductimètre de terrain de type (WTW 719i) (**Figure 9**). Il faut rincer l'électrode du conductimètre après chaque mesure, avec de l'eau distillée ou avec l'eau de l'échantillon à mesurer prochainement.



Figure 9: Conductimètre de type (WTW 719i).

2.2.2.2. pH

La méthode de mesure de pH est celle de Dickson (**Dickson, 2007**)

Pour mesurer le pH de chaque échantillon, on a utilisé le pH-mètre (METTLER TOLEDO), (**Figure 10**), on a mesuré la différence de potentielle du TRIS et de chaque échantillon. En utilisant la formule suivante on a calculé le pH(x) (**Dickson, 2007**):

$$\text{pH}(x) = \text{pH}(s) + \frac{E(S) - E(X)}{RT \ln 10 / F} \quad (10)$$

Avec :

- $R = 8,3143 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$ (constante thermodynamique) ;
- $T(\text{k}) = t (\text{°C}) + 273.15$ (Température thermodynamique) ;
- $F = 96487 \text{ C.mol}^{-1}$ (valeur de Faraday) ;
- $E(x)$: Différence de potentiel mesurée pour le tampon TRIS (x) en (V) ;
- $E(s)$: Différence de potentiel mesurée pour l'échantillon de l'eau de mer en (s) en (V).

Pour une la bonne précision de la mesure, il est donc nécessaire d'utiliser des solutions étalons dont le pH est connu avec précision. Pour cela on a utilisé l'étalon (CRM Dickson Batch131).

Les mesures de pH ne sont donc correctes que si la solution de pH inconnu ne diffère pas trop de la solution étalon, en particulier du point de vue ionique.

Pour cela une correction secondaire selon Dickson (1994) doit être faite à l'aide d'une solution étalon TRIS à salinité connue proche de celle des échantillons. $\text{pH}_{\text{TRIS}} = F(T, S)$.

Amener le tampon TRIS et les échantillons d'eau de mer à mesurer à la même température connue.

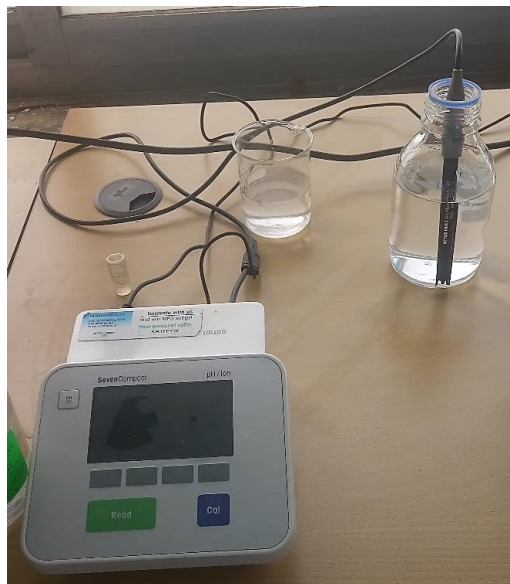


Figure 10: Le pH-mètre (METTLER TOLEDO).

➤ Le TRIS

Le TRIS sert à corriger les valeurs du pH mesuré par l'électrode. Son pH varie selon la température et la salinité. Le pH du TRIS est calculé par la formule proposée par Dickson (Dickson, 1994)

Le pH du TRIS est en fonction de la température et de la salinité de tampon. La formule de Dickson (1994) pour calculer ce pH est :

$$\text{pH}(s) = (11997 + 3.7669S + 0.00178S^2) / T - 381.3088 + 0.011634S + 67.63163 \ln(T) - 0.121538(T) - \log(1 - 0.00106S) \quad (14)$$

Avec :

- pH(s) : pH du TRIS préparé.
- S : salinité en g/kg du tampon.
- T: température en degré Kelvin.

➤ La mesure se fait comme suit

Le pH est un paramètre qui est influencé par la température, c'est pour cette raison que les échantillons et le TRIS doivent être à la même température, et ce par le biais d'un bain thermostaté (**Figure 11**).



Figure 11: Image du bain thermostaté.

- Plonger l'électrode dans le TRIS, en mentionnant la valeur de la différence de potentiel ainsi que la température.

- Sans la rincer, (juste en essuyant), on introduit l'électrode de pH dans l'échantillon, et on mentionne ainsi la valeur de la différence de potentiel et la température.
- Calculer le pH de l'échantillon.

2.2.2.3. Alcalinité totale

1. Titrage de l'alcalinité

La méthode utilisée pour la mesure de l'alcalinité, est la méthode potentiométrique décrite par (Dickson, 1994).

2. Principe

Le principe de la méthode de mesure de l'alcalinité consiste à déterminer les valeurs du pH après chaque addition d'une quantité d'acide chlorhydrique connue, et cela par la détermination du volume équivalent d'acide nécessaire pour neutraliser l'excès de protons (H^+).

La mesure de l'alcalinité est faite par la burette automatique (TitroLine SCHOTT 7000) (**Figure 12**), qui va déterminer le V_{eq} qui correspond au maximum de la pente de dosage.

3. Procédé de titrage



Figure 12: Le titrateur automatique (TitroLine SCHOTT 7000).

- Les échantillons sont mis au frais après les avoir fixés en ajoutant 20µl de chlorure de mercure HgCl₂. Ensuite pour effectuer le titrage, on a fait sortir du réfrigérateur les échantillons et on les a laissés à température ambiante du laboratoire.
- Pour le titrage de l'Alcalinité, on a utilisé un bécher après l'avoir rincé avec de l'eau distillé et séché.
- On verse une quantité d'un échantillon dans le bécher et on le pèse par une balance (OHAUS PA240), après avoir déjà pesé le récipient, on calcule la différence de poids.
- Puisque le titrateur est automatique, l'ajout du titrant (HCl 0.1) est réalisé de manière automatique et contrôlé. Le standards CRM (matériaux de référence certifié) (BATCH 131) pour mesure de système des carbonates, d'une limite de 33.621PSU et d'une alcalinité totale de 2241 ± 1.11 µmol.kg⁻¹ (2289,44 µmol.kg⁻¹).

4. Test de répétabilité

Avant chaque série de dosage, plusieurs mesures sont effectuées sur des échantillons d'eau de mer fixée au chlorure de mercure, afin de tester la répétabilité de la méthode de dosage.

Tableau 2: Test de répétabilité.

	Veq	AT
	1,364	2505,05
	1,466	2500
	1,403	2486
	1,402	2506,36
Moyenne (AT)	2499,3525	
Ecart-Type	6,67625	
Interval de confiance	6,542604776	
Coefficient de variation CV	0,267119184	

La moyenne des écarts entre les répliques (4) est de 6,67625µmol.kg⁻¹. Le coefficient de variation est de 0.267%, inférieur à 30% et proche de zéro, donc il n'y a pas de variation et des fluctuations importantes dans les résultats et pas de problèmes dans les données et le matériel utilisé.

5. Méthode de calcul

L'alcalinité est calculée par la méthode suivante (**Dickson, 2007**) :

Initialement, la concentration des ions hydrogènes est donnée par (**Dickson, 2007**):

$$[H^+] = [H^+]_{F+} + [HSO_4^-] + [HF] + [H_3PO_4] - [HCO_3^-] - 2[CO_3^{2-}] - [B(OH)_4^-] + [OH^-] - [HPO_4^{2-}]$$

$$-2[\text{PO}_4^{3-}] + [\text{SiO}(\text{OH})_3^-] - [\text{NH}_3] - [\text{HS}^-] \quad (15)$$

Après l'ajout des incréments d'acide à l'échantillon d'eau de mer, la concentration des ions à H^+ n'importe quel point lors de la titration est donnée par :

$$[\text{H}^+] = (-V_0 A_T + VC) / (V_0 + V) \quad (16)$$

- V_0 : volume de l'échantillon
- m : volume de l'acide ajouté
- C : concentration de l'acide ajouté
- A_T : alcalinité totale de l'échantillon

À partir de l'équation (17) et (18) :

$$\begin{aligned} (-V_0 A_T + VC) / (V_0 + V) = [\text{H}^+]_{\text{F}} + [\text{HSO}_4^-] + [\text{HF}] + [\text{H}_3\text{PO}_4] - [\text{HCO}_3^-] - 2[\text{CO}_3^{2-}] \\ - [\text{B}(\text{OH})_4^-] + [\text{OH}^-] - [\text{HPO}_4^{2-}] - 2[\text{PO}_4^{3-}] - [\text{SiO}(\text{OH})_3^-] - [\text{NH}_3] - [\text{HS}^-] \quad (17) \end{aligned}$$

L'équation (18) est utilisée pour estimer l'alcalinité à partir de données de titration par la méthode non linéaire des moindres carrées :

$$(V_0 A_T + VC) / (V_0 + V) = [\text{H}^+] = \exp((E - E^0) / (RT/F)) = k \exp((E) / (RT/F)) \quad (17)$$

L'équation (20) est réarrangée pour donner la fonction de Gran :

$$-V_0 A_T + VC = (V_0 + V) \times \exp((E) / (RT/F)) \quad (18)$$

En mettant:

$$F = -V_0 A_T + VC \quad (19)$$

On obtient:

$$F = (V_0 + V) \times \exp(E / (RT/F)) \quad (20)$$

- V_0 : volume initial de l'échantillon
- V : volume de l'acide ajouté
- K : constante de Boltzman, $k = \exp(E^0 / (RT/F))$
- E^0 : potentiel généré par la solution standard de l'électrode (V).
- E_i : potentiel de l'échantillon après ajout de l'acide HCl.
- R : constante des gaz parfaits, $R = 8,3143 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$.
- T : température en Kelvin.
- F : constante de Faraday (96487 C.mol^{-1}).

La méthode de Gran, considère qu'au-delà du point d'équivalence, la concentration en ions HCO_3^- devient rapidement négligeable comme le sont déjà depuis longtemps les autres espèces CO_3^{2-} , B(OH)_4 et OH^- (**Copin-Montégut, 1996**).

Lorsque $F=0$, on a rajouté une quantité nécessaire de $\text{H}^+(\text{Veq})$ pour neutraliser tous les accepteurs de protons.

Delà, la formule de l'alcalinité s'écrit comme suit :

$$\text{AT} = (\text{Veq} \times [\text{HCl}]) / \text{V}_0 \quad (21)$$

$$\text{Veq} = a/b \quad (22)$$

Avec:

- AT : alcalinité totale
- Veq : volume d'acide nécessaire pour neutraliser l'alcalinité totale.
- V_0 : volume initial de l'échantillon.
- [HCl] : concentration de l'acide qui est de 0.1 mol/l.
- a et b : représentent respectivement la pente et l'ordonnée à l'origine de la droite fonction de Gran ($F = a \cdot \text{V}_{\text{ajouté}} + b$).

Pour avoir l'alcalinité totale on a utilisé cette formule :

$$\text{AT} = (\text{Veq} \times [\text{HCl}]) / m_0 \quad (23)$$

- AT : alcalinité totale en ($\mu\text{mol/l}$)
- Veq : volume d'acide nécessaire pour neutraliser l'alcalinité totale.
- [HCl] : concentration de l'acide en (mol/l).
- m_0 : masse de l'échantillon (kg).

2.2.2.4. Calculs mathématiques pour déduire le PCO_2 et le CO_2

1. La pression partielle de CO_2

La pression partielle du CO_2 océanique (pCO_2) a été calculée par le programme de CO_2SYS (Pierrot, 2006).

La pression partielle du CO_2 océanique (pCO_2) est donnée par l'équation suivante :

$$\text{pCO}_{2\text{edm}} = [\text{CO}_2] / \alpha_{\text{CO}_2} \quad (24)$$

Avec:

$$[\text{CO}_2] = \text{TCO}_2 / (1 + K_1 / [\text{H}^+]_{\text{sws}} + K_1 * K_2 / [\text{H}^+]^2_{\text{sws}}) \quad (25)$$

- $p\text{CO}_{2\text{edm}}$: en (μatm).
- $[\text{CO}_2]$: concentration du gaz carbonique en $\mu\text{mol.kg}^{-1}$.
- αCO_2 : solubilité du gaz carbonique dans l'eau de mer en $\mu\text{mol.kg}^{-1}.\mu\text{atm}^{-1}$, calculé par le polynôme de Weiss, en fonction de la température et de la salinité.

2. La concentration de CO_2

Calculé à l'aide du programme CO2SYS (Pierrot, 2006).

	A	B	C	D
1	<i>Set of Constants</i>	<i>KHSO₄</i>	<i>pH Scale</i>	<i>[B]_T Value</i>
2	K1, K2 from Roy, et al., 1993	Dickson	Total scale (mol/kg-SW)	Uppstrom, 1974
3	K1, K2 from Goyet and Poisson, 1989	Khoo et al	Seawater scale (mol/kg-SW)	Lee et al., 2010
4	K1, K2 from Hansson, 1973 refit by Dickson and Millero, 1987		Free scale (mol/kg-SW)	
5	K1, K2 from Mehrbach et al., 1973 refit by Dickson and Millero, 1987		NBS scale (mol/kg-H2O)	
6	K1, K2 from Hansson and Mehrbach refit by Dickson and Millero, 1987			
7	GEOSSECS constants (NBS scale); K1, K2 from Mehrbach et al., 1973			
8	Constants from Peng et al. (NBS scale); K1, K2 from Mehrbach et al.			
9	Salinity = 0 (freshwater); K1, K2 from Millero, 1979			
10	K1, K2 from Cai and Wang, 1998			
11	K1, K2 from Lueker et al., 2000			
12	K1, K2 from Mojica Prieto et al., 2002			

Figure 13: image du programme CO2SYS.

2.2.3. Les tests statistiques

2.2.3.1. Test t de Student pour échantillons indépendants (Kassambara, 2016)

Dans ce cas de figure, il s'agit de comparer deux moyennes observées. Lorsque les deux groupes d'échantillons (1 et 2) à comparer n'ont aucun lien, on utilise le test t de Student indépendant (ou non apparié).

➤ **Le test de Student non-apparié (Kassambara, 2016)**

A titre d'exemple, nous avons un groupe de 100 individus (50 femmes et 50 hommes) pris au hasard au sein de la population. On se pose la question à savoir si le poids moyen des femmes est significativement différent de celui des hommes ?

Dans cet exemple on parle de test de Student non apparié car les deux groupes à comparer n'ont aucun lien. Il s'agit donc de calculer le poids moyen des femmes et de celui des hommes et d'évaluer si la différence est significative au point de vue statistique.

➤ **Formule**

- Soit 1 et 2 deux groupes différents à comparer.

- Soit m_1 et m_2 la moyenne du groupe 1 et celui du groupe 2, respectivement.
- Soit n_1 et n_2 la taille du groupe 1 et celle du groupe 2, respectivement.

La valeur t de Student est donnée par la formule suivante :

$$t = \frac{m_1 - m_2}{\sqrt{(S^2/n_1) + (S^2/n_2)}} \quad (26)$$

S^2 est la variance commune aux deux groupes. Elle est calculée par la formule suivante :

$$S^2 = \frac{\sum(x - m_1)^2 + \sum(x - m_2)^2}{(n_1 + n_2 - 2)} \quad (27)$$

Pour savoir si la différence est significative, il faut tout d'abord lire dans la table t, la valeur critique correspondant au risque $\alpha = 5\%$ pour un degré de liberté :

$$d. d. l = n_1 + n_2 - 2 \quad (28)$$

Si la valeur absolue de t ($|t|$) est supérieure à la valeur critique, alors la différence est significative. Dans le cas contraire, elle, ne l'est pas. Le degré de significativité ou p-value correspond au risque indiqué par la table de Student pour la valeur $|t|$.

2.2.3.2. Coefficient de variation (CV)

Le coefficient de variation CV est défini comme le rapport entre l'écart-type σ et la moyenne μ :

$$CV = (\sigma/\mu) \times 100 \quad (29)$$

Plus la valeur du coefficient est élevée plus la dispersion autour de la moyenne est grande et plus la valeur du coefficient est faible, plus l'estimation est précise. Il est exprimé en pourcentage (%).

Un CV dépassant, disons, environ 30 % indique souvent des problèmes dans les données ou que l'expérience est hors de contrôle. Les variables dont la moyenne est inférieure à l'unité fournissent également des résultats erronés et le coefficient de variation sera très élevé et souvent dénué de sens (Brown, 1998).

Résultats Et Discussions

3. Résultats et discussion

3.1. Matrice des données collectées

Les résultats de mesure des paramètres physicochimique obtenus lors des sorties sur terrain dans les trois stations à Sidi-Fredj sont reportés sur les tableaux dans le tableau suivant :

Tableau 3: matrices des résultats physico-chimiques obtenues dans les milieux étudiés.

Stations	Paramètres	date1 (21/02/2022)		date2 (22/03/2022)		Moyenne	Ecart-type	Interval.C
<i>Posidonea oceanica</i>	T°(C°)	18,233	18,567	18,900	19,033	18,683	0,358	0,351
	Salinité (PSU)	36,400	36,400	36,000	36,000	36,200	0,231	0,226
	PH	7,967	7,967	7,919	7,924	7,944	0,026	0,026
	AT (µmol/kg)	2587,08	2473,60	2446,20	2482,75	2497,408	61,766	60,529
	pCO ₂ (µatm)	519,685	515,874	581,777	582,707	550,011	37,252	36,506
	CO ₂ (µmol/kg)	17,348	17,212	19,271	19,229	18,265	1,139	1,116
<i>Cymodocea nodosa</i>	T°(C°)	18,567	18,567	19,067	19,200	18,850	0,332	0,325
	Salinité (PSU)	36,300	36,300	36,000	35,900	36,125	0,206	0,202
	PH	7,962	7,953	7,917	7,919	7,938	0,023	0,023
	AT (µmol/kg)	2456,350	2452,340	2482,100	2487,940	2469,683	17,945	17,586
	pCO ₂ (µatm)	540,280	530,925	593,240	592,368	564,203	33,247	32,582
	CO ₂ (µmol/kg)	18,198	17,724	19,650	19,559	18,783	0,969	0,950
Colonne d'eau	T°(C°)	18,900		19,133		19,017	0,165	0,229
	Salinité (PSU)	36,400		36,000		36,200	0,283	0,392
	PH	7,915		7,879		7,897	0,025	0,035
	AT (µmol/kg)	2458,280		2476,660		2467,470	12,997	18,012
	pCO ₂ (µatm)	588,597		654,316		621,457	46,470	64,403
	CO ₂ (µmol/kg)	19,454		21,532		20,493	1,469	2,036

3.2. Température :

On n'a pas pu réaliser des relevés *in-situ* de la température. Les données projetées sont les températures des échantillons mesurés au laboratoire lors des tests physico-chimiques. Les résultats des mesures de température réalisées au laboratoire montrent des valeurs présentées dans le tableau :

Tableau 4: Résultats de la mesure de température pour les échantillons des milieux étudiés au laboratoire.

Température (°C)			
	Milieux		
	<i>P.océanica</i>	<i>C.nodosa</i>	Colonne d'eau
Moyenne	18,68	18,85	19,02
Maximum	19,03	19,20	19,13
Minimum	18,23	18,57	18,90
Ecart-type	0,36	0,33	0,16
Intervalle de confiance	0,35	0,33	0,23

On a présenté ci-dessous, les résultats moyens de la mesure de la température dans les milieux étudiés sous forme d'histogramme, pour les trois milieux étudiés dans la figure ci-dessus :

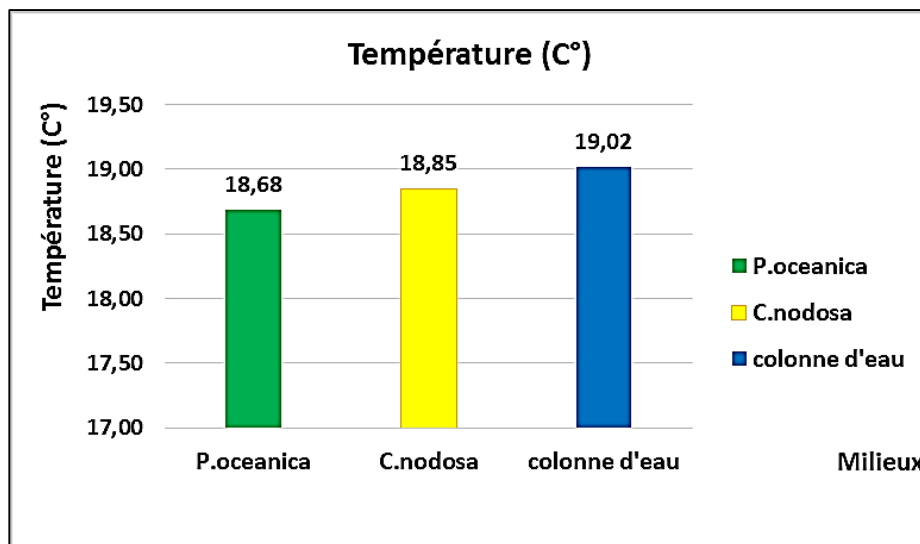


Figure 14: résultats moyens des mesures de température.

La température varie entre 18,23°C à 19,20 °C, soit une moyenne de $18,68 \pm 0,35^{\circ}\text{C}$ pour les échantillons au-dessus des herbiers à *P.oceanica*, $18,85 \pm 0,33^{\circ}\text{C}$ pour les échantillons de *C.nodosa* et $19,02 \pm 0,23^{\circ}\text{C}$.

Lors du calcul du test de Student, on enregistre des valeurs inférieures à 0,143 pour toutes les comparaisons des moyennes soit des différences non significatives, où la valeur de la table « t » à 5% du risque, est de 2,132.

Tableau 5: comparaison des moyennes deux à deux avec le test de Student à un risque de 5%.

	<i>P.océanica</i>	<i>C.nodosa</i>	Colonne d'eau
P.océanica		0,046	0,143
C.nodosa	0,046		0,187
Colonne d'eau	0,143	0,187	

3.3. Salinité

Les résultats des mesures de salinité sont reportés dans le tableau suivant :

Tableau 6: Résultats de la mesure de salinité dans les milieux étudiés.

Salinité (PSU)			
	Milieux		
	<i>P.océanica</i>	<i>C.nodosa</i>	Colonne d'eau
Moyenne	36,2	36,125	36,2
Maximum	36.4	36.4	36.4
Minimum	36	35.9	36
Ecart-type	0,231	0,206	0,283
Intervalle de confiance	0,226	0,202	0,392

On a présenté ci-dessous, les résultats moyens des mesures de salinité sous forme d'histogrammes, pour les trois milieux étudiés dans la figure ci-dessus :

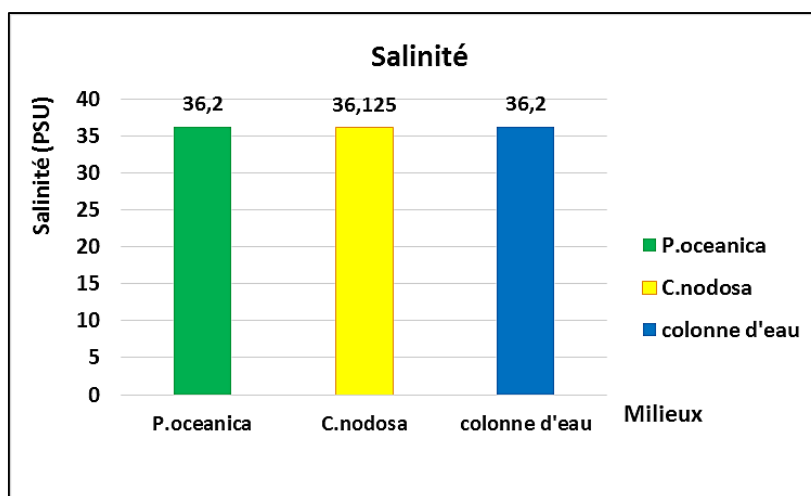


Figure 15: résultats moyennes de salinité dans les trois stations étudiées.

Les données prélevées montrent que la salinité dans les trois milieux varie entre 35.9 PSU et 36.4 PSU, soit une moyenne de 36.2 PSU au-dessus des herbiers à *P.oceanica* et dans la colonne d'eau et une moyenne de 36.125 PSU au-dessous des herbiers à *C.nodosa*. La salinité dans ces milieux ne varie presque pas.

Lors du calcul du test de student, on enregistre des valeurs inférieures à 0,250 pour toutes les comparaisons des moyennes avec un test de Student qui montre des différences non significatives réalisées deux à deux, où la valeur de la table « t » à 5% du risque est de 2,132.

Tableau 7: Comparaison des moyennes deux à deux avec le test de Student à un risque de 5%.

	<i>P.océanica</i>	<i>C.nodosa</i>	Colonne d'eau
P.océanica		0,029	0,029
C.nodosa	0,029		0,250
Colonne d'eau	0,029	0,250	

Un comparatif avec les données de **Bahri (2015)** indique une évolution temporelle de la salinité est similaire à celle de la température de l'eau au niveau des deux stations, où elle a enregistré des valeurs minimales au mois de février de 33,90 à 34.10 PSU et des valeurs maximales en août entre 37 et 37.70 PSU.

Ces résultats obtenus montrent des écarts importants entre les valeurs minimales et les valeurs maximales de la salinité, ce qui est dû principalement à l'importante pluviométrie enregistrée au mois de janvier et février 2011 dans la région centre algéroise.

Les valeurs de la salinité « in situ » observées dans la baie de Bou Ismail par **Zerrouki (2014)** en été 2014, varient dans un intervalle compris entre 36,42 et 37,02 PSU avec une moyenne de 36,68 ± 0,14 PSU.

3.4. pH

Les résultats des calculs du pH sont reportés dans le tableau suivant :

Tableau 8: Résultats des calculs de pH dans les milieux étudiés.

pH			
	Milieux		
	<i>P.océanica</i>	<i>C.nodosa</i>	Colonne d'eau
Moyenne	7,9441	7,9376	7,8972
maximum	7,9669	7,9617	7,9153
minimum	7,9187	7,9170	7,8792
Ecart-type	0,0264	0,0231	0,0255
Intervalle de confiance	0,0259	0,0226	0,0353

On a présenté ci-dessous, les résultats des calculs du pH sous formes d'histogramme, pour les deux sorties effectuées dans la figure ci-dessus :

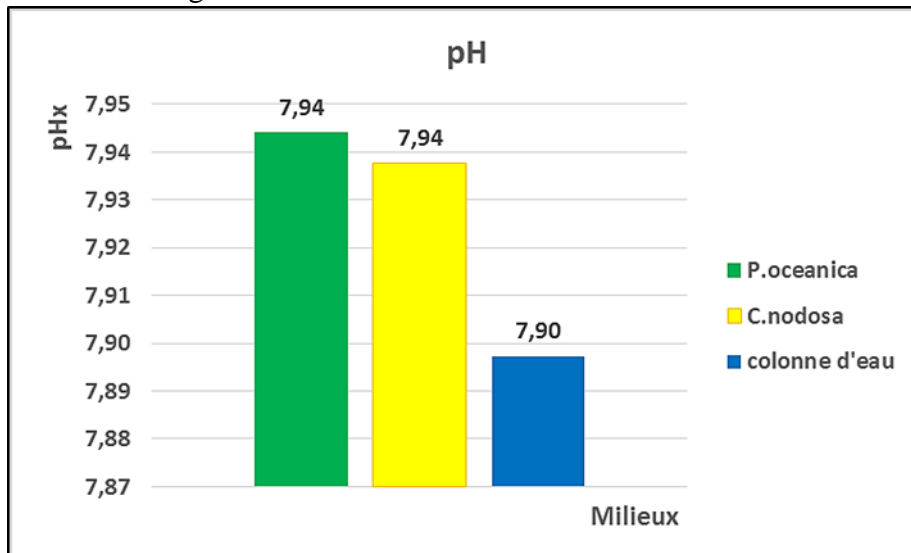


Figure 16: résultats moyens de pH dans les trois milieux étudiés.

Les données de pH relevées varient de 7,92 et 7,97 soit une moyenne de $7,94 \pm 0,03$ au-dessus des herbiers de *Posidonia oceanica*, une moyenne de $7,94 \pm 0,02$ au-dessous des herbiers à *Cymodocea nodosa* et une moyenne de $7,90 \pm 0,04$ au niveau de la colonne d'eau. D'après les résultats on voit que le pH de la colonne d'eau est inférieur par rapport au milieu des herbiers à *P.oceanica* et *C.nodosa*.

Lors du calcul du test de student, on enregistre des valeurs inférieurs à 0,044, pour toutes les comparaisons des moyennes soit des différences non significatives, où la valeur de la table « t » à 5% du risque est de 2,132.

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 9: Comparaison des moyennes deux à deux avec le test de Student à un risque de 5%.

	<i>P.océanica</i>	<i>C.nodosa</i>	Colonne d'eau
P.océanica		0,044	0,042
C.nodosa	0,044		0,033
Colonne d'eau	0,042	0,033	

Ces valeurs indiquent un pH légèrement alcalin, elles sont plus basses par rapport aux eaux marines dont les valeurs typiques du milieu marin sont comprises entre 8,00 et 8,25 (**Sacchi & Testard, 1971**).

À titre indicatif, les valeurs de pH dans les trois stations sont inférieures au pH du bassin Algérien qui est entre 7.97 et 8.17 avec une moyenne de 8.07 ± 0.03 , selon **Keraghel et al. (2020)** en été de 2014.

3.5. Alcalinité totale (AT)

Les résultats de l'alcalinité totale calculés dans les stations étudiées sont reportés dans le tableau suivant :

Tableau 10: Résultats des calculs de l'alcalinité totale dans les milieux étudiés.

Alcalinité totale ($\mu\text{mol/kg}$)			
	Milieux		
	<i>P.océanica</i>	<i>C.nodosa</i>	Colonne d'eau
Moyenne	2497,408	2469,683	2467,470
Maximum	2587,080	2487,940	2476,660
Minimum	2446,200	2452,340	2458,280
Ecart-type	61,766	17,945	12,997
Intervalle de confiance	60,529	17,586	18,012

On a présenté ci-dessous, les résultats des calculs de l'alcalinité sous formes d'histogrammes, pour les deux sorties effectuées dans la figure (Figure 17) suivante :

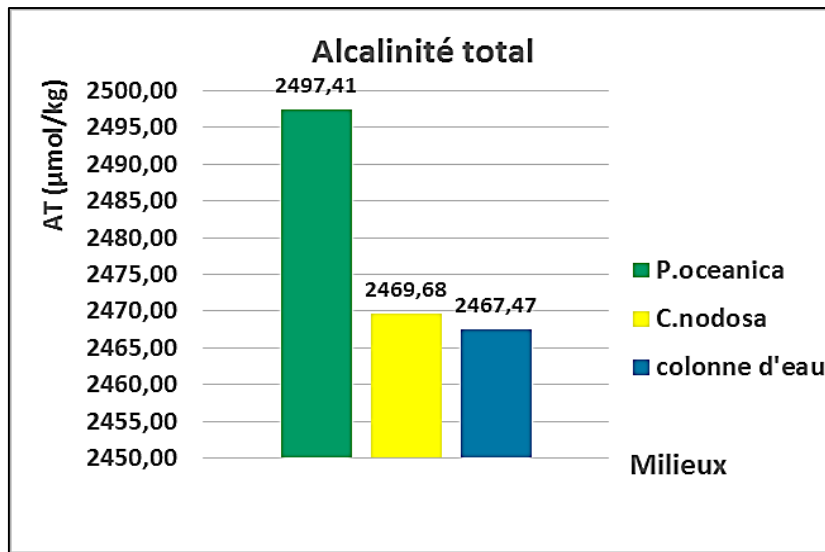


Figure 17: L'Alcalinité total moyenne pour les trois milieux étudiés.

D'après les résultats de la mesure de l'alcalinité totale (Tableau 10), les données obtenues varient de 2446,2µmol/kg jusqu'à 2587 µmol/kg, soit une moyenne de 2497.4±51.14 µmol/kg au-dessus des herbiers à *P.oceanica*, une moyenne de 2469,68±16.61 µmol/kg au-dessus des herbiers à *C.nodosa* et une moyenne de 2467.4±14.7 µmol/kg au niveau de la colonne d'eau.

On constate d'après le graphe (Figure 17) que l'alcalinité totale au-dessus des herbiers à *P.oceanica* est plus élevée que celle au-dessus des herbiers à *C.nodosa* et de la colonne d'eau.

Lors du calcul du test de student, on enregistre des valeurs inférieures à 0,36 pour toutes les comparaisons des moyennes avec un test de Student, montre des différences non significatives réalisées deux à deux, où la valeur de la table « t » à 5% du risque est de 2,132.

Tableau 11: Comparaison des moyennes des valeurs de l'alcalinité total des trois stations, deux à deux avec le test de Student à un risque de 5%.

	<i>P.océanica</i>	<i>C.nodosa</i>	Colonne d'eau
P.océanica		0,250	0,324
C.nodosa	0,250		0,359
Colonne d'eau	0,324	0,359	

Les valeurs de l'alcalinité totale obtenues dans notre étude sont assez similaires aux valeurs obtenues par **Zerrouki (2014)** de l'été 2014, dans la baie de Bou-Ismaïl, elles varient entre 2479,43 et 2395,16 soit une moyenne de $2439.28 \pm 14,53 \mu\text{mol/kg}$.

À titre indicatif d'exemple selon **Keraghel et al. (2020)**, l'alcalinité totale dans le bassin Algérien durant l'été 2014, varie entre 2400 et 2600 $\mu\text{mol/kg}$, soit une moyenne de $2517 \pm 46 \mu\text{mol/kg}$. Ces valeurs indiquent que l'alcalinité totale dans nos stations étudiées sont proches des valeurs moyennes du bassin Algérien.

3.6. La pression partielle de CO₂ (pCO₂)

Les résultats de calculs de la pression partielle de CO₂ sont reportés dans le tableau suivant :

Tableau 12: Résultats des calculs de la pression partielle de CO₂ dans les milieux étudiés.

pCO ₂ (µatm)			
	Milieux		
	<i>P.océanica</i>	<i>C.nodosa</i>	Colonne d'eau
Moyenne	550,011	564,203	621,457
maximum	582,707	540,280	654,316
minimum	515,874	530,925	588,597
Ecart-type	37,252	33,247	46,470
Intervalle de confiance	36,506	32,582	64,403

On a présenté ci-dessous, les résultats moyens des calculs de la pression partielle de CO₂ sous formes d'histogramme, pour les deux sorties effectuées :

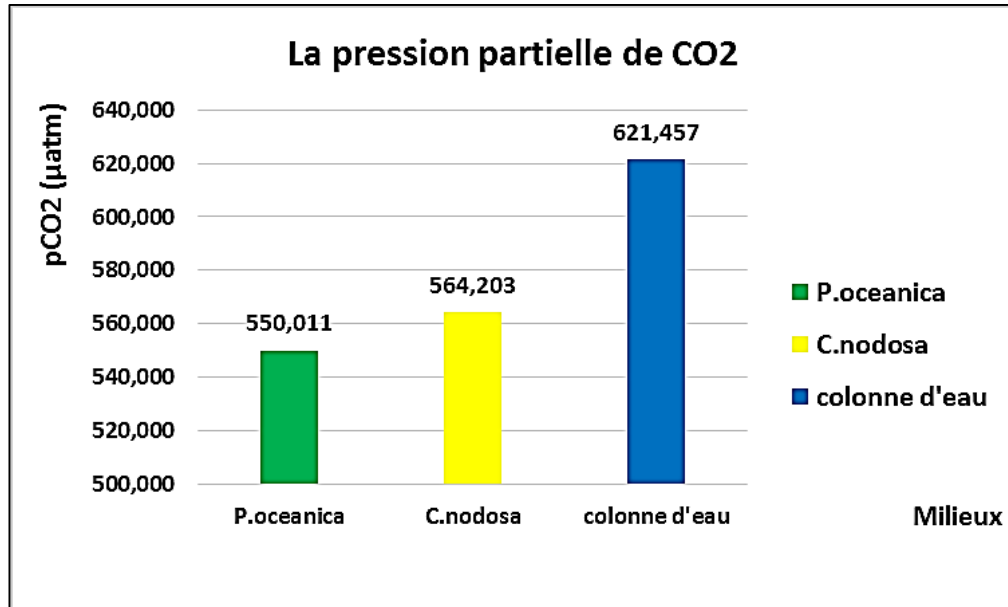


Figure 18: résultats moyennes des mesures de pression partielle des échantillons dans les trois milieux étudiés.

Les résultats obtenus à partir des calculs de pCO₂ par le programme « CO₂Sys », varient entre 515,75µatm et 654.31µatm, soit une moyenne de 589,02 ± 7,7µatm au-dessus de la *Posidonia oceanica*, 585,92 ± 9,25µatm au-dessous de la *Cymodocea nodosa* et soit une moyenne de 621,46±64,40µatm au niveau de la colonne d'eau.

On a constaté que la pression partielle dans le milieu de la *P.oceanica* et de la *C.nodosa* est inférieure à celui de la colonne d'eau d'environ 70µatm en moyenne, 50 µatm en moyenne pour le milieu de la *P.oceanica* et de 50 µatm pour le milieu de la *C.nodosa*. On constate aussi que la pression partielle au-dessous de la *C.nodosa* est supérieure à celle au-dessus de la *P.oceanica* d'environ 17.9µatm en moyenne.

Lors du calcul du test de Student, on enregistre des valeurs inférieures à 0,37 pour toutes les comparaisons des moyennes avec un test de Student qui montre des différences non significatives réalisées deux à deux, où la valeur de la table « t » à 5% du risque est de 2,132.

Tableau 13: Comparaison des moyennes de la pression partielle de CO₂ deux à deux avec le test de Student à un risque de 5%.

	<i>P.océanica</i>	<i>C.nodosa</i>	Colonne d'eau
P.océanica		0,005	0,008
C.nodosa	0,005		0,037
Colonne d'eau	0,008	0,037	

La pression partielle moyenne de CO₂ des eaux superficielle dans le bassin Algéro-provençal est de $400 \pm 35 \mu\text{atm}$, et varie entre $294 \mu\text{atm}$ et $502 \mu\text{atm}$ selon (Copin-Montégut et Bégovic, 2002) et (Rivardo et al. 2010). Tandis que (Zerrouki, 2014) indique que la pression au niveau de la baie de Bou-Ismaïl en été 2014, est comprise entre 542,24 et 498,00 soit une moyenne de $523,18 \pm 12,06$. Cela montre que la pression partielle dans les stations est élevée par rapport aux valeurs moyennes du bassin Algéro-provençal, et supérieur aux valeurs moyennes de la baie de Bou-Ismaïl.

3.7. Concentration de CO₂

Les résultats de calculs de la concentration de CO₂ sont reportés dans le tableau suivant :

Tableau 14: Les résultats des calculs de la concentration de CO₂.

Concentration de CO ₂ (μmol/kg)			
	Milieux		
	<i>P.océanica</i>	<i>C.nodosa</i>	Colonne d'eau
Moyenne	18,265	18,783	20,493
maximum	19,271	19,650	21,532
minimum	17,212	17,724	19,454
Ecart-type	1,139	0,969	1,469
Intervalle de confiance	1,116	0,950	2,036

On a présenté ci-dessous, les résultats des calculs de la concentration de CO₂ sous formes d'histogrammes, pour les deux sorties effectuées :

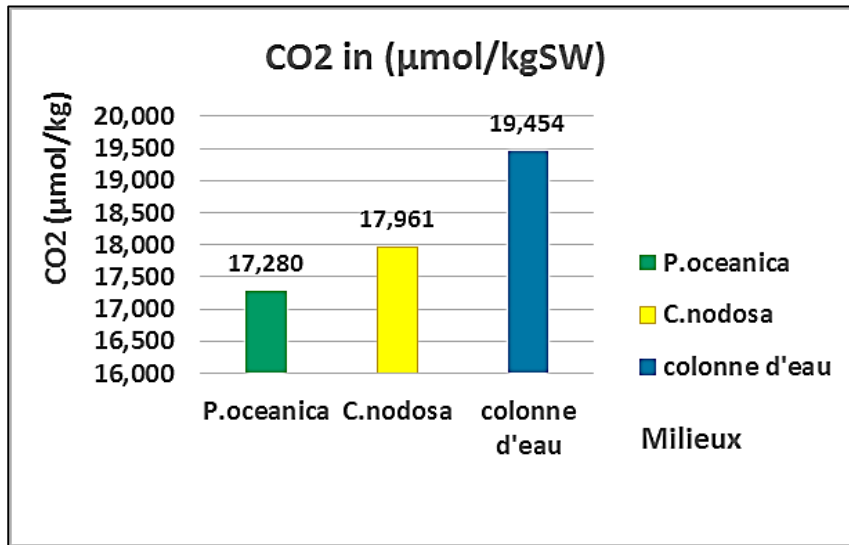


Figure 19: La concentration moyenne de CO₂ dans les trois milieux étudiés.

Les données relevées de la concentration de CO₂, varient entre 17.21µmol/kg et 21.53 µmol/kg, soit une moyenne de 18.27±1.58 µmol/kg au-dessus de la *P.oceanica*, une moyenne de 18.79±1.34 µmol/kg au-dessous des herbiers à *C.nodosa* et une moyenne de 20.49±2.04 µmol/kg dans la colonne d'eau.

Lors du calcul du test de Student, on enregistre des valeurs inférieures à 0,063 pour toutes les comparaisons des moyennes avec un test de Student qui montre des différences non significatives réalisées deux à deux, où la valeur de la table « t » à 5% du risque est de 2,132.

Tableau 15: Comparaison des moyennes de la concentration de CO₂ deux à deux, avec le test de Student à un risque de 5%.

	<i>P.océanica</i>	<i>C.nodosa</i>	Colonne d'eau
P.océanica		0,011	0,011
C.nodosa	0,011		0,063
Colonne d'eau	0,011	0,063	

Conclusion

Conclusion

La notion de carbone bleu et des puits de carbone, ont fait récemment l'objet de beaucoup de projets de recherches, en raison de leur importance dans la réduction du taux de gaz à effet de serre dans l'atmosphère et maintenir les équilibres écosystémiques de la planète. Dans ce premier travail, on a essayé de déterminer si les herbiers à *Posidonea oceanica* et *Cymodocea nodosa* sont des puits de carbone bleu dans la plage ouest de Sidi Fredj, et lequel d'entre eux stock le plus de carbone, en prenant la colonne d'eau comme un milieu de référence.

On constate à la lumière de ce travail que :

La salinité est peut variable dans les trois milieux étudiés avec une moyenne de 36,2 PSU, par contre pour l'alcalinité totale, on enregistre des variations dans les stations étudiées. L'alcalinité totale au-dessus de *Posidonie oceanica* est plus élevée qu'au-dessus de la *Cymodocea nodosa* et dans la colonne d'eau de 1.21% et de 1.12 % respectivement.

La pression partielle de CO₂ (pCO₂), est inférieure par rapport à la colonne d'eau d'environ 11.34% et d'environ 9.21% au-dessus de la *Cymodocea nodosa*. Ce résultat nous indique que les herbiers séquestrent du carbone inorganique dissous dans l'eau de mer et le taux de stockage de l'herbier à *Posidonia oceanica* est supérieur à celui de la *Cymodocea nodosa* d'environ 2%.

Durant ce travail, des analyses au niveau de la matre *Posidonie oceanica* n'ont pas été faites, ce qui fait qu'on n'a pas d'information sur la quantité de carbone réellement stockée au niveau de ces herbiers. Nous recommandant de mesurer le carbone organique totale « COT » et faire plus de surveillance et d'observation sur la pCO₂ de la colonne d'eau, et des études sur l'état de santé des herbiers pour comparer l'efficacité de la pompe de carbone.

D'autres approches sont à envisager pour cerner la capacité des herbiers à séquestrer le carbone en particulier par les méthodes d'estimation de la production et la productivité primaire des herbiers, ainsi que l'estimation des superficies de ces herbiers pour obtenir une mesure quantitative de l'ensemble de la plage ouest de Sidi-Fredj. Faire plus de point de prélèvements pour une meilleure estimation des paramètres statistiques.

L'installation des chambres benthiques sur les deux herbiers pour voir les variations et les flux entrants et sortants.

Pour l'augmentation de la capacité des herbiers à séquestrer le carbone, des mesures et projets de plantation et de restaurations de ces herbiers sont nécessaires

Références

Références Bibliographiques

Bahri. (2015). Contribution à la connaissance de la macrofaune benthique associée à *Caulerpa racemosa* dans la plage ouest de Sidi Fredj. Mémoire Magistère. Environnement de l'hydrosphère. Algérie : ENSSMAL. 123 p.

Boudouresque, C.F., Cabioc'h, J. et al. (2006). Guide des algues des mers d'Europe. France : Délachaux et Niestlé, 272 p.

Brown, C.E. (1998). Coefficient of Variation. In: Applied Multivariate Statistics in Geohydrology and Related Sciences. [En ligne]. [Consulté le 16/10/2022]. Disponible sur le web : https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-80328-4_13.

Copin-Montégut, G. (1996). Chimie de l'eau de mer. France : Institut océanographique 319 p.

De Giovanni. (1973). Etude de sédimentologie dynamique à la presqu'île de Sidi-Fredj (Ouest d'Alger). Thèse doctorat, Géologie marine et sédimentologie. France : Université De Marseille. 105 p.

Dickson, A.G., Sabine, C.L., Christian, J.R. (eds) (2007). Guide to best practices for ocean CO₂ measurement. Sidney, British Columbia, North Pacific Marine Science Organization, 191 p. (PICES Special Publication 3; IOCCP Report 8). DOI: <https://doi.org/10.25607/OBP-1342>.

DOE, 1994. In: Dickson, A G, Goyet, C (Eds.), Handbook of Methods for the Analysis of the Various Parameters of the Carbon Dioxide System in Sea Water Version 2 (No. ORNL/ CDIAC-74). doi:10.2172/10107773.

GIEC, 2018: Annexe I: Glossaire [Matthews, J.B.R. (éd.)]. Dans: Réchauffement planétaire de 1,5 °C, Rapport spécial du GIEC sur les conséquences d'un réchauffement planétaire de 1,5 °C par rapport aux niveaux préindustriels et les trajectoires associées d'émissions mondiales de gaz à effet de serre, dans le contexte du renforcement de la parade mondiale au changement climatique, du développement durable et de la lutte contre la pauvreté [Publié sous la direction de V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H. O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor et T. Waterfield]. Sous presse. 94 p.

Gruber, N., Clement, D., Carter, B.R., Feely, R.A., van Heuven, S., Hoppema, M., Ishii, M., Key, R.M., Kozyr, A., Lauvset, S.K., Lo Monaco, C., Mathis, J.T., Murata, A., Olsen, A., Perez, F.F., Sabine, C.L., Tanhua, T., Wanninkhof, R., The oceanic sink for anthropogenic CO₂ from 1994 to 2007. Science.

Références Bibliographiques

- Gutiérrez, D.G. (2019).** Spatial and temporal variability of "Cymodocea Nodosa" meadows on Gran Canaria island. Thèse Bachelor. Science de la mer. Iles Canaries : Faculté des sciences de la mer. 22 p.
- Hansell, D.A. Carlson, CA. Repeta, D.J. Schlitzer, R. (2009).** Dissolved organic matter in the ocean. Vol 22, N°4, 211 p.
- Jacque. G. Saugier. B. (2008).** Les puits de carbone. France : Tec & Doc. 171 p.
- Kassambara, A. (2016).** Practical Guide of the Componentes Methods in R (Multivariation Analysis Book 2.[en ligne]. [consulté le 20/09/2022] disponible sur le web : www.sthda.com. 1, 205 p.
- Keraghel, M.A. Ouanchia, F. Zerroukia, M. et al. (2020).** Carbonate system properties and anthropogenic carbon inventory in the Algerian Basin during SOMBA cruise (2014): Acidification estimate. Marine chemistry. vol.221, 16 p.
- Le Quéré, C., Andrew, R. et al. (2016).** Global Carbon Budget 2016. Earth System Science Data. 8. 605-649. Doi: 10.5194/essd-8-605-2016.
- Locatelli, B., Loisel, C. (2002).** Changement climatique : la vérité est-elle au fond du puits ? Une analyse des controverses sur les puits de carbone. In. Natures Sciences Sociétés. [En ligne]. [Consulté le 20/06/2022] disponible sur le web : <https://www.nssjournal.org/articles/nss/pdf/2002/05/nss20021004p7.pdf>.
- Macreadie, P.I., Peter, I., et al. (2019).** The future of Blue Carbon science. Nature Communication. vol. 10, N°1, 13 p.
- Millero, F-J. (2013).** Chemical oceanography. Etats Unies d'Amérique : CRC press. 591 p.
- Nations Unies. (2021).** Deuxième Evaluation mondiale de l'océan. Rapport des Nations Unies. Document publié. États Unies d'Amérique : Nations Unies.
- Ouradi. (2015).** Etude de l'eutrophisation et du système des carbonates dans la baie de Bou-Ismaïl en Printemps 2015. Mémoire d'ingénieurs. Ingénierie de l'environnement marin et côtier. Alger : ENSSMAL. 91 p.
- Pierrot, D. E. Lewis et Wallace, D.W. R. (2006).** MS Excel Program Developed for CO₂ System Calculations. ORNL/CDIAC-105a. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tennessee. doi: 10.3334/CDIAC/otg.CO2SYS_XLS_CDIAC105a.

Références Bibliographiques

- Pilson, M.E.Q. (2013).** An introduction to the chemistry of the sea. UK: Cambridge University Press, 533 p.
- PNUE. (2021).** Action pour la planète. Rapport annuel du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE). Document publié. Kenya : PNUE.
- Roy-Barman, M., Wever, P., Jeandel, C. (2011).** Géochimie marine : Circulation Océanique, Cycle de Carbone et Changement Climatique. France : Vuibert, 362 p.
- Testard, P., Sacchi, C. F. (1971).** Ecologie animale. France : DOIN. 480 p.
- UNESCO. (2021).** Le gardien des réserves mondiales de carbone bleu. France : UNESCO, 15 p.
- Watson et al. (2000).** Land Use, Land-Use Change and Forestry. Rapport special de IPCC. Document publié. Canada: Cambridge University Press. 20 p.
- World Register of Marine Species: WoRMS. [En ligne]. [Consulté le 04/04/2022]. Disponible sur: <https://www.marinespecies.org>.
- Zeebe, R.E. (2012).** History of Seawater Carbonate Chemistry, Atmospheric CO₂, and Ocean Acidification. Vol 1, N°1, 143 p.
- Zerrouki, M. (2014).** Etude de l'Acidification et de l'Oxygénation de la côte Algéroise : Eté 2014. Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Magister. Algérie : ENSSMAL. 94 p.

Annexes

4. Annexes

Annexes 1

Tableau 16: données brutes des mesures des paramètres Hydrologiques des échantillons prélevés.

Echantillonnage	Milieux	Echantillon	T(°C)	Salinité (PSU)	ddP (V)	pH	E ° TRIS	R	F	pH TRIS	ln10	RTLN10	RTln10/F	pH(x)
Date 1	P.oceanica	2-Po	18,233	36,4	-2,5	8,161	-39,5	8,3143	96487	7,977187	2,302585	5602,604	0,058066	7,967
		7-Po	18,567	36,4	-37,9	8,143	-39,5	8,3143	96487	7,977187	2,302585	5606,433	0,058106	7,967
	C.nodosa	5-Cn	18,567	36,3	-38,6	8,156	-39,5	8,3143	96487	7,977187	2,302585	5604,518	0,058086	7,962
		8-Cn	18,567	36,3	-38,1	8,147	-39,5	8,3143	96487	7,977187	2,302585	5608,347	0,058125	7,953
	colonne d'eau	R	18,9	36,4	-35,9	8,108	-39,5	8,3143	96487	7,977187	2,302585	5608,347	0,058125	7,915
Date 2	P.oceanica	1-Po	18,9	36	-36,1	8,11	-39,5	8,3143	96487	7,977187	2,302585	5608,347	0,058125	7,919
		3-Po	19,033	36	-36,4	8,116	-39,5	8,3143	96487	7,977187	2,302585	5608,347	0,058125	7,924
	C.nodosa	2-Cn	19,067	36	-36	8,109	-39,5	8,3143	96487	7,977187	2,302585	5610,262	0,058145	7,917
		7-Cn	19,200	35,9	-36,1	8,111	-39,5	8,3143	96487	7,977187	2,302585	5612,176	0,058165	7,919
	colonne d'eau	1-R	19,133	36	-33,8	8,069	-39,5	8,3143	96487	7,977187	2,302585	5612,176	0,058165	7,879
Moyenne			18,817	36,17	-39,5	8,172	-39,5	8,3143	96487	7,977187	2,302585	5604,518	0,058086	7,932

Annexe 2 :

Tableau 17: les données brutes pour la mesure des paramètres du système des carbonates des échantillons prélevés.

Échantillonnage	Milieux	Echantillon	poid1(g)	poid2(g)	T° dosage (°C)	Ve _{eq} (ml)	dpoid(g)	AT (μmol/kg)	pCO ₂ in (μatm)	CO ₂ in (μmol/kg)
Date 1	P.oceanica	2-Po	54,73	7,66	16,4	1,166	47,07	2587,08	519,685	17,348
		7-Po	58,67	7,53	17,2	1,265	51,14	2473,6	515,874	17,212
	C.nodosa	5-Cn	57,39	7,56	17,2	1,224	49,83	2456,35	540,280	18,198
		8-Cn	58,55	7,66	17,4	1,248	50,89	2452,34	530,925	17,724
	colonne d'eau	R	59,08	7,54	17,7	1,267	51,54	2458,28	588,597	19,454
Date 2	P.oceanica	1-Po	59,84	7,5	18	1,296	52,98	2446,2	581,777	19,271
		3-Po	58,34	7,59	18,5	1,26	50,75	2482,75	582,707	19,229
	C.nodosa	2-Cn	60,64	7,54	18,4	1,318	53,1	2482,1	593,240	19,650
		7-Cn	59,48	7,63	18,7	1,29	51,85	2487,94	592,368	19,559
	colonne d'eau	1-R	57,96	7,61	18,5	1,247	50,35	2476,66	654,316	21,532
Moyenne			58,468	7,582	17,800	1,258	50,950	2480,330	569,977	18,918

Résumé

Les écosystèmes de carbone bleu, restent encore peu étudiés, malgré leur importance dans la diminution de la concentration de gaz carboniques à effets de serre dans l'atmosphère. Notre bassin algérien subi de fortes pressions anthropiques qui engendrent de fortes émissions anthropiques de CO₂. Les écosystèmes de carbone bleu ou le puits de carbone bleu, pourrait être une des solutions pour diminuer leurs concentrations dans l'atmosphère.

Dans notre travail, on a essayé de déterminer si les herbiers à *P.oceanica* et *C.nodosa* pouvaient être des puits de carbone bleu à la plage Ouest de Sidi-Fredj, et lequel d'entre eux stocke le plus, et ceci par la baie de la mesure de la pression partielle du CO₂ et l'Alcalinité totale, en prenons la colonne d'eau comme référence.

Ce travail est conclu par déterminer que les herbiers à *P.oceanica* et *C.nodosa* semblent séquestrer le carbone dissous dans l'eau de mer donc on peut dire que ces herbiers sont des puits de carbone bleu et que la *P.oceanica* séquestre plus de carbone que la *C.nodosa*.

Enfin, les objectifs de ce travail ont pu être atteints, malgré qu'on n'ait pas pu aller plus loin dans l'estimation de carbone séquestré par ces herbiers.

Abstract

The blue carbon ecosystems, are still little studied, despite their importance in reducing the concentration of greenhouse gases in the atmosphere. Our Algerian basin suffers from strong anthropic pressures that generate strong anthropic emissions of CO₂, and the blue carbon ecosystems or the blue carbon sink, could be one of the solutions to decrease their concentrations in the atmosphere.

In our work, we tried to determine if the *P.oceanica* and *C.nodosa* seagrass beds can be blue carbon sinks in the West beach of Sidi-Fredj, and which of them stores the most, by measuring the partial pressure of CO₂ and the total alkalinity, taking the water column as a reference.

This work is concluded by determining that the *P.oceanica* and *C.nodosa* seagrass beds sequester carbon dissolved in seawater then we can consider them as a carbon sinks and that the *P.oceanica* sequesters more carbon than *C.nodosa*.

Finally, the objectives of this work were achieved, although we could not go further in estimating the carbon sequestered by these beds.

ملخص

لا تزال النظم البيئية للكربون الأزرق مدروسة قليلاً، على الرغم من أهميتها في تقليل تركيز ثاني أكسيد الكربون مع تأثيرات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي. يخضع حوضنا الجزائري لضغوط بشرية قوية تولد انبعاثات قوية من ثاني أكسيد الكربون من صنع الإنسان، ويمكن أن تكون النظم البيئية للكربون الأزرق أو بالوعة الكربون الأزرق أحد الحلول لتقليل تركيزاتها في الغلاف الجوي.

في عملنا، حاولنا تحديد ما إذا كانت مروج *P.oceanica* و *C.nodosa* يمكن أن تكون أحواض كربون زرقاء على الشاطئ الغربي لسيدي فرج، وأي منها يخزن أكثر، وذلك من خلال قياس الضغط الجزئي من ثاني أكسيد الكربون والقلوية الكلية، مع أخذ عمود الماء كمرجع.

تم الانتهاء من هذا العمل من خلال تحديد أن طبقات *P.oceanica* و *C.nodosa* تحبس الكربون المذاب في مياه البحر وأن *P.oceanica* تحتجز كمية من الكربون أكثر من *C.nodosa*.

أخيراً، تم تحقيق أهداف هذا العمل، على الرغم من أننا لم نتمكن من المضي قدماً في تقدير الكربون المحتجز بواسطة هذه المروج.