

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
La République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل
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
Spécialité : Environnement marin

Thème :

**Contribution à l'étude des paramètres vitaux de
l'herbier à Posidonie (*Posidonia oceanica*) en
relation avec la pollution chimique**

Présenté par :

M^{elle}. DAOUDI Mariem Batoul

M^{elle}. HASNA Nadia

Soutenu le 04 Octobre 2015, devant le jury composé de :

Mme. MAHDID S.

Présidente

Mme. GHALMI R.

Promotrice

Mme. HENDA A.

Examinatrice

M.TARMOUL F.

Examineur

Promotion 2015/2016

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
La République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل
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
Spécialité : Environnement marin

Thème :

**Contribution à l'étude des paramètres vitaux de
l'herbier à Posidonie (*Posidonia oceanica*) en
relation avec la pollution chimique**

Présenté par :

M^{elle}. DAOUDI Mariem Batoul

M^{elle}. HASNA Nadia

Soutenu le 04 Octobre 2015, devant le jury composé de :

Mme. MAHDID S.

Présidente

Mme. GHALMI R.

Promotrice

Mme. HENDA A.

Examinatrice

M.TARMOUL F.

Examineur

Promotion 2015/2016

Dédicaces

*Je dédie ce travail à mes très chers parents **DAOUDI Daoudi** et **DAOUDI Aicha** qui sont la source d'amour et d'affection, et sans lesquels ce travail n'aurait pas pu voir le jour.*

*A mes chers frères **Kamel, Yacine, Tarek et Ibrahim El-Khalil.***

*A mes chers sœurs **Sihem, Nassima, Rekaia, Nesrine, Manel et El Hacena.***

A mes petits neveux et mes nièces

A mes chers belle sœurs

*A **M^{elle}. Rachida, M^{elle}. Nora et M^{elle}. Khadidja***

*A ma binôme **HASNA Nadia***

Daoudi Mariem Batoul

Dédicaces

*Je dédie ce travail à mes très chers parents **HASNA Arezki** et **MESSAOUDENE Zahia** qui sont la source d'amour et d'affection, et sans lesquels ce travail n'aurait pas pu voir le jour.*

*A mes chers frères : **Amar, Said et Arezki***

*A mes chers sœurs : **Taous, Fazia, Nacera, Samira, Fatiha et Ourdia***

*A mes chers belle sœurs : **Laila et Karima***

*A mes petits neveux et mes nièces : **Samy, Karim, Mouhamed, Yanis***

*et surtout **Ouïam***

*A **M. BENZOUAD Samir***

*A ma binôme **DAOUDI Mariem Batoul***

HASNA Nadia

Remerciement

Au terme de ce travail, nous remercions Dieu le tout puissant pour nous avoir donné la santé, le courage et la volonté, pour réaliser ce modeste travail.

*Nous exprimons nos profonds remerciements à notre promotrice Mme. **GHALMI R.** pour l'aide compétente qu'elle nous a apporté, pour sa patience, sa confiance et son œil critique qui nous a été très précieux pour la structuration de ce travail.*

*Nous remercions Mme. **MAHDID S.** qui nous a fait l'honneur de bien vouloir présider les jurys de ce mémoire.*

*Nos vifs remerciements vont à M. **TARMOUL F.** et Mme. **HENDA A.** pour l'aide, les conseils, pour l'intérêt qu'il ont porté pour notre travail, et d'avoir bien voulu l'examiner et le corriger.*

*Un grand merci pour M. **ZERROUKI M.** et M. **MATOUK Y.** pour leur précieuse aide*

Nous tenons aussi à exprimer notre haute considération et nos sincères remerciements à l'ensemble des ingénieurs et techniciens des laboratoires de l'ENSSMAL et le personnel de la bibliothèque.

*Nous remercions également Mme. **OUNADI F.** et Mme. **EDALLIA N.** du laboratoire de recherche de Sidi Fredj pour leur aide.*

*Nous présentons nos remerciements au club de plongé **AQUAMAR** et tout particulièrement **M. AMAR, M. YUCEF et M^{elle}. FADILA.***

*Nos reconnaissances vont à toutes les personnes qui nous ont aidé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste mémoire, en particulier nos amies **Fadila, Nadhira Imane,** et **Nacera...***

Listes des figures

Figure I.1 : Répartition de <i>Posidonia oceanica</i> en méditerranée.	19
Figure I.2 : Aspect général d'une posidonie	20
Figure I.3 : Les différents types de feuilles dans un faisceau de <i>Posidonia oceanica</i> .	21
Figure I.4 : L'inflorescence de <i>Posidonia oceanica</i> d'après Hartog (1970).	22
Figure I.5 : Inflorescence de <i>Posidonia oceanica</i> (la Ciotat) à -18 m.	22
Figure I.6 : Aspect des fruits (A) et germination des graines (B) de Posidonie	23
Figure I.7 : Pelotes de la Posidonie (aegagropiles).	23
Figure I.8 : Aspect de banquettes de feuilles mortes de <i>Posidonia oceanica</i>	24
Figure I.9 : Aspect de banquette de feuilles mortes de <i>Posidonia oceanica</i> dans la zone de la Corne d'Or.	24
Figure I.10 : Bloc diagramme d'une matte de Posidonie.	25
Figure I.11 : Matte de Posidonies (La Ciotat) à -10 m.	25
Figure I.12 : Le peuplement de l'écosystème herbier de posidonie et ses divers compartiments.	27
Figure I.13 : Rôle de l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i> dans le fonctionnement des systèmes littoraux en Méditerranée.	29
Figure I.14 : Signalisation de <i>caulerpa racemosa</i> dans le littoral algérien.	35
Figure II.1 : Localisation géographique de la baie de Bou-Ismaïl dans le littoral algérien.	38
Figure II.2 : Sédimentologie générale de la baie de Bou-Ismaïl.	39
Figure II.3 : Les Principaux points de rejet d'eaux usées dans la baie de Bou-Ismaïl.	42
Figure II.4 : Localisation des stations étudiées au niveau de la zone de la Corne d'Or.	45
Figure II.5 : Localisation des stations étudiées au niveau de la zone de Bou-Ismaïl.	46

Figure II.6 : Mesure de la densité	48
Figure II.7 : Estimation du recouvrement	48
Figure II.8 : Différents types de limites inférieures de <i>Posidonia oceanica</i>	49
Figure II.9 : Prélèvement de posidonie	50
Figure II.10 : Prélèvement d'eau	51
Figure II.11 : Conductimètre de terrain (type Cond/WTW, 197).	51
Figure II.12 : pH-mètre de terrain de type (pH/mV mètre, WTW, 197).	51
Figure II.13 : Les différents types de feuilles	52
Figure II.14 : Les différentes étapes pour la mesure de la biomasse	53
Figure II.15 : L'analyseur automatique SKALAR	55
Figure II.16 : Les solutions standards	55
Figure II.17 : Protocole de mesure de la matière en suspensions et de la matière organique.	57
Figure III.1 : Histogramme des variations de la température de l'eau de surface dans les deux zones d'étude.	66
Figure III.2 : Distribution de la température en (C°) des eaux de surface dans la zone de Bou-Ismaïl.	67
Figure III.3 : Histogramme des variations de salinité en (PSU) de la matrice eau dans les deux zones d'études.	68
Figure III.4 : Distribution de la salinité en (PSU) de la matrice eau dans la zone de Bou-Ismaïl.	68
Figure III.5 : Histogramme des variations de potentiel d'hydrogène dans les deux zones d'études.	69
Figure III.6 : Distribution de potentiel d'hydrogène dans la zone de Bou-Ismaïl.	70
Figure III.7 : Histogramme de variations des matières en suspension en (mg/l) dans les deux zones d'étude	70
Figure III.8 : Distribution de la matière en suspension en (mg/l) dans la zone de Bou-Ismaïl.	71
Figure III.9 : Distribution de la matière en suspension en (mg/l) dans la zone de la Corne d'Or.	72
Figure III.10 : Histogramme de variations de la matière organique en (mg/l) dans les deux zones d'étude	72

Figure III.11 : Distribution de la matière organique en (mg/l) dans la zone de Bou-Ismaïl.	73
Figure III.12 : Distribution de la matière organique en (mg/l) dans la zone de la Corne d'Or.	73
Figure III.13 : Histogramme des concentrations en ammonium dans les deux zones d'études.	74
Figure III.14 : Distribution des concentrations en ammonium en ($\mu\text{mol/l}$) dans la zone de Bou-Ismaïl.	75
Figure III.15 : Distribution des concentrations de l'ammonium en $\mu\text{mol/l}$ dans la zone de la Corne d'Or.	75
Figure III.16 : Histogramme des concentrations en nitrates en $\mu\text{mol/l}$ dans les deux zones d'étude.	76
Figure III.17 : Histogramme des concentrations en nitrites dans les deux zones d'étude.	77
Figure III.18 : Distribution des concentrations de nitrates en ($\mu\text{mol/l}$) dans la zone de Bou-Ismaïl.	77
Figure III.19 : Distribution des concentrations de nitrites en ($\mu\text{mol/l}$) dans la zone de Bou-Ismaïl.	78
Figure III.20 : Distribution des concentrations de nitrates en ($\mu\text{mol/l}$) dans la zone de la Corne d'Or.	78
Figure III.21 : Distribution des concentrations de nitrites en ($\mu\text{mol/l}$) dans la zone de la Corne d'Or.	79
Figure III.22 : Histogramme des concentrations en ortho-phosphate dans les deux zones d'études.	79
Figure III.23 : Distribution des concentrations d'orthophosphates en ($\mu\text{mol/l}$) dans la zone de Bou-Ismaïl.	80
Figure III.24 : Distribution des concentrations d'orthophosphates en ($\mu\text{mol/l}$) dans la zone de la Corne d'Or.	80
Figure III.25 : Histogramme des concentrations en silicium dissout en ($\mu\text{mol/l}$) dans les deux zones d'études.	81
Figure III.26 : Distribution des concentrations du silicium dissout en ($\mu\text{mol/l}$) dans la zone de Bou-Ismaïl.	82
Figure III.27 : Distribution des concentrations du silicium dissout en	82

($\mu\text{mol/l}$) dans la zone de la Corne d'Or.

- Figure III.28 :** Les rejets d'eau usée au niveau de la zone de Bou-Ismaïl. 83
- Figure III.29 :** Aspect d'un faisceau de feuille de *Posidonia oceanica* enfouit sous le sédiment au niveau de la zone de Bou-Ismaïl. 83
- Figure III.30 :** Les nuisances par les déchets ménagers et urbains au niveau de la zone de Bou-Ismaïl 84
- Figure III.31 :** Aspect de sédiment prélevé dans la zone de Bou-Ismaïl 84
- Figure III.32 :** Aspect externe des gonades de l'oursin commun *Paracentrotus lividus* dans les deux zones d'études (à droite Corne d'Or, à gauche Bou-Ismaïl) 85
- Figure III.33 :** Aspect externe des feuilles de *Posidonia oceanica* dans les deux zones d'études (les feuilles de posidonie de Corne d'Or à droite et de Bou-Ismaïl à gauche) . 85
- Figure III.34 :** Aspect de la matte morte de *Posidonia oceanica* dans les deux zones d'études (A : le front de mer de Bou-Ismaïl et B : la zone de la Corne d'Or (Tipaza)). 86
- Figure III.35 :** Présence de l'algue *Caulerpa cylindracea* au niveau de la station (B4) de la zone de Bou-Ismaïl à 8 mètres de profondeur. 87

Liste des tableaux

Tableau I. 1 : Caractéristiques des colonisations de <i>Caulerpa racemosa</i> dans la région Ouest et Centre du littoral algérien.	36
Tableau II. 1 : Les rejets d'eau usées dans la wilaya de Tipaza (étude d'aménagement du littoral .Wilaya de Tipaza, synthèse-bilan diagnostic (2006)	41
Tableau II. 2 : Les principales industries dans la région de Bou-Ismaïl	43
Tableau II. 3 : Les activités polluantes dans la baie de Bou-Ismaïl	43
Tableau II. 4 : Classification de l'herbier à Posidonie selon la densité des faisceaux de feuilles en mètre carré.	47
Tableau II. 5 : Interprétation de la vitalité de l'herbier en fonction des pourcentages de recouvrement moyens mesuré en limite supérieur et inférieur.	49
Tableau III. 1 : Densité moyenne des faisceaux par mètre carré mesurées au niveau de la zone de la Corne d'Or.	59
Tableau III. 2 : Densité moyenne des faisceaux par mètre carré mesurées au niveau de la zone de Bou -Ismaïl	59
Tableau III. 3 : Estimation moyenne du recouvrement de l'herbier à Posidonie au niveau de la zone de la Corne d'Or.	60
Tableau III. 4 : Estimation moyenne du recouvrement de l'herbier à Posidonie au niveau de la zone de Bou-Ismaïl.	60
Tableau III. 5 : Paramètres phénologiques de <i>Posidonia oceanica</i> au niveau de la zone de la Corne d'Or (2015).	61
Tableau III. 6 : Paramètres phénologiques de <i>Posidonia oceanica</i> au niveau de la zone de Bou-Ismaïl (2015).	61
Tableau III. 7 : Biomasse moyenne des feuilles et des épiphytes des feuilles au niveau de la zone de la Corne d'Or (2015).	65
Tableau III. 8 : Biomasse moyenne des feuilles et des épiphytes des feuilles au niveau de la zone de Bou Ismaïl (2015).	65
Tableau III. 9 : Comparaison des teneurs en sels nutritifs ($\mu\text{mol/l}$) avec les résultats obtenus dans la bibliographie.	88
Tableau III. 10 : Biométrie foliaire de <i>Posidonia oceanica</i> (la zone de la Corne d'or et Bou -Ismaïl) entre (2010) et (2015).	89

Tableau III. 11 : Biométrie foliaire de *Posidonia oceanica* au niveau de la zone de la Corne d'Or et Bou-Ismaïl entre (2010) et (2015). 90

Sommaire

Introduction générale	16
------------------------------------	-----------

Chapitre 1 : Généralités

I.1. Présentation de la Posidonie.....	19
I.2. Systématique	19
I.3. Répartition géographique	19
I.4. <i>Posidonia oceanica</i> Dellile (L.)	20
I.4.1. Description	20
1.4.2. Ecologie	25
1.4.3. Vie associée	26
1.4.4. Importance	27
1.4.5. Rôle économique	29
1.4.6. Rôle en tant que bio-indicateur	30
I.5. La Posidonie en Algérie	30
I.6. Les menaces sur l'écosystème à <i>Posidonia océanica</i>	31
I.6.1. Les pollutions industrielles et urbaines (rejet des eaux usées)	32
1.6.2. Les destructions mécaniques	32
1.6.3. La pêche	33
1.6.4. Les aménagements littoraux	33
1.6.5. Le surpâturage	34
1.6.6. La compétition avec des espèces invasives.....	34
I.6.7. L'aquaculture côtière	36

Chapitre II : Matériels et Méthodes

II.1. La Baie de Bou-Ismaïl	38
II.1.1. Localisation géographique	38
II.1.1.1. Topographie de la baie	39

II.1.1.2. Sédimentologie de la baie	39
II.1.1.3. Réseau hydrologique	40
II.1.2. Principales caractéristiques des facteurs du milieu	40
II.1.2.1. La température	40
II.1.2.2. La salinité	40
II.1.2.3. Le régime des vents	40
II.1.2.4. La Pluviométrie	41
II.1.3. L'état de la pollution dans la baie de Bou-Ismaïl	41
II.2. Le choix des zones d'études	44
II.3. Le choix des stations	44
II.4. Les travaux en mer	47
II.4.1. Les paramètres vitaux	47
II.4.1.1. Analyses de l'état de vitalité de la plante	47
II.4.1.1.1. Densité foliaire de l'herbier.....	47
II.4.1.1.2. Estimation du recouvrement de l'herbier.....	48
II.4.1.1.3. Évaluation de la dynamique de l'herbier de Posidonie.....	49
II.4.1.1.4. Paramètres biométriques et la biomasse.....	50
II.4.1.1.5. Faune et flore associées	50
II.4.2. La pollution chimique	50
II.4.2.1. Prélèvements d'eau	51
II.4.2.2. Les mesures des paramètres physico-chimiques	51
II.5. Les paramètres mesurés aux laboratoires	51
II.5.1. Les paramètres vitaux	51
II.5.1.1. Biométrie.....	51
II.5.1.1.1. Coefficient A (Coef A).....	53
II.5.1.1.2. Biomasse des épiphytes et des feuilles	53
II.5.2. La pollution chimique.....	54
II.5.2.1. Dosage des sels nutritifs.....	54
II.5.2.2. Les matières en suspensions et la matière organique	56

II.5.2.2.1. Principe de l'estimation des M.E.S.....	56
II.5.2.2.2. Principe de l'estimation de la M.O	56

Chapitre III : Résultats & discussions

III.1. Les paramètres vitaux de l'herbier à Posidonie	59
III.1.1. Mesures des paramètres biotiques	59
III.1.1.1. Densité des herbiers	59
III.1.1.2. Estimation du recouvrement	60
III.1.2. Paramètres biométrique	61
III.1.2.1. Nombre de feuilles par faisceaux	62
III.1.2.2. Longueur des feuilles	62
III.1.2.3. Largeur des feuilles	63
III.1.2.4. Coefficient A	64
III.1.2.5. Surface foliaire	64
III.1.2.6. Indice foliaire	64
III.1.2.7. La biomasse des feuilles et des épiphytes des feuilles	65
III.2. Les paramètres physico-chimiques	66
III.2.1. La température	66
III.2.2. La Salinité.....	68
III.2.3. Le potentiel d'hydrogène	69
III.3. La matière en suspension	70
III.4. La matière organique	72
III.5. Les sels nutritifs	74
III.5.1. Ammonium	74
III.5.2. Nitrates et Nitrites	76

III.5.3. Phosphore	79
III.5.4. Silicium	81
III.6. Bou-Ismaïl entre les résultats obtenus et la déclaration des pêcheurs.....	83
III.7. Comparaison avec des résultats antérieurs dans la baie de Bou-Ismaïl	88
III.7.1. Les sels nutritifs	88
III.7.2. Les paramètres vitaux	89
Conclusion générale	91
Recommandations et Perspectives	95
Références bibliographiques	98
Annexes.....	113

Introduction

Générale

"ظهر الفساد في البر والبحر بما كسبت أيدي الناس لئذيقهم بعض الذي عملوا لعلهم يرجعون

سورة الروم آية 41 "

« La corruption est apparue sur la terre et dans la mer à cause de ce que les gens ont accompli de leurs propres mains ; afin qu' [ALLAH] leur fasse goûter une partie de ce qu'ils ont œuvré ; peut-être reviendront-ils (vers ALLAH). »

Sourate Ar-Rūm, 41.

Introduction générale

Aujourd'hui le littoral est considéré comme un «éco-sociosystème», un système complexe où s'imbriquent environnement naturel et activités humaines (COI, 1997). Zone de contact entre ciel, terre et mer, mosaïque d'écosystèmes terrestres et aquatiques, le littoral apparaît comme une zone d'autant plus fragile et convoitée, que la frange côtière est étroite et reste le site privilégié de nombreuses activités économiques (ex: urbanisation, pêche, aquaculture, plaisance, activités touristiques). La coexistence de ces différentes activités, souvent peu compatibles entre elles, est sources de multiples nuisances et conflits d'intérêts (Pergent-martini *et al.*, 2007).

Elles perturbent le fonctionnement et la stabilité des écosystèmes littoraux et notamment, des herbiers de phanérogames marines, et hypothèquent fortement leur futur maintien. Or, les herbiers apparaissent comme des formations végétales clés, en termes de biodiversité, à l'échelle de la planète.

Les herbiers à *Posidonia oceanica* sont très sensibles aux perturbations humaines (e.g. aménagement littoral, pollution, turbidité, ancrage, etc.) et leur régression concerne une grande partie de la Méditerranée (Pergent-Martini *et al.*, 2007).

L'herbier à *Posidonia oceanica* est l'un des écosystèmes majeurs du littoral de la Méditerranée, en raison de son importance écologique et de son rôle dans les équilibres sédimentaires littoraux. C'est aussi un "point chaud" pour la diversité spécifique.

En effet ce dernier représente la seule, phanérogame marine endémique de Méditerranée, il constitue un puissant intégrateur de la qualité globale des eaux marines Très largement distribué sur tout le littoral méditerranéen, particulièrement sensible à la pollution et aux agressions liées aux activités

humaines 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 *Posidonia oceanica* est permanente, elle ne dépend, ni du sens du vent ni des courants. L'utilisation de *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de pollution chimique tend à se développer depuis une vingtaine d'années. En effet, cette phanérogame présente toutes les qualités requises pour une utilisation en ce sens : espèce benthique, longévité, largement répandue dans tout le bassin méditerranéen, présentant un fort pouvoir de concentration vis à vis des polluants chimiques. (Boudouresque *et al.*, 2007)

De ce fait notre objectif est de présenter et d'interpréter le suivi des paramètres vitaux (la densité, déchaussement des rhizomes, le recouvrement, la biométrie foliaire et la biomasse) d'une part et d'autre part les mesures de la pollution chimique , les sels nutritifs, les matières en suspension (MES) et la matières organique) dans deux sites soumis à des conditions d'anthropisation différentes : (i) une zone de référence située à l'OUEST de la baie de Bou-Ismaïl, la plage de la corne d'or et l'anse du CET ; (ii) une zone fortement anthropisée, lieu de déversement de rejets industriels, située au niveau de la ville de Bou- Ismaïl (au centre de la baie) ; et de comparer les résultats obtenus pour la pollution chimique avec ceux de précédentes études (Tarmoul, 2010 et Boughella, 2012) .

Chapitre I :

Généralités

POSIDONIE



Papille méditerranéennE

Ossature d'un monde jolI

Sagesse longue de l'océaN

Image calme d'un lent échO

Dédale où l'eau retrouve son farD

Olifant muet d'un doux parI

Nimbe dont se pare nos futurS

Illuminant le cœur écolO

Etalant de plus en plus son camP

Gilles DEMARET

Double acrostiche, 2011

Chapitre I : Généralités

I.1. Présentation de la Posidonie

Il y a 120 à 100 millions d'années (Ma), au Crétacé, des Magnoliophytes (Plantae) continentales sont retournées dans le milieu marin. Plus loin dans le passé, il y a environ 475 Ma, à l'Ordovicien (Ere Primaire), leurs lointains ancêtres avaient quitté ce même milieu marin pour partir à la conquête des continents (Boudouresque *et al.*, 1982 ; Wellman *et al.*, 2003). Ils recouvrent actuellement une surface estimée entre 25000 et 50000 km² (Pasqualini *et al.*, 1998).

I.2. Systématique

Posidonia oceanica (Linnaeus) Delile, 1813 est une phanérogame marine, endémique de la Méditerranée. Elle appartient à l'ordre des Najadales et à la famille des Posidoniacées.

I.3. Répartition géographique

La distribution de *P. oceanica* est continue tout autour du bassin méditerranéen excepté au niveau des grands estuaires (Rhône, Nil, Pô, Ebre) (points A, B et C) (Den hartog *et al.*, 1988 ; Phillips *et al.*, 1988).

Il semble en effet que la posidonie supporte mal la dessalure et les fortes augmentations de la turbidité de l'eau. Les herbiers à *P. oceanica*, recouvrent actuellement une surface estimée entre 25000 et 50000 km² (Pasqualini *et al.*, 1998 in Vangeluwe, 2007).



Figure I.1 : Répartition de *Posidonia oceanica* en méditerranée
(d'après Pergent *et al.*, 2012)

I.4. *Posidonia oceanica* (L.) Dellile, 1813

I.4.1. Description

Posidonia oceanica est constituée par des tiges rampantes ou dressées, généralement enfouies dans le sédiment, que l'on nomme rhizomes. Les rhizomes rampants sont dits plagiotropes, et les rhizomes dressés orthotropes. La différenciation entre rhizomes plagiotropes et orthotropes n'est pas déterminée : en fonction de l'espace disponible, un rhizome orthotrope peut devenir plagiotrope, et vice-versa (Caye, 1980). Les rhizomes se terminent par des groupes de 4-8 feuilles (faisceaux), larges de 8-11mm et longues de 20-80cm. Les rhizomes portent également des racines, qui peuvent descendre jusqu'à 70cm dans le sédiment (Boudouresque *et al.*, 2006).

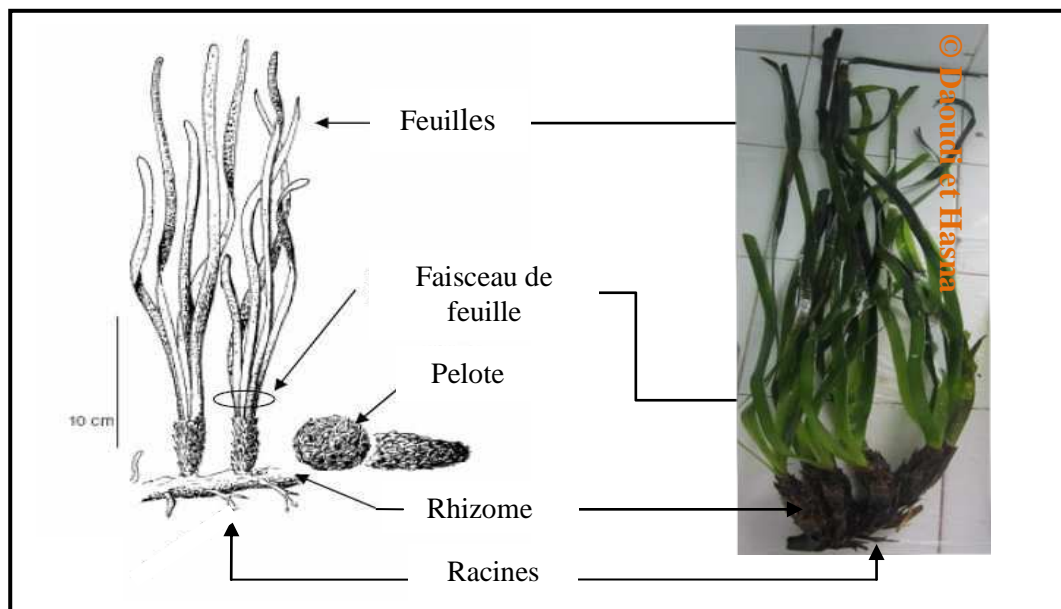


Figure I.2 : Aspect général d'une posidonie (Lizaud, et al., 2006)

De nouvelles feuilles se forment toute l'année. Elles vivent entre 5 et 8 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 5cm de longueur et feuilles intermédiaires les feuilles de plus de 5cm sans gaine basale (= pétiole) ; lorsque la croissance est terminée, une gaine basale se met en place : la feuille est alors dite adulte (Figure I.3) (Giraud, 1979 ; Ott , 1980 ; Thélin *et al.*, 1983).

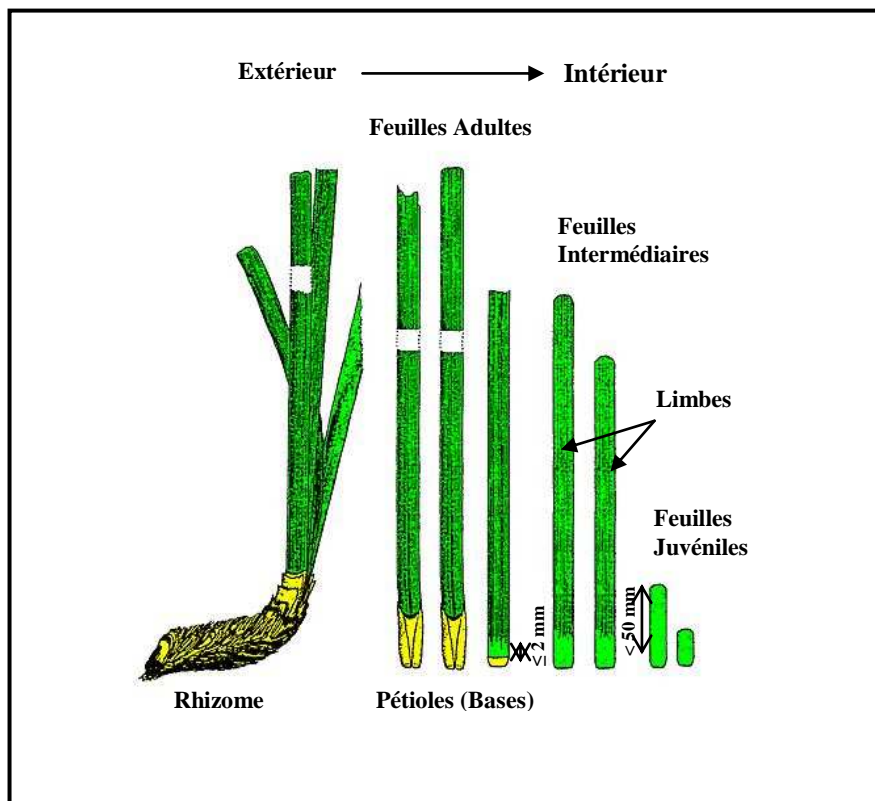


Figure I.3 : Les différents types de feuilles dans un faisceau de *Posidonia oceanica*. (d'après Pergent, 1987 ; modifiée)

A leur mort, les feuilles ne se détachent pas en totalité : seul le limbe est caduc, tandis que la gaine basale (pétiole), de quelques centimètres de longueur, reste fixée au rhizome. On lui donne alors le nom d'écaille. La chute des feuilles, comme leur formation, se produit tout au long de l'année (Pergent *et al.*, 1991).

La floraison de *P. oceanica* se produit à l'automne (septembre-novembre). Les fleurs sont hermaphrodites, c'est-à-dire à la fois mâles et femelles ; 4 à 10 fleurs sont groupées en une inflorescence au sommet d'un pédoncule de 10-30cm de longueur. La floraison ne se produit pas tous les ans, surtout dans les eaux relativement froides du Nord de la Méditerranée Occidentale. Certaines années ont été marquées par une floraison particulièrement intense, à l'échelle de l'ensemble de la Méditerranée, par exemple les années 1971, 1982, 1993, 1997 et 2003 (Giraud, 1977c ; Boudouresque *et al.*, 1982 ; Mazzella *et al.*, 1983 ; Mazzella *et al.*, 1984 ; Caye *et al.*, 1984 ; Pergent *et al.*, 1985 ; Thélin *et al.*, 1983 ; Thélin *et al.*, 1985 ; Pergent *et al.*, 1989a ; Acunto *et al.*, 1996 ; Piazzini *et al.*, 1999 ; Gobert *et al.*, 2005).

La floraison semble induite par des températures estivales élevées et par une température de 20°C en octobre (Caye *et al.*, 1984 ; Thélin *et al.*, 1985 ; Pergent *et al.*, 1989a ; Stoppelli *et al.*, 1996).

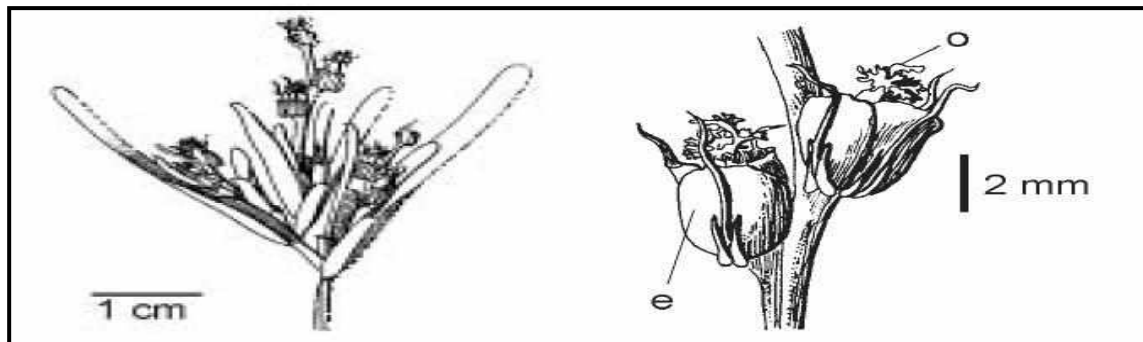


Figure I.4 : L'inflorescence de *Posidonia oceanica* d'après Hartog (1970)



Figure I.5: inflorescence de *Posidonia oceanica* (La Ciotat à -18m)¹

La fécondation donne naissance à des fruits qui se détachent de la plante à maturité, au printemps (6 à 9 mois de maturation). Ces fruits ont la forme et la dimension d'une olive ; leur couleur est vert foncé puis brun foncé à noir. Ils contiennent une seule graine. Ces fruits flottent un certain temps. Selon l'orientation des courants ils s'échouent sur la plage ou s'ouvrent libérant la graine qui coulera vers le fond, où elle germera, sans période de dormance, si les conditions du substrat sont favorables (Hartog, 1970 ; Boudouresque *et al.*, 1982 ; Caye *et al.*, 1984 ; Cinelli *et al.*, 1995).

Bien que le potentiel de germination des graines soit élevé (Balestri *et al.*, 1998)¹ et que de jeunes plants issus de graines aient déjà été observés in situ (Acunto *et al.*, 1996 ; Piazzini *et al.*, 1996 ;

¹ <http://agmed.mbouqu.in/faune-flore-mediterranee/fiche.php?f=vegetaux&sf=plantesfleurs>

Balestri *et al.*, 1998 ; Gambi *et al.*, 1998 ; Piazzi *et al.*, 1999), la reproduction sexuée n'aboutit que rarement à l'installation de nouveaux individus en milieu naturel, de telle sorte que la reproduction asexuée (végétative) par bouturage constitue le mode de reproduction privilégié de l'espèce (Molinier *et al.*, 1952 ; Meinesz *et al.*, 1992 ; Procaccini *et al.*, 1996).

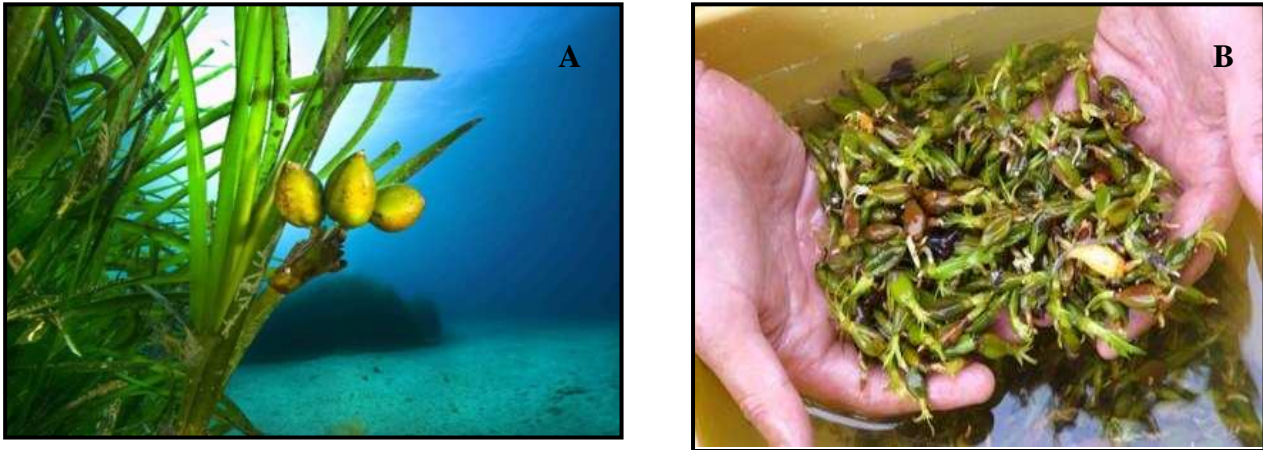


Figure I.6 : Aspect des fruits (A) et germination des graines (B) de Posidonie (Laurent Ballesta, 2006).

La laisse de posidonies est rejetée sur la plage sous forme de pelotes constituées de fibres agglutinées par le roulement des vagues : les aegagropiles (Lizaud *et al.*, 2006) .

Les aegagropiles (Figure I.7) ont en général une forme ovoïde, souvent un peu aplatie, parfois sphérique ; leur diamètre varie entre 3 et 6 cm, mais on en trouve de plus volumineuses ; une aegagropile de la taille d'un œuf d'autruche a même été récoltée en Corse (Lizaud *et al.*, 2006).



Figure I.7 : Pelotes de la posidonie (aegagropiles)²

² <http://laurie.bougeois.free.fr/botavelay4.html>

Les feuilles mortes de posidonies stagnent sur le fond ou se rassemblent, au gré des courants, dans des zones de décantation. Lors des tempêtes d'automne, une grande partie de ces feuilles est rejetée sur les plages, parfois en quantités énormes (Lizaud *et al.*, 2006).

On nomme banquettes ces accumulations de feuilles sur les plages, limitées par une falaise d'érosion côté mer, et plus ou moins horizontales côté terre.

La base des banquettes est soumise à l'érosion marine : les débris de feuilles, repris par la mer, constituent une sorte de « purée » épaisse qui amortit les vagues par sa viscosité, sur quelques mètres en avant de la banquette. Les banquettes contribuent ainsi à protéger les plages contre l'érosion marine lors des tempêtes (Lizaud *et al.*, 2006).

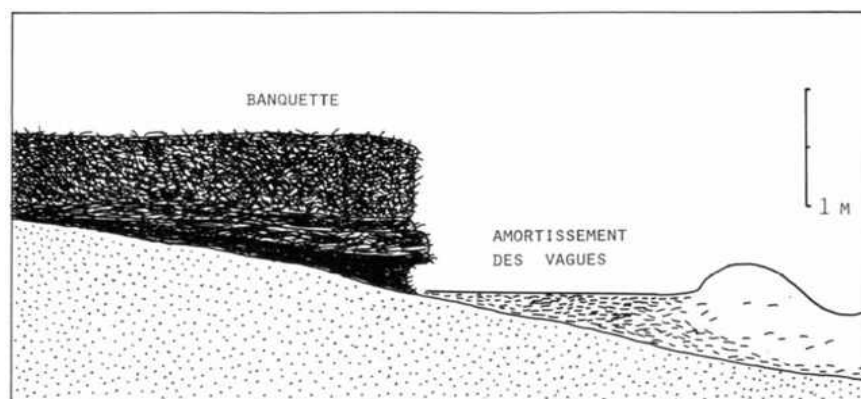


Figure I.8 : Aspect de banquettes de feuilles mortes de *Posidonia oceanica* d'après (Boudouresque *et al.*, 1982).



Figure I.9 Aspect de banquette de feuilles mortes de *Posidonia oceanica* dans la zone de la Corne d'Or.

L'herbier édifie au cours du temps la matte, enchevêtrement complexe et extrêmement compact de rhizomes et de racines dont les interstices sont comblés par du sédiment. Ces mattes stabilisent les fonds meubles et peuvent atteindre une épaisseur de 8 m (Molinier *et al.*, 1952), à raison d'un mètre par siècle.

La vitesse de l'élévation des mattes d'herbier varie certainement d'un point à un autre, en fonction en particulier des courants et de l'alimentation en sédiments. Par ailleurs, des phases d'élévation peuvent alterner avec des phases de mort de l'herbier.

Lors de la mort de l'herbier de Posidonie, ces mattes restent en place car elles sont peu putrescibles, et sont alors dénommées « mattes mortes », mais deviennent appauvries sur le plan écologique. (Lizaud *et al.*, 2006)

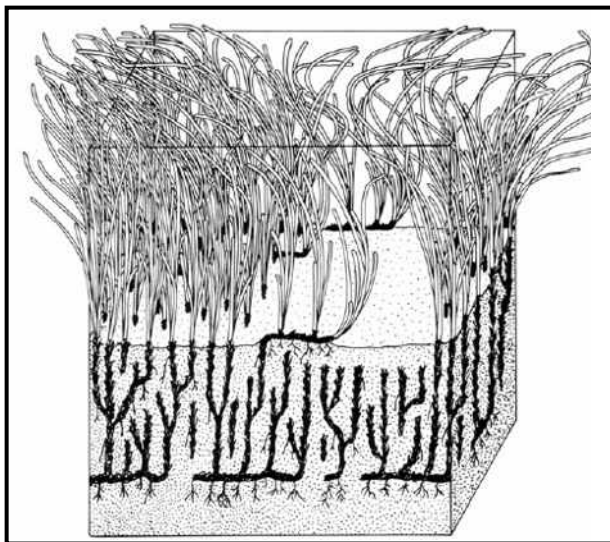


Figure I.10 : Bloc diagramme d'une matte de Posidonie d'après Boudouresque, *et al.* (1982)

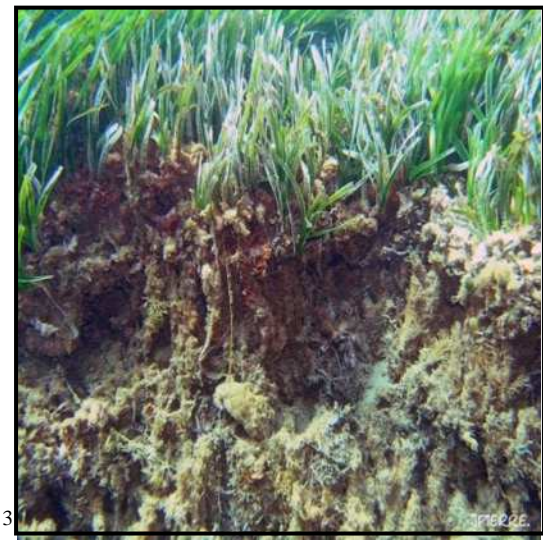


Figure I.11 : Matte de Posidonies La (Ciotat -10m)

I.4.2. Ecologie

Comme l'ensemble des magnoliophytes, *Posidonia oceanica* est très sensible à la disponibilité en lumière et ne peut survivre en dessous de 10 à 16% de l'irradiance de surface (Alcoverro *et al.*, 2001 ; Ruiz *et al.*, 2001). La lumière constitue l'un des

³ <http://agmed.mbouqu.in/faune-flore-mediterranee/fiche.php?f=vegetaux&sf=plantesfleurs>

facteurs les plus importants pour la répartition et la densité des herbiers à *Posidonia oceanica* (Elkalay *et al.*, 2003) :

- *Posidonia oceanica* est une espèce sténohaline, ne pouvant survivre en dessous de 33‰ (Ben Alaya, 1972) ; ce qui explique son absence au niveau des étangs saumâtres de la côte languedocienne et au voisinage de l'embouchure des fleuves côtiers. Elle semble mieux résister aux salinités élevées, bien que Ben Alaya (1972) ait indiqué que 41‰ constituait sa limite supérieure de tolérance, puisqu'elle a été observée dans des lagunes hypersalines en Tunisie et Lybie (Pergent *et al.*, 1992 ; Pergent *et al.*, 2002) ;

- *Posidonia oceanica* est présente pour des températures situées entre 10.5 et 30.0°C ; sa croissance est optimale entre 17.0 et 20.0 °C (Hartog, 1970 ; Ben Alaya, 1972 ; Augier *et al.*, 1980). Les températures extrêmes mesurées dans un herbier sont 9.0 et 29.2 °C (récif-barrière de la baie de Port-Cros, Var, France ; (Augier *et al.*, 1980 ; Robert, 1988) ;

- *Posidonia oceanica* craint un hydrodynamisme trop intense. Les tempêtes arrachent des faisceaux de feuilles, dont certains constitueront des boutures. Elles peuvent éroder la « matte », soit directement, soit en la vidant de son sédiment, ce qui la fragilise (Boudouresque *et al.*, 2006) .

1.4.3. Vie associée

L'écosystème herbier de posidonie de par sa complexité architecturale se structure en divers compartiments :

Le compartiment des producteurs primaires se compose outre de la posidonie *Posidonia oceanica*, de nombreux macrophytes fixés sur ses feuilles et ses rhizomes (Figure I.12).

Le compartiment des consommateurs primaires comporte de nombreux invertébrés sessiles et vagiles : des **crustacés** : crevettes, crabes, bernard l'hermite ; des mollusques : gastéropodes, bivalves et céphalopodes ; des échinodermes : oursins, holothuries, étoiles de mer, ophiures et des annélides.

Le compartiment des poissons téléostéens - consommateurs secondaires comprend plusieurs catégories :

- Les **herbivores** : la saupe *Sarpa salpa* ;
- Les microcarnivores ou **zooplanctonophages** : la castagnole (*Chromis chromis*) et la mendole (*Spicara smaris*) ;
- Les **mésocarnivores de type 1** : les labres (*Coris julis*) et les crénilabres (*Symphodus* spp.) qui se nourrissent de mollusques principalement ;
- Les **mésocarnivores de type 2** : les sars (*Diplodus annularis* et *D. vulgaris*), les syngnathes, etc. qui se nourrissent de diverses proies benthiques ;
- Les **macrocarnivores** qui capturent de gros crustacés, mollusques céphalopodes (poules) et poissons. Ce sont les rascasses (*Scorpaena porcus*), les serrans (*Serranus cabrilla* et *S. scriba*) et le labre *Labrus viridis*. (Ourgaud *et al.*, 2014).

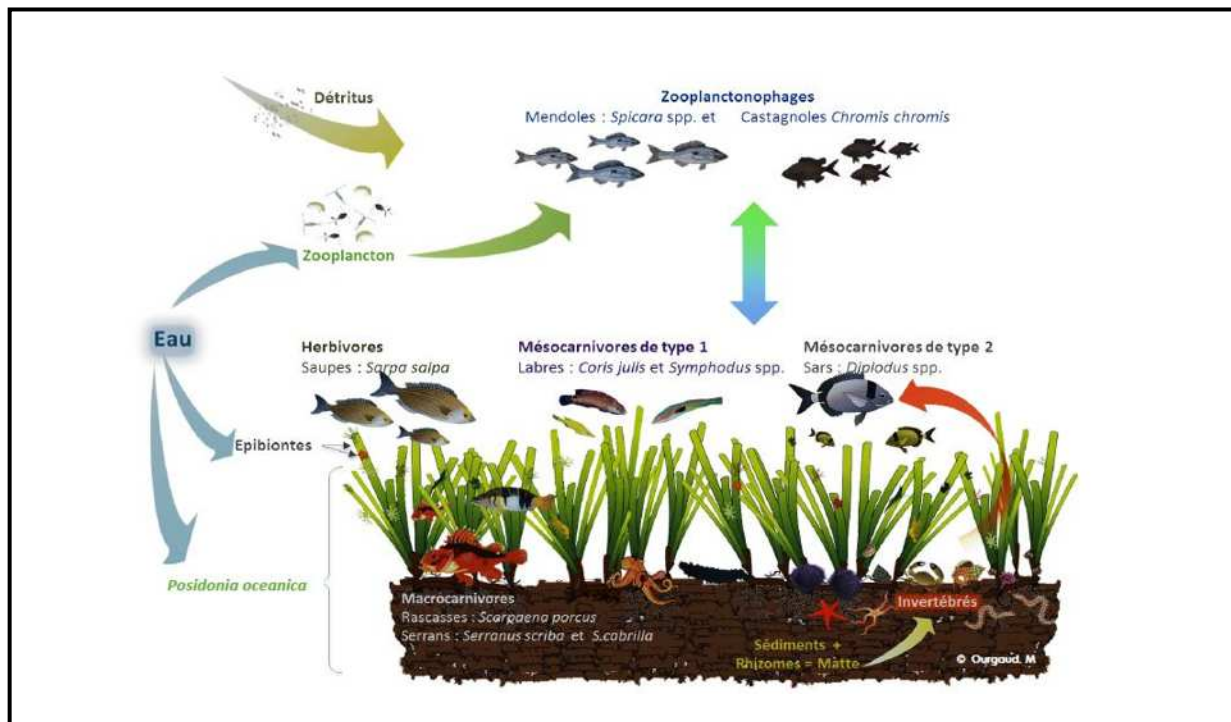


Figure I.12 : Le peuplement de l'écosystème herbier de posidonie et ses divers compartiments (Ourgaud *et al.*, 2014)

1.4.4. Importance

Dès l'Antiquité, la posidonie a été utilisée pour le carénage des bateaux, l'isolation thermique des maisons ou la confection de litières (Rico-Raimondino , 1995). Actuellement, son utilisation directe dans l'économie humaine a pratiquement disparu. Néanmoins, il apparaît clairement que son rôle dans le maintien des écosystèmes côtiers méditerranéens est crucial.

En effet, l'herbier à *P. oceanica* est aujourd'hui considéré comme un des écosystèmes les plus importants, voire l'écosystème-pivot de l'ensemble des espaces littoraux méditerranéens (Molinier *et al.*, 1952 ; Boudouresque *et al.*, 1982).

Au même titre que la forêt en milieu terrestre, l'herbier à *P. oceanica* constitue le climax d'une succession de peuplements et sa présence conditionne l'équilibre écologique de beaucoup de fonds littoraux méditerranéens. Les principaux rôles des herbiers peuvent être résumés comme suit (Boudouresque *et al.*, 1982) :

- L'herbier de Posidonie représente un pôle de biodiversité important : 20 à 25 % des espèces animales et végétales connues en Méditerranée y sont observées, soit plusieurs milliers d'espèces (Boudouresque *et al.*, 1994) ;
- L'herbier intervient sur la qualité des eaux littorales, grâce à une importante production d'oxygène (jusqu'à 14 l/j/m²) (Bay, 1978) et sur leur transparence par le piégeage des particules en suspension (Blanc *et al.*, 1984) ;
- L'herbier est le principal producteur primaire benthique de la Méditerranée (Romero, 1989b) ;
- L'herbier se trouve à la base de nombreuses chaînes alimentaires et constitue un lieu de frayère et de nurserie pour de nombreuses espèces animales qui y trouvent nourriture et protection (Ledoyer, 1968 ; Harmelin-Vivien, 1983), en particulier pour des poissons d'intérêt économique pour la pêche (Harmelin-Vivien *et al.*, 1995) ;
- L'herbier joue également un rôle fondamental dans la protection hydrodynamique de la frange côtière et des plages, par l'atténuation de la puissance des vagues et des courants et la stabilisation des fonds sableux (Vangeluwe, 2007) ;
- Il constitue un puits de « stockage » du CO₂. Il permet en moyenne de stocker 48 litres de CO₂ par jour et par m² (soit 3 fois plus que de dégagement d'O₂). Une étude publiée par la revue Nature Geosciences montre que les herbiers pourraient jouer un rôle primordial dans la régulation des changements

climatiques, s'ils réussissent à survivre aux activités humaines (Fourqurea *et al.*, 2012).

Finalement, l'ensemble des travaux scientifiques consacrés à l'herbier de Posidonie, ainsi que les observations des différents services en charge de l'aménagement, de la gestion et de la protection du littoral, font apparaître que la préservation des herbiers est un élément majeur du maintien des équilibres littoraux, tant biologiques que physiques. (Le direach, et al., 2013) (<http://www.com.univ-mrs.fr/gisposi/>)

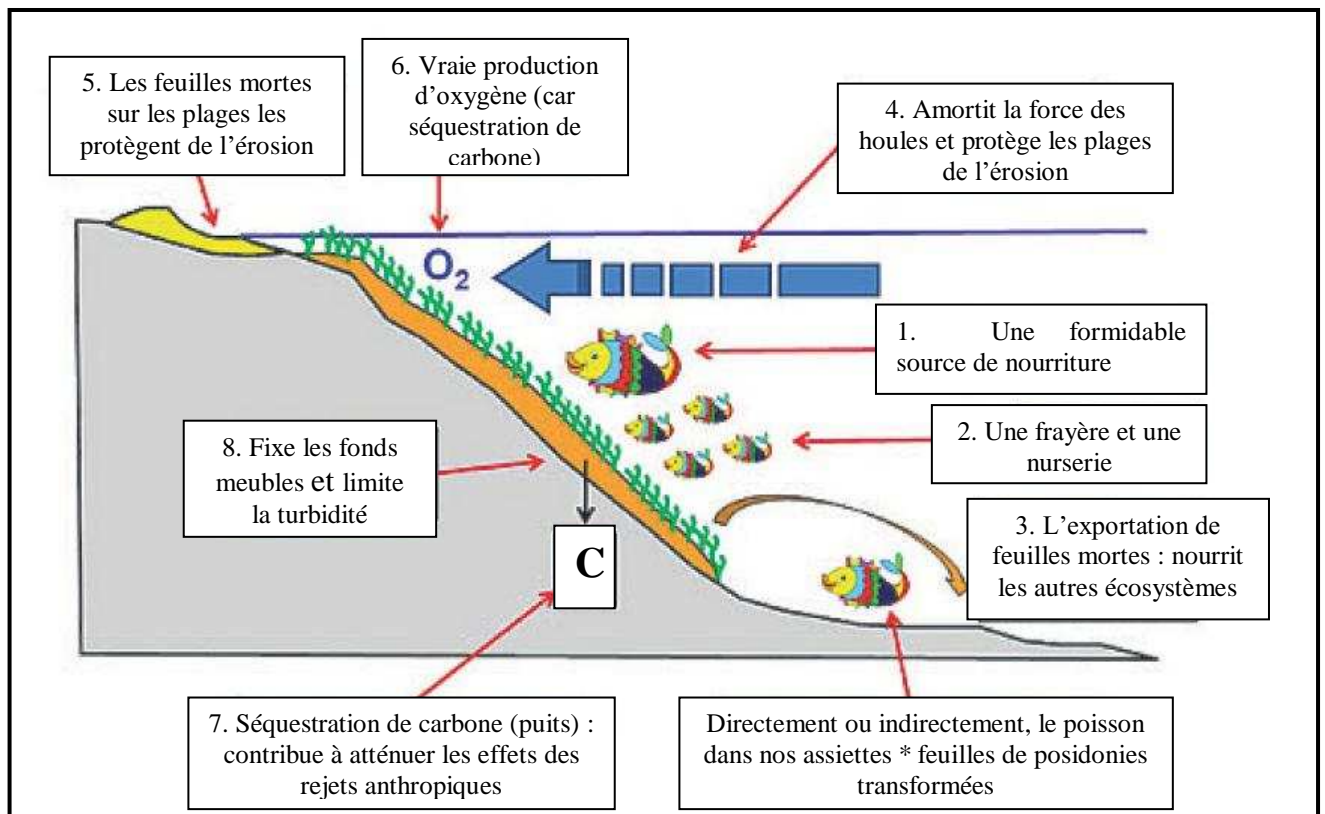


Figure I.13 : Rôle de l'herbier à *Posidonia oceanica* dans le fonctionnement des systèmes littoraux en Méditerranée (Le direach *et al.*, 2013).

1.4.5. Rôle économique

Il concerne bien évidemment la gestion des ressources vivantes à travers sa forte production biologique, la protection qu'il assure pour les alevins et les jeunes organismes vis à vis des prédateurs (nurseries), mais il constitue également une frayère tout particulièrement recherchée par de nombreuses espèces présentant un intérêt commercial (crustacés, céphalopodes, poissons) (Jimenez *et al.*, 1996 ; Francour *et al.*, 1997 ; Romero, 1999 ; Le direach *et al.*, 2001).

Il concerne également le développement du tourisme et des activités balnéaires, à travers le maintien de la qualité des eaux (transparence) à laquelle il contribue et surtout la stabilisation de la ligne de rivage (plages) qu'il assure en la protégeant contre l'érosion (réduction de l'hydrodynamisme, banquettes de feuilles mortes).

De plus, même si les herbiers ne constituent pas toujours des "spots" recherchés par les plongeurs, ils sont néanmoins à l'origine d'une exportation significative de richesse biologique (en terme d'espèces et de nourriture) vers d'autres biotopes plus recherchés (fonds rocheux) (Boudouresque *et al.*, 2006)

Au delà des chiffres avancés, il est intéressant de remarquer que les herbiers marins sont, à l'échelle mondiale, l'un des groupes d'écosystèmes dont la valeur économique (19000 US\$ par hectare et par an) est la plus élevée : 10 fois plus que les forêts tropicales et 3 fois plus que les récifs coralliens (Costanza *et al.*, 1997).

1.4.6. Rôle en tant que bio-indicateur

En Méditerranée, l'herbier à *Posidonia oceanica* constitue un puissant intégrateur de la qualité globale des eaux marines (Augier, 1985 ; Pergent, 1991b ; Pergent *et al.*, 1995). (Ainsi, de nombreux paramètres sont à même d'être enregistrés par l'herbier : (i) Turbidité moyenne des eaux (matérialisée par la position de sa limite inférieure et par la densité des faisceaux), (ii) Courants et hydrodynamisme (matérialisés par les structures érosives qui affectent la "matte"), (iii) Taux de sédimentation (matérialisé par la vitesse de croissance des rhizomes et, en cas de déficit, par leur déchaussement), (iv) Polluants stables (concentration et mémorisation des teneurs au cours du temps), (v) Dessalure au débouché de fleuves côtiers ou de nappes phréatiques (matérialisée par la disparition de l'herbier), (vi) Stress (matérialisé en particulier par la teneur de la plante en acides phénoliques et enzymes de détoxification), (vii) Matière organique et nutriments (matérialisés par les épiphytes des feuilles et la composition chimique de la plante) (Pergent *et al.*, 1995).

1.5. La Posidonie en Algérie

En Algérie, les quelques études qui lui ont été consacrées rapportent les phénomènes de destruction ou de régression des herbiers, aux alentours des grands centres urbains, industriels et portuaires : Alger, Annaba, Oran (Semroud, 1993). En effet, du fait de leur localisation très côtière, les herbiers de phanérogames marines sont directement soumis aux

impacts engendrés par les activités humaines. Dans la baie d'Alger, les herbiers à *Posidonia oceanica* ne s'étendent guère au-delà de 8m de profondeur, ceux qui subsistent sont dans un état de forte dégradation (Boumaza, 2003)

La seule cartographie à grande échelle des herbiers à *Posidonia oceanica* d'Algérie disponible est celle établie par (Vaissiere *et al.*, 1963). Elle indique que les herbiers étaient particulièrement bien développés dans le golfe d'Annaba, la Baie de Bou-Ismaïl et le golfe d'Arzew.

Dans ce dernier, ils descendent jusqu'à l'isobathe 30m, tandis que dans le golfe d'Annaba et la baie de Bou-Ismaïl ils ne dépassent pas l'isobathe 25m. À ce travail s'ajoutent l'ensemble des études ponctuelles portant sur les différents aspects liés à l'écosystème à *Posidonia oceanica* qui viennent préciser cette répartition (Braïk, 1989 ; Semroud, 1993 ; Boumaza, 1995 ; Lamouti, 2006).

À proximité des côtes et en mode calme, la croissance en hauteur de l'herbier conduit à la formation de récifs barrières, séparé de la côte par un lagon. En Algérie, ce type de paysage est signalé à El-Kala (vers l'entrée du chenal menant au lac mellah) ; à l'anse de Kouali à Tipaza (Le Gall, 1969 ; Boumaza, 1995) où il constitue l'un des plus prospères des récifs barrières des côtes algériennes et en 1953, Molinier et Picard ont signalé l'existence de petits récifs entre Bou-Ismaïl et Sidi-Fredj et dans les secteurs de Jijel (banc des kabyles) et de Bejaia (l'actuel parc national de Gouraya) (Boumaza, 2003).

1.6. Les menaces sur l'écosystème à *Posidonia océanica*

Les herbiers à Posidonie sont fragiles, vulnérables. Leur unique domaine, le proche littorale, est justement la zone qui leur est âprement disputée par les hommes (Boudouresque *et al.*, 1982). Presque tous les terre-pleins littoraux sont bâtis sur d'anciens herbiers. C'est dans cette étroite frange littorale, cette oasis linéaire bordant le Sahara des fonds océaniques, que se diverse les égouts des cités côtières (généralement sans traitement préalable), que les grands fleuves drainent les pollutions d'immenses bassins versants (Boudouresque *et al.*, 1982). Partout les herbiers reculent un peu plus vite ou un peu plus moins vite, selon les secteurs, ce recule a pris des

proportions catastrophiques au cours des 30 dernières années (Boudouresque *et al.*, 1982).

I.6.1. Les pollutions industrielles et urbaines (rejet des eaux usées)

Depuis de nombreuses années les herbiers à *Posidonia oceanica* présentent des régressions massives à proximité des grands centres urbains et industriels (Pergent-Martini *et al.*, 1995). L'origine de ces régressions a souvent été imputée à l'action de polluants chimiques (Bellan-Santini *et al.*, 1994 ; Pergent-Martini *et al.*, 1995), qui réduisent le développement des feuilles et la croissance des rhizomes de *P. oceanica* (Balestri *et al.*, 2004).

Ces phénomènes s'observent en particulier au niveau de la limite inférieure de l'herbier, où l'on assiste à une remontée de cette limite (Boudouresque *et al.*, 1982).

Parmi les contaminants chimiques émis par les rejets terrestres et nocifs pour la Posidonie, citons, les sels nutritifs, les détergents, les HAPs (Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques) et les pesticides qui réduisent la vitalité des herbiers à *Posidonia oceanica* (Pérés *et al.*, 1975 ; Augier *et al.*, 1987).

Les détergents (tensio-actifs) s'accumulent dans le sédiment, contaminant les racines, les rhizomes et les feuilles (Pérés *et al.*, 1975)

Dans le cas des nutriments, leurs apports provoquent une augmentation de la turbidité des eaux qui entraîne d'une part, une diminution de la photosynthèse en profondeur et qui favorise, d'autre part, une eutrophisation des eaux (Pérés, 1984 ; Bourcier, 1989 ; Pergent-Martini *et al.*, 1995 ; Boudouresque *et al.*, 2006)

1.6.2. Les destructions mécaniques

L'action mécanique directe des ancres et des systèmes de mouillage collectif sur les fonds constitue la plus grosse menace pour les herbiers à Posidonie (Boudouresque *et al.*, 2006).

Une ancre peut avoir un effet sur l'herbier à *Posidonia oceanica* de diverses façons : (Boudouresque *et al.*, 1995a ; Poulain, 1996 ; Francour *et al.*, 1997 ; Francour *et al.*, 1998 ; Francour *et al.*, 1999) :

-**Au moment de l'ancrage** cassure des rhizomes sur lesquels elle tombe ou sur lesquels elle dérive avant de s'accrocher ;

Pendant qu'elle est sur le fond la chaîne qui précède l'ancre dérape sur le fond, en raison de l'hydrodynamisme et du courant, et arrache des feuilles ;

- **Lors de la remontée** l'ancre casse les rhizomes auxquels elle est accrochée ; dans certains cas, elle peut arracher un bloc de matte.

Ces destructions mécaniques de l'herbier et de la matte peuvent conduire à la formation d'intermattes . La régénération d'un herbier est très lente compte tenu de sa vitesse de croissance et si ces destructions sont fréquentes, elles peuvent conduire à des destructions irréversibles (exemple de la baie de Port-Cros) (Boudouresque *et al.*, 1982).

1.6.3. La pêche

Les activités de pêche qui impliquent l'emploi des arts traînants qui raclent et labourent l'herbier, constituent la principale menace directe sur l'herbier (Ardizzone *et al.*, 1984).

Les dommages causés par les arts trainants (chaluts) sont liés aux caractéristiques structurelles de ces engins de pêche (Kaiser, 1998) .

Les chalutages provoquent une abrasion du fond, la remise en suspension des sédiments, la destruction involontaire d'espèces non commerciales et donc des modifications à long terme des communautés benthiques (Boudouresque *et al.*, 1996).

1.6.4. Les aménagements littoraux

La construction de port de plaisance ou de commerce, des terres –pleins gagnés sur la mer (urbanisation, parking, aéroport, endigages), et des plages alvéolaires sont toujours réalisés sur des petits fonds, c'est-à-dire dans la plupart des cas sur des herbiers à Posidonie (Boudouresque *et al.*, 1982).

Les aménagements littoraux agissent directement sur les herbiers à phanérogames marines par la destruction de surface d'herbier nécessaire à leur construction mais aussi indirectement par la modification des courants et des bilans sédimentaires aux abords des côtes (Vangeluwe, 2007).

Ainsi, les bassins portuaires constituent souvent un site très pollué par les peintures antifouling et les rejets d'eaux usées depuis les bateaux. Cette pollution se répand ensuite au voisinage des ports ce qui influe sur l'herbier à Posidonie. (Boudouresque *et al.*, 2006)

1.6.5. Le surpâturage

Les populations de l'oursin *Paracentrotus lividus* sont normalement contrôlées par des prédateurs, au premier rang desquels sont des poissons Sparidae (*Diplodus* en particulier). La surpêche de ces derniers sont les causes de l'explosion de populations d'oursins (Harmelin *et al.*, 1981 ; Ruiz-Fernandez, 2000).

Dans les eaux riches en nutriments, la teneur en azote des feuilles de *P. oceanica* et celle de ses épiphytes augmente significativement, ce qui attire les macro-herbivores, *Paracentrotus lividus* et *Sarpa salpa* (Ruiz-Fernandez, 2000). IL en résulte donc un surpâturage des végétaux benthiques.

1.6.6. La compétition avec des espèces invasives

Le problème de la compétition entre l'herbier à *Posidonia oceanica* et les espèces introduites est devenu d'actualité avec l'introduction en Méditerranée de *Caulerpa taxifolia* et *Caulerpa racemosa*, et dont l'expansion est extraordinairement rapide (Verlaque *et al.*, 2004 ; Piazzini *et al.*, 2005).

Ces espèces colonisent presque tous les types de substrats, en particulier les mattes mortes et les prairies à *P. oceanica* ; notamment les herbiers stressés ou dégradés dont elles peuvent accentuer le recul (Boudouresque *et al.*, 1995).

La seule forme identifiée à ce jour sur le littoral algérien est *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea*, et cela à l'ouest et au centre (Bentaallah *et al.*, 2013).

Caulerpa racemosa a été observée pour la première fois en algérie en 2005, sans pour autant être abondante (Seridi *et al.*, 2010). C'est essentiellement depuis 2006, que l'ampleur de la propagation de *Caulerpa racemosa* a été mise en évidence (Ould Ahmed *et al.*, 2007).

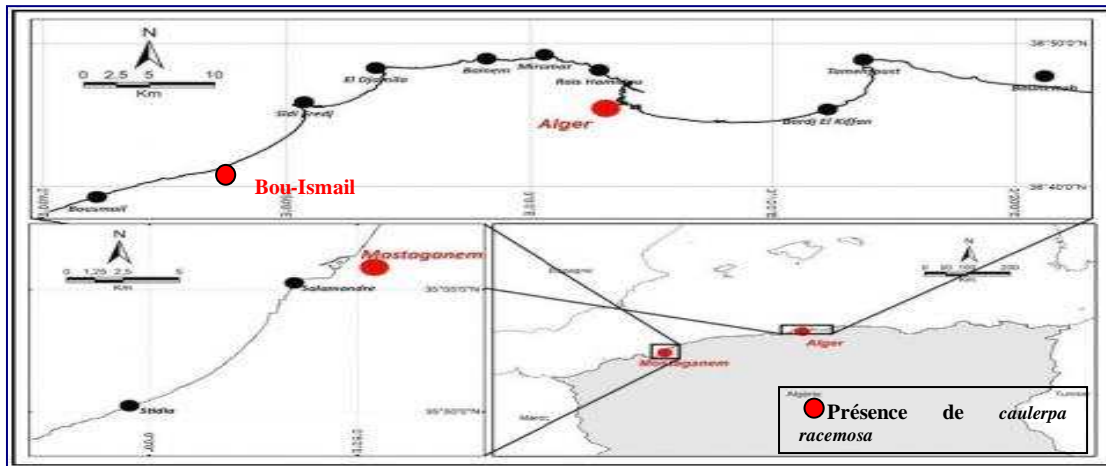


Figure I.14 : Signalisation de *caulerpa racemosa* dans le littoral algérien. (Ould Ahmed *et al.*, 2007 ; Seridi, 2007 ; Bouiadjrab *et al.*, 2010-a ; Bouiadjrab *et al.*, 2010-b ; Lamouti *et al.*, 2011 ; Tarmoul, 2010), modifiée.

L'algue a été identifiée pour la première fois à Bou-Ismaïl en 2006 (Ould Ahmed *et al.*, 2007) puis en 2010 (Tarmoul, 2010).

Caulerpa racemosa a été rencontrée à des profondeurs allant de quelques centimètres jusqu'à 29 mètres, sur des substrats divers (dur, sableux, vaseux), entre les rhizomes de phanérogames marines, entre les algues médiolittorales inférieures et infralittorales supérieures, sur les mattes mortes et sur divers déchets solides (Lamouti *et al.*, 2011)

L'espèce se trouve dans des zones où les activités de pêche et de plaisance sont très développées ce qui contribue donc très largement à sa propagation. La comparaison des données obtenues entre 2005 et 2010 indique une prolifération importante dans des zones où l'espèce était peu ou pas représentée (Lamouti, 2010)

Les résultats des observations de tous les recensements de *Caulerpa racemosa* dans la région Ouest et Centre du littoral algérien (Tableau I.1) indiquent le lieu, l'année de la première observation, la profondeur et le type du fond.

Tableau I.1: Caractéristiques des colonisations de *Caulerpa racemosa* dans la région Ouest et Centre du littoral algérien (Bentaallah *et al.*, 2013) , modifié

Localisation		Profondeur (m)	Substrat	Première observation*	Référence
Tamentfoust	Région centre	22	Sablo-vaseux	2005	S. Lamouti et al., 2011
Sidi-Fredj		1-12	Vase, sable, herbier		
Rais Hamidou		1-17	Roche, galets, herbier	2006	
Miramar		29	Roche, herbier, sable		
Bainem		6	Roche, herbier		
El Djamila		8	Roche, herbier		
Bou-Ismaïl		<1	Roche		
Bou-Ismaïl		0.5	-		
Tamentfoust		0.5			
Sidi-Fredj		3			
Bordj El Kiffan		<1		2007	
Salamandre	Région ouest	0,5-0,8	Sable, roche	2008	B. Bachir Bouiadjrab et al., 2010-a et 2010-b
Stidia		0,3-0,5	Sable, roche		
Bounettah	Région centre	13	Sable	2009	S. Lamouti et al., 2011
Bou-Ismaïl		2	Roche, sable, vase, algue	2010	F. Tarmoul, 2010

I.6.7. L'aquaculture côtière

La mise en place de fermes aquacoles dans les eaux côtières s'est accélérée au cours des dernières années. (Boudouresque *et al.*, 2006).

Il semble que la cause principale de l'impact des fermes piscicoles soit la libération de **matière organique**, dont l'oxydation induit des conditions anoxiques dans le sédiment situé sous et au voisinage des fermes (Delgado *et al.*, 1999) , et la synthèse de composés réduits qui peuvent être toxiques pour *P. oceanica* (Hemminga, 1998). En outre, l'enrichissement des eaux en nutriments peut réduire la photosynthèse de *P. oceanica* (par limitation de l'accès à la lumière) (Pergent *et al.*, 1999 in Ruiz-Fernandez, 2000). Enfin, l'ombre portée des cages, réduit significativement la densité des faisceaux (Ruiz-Fernandez, 2000 ; Ruiz *et al.*, 2001 in Noël *et al.*, 2012).

Chapitre II :

Matériel et Méthodes

Chapitres II : Matériel et Méthodes

II.1. La Baie de Bou-Ismaïl

II.1.1. Localisation géographique

la baie de Bou Ismaïl (ex golf de Castiglione) est située à l'ouest d' Alger du Ras Acras (ou Acrata) jusqu'au Cap Mont Chenoua entre $2^{\circ} 54' E$ et $36^{\circ} 48' N$ à $2^{\circ} 24' E$ et $36^{\circ} 38' N$ d'une superficie de 350 Km^2 , est délimitée à l'Ouest par le massif du Chenoua et à l'Est par le massif de Bouzaréah. L'ouverture de la baie s'oriente selon un axe nord-ouest d'environ 40 Km (Zeghdoudi, 2006) .

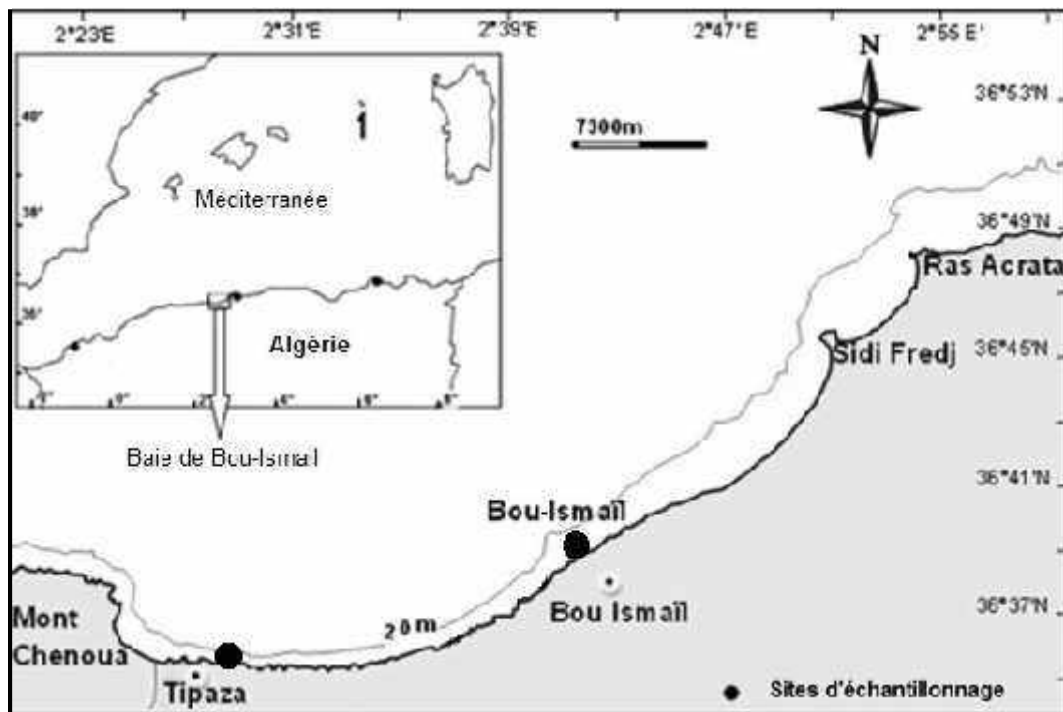


Figure II.1 : Localisation géographique de la baie de Bou-Ismaïl dans le littoral Algérien (Boumaza *et al.*, 2014).

La baie de Bou Ismaïl peut être divisée en quatre zones géographiques (Zeghdoudi, 2006) :

1. La baie d'El Djamila qui est caractérisée par une cote basse sableuse et de nombreuses formations dunaires ;
2. Le secteur Sidi Fredj- Oued Mazafran, constitué de plages de sables fins ;
3. Une côte rocheuse, longue de 3 Km dont la limite à l'Ouest est Tipaza ;
4. La Baie du Chenoua qui est occupée par une plage de sables fins.

II.1.1.1. Topographie de la baie

Le plateau continental est d'une manière générale, très étroit selon (Vaissiere *et al.*, 1963) (in (Asso, 1982)). La limite la plus extrême du plateau continental au niveau du mont Chenoua atteint 7 milles. Ainsi, la surface du plateau continental de la baie de Bou Ismail est de 509 Km² (Chavance *et al.*, 1986) in (Zeghdoudi, 2006). Le plateau continental est caractérisé par une faible déclinaison de l'ordre 1 % (Asso, 1982) .

II.1.1.2. Sédimentologie de la baie

L'analyse des sédiments de la baie de Bou Ismail montre une grande diversité sur le plan sédimentaire, neuf faciès identifiés : les sables fins, les sables fins envasés, les vases sableuses, les sables graveleux, les graviers envasés, les sables grossiers er fins graviers, les vases pures, le faciès rocheux et l'herbier *Posidonia océanica* (Leclair, 1972).

La dynamique sédimentaire dans la baie de Bou Ismail est régie essentiellement par :

1. la dérive littorale due aux houles du Nord Ouest ;
2. La dérive littorale due aux houles du Nord Est.

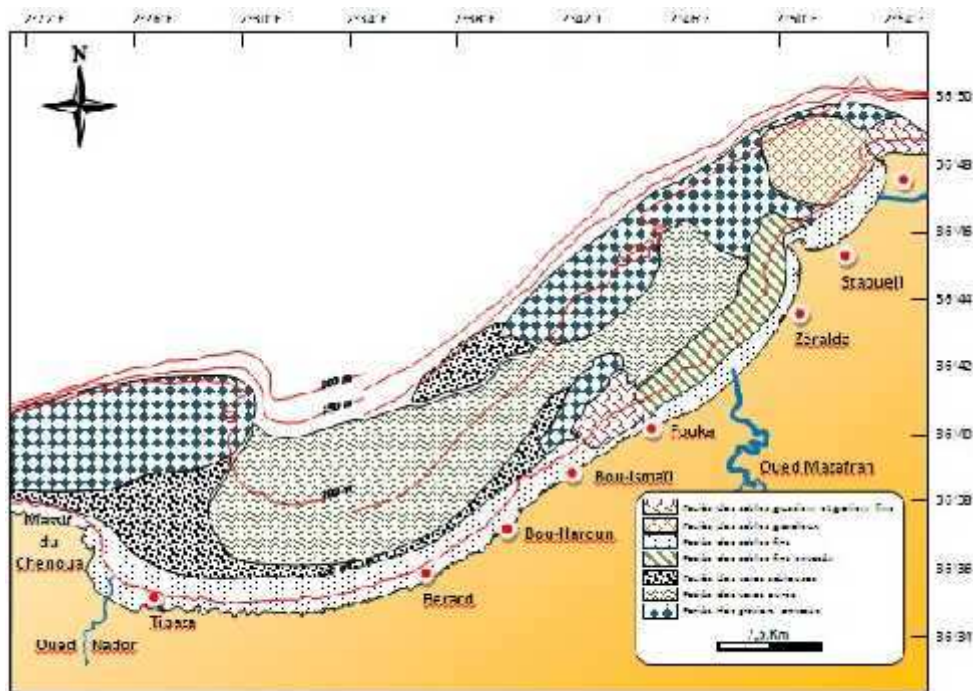


Figure II.2 : Sédimentologie générale de la baie de Bou-Ismaïl (Tarmoul, 2010)

II.1.1.3. Réseau hydrologique

Les principaux Oueds qui se jettent en baie de Bou Ismail sont L'oued Nador dans la baie du Chenoua, l'oued Mazafran centre de la baie et l'oued Béni Messous en baie d'El Djamila (Annane, 2007)

- L'oued Mazafran ;
- L'oued Nador ;
- L'oued de Béni Messous.

Dans la baie de Bou Ismail se jettent de nombreuses ravines et ravins, surtout au niveau du Sahel à cause de sa topographie. Ces ravines et ravins sont responsables de la formation des anses au niveau de la baie.

II.1.2. Principales caractéristiques des facteurs du milieu

II.1.2.1. La température

La température de l'eau est un facteur prépondérant dans la vie des organismes marins, elle contribue de façon importante à la distribution géographique des espèces marines.

Elle détermine les périodes de migrations et de reproduction et bien d'autres facteurs éthologiques et physiologiques, surtout chez les espèces pélagiques.

La température des eaux superficielles de la baie fluctue en fonction des échanges atmosphère-mer, elle est de l'ordre de 21° à 27°C en moyenne (Lalami-Taleb, 1970).

Mouhoub, 1986 situe les maxima de la température superficielle d'août à octobre et les minima de la température superficielle de février à mars. Les eaux profondes, resteraient relativement stables (Mouhoub, 1986). Une homothermie est remarquée en toute saison et la température est d'environ 13°C à des profondeurs supérieures à 100 m (Lalami-Taleb, 1970).

II.1.2.2. La Salinité

Du point de vue hyalin, une certaine homogénéité des eaux est notée au niveau de la baie de Bou Ismail. La salinité varie de 0,1‰ à 0,2‰ entre la surface et le fond (Lalami-Taleb, 1970) mais décroît à l'embouchure des oueds Mazafran et Nador pour atteindre 36‰.

II.1.2.3. Le régime des vents

Le vent est une des forces physiques régissant les courants et les houles. La baie de Bou Ismail est caractérisée par une périodicité des vents qui se traduit par une prédominance des

vents d'Ouest en hiver et printemps induisant des houles de grandes amplitudes et des vents de l'Est en été et début automne avec de faibles amplitude (Asso, 1982) .

II.1.2.4. La Pluviométrie

La zone d'étude fait partie du bassin méditerrané connu par deux saisons bien distinctes :

- Une saison pluvieuse durant le mois d'Octobre jusqu'au mois d'Avril ;
- Une saison sèche de Mai à Septembre avec des pluies très rares dues aux orages notamment en Août (Annane, 2007).

II.1.3 L'état de la pollution dans la baie de Bou-Ismaïl

La Baie de Bou Ismaïl est caractérisée par une agriculture bien développée et plus fertile utilisant des pesticides polluants les nappes phréatiques par infiltration au niveau de la vallée de oued Damous, Messelmoun, et Oued Bellah.

Ainsi, une étude menée par les services de secrétariat d'état aux forêts et à la mise en valeur de terres (A.N.P.E) en Mai, 1983 (Oued Hocine et Hedrougue, 1993 *in* Achiche, et al., 2010) a recensé 99 unités pour la fertilisation des sols, elles utilisent des produits phytopharmaceutiques tels que les organochlorés, engrais à base de nitrates, phosphates et potassium ou produits à base de cuivre.

Les rejets domestiques et les rejets des complexes touristiques étant donné que la baie fait partie de la zone d'expansion touristique (ZET) s'accroissent en période estivale, et viennent compléter les nombreux déversements des unités industrielles, tous est évacué directement dans le milieu marin sans aucun traitement préalable.

Tableau II.1 : Les rejets d'eau usées dans la wilaya de Tipaza (étude d'aménagement du littoral .Wilaya de Tipaza, synthèse-bilan diagnostic (2006)

Communes	Nombre de rejets	Débit (m ³ /j)	Lieu de rejet
Bouismaïl	9	4000	Mer
Bouharoun	4	320	Oued Khemisti et Mer
Khemisti	6	400	Mer
Fouka	5	3600	Oued Mazafran et Mer
Douaouda	5	1600	

Tipaza	8	7140	Mer
Cherchell	8	3600	
Sidi Ghiles	2	480	
H.Ennous	2	160	
Meselmoun	3	1100	
Gouraya	3	900	
Larhat	3	312	
Damous	3	960	
Ain Tagourait	6	320	
Total	67	24892	

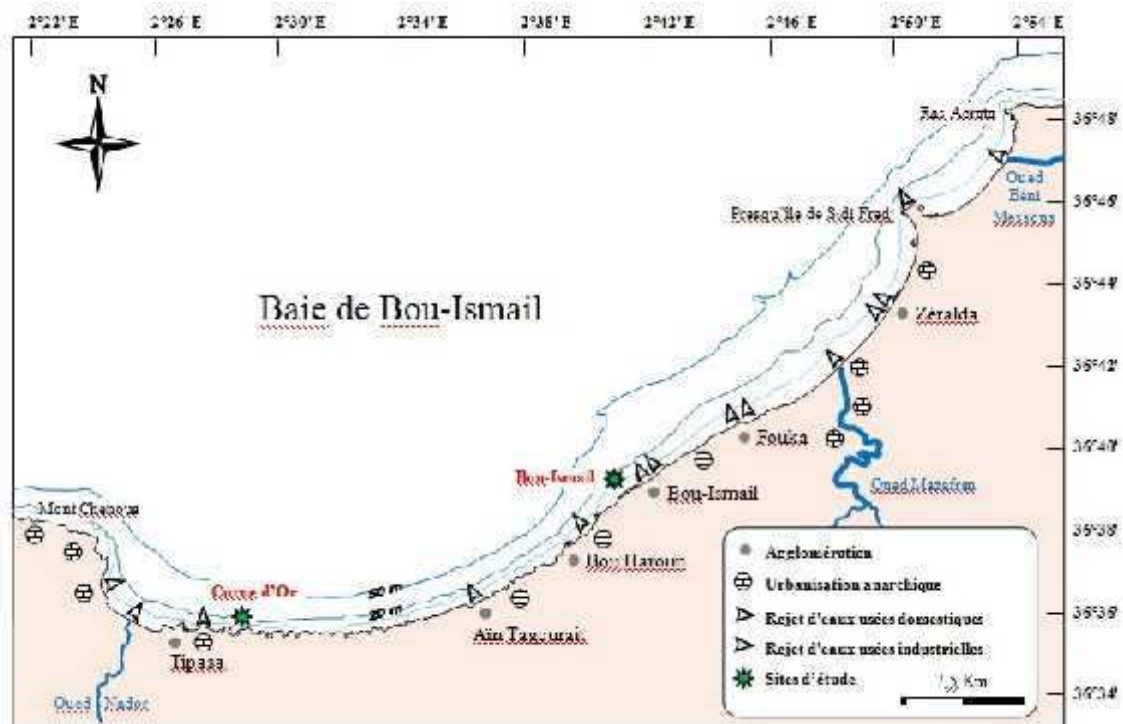


Figure II.3 : Les principaux points de rejet d’eaux usées dans la baie de Bou-Ismaïl (Tarmoul, 2010), modifiée.

L'urbanisation ou la littoralisation s'accompagnera inévitablement d'un flux supplémentaire de populations sur les zones sensibles avec leurs effets négatifs. Les principales industries qui polluent dans la région de Bou-Ismaïl sont indiquées dans le tableau suivant :

Tableau II.2 : principales industries dans la région de Bou-Ismaïl (Aouidad, 1997)

Industries textiles	Cuire et peaux	Papeteries	Plastiques/ Caouthax et verre
Ain Bénian (28)			
Douaouda (02)	Ain Bénian (01)	Fouka (01)	Ain Bénian (03)
Fouka (04)	Bouismail (02)	Zéralda (01)	Bouismail (01)
Bouismail (08)	Staoueli (01)		Staoueli (03)
Bouharoun (03°)			Fouka (02)

D'après les données de Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement et du Tourisme, les principales industries qui ont été en pratique en (2010).

Tableau II.3 : Les activités polluantes dans la baie de Bou-Ismaïl (Tarmoul, 2010)

énomination de l'unité	Nature de l'activité	Nature de la pollution générée
SARL RESITECK	roduction de peinture bâtiments	Apports importants de métaux lourds, huiles et lubrifiants
ALUFER	Métallurgie	Chutes d'Aluminium et poussières de Fer
ALUMINAL		
SARL PROCHIMAL	Fabrication de produits d'entretiens	Eaux usées chargées d'éléments chimiques ; rejets de savons, agent de lavage et rinçage caractérisé par une teneur élevée en savons saponifiés et en DBO
PLASTRAM	Transformation Plastique	Eaux de nettoyage
PFIZER	Fabrication des produits vétérinaires	Eaux usées chargées d'éléments chimiques
IMPRIMERIE SHELLIA	Utilisation importante d'encre	Déversement des encres avec les eaux domestiques
TONIC EMBALLAGE	Fabrication de boîte, gobelets, emballage de différentes dimensions	Rejet d'eaux usées domestiques + Chutes de cartons, Papiers + Colorants, Matières Plastiques
TERRA CERAMIQUE	Production de céramiques et poteries	Lessivages d'argiles vers la mer

<i>Autres unités :</i>		
KN Mine Matelot	Eurl CCNBH	Sarl SAFCF Poterie
CPKD	La sahelienne	Sarl Fouka Emballage
ECOREP	Sarl SOAL BIC	Touhami
Sarl Irsal	Société Algérie Lumière	Sarl Roxal
Céréales d'or	Intrace	Sarl Castihygiene
		Céramique Hippocampe

II.2. Le choix des zones d'études

Le choix des zones s'est fait sur la base des critères écologiques et anthropiques :

La première est la Corne d'Or, Tipaza (Zone 1) avec des eaux relativement propres et caractérisée par une forte biodiversité (Phanérogames, algues (rouge, brune, verte), poissons, échinodermes, mollusques...etc) où la Posidonie *Posidonia oceanica* atteint la surface en formant un récif barrière, avec abondance d'oursins communs *Paracentrotus lividus*. Cette zone est considérée dans notre étude comme une zone de référence ;

La seconde est Le front de mer de Bou Ismail (Zone 2) qui reçoit des rejets industriels, urbains et domestiques engendrant des eaux turbides, fortement polluées avec une biodiversité dégradée où l'herbier à Posidonie est en état de régression permanente avec une faible présence des oursins communs. Cette zone est considérée dans notre étude comme étant la zone polluée.

II.3. Le choix des stations

Les prélèvements sont réalisés à proximité des rejets et en fonction de la présence de l'herbier à Posidonie.

ϕ : 36°35'36.89"N
 λ : 2°28'21.63"E
Prélèvement de l'eau
pour l'analyse des S.N.,
M.E.S. et M.O. / St. : C2



ϕ : 36°35'37.36"N
 λ : 2°28'12.88"E
Prélèvement de l'eau
pour l'analyse des S.N.,
M.E.S. et M.O. + P.O.
pour les P.V. / St. : C1



ϕ : 36°35'32.72"N
 λ : 2°28'41.99"E
Prélèvement de l'eau
pour l'analyse des S.N.,
M.E.S. et M.O. / St. : C3

ϕ : 36°35'35.15"N
 λ : 2°28'31.62"E
Prélèvement de l'eau
pour l'analyse des S.N.,
M.E.S. et M.O. / St. : C4

S.N. : sels nutritifs

M.E.S. : matières en suspension

M.O. : matière organique

P.O. : *Posidonia oceanica*

P.V. : paramètres vitaux

St : station

Figure II.4 : Localisation
des stations étudiées au
niveau de la zone de la
Corne d'Or

$\varphi : 36^{\circ}39'6.24''N$
 $\lambda : 2^{\circ}41'39.02''E$
 Prélèvement de l'eau
 pour l'analyse des S.N,
 M.E.S et M.O.+ P.O
 pour les P.V. / St. : B4

$\varphi : 36^{\circ}39'11.62''N$
 $\lambda : 2^{\circ}41'53.65''E$
 Prélèvement de l'eau
 pour l'analyse des S.N,
 M.E.S. et M.O. / St. : B7

$\varphi : 36^{\circ}39'9.95''N$
 $\lambda : 2^{\circ}41'54.94''E$
 Prélèvement de l'eau
 pour l'analyse des S.N,
 M.E.S. et M.O. / St. : B6

$\varphi : 36^{\circ}39'12.59''N$
 $\lambda : 2^{\circ}41'56.15''E$
 Prélèvement de l'eau
 pour l'analyse des S.N.,
 M.E.S. et M.O.+ P.O.
 pour les P.V. / St. : B8

$\varphi : 36^{\circ}39'5.12''N$
 $\lambda : 2^{\circ}41'36.11''E$
 Prélèvement de l'eau
 pour l'analyse des S.N.,
 M.E.S. et M.O. / St. : B3



$\varphi : 36^{\circ}39'15.45''N$
 $\lambda : 2^{\circ}42'6.66''E$
 Prélèvement de l'eau
 pour l'analyse des S.N.,
 M.E.S. et M.O. / St. :
 B10

$\varphi : 36^{\circ}39'4.55''N$
 $\lambda : 2^{\circ}41'40.19''E$
 Prélèvement de l'eau
 pour l'analyse des S.N.,
 M.E.S. et M.O. / St. : B2

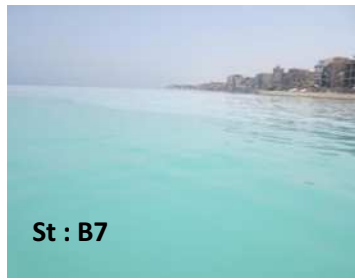
$\varphi : 36^{\circ}39'8.24''N$
 $\lambda : 2^{\circ}41'56.21''E$
 Prélèvement de l'eau
 pour l'analyse des S.N.,
 M.E.S. et M.O. / St. : B5

$\varphi : 36^{\circ}39'2.77''N$
 $\lambda : 2^{\circ}41'41.40''E$
 Prélèvement de l'eau
 pour l'analyse des S.N.,
 M.E.S. et M.O. / St. : B1

$\varphi : 36^{\circ}39'9.00''N$
 $\lambda : 2^{\circ}41'46.45''E$
 Prélèvement de l'eau pour
 l'analyse des S.N., M.E.S.
 et M.O.+ P.O. pour les P.V.
 / St. : B9



Figure II.5 : Localisation des stations étudiées au niveau de la zone de Bou-Ismaïl



II.4.1. Les paramètres vitaux

II.4.1.1. Analyses de l'état de vitalité de la plante

L'estimation de l'état de vitalité de l'herbier de Posidonie fait appel à plusieurs paramètres standardisés parmi eux nous avons retenu : Le recouvrement de l'herbier sur le fond, la densité des faisceaux de feuilles, l'importance du broutage des feuilles et épiphytisme.

II.4.1.1.1. Densité foliaire de l'herbier

La densité correspond au nombre de faisceaux de Posidonies présents par unité de surface, généralement le mètre carré. Selon les herbiers, leur densité varie en fonction de la profondeur et des conditions du milieu (lumière, type de substrat où l'herbier est implanté. (Blouet *et al.*, 2011).

La première tentative de classification de l'herbier de Posidonie en fonction de la densité de faisceaux de feuilles a été établie par (Giraud, 1977). Il classait ainsi l'herbier en six différents types : herbier très dense, dense, clairsemé, très clairsemé, semi-herbier, faisceaux isolés (Blouet *et al.*, 2011).

Tableau II.4: Classification de l'herbier à Posidonie selon la densité des faisceaux de feuilles en mètre carré d'après (Giraud, 1977)

Densité par m ²	Type d'herbier
plus de 700 faisceaux/m ²	Type I, herbier très dense
de 400 à 700 faisceaux/m ²	Type II, herbier dense
de 300 à 400 faisceaux/m ²	Type III, herbier clairsemé
de 150 à 300 faisceaux/m ²	Type IV, herbier très clairsemé
de 50 à 150 faisceaux/m ²	Type V, semi herbier
moins de 50 faisceaux/m ²	Faisceaux isolés

La densité est mesurée au hasard dans l'herbier, au moyen d'un quadrat de 30 cm de côté avec 3 mesures, pour une station donnée, permettant d'apprécier la variabilité.



Figure II.6 : Mesure de la densité

II.4.1.1.2. Estimation du recouvrement de l'herbier

Le recouvrement correspond au pourcentage de couverture du substrat par l'herbier de Posidonie vivant, par rapport aux zones non couvertes (sable, matte morte, roche).

Les valeurs de recouvrement varient selon l'état de vitalité de l'herbier (Lizaud *et al.*, 2006) .

Le recouvrement est mesuré au moyen d'un quadrat de 30 cm x 30 cm, divisée en 9 carrés de 10 cm de côté. Le plongeur utilise le quadrat à 3 m au-dessus de l'herbier pour compter le nombre de carrés occupés (plus ou moins complètement) par les posidonies et répéter 3 mesures pour chaque station, à intervalle à peu près régulier.



Figure II.7 : Estimation du recouvrement

Les valeurs obtenues seront interprétées en fonction des pourcentages moyens mesurés le long de la limite supérieure de l'herbier.

Tableau II.5 : Interprétation de la vitalité de l’herbier en fonction des pourcentages de recouvrement moyens mesuré en limite supérieur et inférieur. (Charbonnel *et al.*, 2000) .

Limite supérieure	Limite inférieure	Interprétation
Inférieur à 40%	Inférieur à 20 %	Faible recouvrement
40% à 80%	20% à 50%	Recouvrement moyen
Supérieur à 80%	Supérieur à 50 %	Fort recouvrement

II.4.1.1.3. Évaluation de la dynamique de l’herbier de Posidonie

Les paramètres spécifiques : densités de faisceaux, recouvrement, mesurés, in situ en plongée sous-marine, le long des marges de l’herbier de Posidonie permettent une première estimation de la dynamique de l’herbier, et de son caractère évolutif. On distingue ainsi 4 principaux types de limites : progressive, franche, érosive et régressive (Meinez *et al.*, 1978).

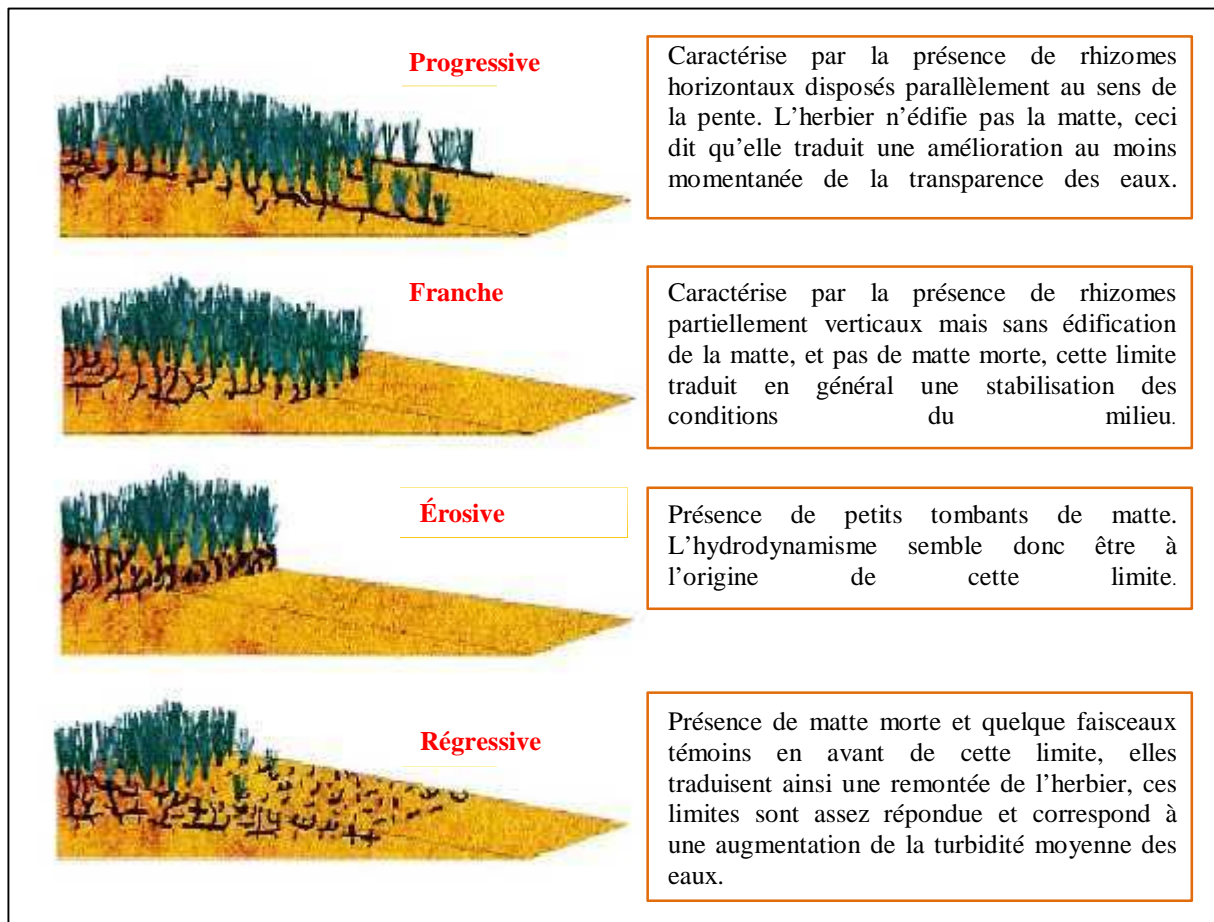


Figure II.8 : Différents types de limites inférieures de *Posidonia oceanica* (d’après Meinez et Laurent., 1978 modifié par Boudouresque, 2009).

II.4.1.1.4. Paramètres biométriques et la biomasse

Trente rhizomes (30) orthotropes ont été prélevés, distants de 50 cm à 1m les uns des autres, afin de récolter des individus appartenant à des rhizomes plagiotropes différents (Pergent, 1987). Les rhizomes sont conservés dans de l'eau formolée à 10% ou bien dans des sacs en plastiques remplis d'eau de mer. Ils serviront à l'étude de la biométrie foliaire et la biomasse des épiphytes et des feuilles.



Figure II.9 : Prélèvement de posidonie

II.4.1.1.5. Faune et flore associées

Une attention particulière est portée aux principales espèces accompagnatrices de l'herbier où pouvant être rencontrées au voisinage des sites étudiés : espèces protégées (ex. la grande nacre *Pinna nobilis*), menacées, d'intérêt patrimonial ; aux espèces de poissons et d'échinodermes présentant un intérêt commercial pour la pêche ou encore aux espèces invasives d'origine tropicale, comme l'algue verte *Caulerpa racimosa*, dont l'expansion constitue un risque majeur pour les écosystèmes de Méditerranée (Lizaud *et al.*, 2006) (Voir annexe 8).

II.4.2. La pollution chimique

Les prélèvements des échantillons ont été réalisés durant la période s'étalant de Mai à Aout 2015 dans les deux zones d'études Tipaza (la corne d'or et la plage de CET) et Bou Ismail (Front de mer).

Au niveau de chaque station plusieurs prélèvements ont été effectués : Matrices biologiques Posidonie pour l'étude des paramètres vitaux et matrice eau de mer pour la mesure des paramètres physico-chimiques, des sels nutritifs, matière en suspension et matière organique.

II.4.2.1. Prélèvements d'eau

Les prélèvements d'eau sont réalisés à partir d'une embarcation, les échantillons sont recueillis dans des flacons en polyéthylène de 200 ml pour l'analyse des sels nutritifs, et de 250 ml pour l'analyse des MES et de la matière organique.



Figure II.10 : Prélèvement d'eau

II.4.2.2. Les mesures des paramètres physico-chimiques

Dans chaque station, la température, le potentiel d'hydrogène et la salinité de l'eau superficielle ont été mesurés à l'aide des sondes submersibles (de marque (Wissenschaftlich Technische Werkstätten « WTW »)) qui permettent la mesure in situ de ces paramètres.



Figure II.11 : Conductimètre de terrain (type Cond/WTW, 197).



Figure II.12 : pH-mètre de terrain de type (pH/mV mètre, WTW, 197).

II.5. Les paramètres mesurés aux laboratoires

II.5.1. Les paramètres vitaux

II.5.1.1. Biométrie

Au laboratoire, chaque faisceau a été disséqué. Les feuilles ont été séparées en fonction de leur rang d'insertion. Elles ont ensuite été classées suivant les 3 catégories définies par

(Giraud , 1979) :

- les feuilles juvéniles dont la longueur est inférieure à 5 cm ;
- les feuilles intermédiaires dont la longueur est supérieure à 5 cm, (avec ou sans pétiole à 2mm) ;
- les feuilles adultes dont la longueur est supérieure à 5 cm et qui présentent une ligule (marque visible entre le limbe et la gaine).



Figure II.13 : Les différents types de feuilles

Les mesures biométriques ont été effectuées sur chaque feuille selon les conventions définies par (Giraud , 1979) : longueur totale et largeur de la feuille mesurée à la mi- longueur, et longueur de la gaine.

A partir de ces mesures, les paramètres biométriques ont été calculé. La surface foliaire ($\text{cm}^2 \cdot \text{pousse}^{-1}$), l'indice foliaire (m^2 de feuille $\cdot \text{de substrat}^{-2}$) ont été calculés à partir des équations suivantes (Giraud , 1979)

Surface foliaire = (des longueurs des feuilles intermédiaires \times moyenne des largeurs des feuilles intermédiaires) + (des longueurs des feuilles adultes \times moyenne des largeurs des feuilles adultes).

Indice foliaire = surface foliaire \times densité

II.5.1.1.1. Coefficient A (Coef A):

Ce coefficient correspond au pourcentage de feuilles cassées (adultes et intermédiaires). Il caractérise le taux de consommation par les herbivores et les effets de l'hydrodynamisme (Boudouresque *et al.*, 1982 ; Dutrieux *et al.*, 2006).

Cette mesure consiste à estimer le nombre de feuilles cassées par faisceaux et en déduire un pourcentage (Dutrieux *et al.*, 2006 ; Pergent, 2007). Le type de broutage sera spécifié de la façon suivante : saupe, oursin, indéterminé, absence de broutage.

La mesure sera réalisée sur 30 faisceaux (pour chaque station).

II.5.1.2. Biomasse des épiphytes et des feuilles

Les feuilles de posidonies constituent un substrat pour des épiphytes (organismes vivant sur les plantes). Leur biomasse présente un cycle saisonnier, avec un maximum de mars à septembre.

Cette biomasse est particulièrement élevée dans les sites où l'apport en nutriments et/ou en matière organique est important. La biomasse des épiphytes constitue donc un indicateur de la qualité des eaux et permet de mesurer l'impact des rejets d'eaux usées, des fermes aquacoles et des ports de Plaisance. (Noël *et al.*, 2012).

Un grattage à l'aide d'une lame de rasoir est réalisé sur les deux côtés de chacune des feuilles afin d'extraire l'ensemble de la charge en épiphytes.

L'ensemble des feuilles et l'ensemble des épiphytes d'un même faisceau sont mis à sécher séparément à 70°C pendant 48 h puis pesés (mg) (Noël *et al.*, 2012).



Figure II.14 : Les différentes étapes pour la mesure de la biomasse

II.5.2. La pollution chimique

II.5.2.1. Dosage des sels nutritifs :

L'apport de nutriments (sels nutritifs) par les rejets directs sur les herbiers favorise le développement des épiphytes sur les feuilles de *P. oceanica*, épiphytes qui interceptent la lumière et nuisent donc à la photosynthèse de leur hôte.

En outre, directement (via l'accroissement de la valeur nutritive des feuilles) et indirectement (via les épiphytes), les nutriments favorisent le broutage de *P. oceanica* par les herbivores et réduisent la transparence de l'eau (en favorisant le développement du phytoplancton).

Il en résulte un impact négatif sur les herbiers à *P. oceanica*

A- Principe :

Le principe de détermination des sels nutritifs est basé sur la formation de complexes spécifiques colorés dont l'absorption de l'énergie lumineuse à une certaine longueur d'onde () est directement proportionnelle à la concentration du sel nutritif à doser.

La quantité de lumière absorbée par la solution, appelée absorbance (A) ou densité optique (D.O), obéit à la loi de Beer-Lambert.

$$D.O = A = \log (I_0 / I) = \epsilon . L . C$$

I₀ et I : respectivement intensité lumineuse incidente et émergente du milieu absorbant.

ε : coefficient d'extinction molaire (fonction de la température et la longueur d'onde).

L : longueur du milieu traversé exprimé en cm.

C : concentration de la solution absorbante exprimée en mol/l.

A et D.O : respectivement absorbance et densité optique de la solution.

B- Mode opératoire :

On s'intéresse au dosage des sels nutritifs : ammonium, nitrites, nitrates, ortho-phosphates et silicium dissout. L'analyse est faite par la méthode de colorimétrie à flux continu sur chaîne automatisée SKALAR (Auto-Analyzer SAN PLUS) selon le protocole décrit par le fabricant (SKALAR, 1998). Schématiquement, cet analyseur automatique est composé de 3 éléments : un échantillonneur qui permet d'aspirer les échantillons, une cassette où se déroule le développement des complexes colorés et le spectrophotomètre proprement dit.

Un système de pompe crée un flux continu entre les différents éléments de la chaîne, flux qui entraîne automatiquement l'échantillon au travers du système (voir le circuit analytique pour le dosage de chaque paramètre en annexe 1) pour son analyse.

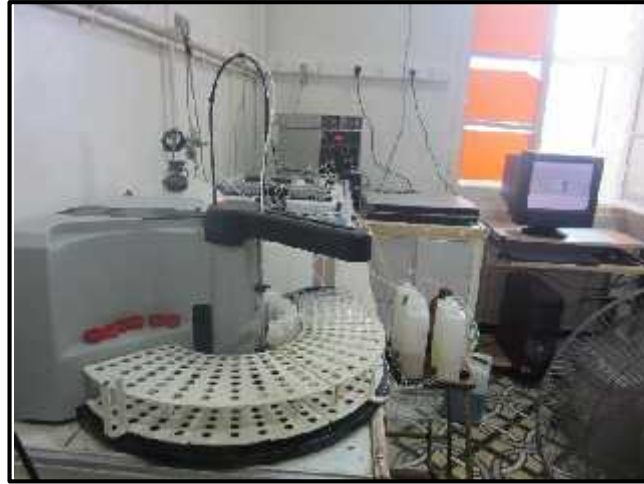


Figure II.15 : L'analyseur automatique SKALAR

C- Etalonnage, mesure et calcul :

L'étalonnage nécessite, pour chaque sel à doser, la préparation d'une solution mère et d'une solution fille (voir annexes 2, 3, 4 et 5). Une fois la solution fille prête, nous employons le principe de neutralisation pour préparer d'autres solutions filles plus diluées (standards), qui constitueront une gamme-étalons (voir annexe 6).



Figure II.16 : Les solutions standards

Le signal d'absorption mesuré en continu par le spectrophotomètre est traduit sous la forme d'un pic sur un ordinateur interfacé. La hauteur du pic est proportionnelle à la concentration du sel dans l'échantillon. La mesure de standards de concentrations

connues permet de calculer une droite de régression (de la forme $Y = aX + b$) qui est utilisée pour déterminer les concentrations inconnues. Les pics sont mesurés par rapport à une ligne de base constituée d'eau de mer oligotrophe (épuisée de nutriments).

Le logiciel intégré de l'appareil utilisé réalise automatiquement tous les calculs nécessaires pour nous permettre d'obtenir les droites d'étalonnage (voir annexe 7).

II.5.2.2. Les matières en suspensions et la matière organique

II.5.2.2.1. Principe de l'estimation des M.E.S

Il consiste à filtrer un volume d'eau ($V=250\text{ml}$) sur un filtre en fibre de verre de $0.70\mu\text{m}$ de porosité pour déterminer le poids de la matière retenue par une pesée différentielle (Rodier, 2009), (Aminot *et al.*, 1983). La membrane est séchée et pesée avant et après filtration. La différence de poids permet de connaître la masse sèche totale de matières en suspensions dans le volume filtré correspondant (Aminot *et al.*, 1983) (voir Figure II.7).

$$[\text{M.E.S}](\text{mg.l}^{-1}) = (\text{P2} - \text{P1}) / \text{V}$$

Avec :

P 1 : Poids de filtre avant filtration (mg)

P 2: Poids de filtre après filtration (mg).

V : volume d'eau filtré (L).

II.5.2.2.2. Principe de l'estimation de la M.O

Cette méthode décrite par Rodier, 1984 et Castel *et al.*, 1990 consiste en un séchage des échantillons à l'étuve à 70°C pendant 24 h (P2), puis une incinération de ces derniers dans un four à moufle à 450°C pendant 2 h afin de brûler toute la matière organique (P3). La détermination du poids de la matière retenue se fait par une pesée différentielle (voir Figure II.7).

$$\text{M.O (mg)} = \text{P2} - \text{P3}$$

- *Procédure*

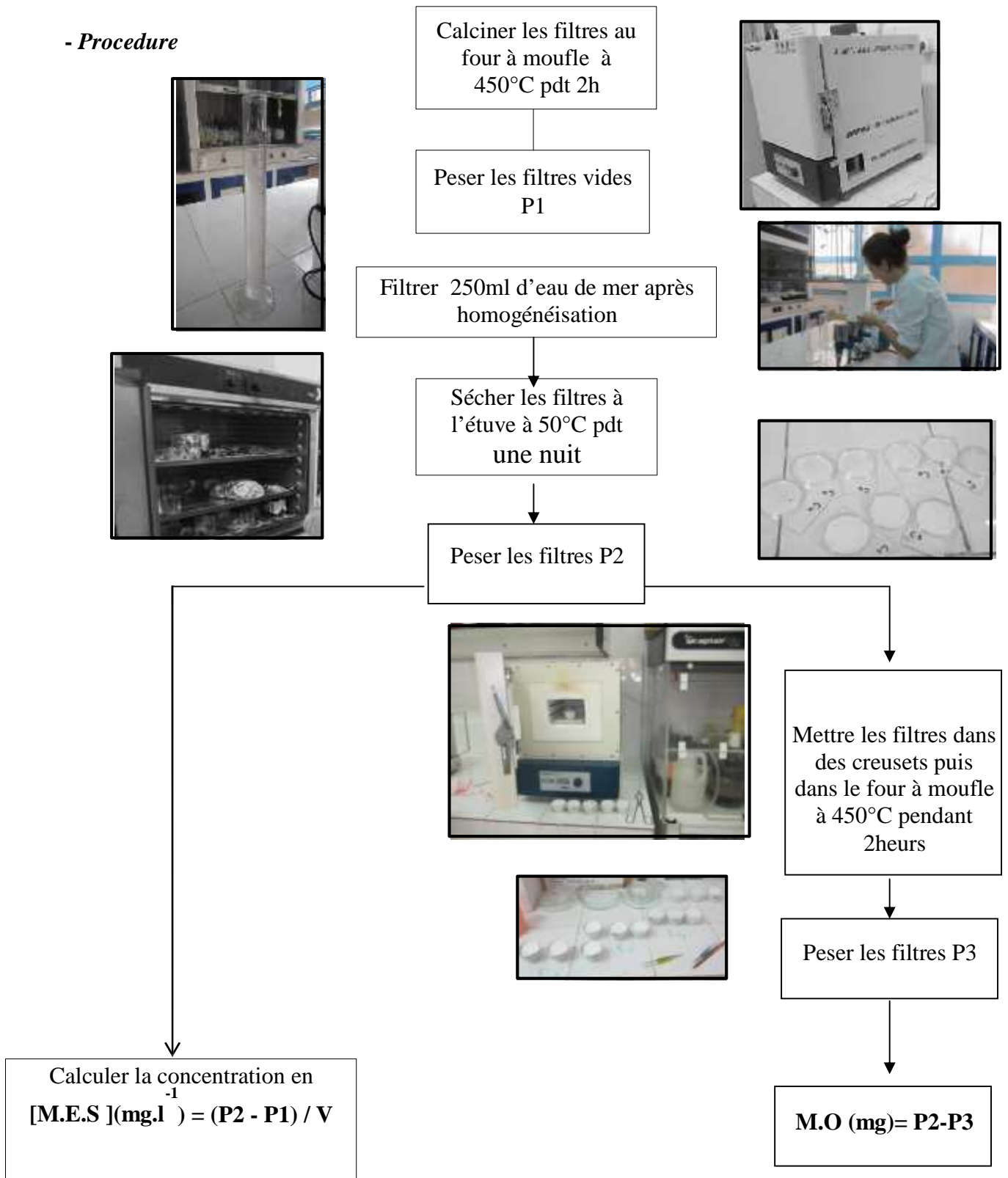


Figure II.17: Protocole de mesure de la matière en suspensions et de la matière organique.

Chapitre III :

Résultats et Discussions

Chapitre III : Résultats et discussion

III.1. Les paramètres vitaux de l'herbier à Posidonie

III.1.1. Mesures des paramètres biotiques

III.1.1.1. Densité des herbiers

La densité correspond au nombre de faisceaux de Posidonies présents par unité de surface, généralement le mètre carré. Selon les herbiers, leur densité varie en fonction de la profondeur et des conditions du milieu (lumière, type de substrat où l'herbier est implanté. (Blouet *et al.*, 2011).

Tableau III.1 : Densité moyenne des faisceaux par mètre carré mesurées au niveau de la zone de la Corne d'Or

Répliquas	R1	R2	R3	Densité moyenne fsc/m ²
Densité fsc /m ²	233,33	711,11	544,44	496,29

Tableau III.2 : Densité moyenne des faisceaux par mètre carré mesurées au niveau de la zone de Bou -Ismail

Stations	B4			B9			B10			Densité moyenne fsc/m ²
Reliquats	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	
Densité fsc/m ²	211,11	200	333,33	166,66	55,55	55,55	311,11	155,55	288,88	198,14

La densité moyenne de l'herbier à Posidonie au niveau de la Corne d'Or (Zone 1) est de 496,29 faisceaux /m². En fonction de cette valeur l'herbier est classé en herbier de type II « herbier dense » selon la classification de Giraud (1977).

La densité d'un herbier est fortement liée à la quantité d'énergie lumineuse disponible (Pirc, 1984) et la transparence de l'eau, cela confirme l'herbier dense rencontré au niveau de la station superficielle de la zone 1.

A Bou Ismail, nous avons trouvé une densité moyenne de l'ordre de 198,14 faisceaux/ m² qui correspond à un herbier de type IV « herbier très clairsemé » selon la classification de Giraud (1977).

La turbidité élevée causée par les rejets industriels, urbains et domestiques réduit la transparence des eaux. Cela se traduit sur les herbiers en profondeur par une diminution de la densité des faisceaux de feuilles.

III.1.1.2. Estimation du recouvrement

Le recouvrement correspond au pourcentage de couverture du substrat par l’herbier de Posidonie vivant, par rapport aux zones non couvertes (sable, matte morte, roche).

Les valeurs de recouvrement varient selon l’état de vitalité de l’herbier (Lizaud *et al.*, 2006) .

Par ailleurs, Il est important de noter que l’estimation du recouvrement est une évaluation subjective, susceptible de varier d’un observateur à l’autre.

Tableau III.3 : Estimation moyenne du recouvrement de l’herbier à Posidonie au niveau de la zone de la Corne d’Or.

Répliquas	R1	R2	R3	Recouvrement moyen %
Recouvrement %	77,77	88,88	66,66	77,77

Tableau III.4 : Estimation moyenne du recouvrement de l’herbier à Posidonie au niveau de la zone de Bou-Ismail

Stations	B4			B9			B10			Recouvrement moyen %
Reliquats	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	
Recouvrement %	11,11	22,22	33,33	55,55	44,44	33,33	44,44	22,22	33,33	33,33

Le recouvrement moyen de l’herbier au niveau de la zone 1 est de l’ordre de 77 ,77%, il correspond à un recouvrement moyen pour une limite supérieur selon (Charbonnel *et al.*, 2000).

A Bou Ismail nous avons noté une hétérogénéité du recouvrement, les valeurs oscillent entre 22,22% et 44,44 % au niveau des stations 4 et 11 respectivement. Le recouvrement moyen estimé dans la zone 2 est de 33,33% il s’agit d’un recouvrement faible selon la classification de (Charbonnel *et al.*, 2000).

Ceci est le résultat fort probablement des aménagements littoraux présents, de gros blocs rocheux ; modifient en raison l'hydrodynamisme, on assiste à une importante érosion autour des blocs s'ils sont de grande taille et leur déplacement s'ils sont petits.

Ainsi les macros déchets d'origine humaine et les rejets d'eaux usées riches en matières en suspension empêchent la pénétration de la lumière et donc une bonne réduction de l'activité photosynthétique est constatée.

III.1.2. Paramètres biométrique

Les résultats obtenus sont consignés dans les tableaux suivants

Tableau III.5 : Paramètres phénologiques de *Posidonia oceanica* au niveau de la zone de la Corne d'Or (2015).

	Feuilles adultes	Feuilles intermédiaires	Feuilles globales
Nombre de feuilles/faisceaux	3,066±0,44	2,6±0,498	5,66±0,947
Longueur moyenne des feuilles (mm)	464±219,64	503,5±220,02	485,2±219,83
Largeur moyenne des feuilles (mm)	10,40±0,64	10,07±0,77	10,23±0,70
Coefficient A(%)	97,8	28,2	63
Surface foliaires Cm²/faisceaux	148,1	130,24	278,35
Indice foliaires m²/m²	7,350	6,463	13,810
Longueur moyenne des pétioles (mm)	43,71±12,23	0,03±0,19	21,87±6,21

Tableau III.6: Paramètres phénologiques de *Posidonia oceanica* au niveau de la zone Bou - Ismail (2015)

	Feuilles adultes	Feuilles intermédiaires	Feuilles globales
Nombre de feuilles/faisceaux	4,311±2,293	3,222±1,011	7,533±3,304
Longueur moyenne des feuilles (mm)	320,19±55,51	224±76,23	272±65,87
Largeur moyenne des feuilles (mm)	10,42±0,31	9,74±0,29	10,08±0,03
Coefficient A(%)	90,51	36,818	63,664

Surface foliaires Cm²/faisceaux	94,853±22,331	74,333±40,071	169,186±62,402
Indice foliaires m²/m²	1,933±1,117	1,368±1,004	3,301±2,121
Longueur moyenne des pétioles (mm)	21,91±2,42	0,92±1,43	30,03±3,86

III.1.2.1. Nombre de feuilles par faisceaux

Le nombre moyen de feuilles globales (adultes + intermédiaires) au niveau de la Corne d'Or est de 5,66±0,947 feuilles par faisceaux.

Ce paramètre présente une variabilité entre le nombre de feuille adulte et intermédiaires : Le nombre moyen des feuilles adultes est 3,066±0,449 supérieur aux nombre moyen de feuilles intermédiaire qui est de l'ordre de 2,6±0,498. Ceci pourrait être liée aux caractéristiques physico-chimiques de la zone (e.g. : hydrodynamisme, concentrations en nutriments) et la transparence des eaux. De même, une faible concentration en certains nutriments est de nature à réduire le développement des algues épiphytes qui accélèrent la fragilisation des feuilles et leur chute (Wittman *et al.*, 1981).

A Bou Ismail le nombre moyen des feuilles globales est 7,533±3,304, avec 4,311±2,293 pour les feuilles adultes et 3,222 ±1,011 pour les feuilles intermédiaires.

En effet, la présence d'un hydrodynamisme réduit permettrait aux feuilles les plus âgées de se maintenir plus longtemps au sein des faisceaux (Mazzella , et al., 1984) ainsi la faible abondance des consommateurs (les herbivores). Cela se traduit par une biomasse médiocre des épiphytes qui sont en relation avec l'intensité de l'énergie lumineuse.

III.1.2.2. Longueur des feuilles

La longueur des feuilles est l'un des paramètres les plus pris en compte pour étudier les herbiers à *Posidonia oceanica* (Leoni , 2005 ;Pergent-Martini *et al.*, 2005).

La longueur moyenne des feuilles globales au niveau de la zone 1 est de 485,2±219,83 mm.

Les longueurs moyennes varient en fonction du type de feuilles; les feuilles intermédiaires sont plus longues 503,5±220,02 cm (avec un maximum de 1048 mm et un minimum de 105 mm) que les feuilles adultes 464±219 ,64 mm (avec un maximum de 965 mm et un minimum

de 70 mm). Ceci peut être lié à l'influence des facteurs locaux : la pression des herbivores, et l'hydrodynamisme.

Cependant à Bou Ismail la longueur moyenne des feuilles globales est de $272,42 \pm 65,87$ mm. Les feuilles adultes sont plus longues $320,19 \pm 55,51$ mm avec un maximum de 606 mm et un minimum de 55,6, que les feuilles intermédiaires $224,65 \pm 76,23$ mm avec un maximum de 533 mm et un minimum de 52 mm.

Nous avons constaté un faible épiphytisme qui est dominant par des épiphytes calcaires et siliceuses ce qui rend les feuilles adultes moins attractives aux herbivores.

En comparant entre les deux zones, les résultats montrent une nette différence dans la zone 2 qui sont en cohérence avec la quantité de lumière disponible et la température élevée, car la croissance des feuilles de *Posidonia oceanica* est directement liée à la photosynthèse.

Toutefois, d'autres paramètres sont également susceptibles d'affecter l'activité photosynthétique (e.g. concentration en chlorophylle des feuilles, Drew, 1978 ; concentration en nutriments du milieu (Alcoverro *et al.*, 2001).

III.1.2.3. Largeur des feuilles

La largeur des feuilles de *Posidonia oceanica* est un paramètre régulièrement pris en compte dans les études pour décrire les herbiers (e.g. Pergent *et al.*, 1988 ; Gobert *et al.*, 2003 ; Borg *et al.*, 2005).

La largeur moyenne des feuilles globales au niveau de la zone 1 est de $10,23 \pm 0,070$ mm. les feuilles adultes présentent une largeur de $10,40 \pm 0,64$ mm et celles des feuilles intermédiaires est de l'ordre de $10,07 \pm 0,77$ mm.

A Bou Ismail la largeur moyenne des feuilles globales est $10,08 \pm 0,3$ mm; elle est de $10,42 \pm 0,31$ mm pour les feuilles adultes et de $9,74 \pm 0,29$ mm pour les feuilles intermédiaires.

Les feuilles adultes sont plus larges que les feuilles intermédiaires, en effet la largeur des feuilles augmente généralement avec le rang de celle-ci, les feuilles les plus externes, donc les plus âgées, sont généralement les plus larges, et ce quelles que soient la station et la période de l'année (Thelin, *et al.*, 1984).

III.1.2.4. Coefficient A

Quel que soit la zone 1 ou 2 les feuilles adultes présentent un coefficient A plus élevée que les feuilles intermédiaires.

Cela est traduit par la position des feuilles adultes à la périphérie des faisceaux subissant ainsi l'action de broutage des herbivores et / ou celle de l'hydrodynamisme, favorisé par la présence des épiphytes (Mazzella *et al.*, 1983). L'origine de cette forte pression est peut-être à relier à la présence de l'oursin *Paracentrotus lividus*.

III.1.2.5. Surface foliaire

La surface foliaire des feuilles globales, intègre à la fois la longueur, la largeur et le nombre des feuilles par faisceau de chaque type de feuille. Donc la surface foliaire sera conditionnée par les facteurs qui influencent ces paramètres.

La surface foliaire des feuilles globales est de 278,35 cm²/faisceaux dans la zone 1, celle des feuilles adulte est de 148,10721 cm²/faisceaux et celle des feuilles intermédiaires est de 130,24 cm²/faisceaux).

Par contre au niveau de la zone 2 la surface foliaire des feuilles globales est de 169,186±62,402 cm²/faisceaux, celle des feuilles adultes est de 94,853±22,331 cm²/faisceaux et celle des feuilles intermédiaires est de 74,333±40,071 cm²/faisceaux.

III.1.2.6. Indice foliaire

L'indice foliaire dépend de la surface foliaire et la densité. L'indice foliaire au niveau de la zone 1 est de 13,81 car la densité est élevée. Ce dernier présente une valeur 4 fois plus grande que la zone 2 qui a un indice foliaire de 3,301±2,121. Ce résultat traduit en quelque sorte la densité faible de milieu et les perturbations des paramètres physico-chimiques et écologiques qui ont eu lieu sous l'influence de la forte pollution.

III.1.2.7. La biomasse des feuilles et des épiphytes des feuilles

Tableau III.7: Biomasse moyenne des feuilles et des épiphytes des feuilles au niveau de la zone de la Corne d'Or (2015).

	Biomasse des épiphytes		Biomasse des feuilles	
	mg Ps/fsc	g Ps/ fsc	mg Ps/fsc	g Ps/ fsc
Feuilles adultes	510,971±843,845	253,589±438,643	1214,149±854,421	602,57±424,040
Feuilles intermédiaires	43,691±75,367	21,683±37,403	656,241±287,361	325,685±142,613
Feuilles adultes et intermédiaires	554,663±330,416	275,273±163,982	1870,390±394,501	928,25±195,78

Tableau III.8: Biomasse moyenne des feuilles et des épiphytes des feuilles au niveau de la zone de Bou Ismail (2015).

	Biomasse des épiphytes		Biomasse des feuilles	
	mg Ps/fsc	g Ps/ fsc	mg Ps/fsc	g Ps/ fsc
Feuilles adultes	159,938±61,209	31,690±12,127	530,657±156,123	105,144±30,445
Feuilles intermédiaires	24,384±20,030	4,831±3,968	273,411±135,093	54,173±26,767
Feuilles adultes et intermédiaires	184,322±81,322	36,521±16,113	804,068±291,216	159,318±57,701

D'après les résultats obtenus la biomasse des épiphytes des feuilles globales dans la zone 1 est de 554,663±330,416 mg Ps /fsc. Les feuilles adultes ont une biomasse épiphytique plus importantes 510,971±843,845 mg Ps /fsc que les feuilles intermédiaires 43,691±75,367 mg Ps /fsc.

Cependant pour la zone 2 la biomasse des épiphytes des feuilles globales est de 184,322±81,322 mg Ps /fsc ; elle est de 159,938±61,209 mg Ps /fsc pour les feuilles adultes et de 24,384±20,030 mg Ps /fsc pour les feuilles intermédiaires 24,384±20,030 mg Ps /fsc.

Nous avons remarqué que les épiphytes se concentrent sur la partie supérieure des feuilles de la zone 1, et vue que la longueur de ces feuilles est importante. En effet, même avec une biomasse plus ou moins élevée, les épiphytes ne posent pas un problème à la plante (zone peu profonde, énergie lumineuse suffisante et eau transparente).

Par contre, à Bou Ismail la réunion des conditions défavorables (turbidité, insuffisance de l'intensité lumineuse) auxquelles s'ajoute l'effet négatif des épiphytes (faible biomasse sur des courtes feuilles). Ceci est confirmé par les feuilles dépourvues de chlorophylle lors de nos manipulations au laboratoire.

La biomasse des feuilles globales au niveau de la zone 1 est de 1870,39067 mg PS /fsc .Pour les feuilles adultes elle est de 1214,14967 mg PS /fsc et 656,241 mg PS /fsc pour les feuilles intermédiaires.

Concernent la zone 2, la biomasse des feuilles globales est de 804,068±291,216 mg PS /fsc .Pour les feuilles adultes elle est de 530,657±156,123 mg PS /fsc et de 273,411±135,093 mg PS /fsc pour les feuilles intermédiaires.

Cette différence de biomasse des feuilles est conditionnée par le nombre, la largeur et la longueur des feuilles.

III.2. Les paramètres physico-chimiques

III.2.1. La température

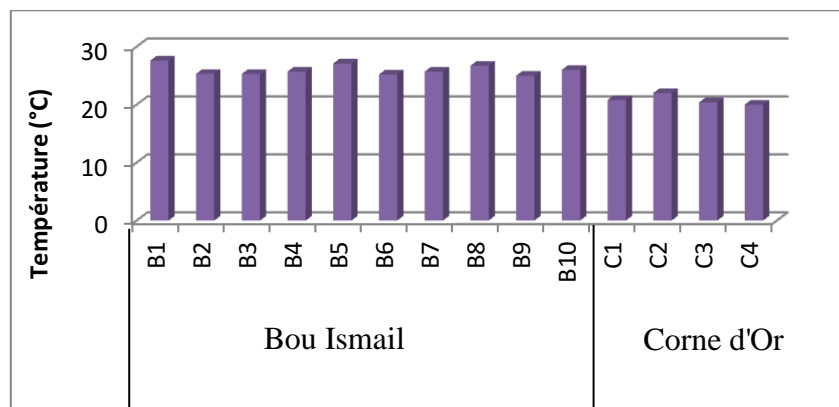


Figure III.1 : Histogramme des variations de la température de l'eau de surface dans les deux zones d'étude.

Les valeurs relatives à la température des eaux de surface de Bou Ismail varient entre [25 ;27,6] °C avec une moyenne de 25,96 °C et un écart type de 0,88 .

L'intervalle de la température à la Corne d'Or varie entre [20 ;22]°C avec une moyenne de 20,8 °C et un écart type de 0,86.

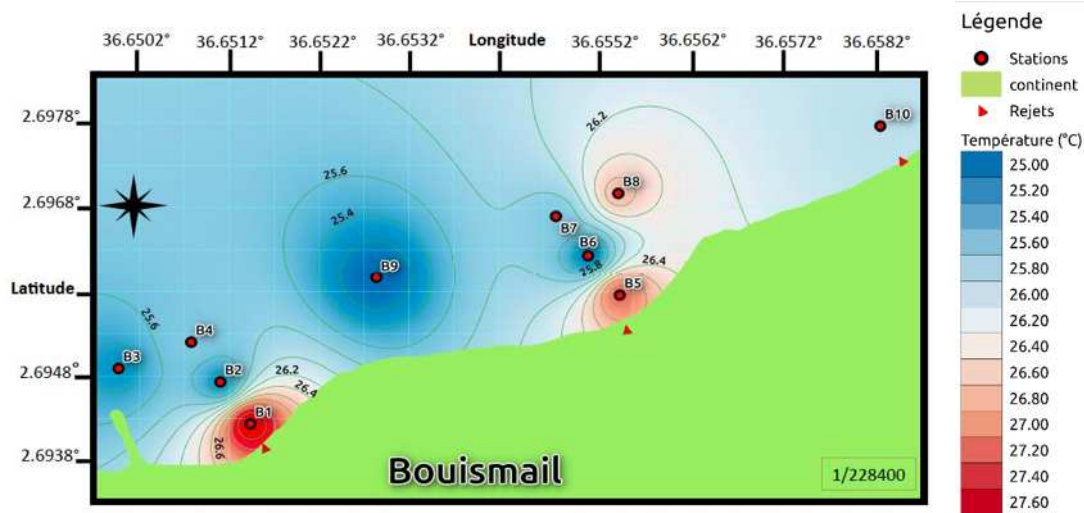


Figure III.2 : Distribution de la température en (C°) de l'eau de surface dans la zone de Bou-Ismaïl.

Nous avons remarqué une hétérogénéité de la température au niveau de la zone 2.

Les valeurs maximales sont enregistrées au niveau des stations qui se situent à proximité des rejets (St 1 et 6) et les valeurs minimales pourraient être dues à la faible agitation des eaux (lente dispersion).

D'une manière générale, les températures enregistrées au niveau de la zone 1 restent normales et témoignent du niveau thermique de la saison d'échantillonnage.

Ces variations thermiques pourraient être expliquées par la localisation géographique des stations.

Les fortes températures au niveau de la zone de front de mer de Bou-Ismaïl sont proche de la température létale (30°C). Ces dernières influent la croissance de *Posidonia oceanica* (L.)Delile, qui exige un optimum de température compris entre 17 et 20 °C (cas de la zone de la Corne d'Or) (Hartog, 1970 ; Ben Alaya, 1972 ; Augier *et al.*, 1980).

III.2.2. Salinité

En méditerranée, la salinité est voisine de 38 à 39 PSU, mais près des côtes, elle varie entre 36 et 37 PSU (Aminot *et al.*, 1983).

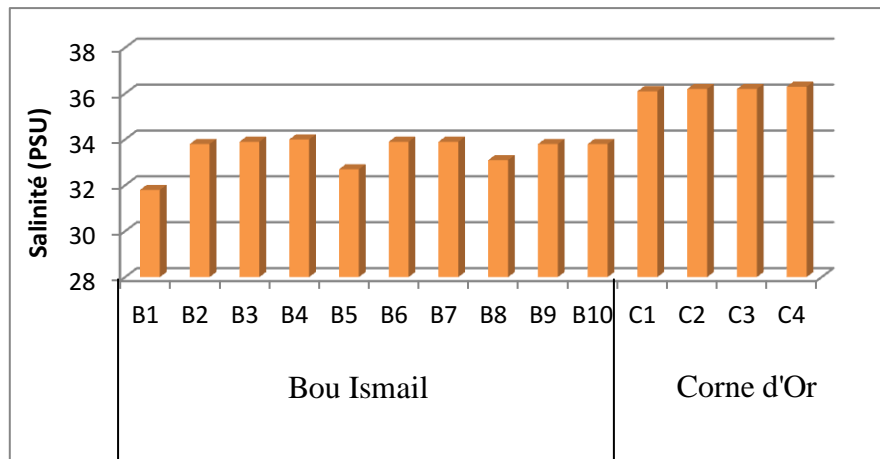


Figure III.3 : Histogramme des variations de salinité en (PSU) de la matrice eau dans les deux zones d'études.

Les valeurs de la Salinité à Bou Ismail varient entre [31,8 ;34] PSU avec une moyenne de 33,5 PSU et un écart type de 0,72 .

Cependant, à la Corne d'Or les valeurs de la salinité varient entre [36,1 ; 36,3] PSU avec une moyenne de 36,2 PSU et un écart type de 0,08.

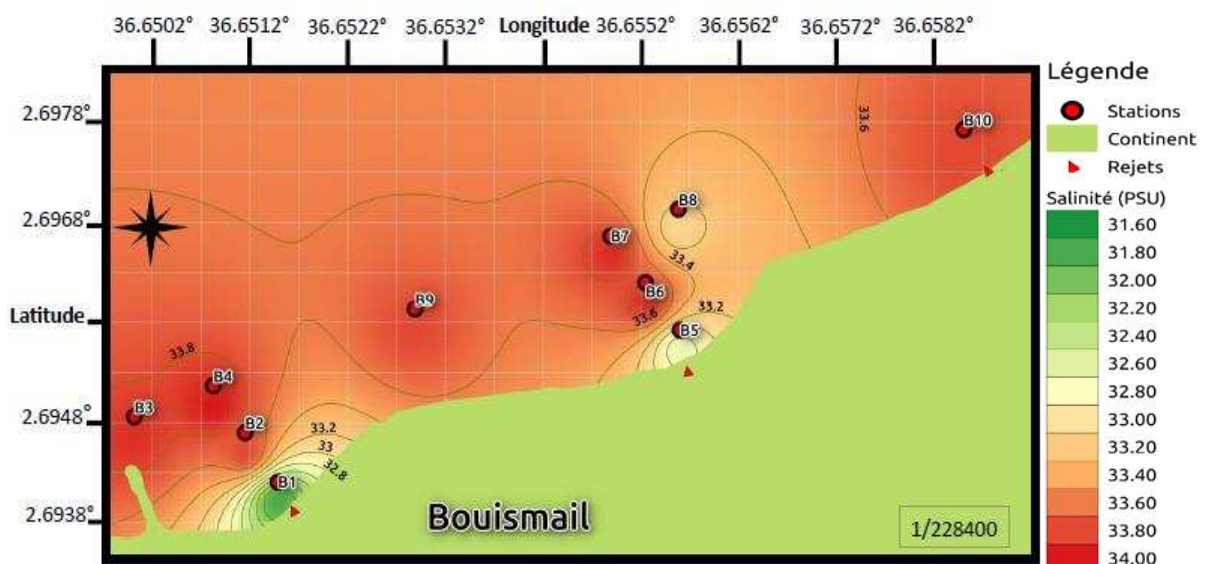


Figure III .4 : Distribution de la salinité en (PSU) de la matrice eau dans la zone de Bou-Ismaïl.

D'une manière générale, la configuration des points proportionnels aux valeurs permet de constater une décroissance systématique du gradient halin des valeurs les plus faibles (<32 PSU) près de la côte vers les valeurs les plus élevées ($\geq 33,8$ PSU) au large. Cette distribution est engendrée certainement par la contribution continentale en eau douce : les rejets des eaux usées.

Ces faibles valeurs de la salinité dans la zone 2 sont proche de la valeur létale (29 PSU) pour la mort de la Posidonie.

La distribution de la salinité est homogène avec des valeurs minimales près de la côte et des valeurs maximales au large.

III.2.3. Le potentiel d'hydrogène

Le *pH* dépend de la teneur en dioxyde de carbone; c'est à dire une modification de CO₂ (échange air-océan, respiration, photosynthèse) entraînera donc une modification du *pH*. (Ramade , 2000) .

En plus des processus physiques, chimiques, biologiques, l'accumulation de matières organiques d'origine continentale et la contamination par des rejets urbains ou industriels contribuent à la modification du pH naturel (Aminot *et al.*, 2004).

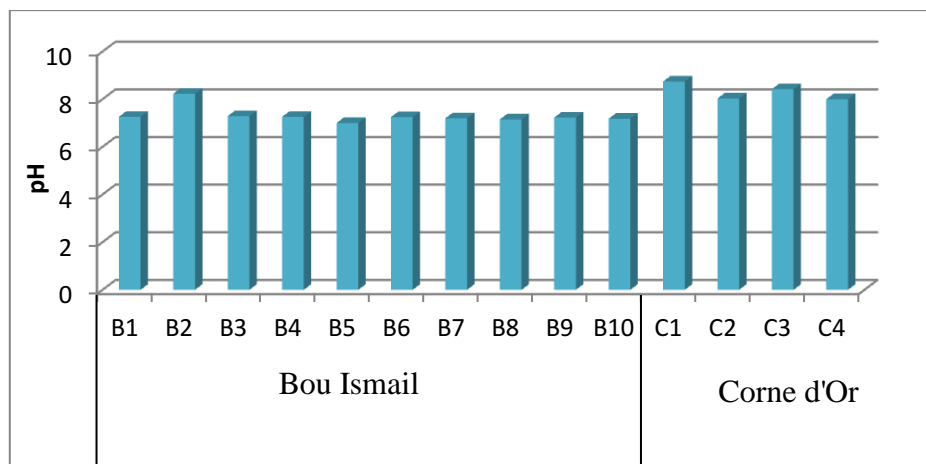


Figure III. 5 : Histogramme des variations de potentiel d'hydrogène dans les deux zones d'étude.

Dans la zone polluée les valeurs du potentiel d'hydrogène sont comprises entre une valeur minimale de 7 (St 5) et l'autre maximale de 8,23 (St 2) avec une moyenne de 7,30 et un écart type de 0,31.

Dans la zone 1 les valeurs du potentiel d'hydrogène sont comprises entre une valeur minimale de 8 (St4) et l'autre maximale de 8,74 (St 1) avec une moyenne 8,29 et un écart type 0,35.

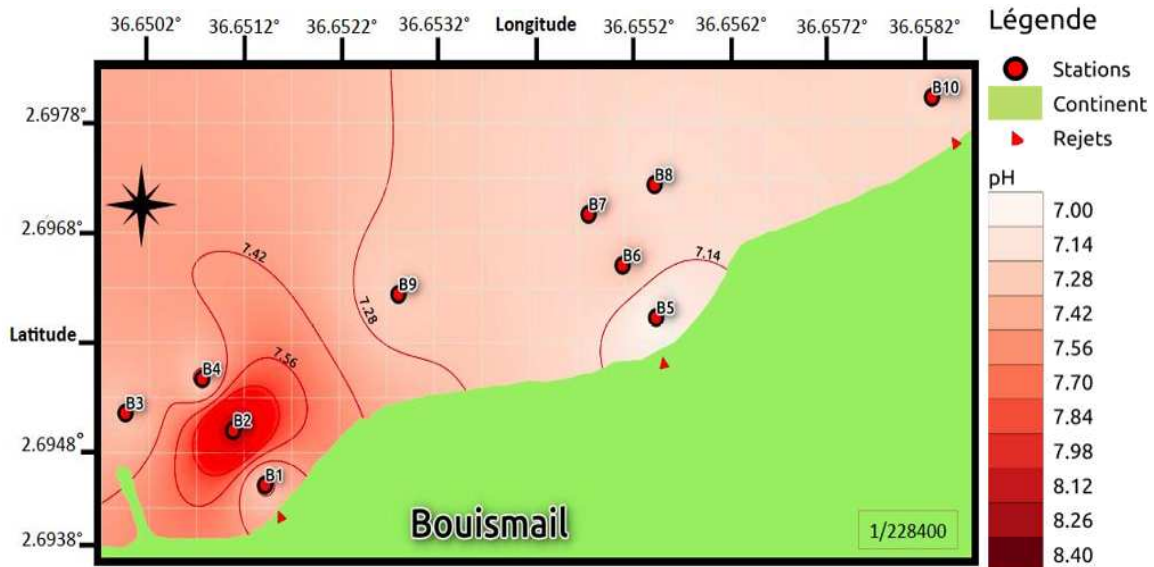


Figure III. 6 : Distribution de potentiel d'hydrogène dans la zone de Bou-Ismaïl

Nous avons constaté des faibles valeurs du pH au niveau des stations proches des rejets ,ceci pourraient être dues à la dégradation de la matière organique qui est fort probablement responsable l'acidification de ces eaux .

Les valeurs importantes enregistrées dans les stations 1 et 3 pourraient être dues au phénomène de la photosynthèse qui utilise le CO₂ pour la synthèse de la MO.

III.3. La matière en suspension

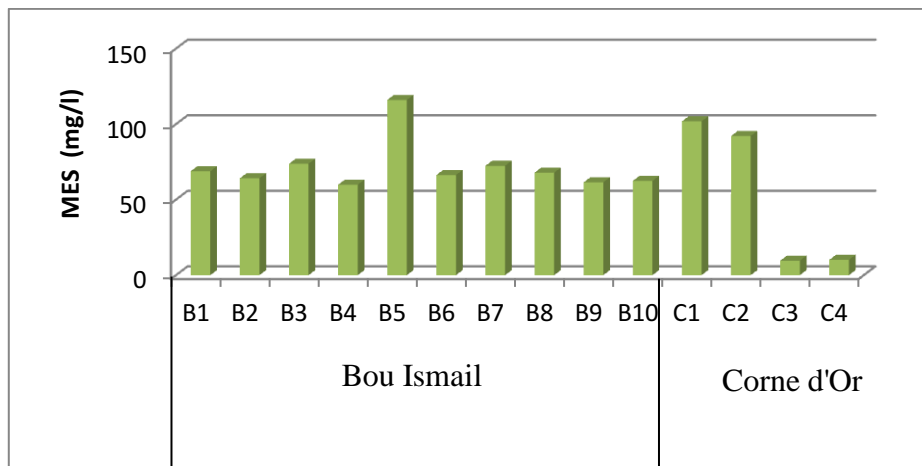


Figure III. 7 : Histogramme de variations des matières en suspension en (mg/l) dans les deux zones d'étude

Les valeurs de la matière en suspension à Bou Ismail varient dans l'intervalle [59,86 ;116] mg /l avec une moyenne de 71,293 mg/l et un écart type de 16,352.

Les valeurs de la matière en suspension à la Corne d'Or varient dans l'intervalle [9,547 ; 101,826] mg /l avec une moyenne de 53,406 mg/l et un écart type de 50,462.

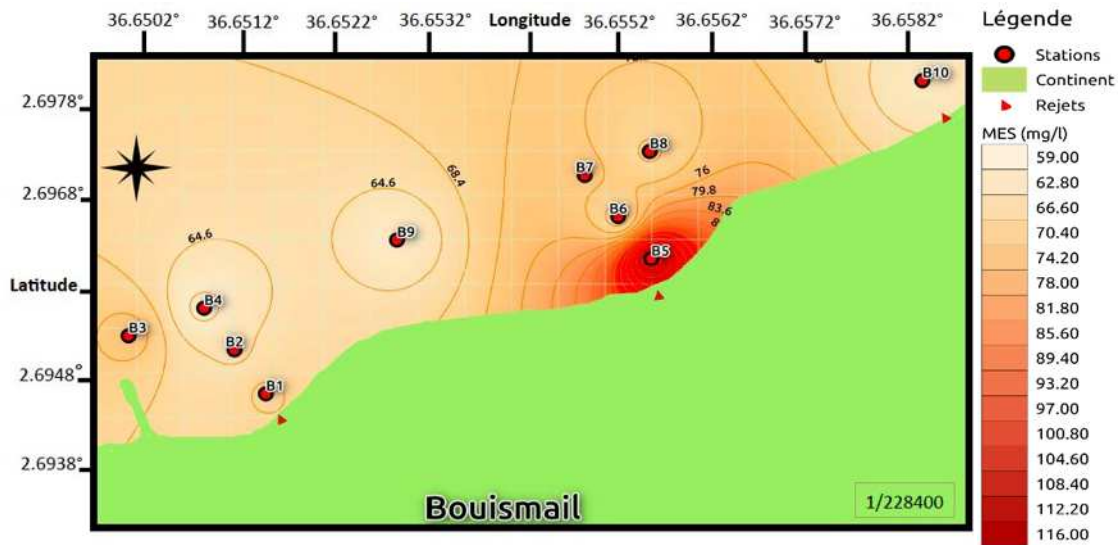


Figure III. 8 : Distribution de la matière en suspension en (mg/l) dans la zone de Bou-Ismaïl.

La période des prélèvements au niveau de la zone d'étude a été marquée par une faible agitation de la mer, malgré cela les concentrations en matières en suspension enregistrées sont très supérieures à la norme qui est de l'ordre de 0.5 à 5 mg/l en milieu côtier selon (Aminot *et al.*, 1983).

Les variations de la concentration en matières en suspension dépendent des conditions climatiques, de l'intensité de l'hydrodynamisme, du diamètre des particules et de l'influence des apports marins et continentaux. Nous pouvons dire que les maximales enregistrées au point de prélèvement (St 5 et 7) dépendent de la faible hauteur de la colonne d'eau, la proximité de ces stations des rejets de Tonic emballage (eau blanchâtre au niveau de la station 5 et verdâtre au niveau de la station 7) ainsi que la faible agitation de la mer lors de nos prélèvements.

Ces fortes teneurs empêchent la pénétration de la lumière, réduisent la photosynthèse et influencent la croissance des organismes autotrophes notamment l'herbier à *Posidonia oceanica* ce qui confirme les résultats des paramètres vitaux obtenus.

Cependant les minimales sont enregistrées au niveau des stations 10 et 1 ceci s'explique par l'arrêt des déversements des rejets au cours de la journée (lors de notre sortie). Donc les concentrations marquées pourraient être dues aux eaux usées rejetées lors de la nuit. Par

contre la faible concentration au niveau de la station 9 est sûrement due à l'importance de la hauteur de la colonne d'eau et la faible agitation.

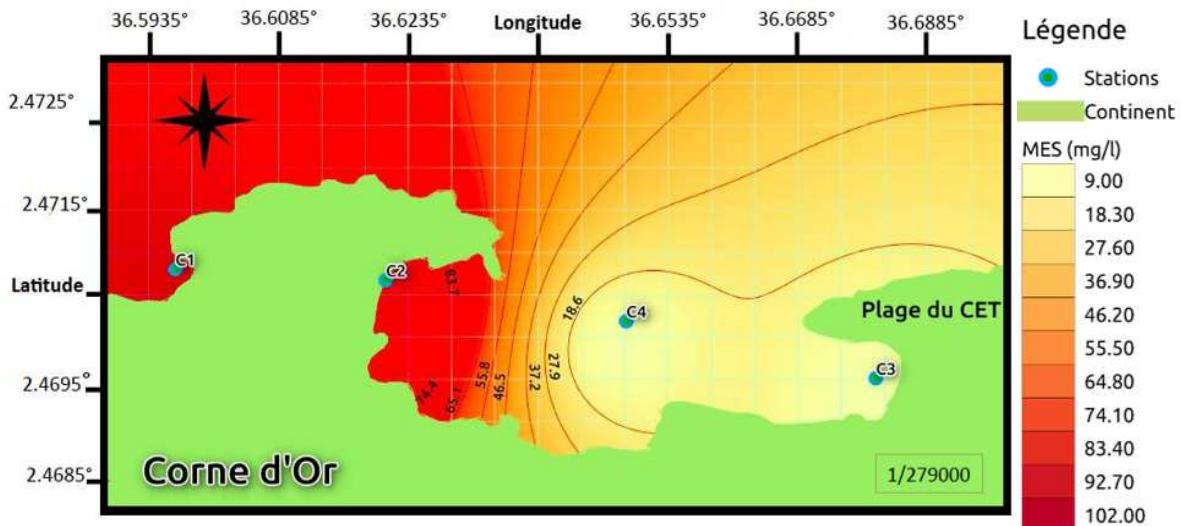


Figure III. 9 : Distribution de la matière en suspension en (mg/l) dans la zone de la Corne d'Or.

Les teneurs en MES sont très importantes au niveau des stations 1 et 2, ceci pourrait être dû à l'hydrodynamisme avec une remise en suspension des sédiments (Slawyk, 1980 in Haddouche, 2003) et à la faible hauteur de la colonne d'eau.

Par contre les faibles teneurs sont enregistrées au niveau des stations 3 et 4 où nous avons constaté un hydrodynamisme réduit (St 3) et sa situation géographique (située au large) (St C4).

III.4. La matière organique

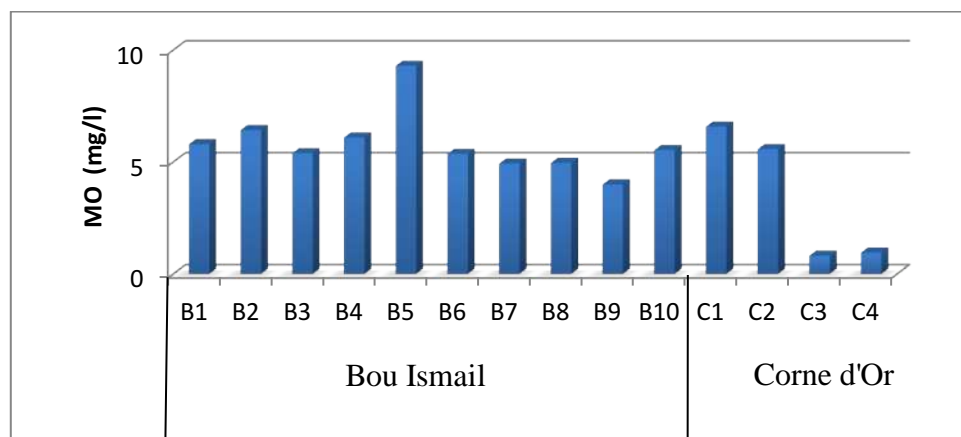


Figure III. 10 : Histogramme de variations de la matière organique en (mg/l) dans les deux zones d'étude

A Bou Ismail les teneurs en MO varient entre un minimum de 4 mg/l (St 9) et un maximum de 9,3 mg/l (St 5), avec une moyenne de 5,783 mg/l et un écart type de 1,408.

A la Corne d’Or les teneurs en MO varient entre un minimum de 0,82 mg/l (St 3) et un maximum de 6,58 mg/l (St 1), avec une moyenne de 3,485 mg/l et un écart type de 3,025 .

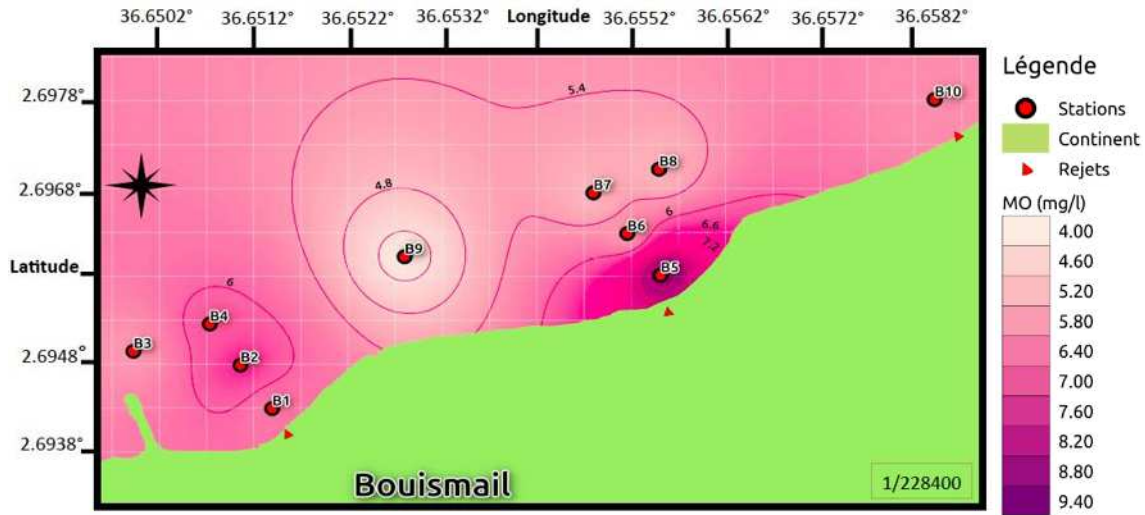


Figure III. 11 : Distribution de la matière organique en (mg/l) dans la zone de Bou-Ismaïl.

Les fluctuations de la matière organique sont similaires au cycle des matières en suspension, dont la valeur maximale est enregistrée au niveau de la station 5 face à un rejet d’eaux usées (Tonic emballage), la valeur minimale (St 9) connaît un hydrodynamisme constant ceci est dû à sa position géographique.

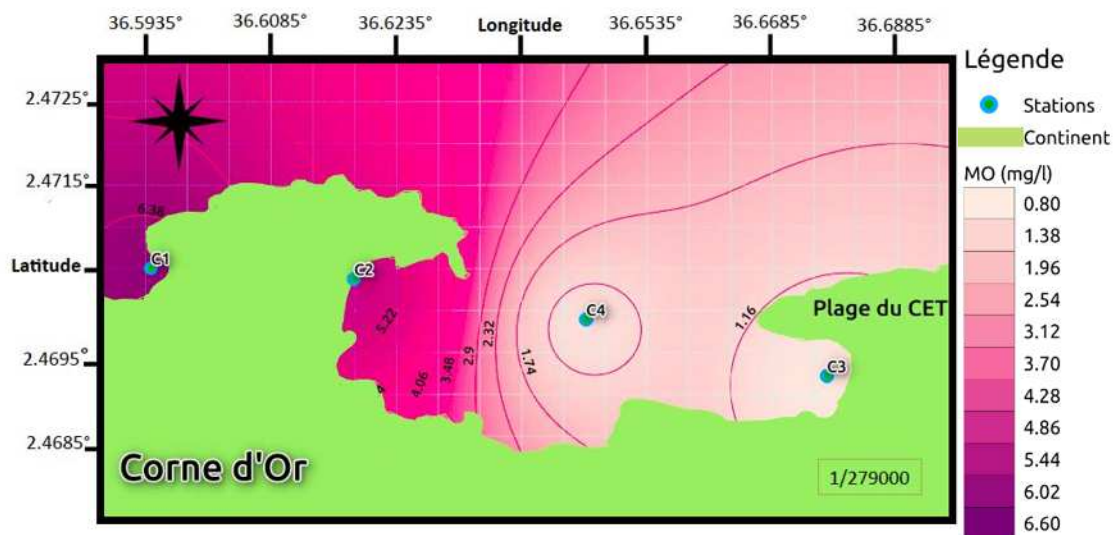


Figure III. 12 : Distribution de la matière organique en (mg/l) dans la zone de la Corne d’Or.

Les variations de la matière organique sont équivalentes avec à la matière en suspension, dont les valeurs maximales peuvent être expliquées par le cycle du développement phytoplanctonique et aussi à la remise en suspension des particules organiques sédimentées qui n'ont pas suffisamment le temps de s'oxyder à cause de la faible profondeur (milieu côtier).

Par contre les valeurs minimales pourraient être dues à l'hydrodynamisme réduit (St 3) et la position géographique (St 4).

III.5. Les sels nutritifs

III.5.1. Ammonium

L'azote ammoniacal provient des excréments animaux et de la décomposition bactérienne des composés organiques azotés. Il est utilisé par le phytoplancton comme source d'azote et oxydé par les bactéries nitrifiantes.

A proximité des émissaires urbains, l'ammonium devient un bon traceur de pollution urbaine avec des concentrations pouvant atteindre plusieurs centaines de micromoles par litre. (Lacaze, 1996(b))

Les concentrations sont très variables en fonction du lieu et de la saison.

En eaux côtières non polluées et en milieu océanique, les concentrations sont généralement inférieures à 1 $\mu\text{mol/l}$.

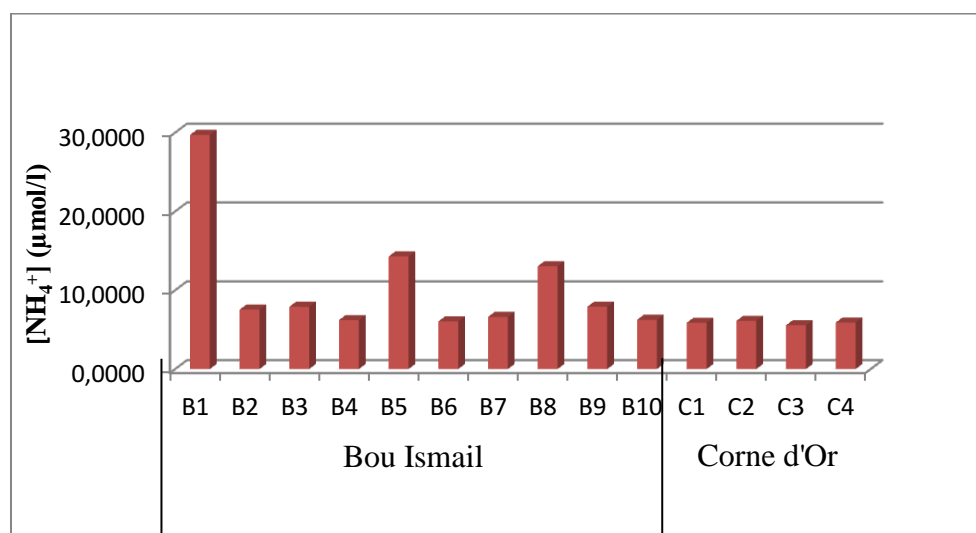


Figure III. 13 : Histogramme des concentrations en ammonium dans les deux zones d'étude

Les valeurs de l'ammonium (Zone 2) sont comprises entre 6,049 $\mu\text{mol/l}$ (St6) et 29,713 $\mu\text{mol/l}$ (St1), avec moyenne de 10,559 $\mu\text{mol/l}$ et un écart type 7,328

Les valeurs de l'ammonium (Zone 1) sont comprises entre 5,568 $\mu\text{mol/l}$ (St3) et 6,116 $\mu\text{mol/l}$ (St2), avec moyenne de 5,868 $\mu\text{mol/l}$ et un écart type 0,226

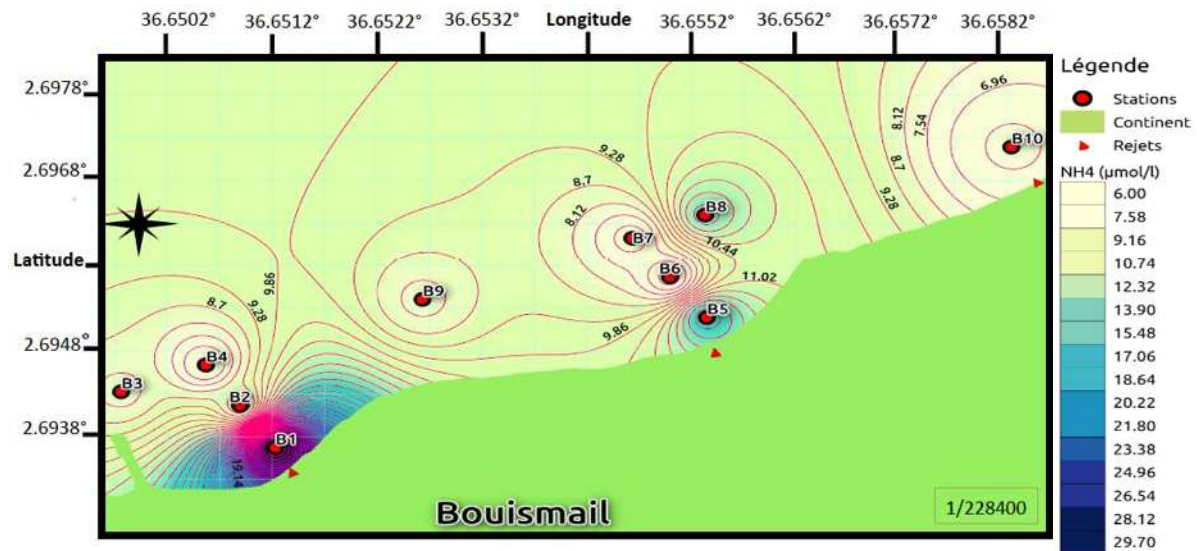


Figure III. 14 : Distribution des concentrations en ammonium en ($\mu\text{mol/l}$) dans la zone de Bou-Ismail .

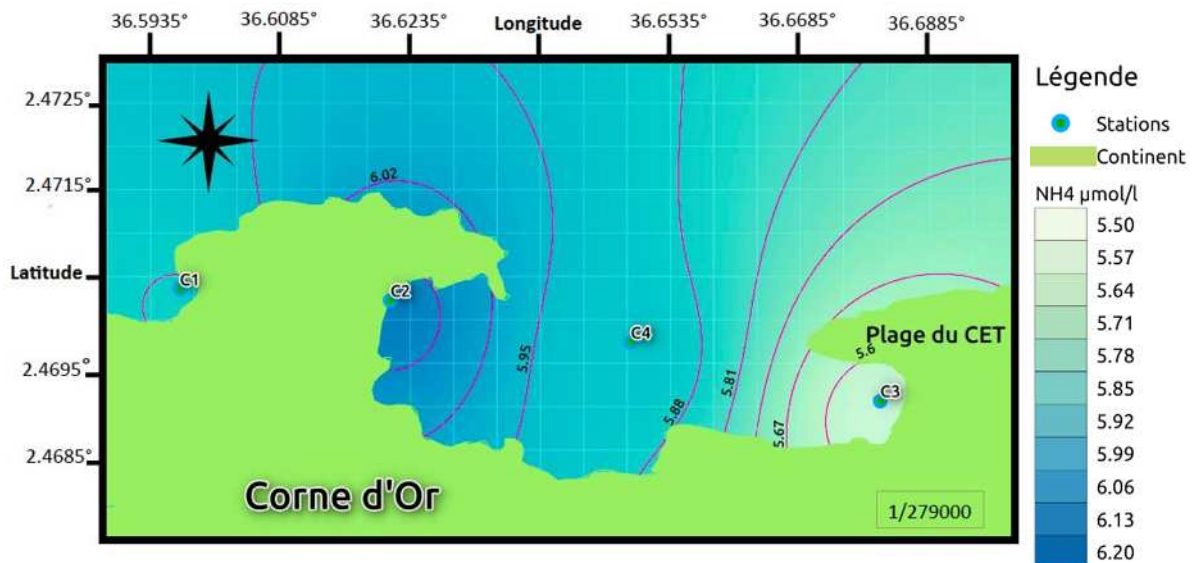


Figure III. 15 : Distribution des concentrations de l'ammonium en $\mu\text{mol/l}$ dans la zone de Corne d'Or.

La distribution horizontale de l'ammonium montre un gradient de décroissance de la côte vers le large. Les valeurs élevées de NH_4^+ se localisent majoritairement près de la côte où

l'influence côtière se fait sentir par les fortes teneurs de l'ammonium relevées aux rejets à l'exception de la station 10 (Zone 2) où le déversement a eu lieu que la nuit. En effet, cette partie de la baie reçoit probablement des rejets urbains qui sont souvent chargés en NH_4^+ . Les valeurs moyennes occupent le centre de la zone d'étude. Cette diminution pourrait être expliquée par la transformation rapide de l'ammonium en nitrites puis en nitrates par oxydation.

III.5.2. Nitrates et Nitrites

Les nitrates sont issus de l'oxydation de l'ammoniac. Ce sont des composés peu toxiques pour les animaux aquatiques. Sur un circuit fermé, ils proviennent de l'oxydation bactérienne des nitrites et finissent par se concentrer (Geoffroy, 2008).

Les nitrates participent au phénomène d'eutrophisation, en faible concentration de l'oxygène, ils peuvent jouer un rôle de donneurs d'oxygène (Rodier *et al.*, 2005).

Dans le cycle de l'azote, les ions nitrites sont des intermédiaires relativement fugaces entre l'azote ammoniacal et les ions nitrates (Aminot *et al.*, 1983).

En eaux côtières elles sont de l'ordre de 0,5 à 1 $\mu\text{mol/l}$ en hiver et peuvent chuter à moins de 0,01 $\mu\text{mol/l}$ en été, suivant ainsi le cycle d'utilisation de l'azote par le phytoplancton (Aminot *et al.*, 1983).

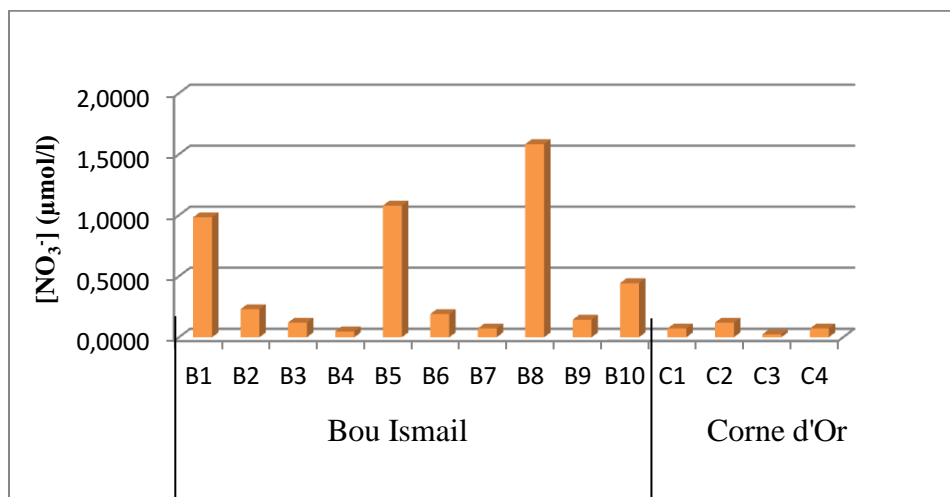


Figure III. 16 : Histogramme des concentrations en nitrates dans les deux zones d'étude.

Les valeurs de la concentration des nitrates dans les eaux de surface de la zone 2, varient entre un minimum de 0,048 $\mu\text{mol/l}$ (St 4) et un maximum de 1,583 $\mu\text{mol/l}$ (St 8), avec moyenne et

un écart type de 0,489 $\mu\text{mol/l}$ et 0,535 respectivement.

Au niveau de la Zone 1 nous avons des valeurs qui varient entre un minimum de 0,024 $\mu\text{mol/l}$ (St3) et un maximum de 0,120 $\mu\text{mol/l}$ (St2), avec une moyenne de 0,072 $\mu\text{mol/l}$ et un écart type de 0,039

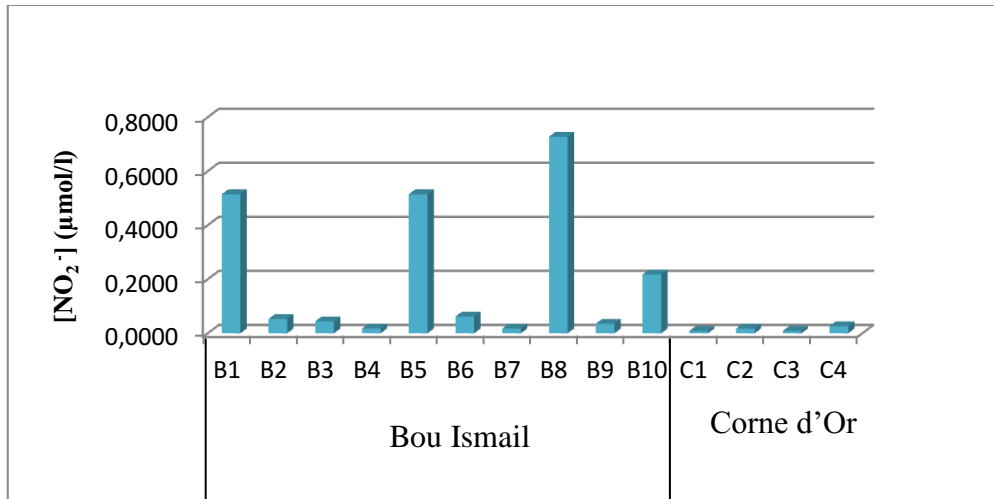


Figure III. 17 : Histogramme des concentrations en nitrites dans les deux zones d'étude.

Au niveau de la Zone 2 nous avons des valeurs qui varient entre un minimum de 0,018 $\mu\text{mol/l}$ (St7) et un maximum de 0,728 $\mu\text{mol/l}$ (St8), avec une moyenne de 0,221 $\mu\text{mol/l}$ et un écart type de 0,265

Les valeurs de la concentration des nitrates dans les eaux de surface de la zone 1, varient entre un minimum de 0,009 $\mu\text{mol/l}$ (St 3) et un maximum de 0,027 $\mu\text{mol/l}$ (St 4), avec moyenne et un écart type de 0,016 $\mu\text{mol/l}$ et 0,008 respectivement.

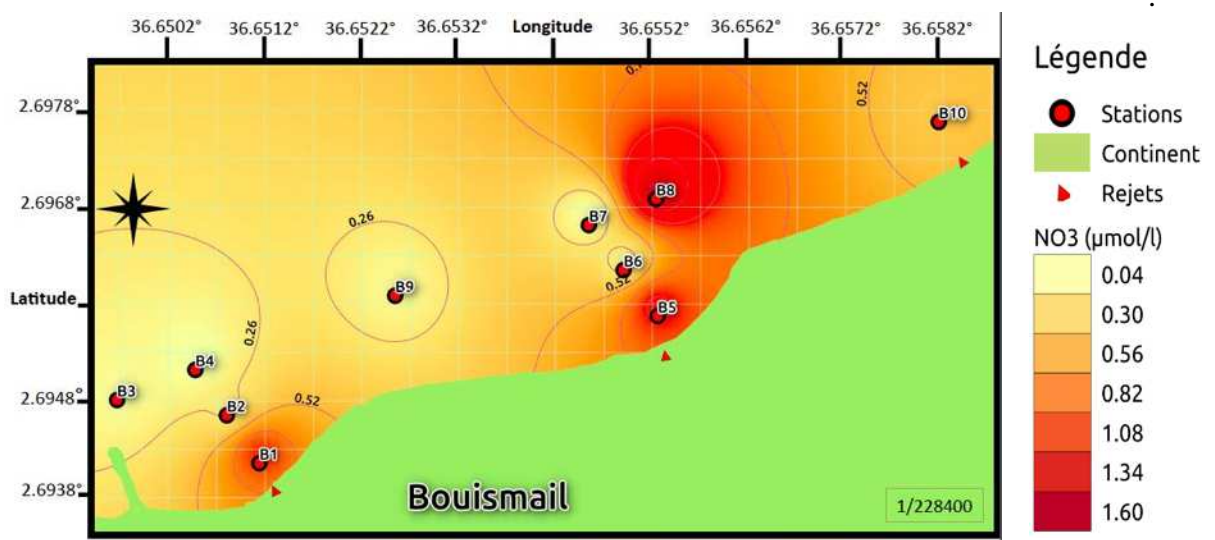


Figure III. 18 : Distribution des concentrations de nitrates en ($\mu\text{mol/l}$) dans la zone de Bou-Ismaïl.

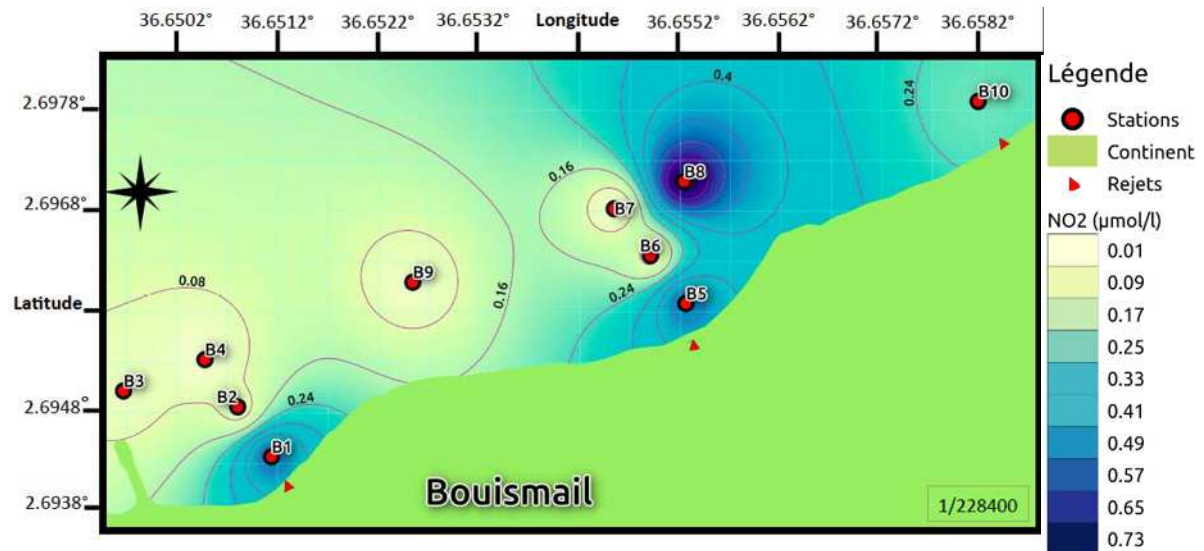


Figure III. 19 : Distribution des concentrations de nitrites en ($\mu\text{mol/l}$) dans la zone de Bouismail.

Nous avons remarqué que les variations des nitrates sont similaires à celles des nitrites, ceci est expliqué par la régénération des nitrites en nitrates par nitrosation (bactéries nitrifiantes) et aussi par leur consommation par les micro-organismes pendant la croissance.

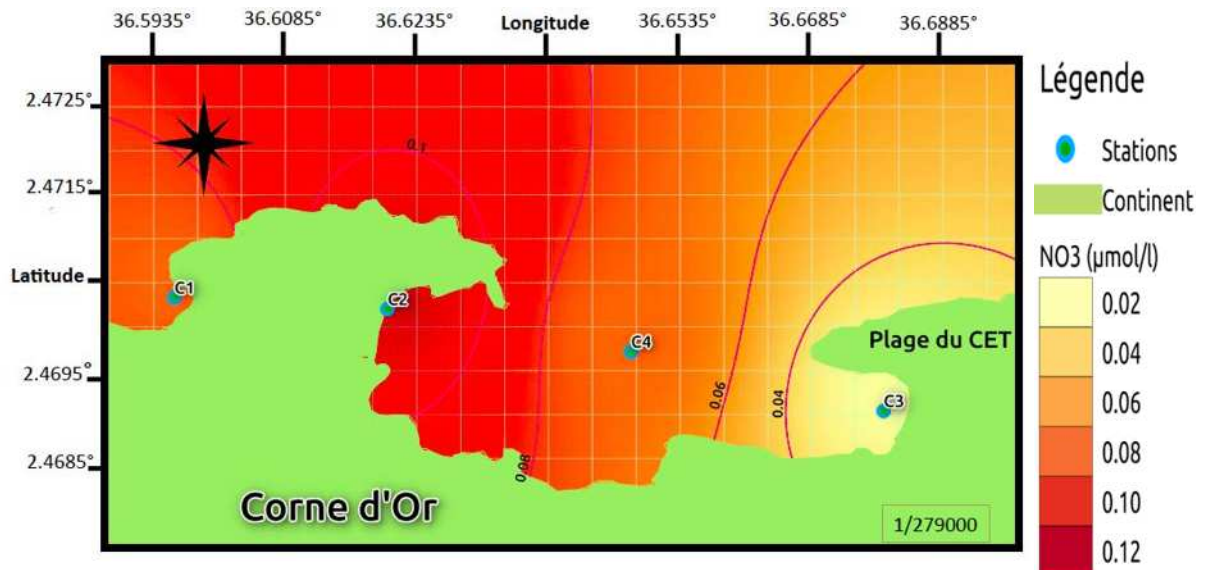


Figure III. 20 : Distribution des concentrations de nitrates en ($\mu\text{mol/l}$) dans la zone de la Corne d'Or.

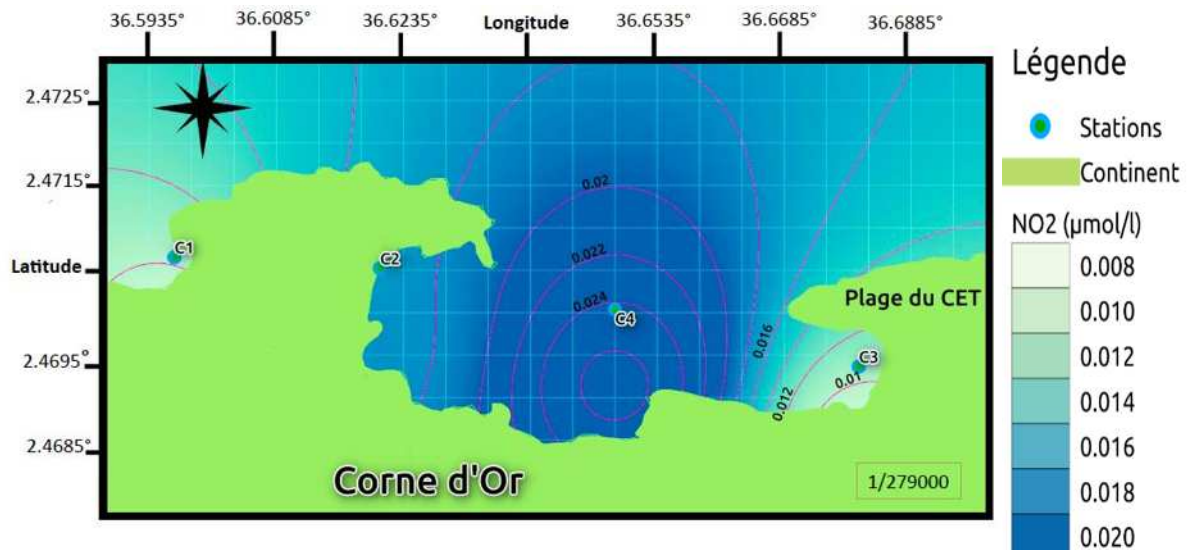


Figure III. 21 : Distribution des concentrations de nitrites en ($\mu\text{mol/l}$) dans la zone de la Corne d’Or.

Par contre au niveau de la zone 1 et selon (Aminot *et al.*, 1983) les concentrations en nitrates et en nitrites sont semblable aux normes en méditerranée ($\leq 0,1 \mu\text{mol/l}$).

Dans les deux zones d'études les teneurs en nitrites sont relativement faibles comparés aux nitrates et à l'ammonium, ceci peut être interprété par le fait que les nitrites sont un état intermédiaire entre l'ammonium et le nitrates.

III.5.3. Phosphore

Le phosphore est un élément nutritif dont la forme minérale majoritaire, orthophosphates, est essentielle à la vie aquatique. Les teneurs en orthophosphates sont normalement assez faibles en surface en milieu océanique et côtier non pollué : 0 à 1 $\mu\text{mol/l}$.

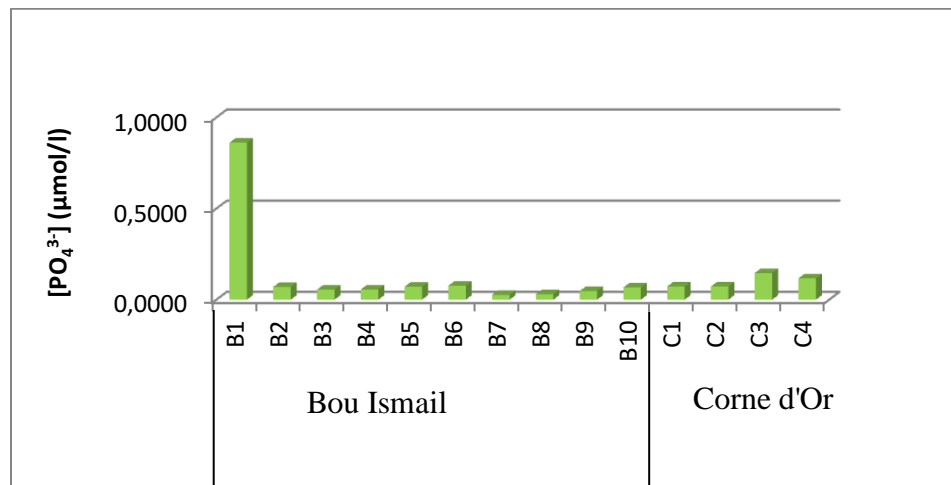


Figure III. 22 : Histogramme des concentrations en ortho-phosphate dans les deux zones d’études.

Les concentrations des orthophosphates des eaux de surface (Zone 2) sont comprises entre un minimum de 0,027 $\mu\text{mol/l}$ (St7) et un maximum de 0,862 $\mu\text{mol/l}$ (St1), avec une moyenne de 0,136 $\mu\text{mol/l}$ et un écart type de 0,255.

Pour la première zone sont comprises entre un minimum de 0,072 $\mu\text{mol/l}$ (St 1 et 2) et un maximum de 0,146 $\mu\text{mol/l}$ (St3), avec une moyenne de 0,102 $\mu\text{mol/l}$ et un écart type de 0,036

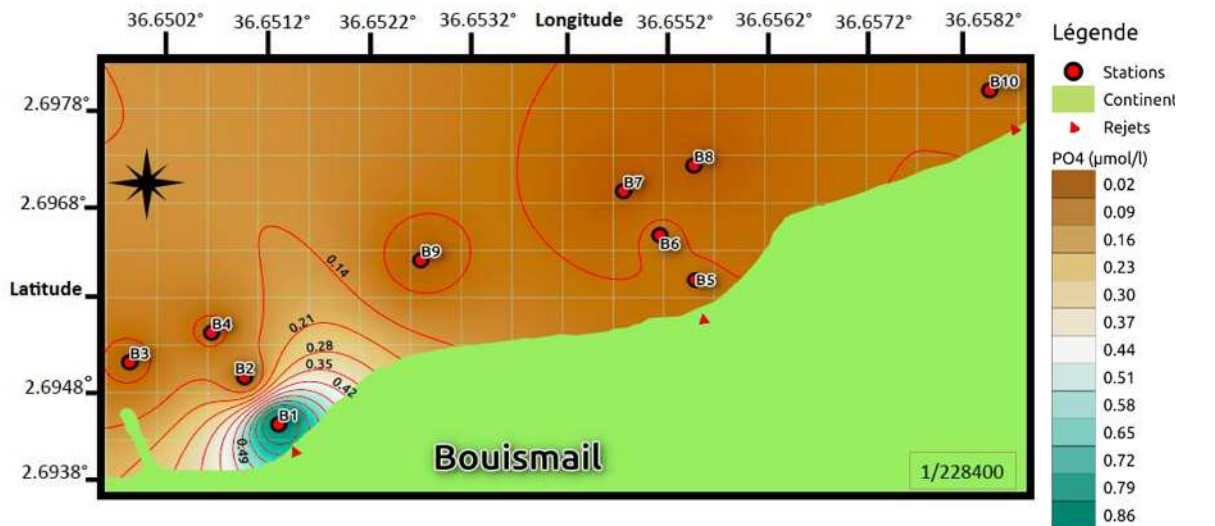


Figure III. 23 : Distribution des concentrations d’orthophosphates en ($\mu\text{mol/l}$) dans la zone de Bou-Ismail.

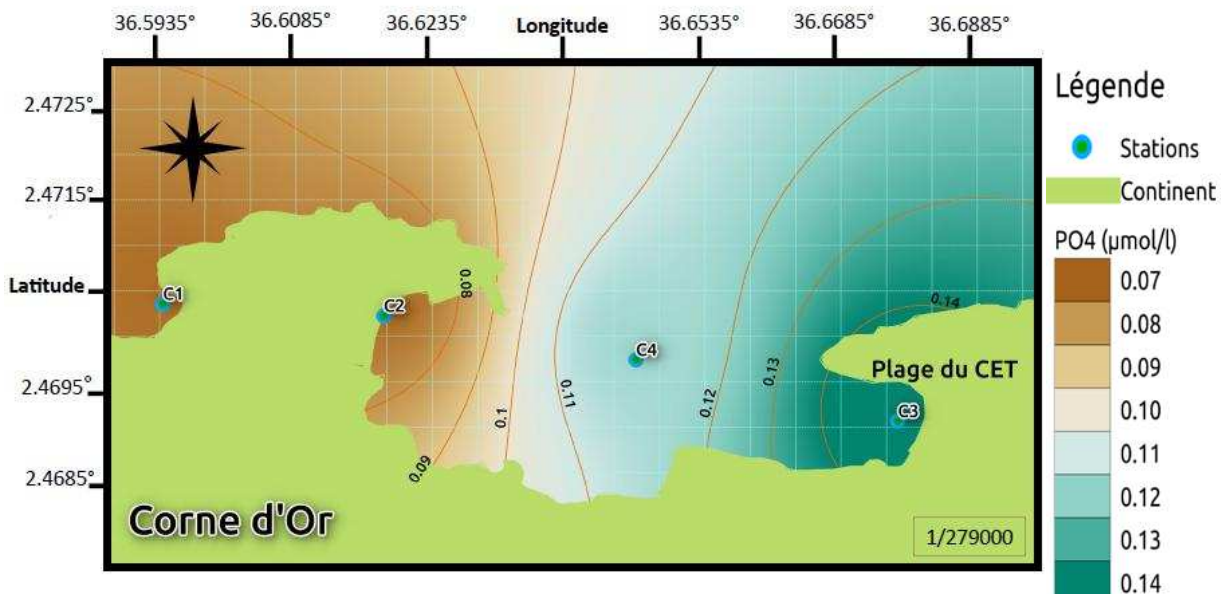


Figure III. 24 : Distribution des concentrations d’orthophosphates en ($\mu\text{mol/l}$) dans la zone de la Corne d’Or.

A l'état d'équilibre, les orthophosphates se trouvent avec des teneurs assez faibles en surface (0 à 1 $\mu\text{mol/L}$) (Aminot *et al.*, 1983) ,à cause de leur consommation par le phytoplancton de plus le manque de brassage (période de stratification) ne favorise pas l'enrichissement de la couche superficielle, comme c'est le cas dans les deux zones d'études.

La turbidité de l'eau et la richesse en sels nutritifs favorisent l'installation des épiphytes calcaires ceci aura une influence directe sur la photosynthèse.

III.5.4. Silicium

Le silicium est un élément nutritif car il entre dans la composition des squelettes de certaines espèces phytoplanctoniques (diatomées, radiolaires, ...) auxquelles il est indispensable.

La concentration des eaux océaniques de surface peut être très basse ($< 1\mu\text{mol/l}$). Les concentrations s'élèvent progressivement lorsque l'on se rapproche des côtes.

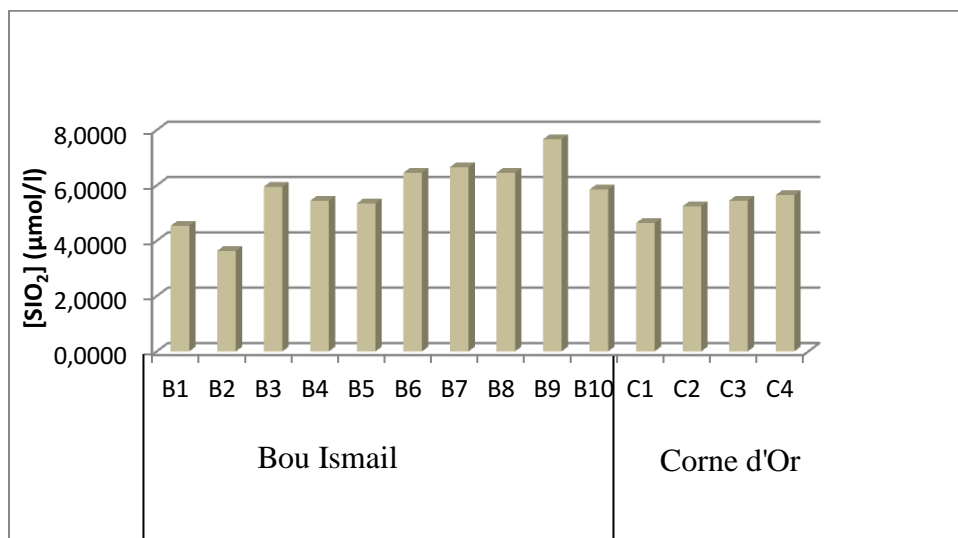


Figure III.25 : Histogramme des concentrations en silicium dissout en ($\mu\text{mol/l}$) dans les deux zones d'étude.

Les valeurs des silicates (Zone 2) sont comprises entre 3,632 $\mu\text{mol/l}$ (St 2) et 7,664 $\mu\text{mol/l}$ (St9), avec une moyenne de 5,801 $\mu\text{mol/l}$ et un écart type de 1,141 .

Pour la zone de référence les valeurs sont comprises entre 4,641 $\mu\text{mol/l}$ (St 1) et 5,650 $\mu\text{mol/l}$ (St 4) avec une moyenne de 5,246 $\mu\text{mol/l}$ et un écart type de 0,436.

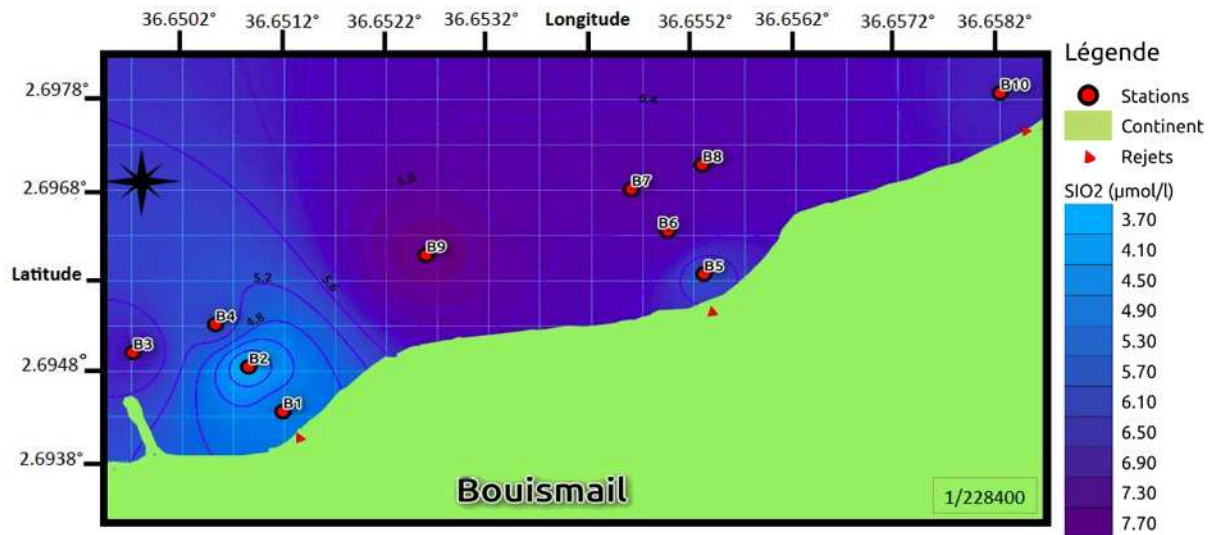


Figure III. 26 : Distribution des concentrations du silicium dissout en (µmol/l) dans la zone de Bou-Ismaïl.

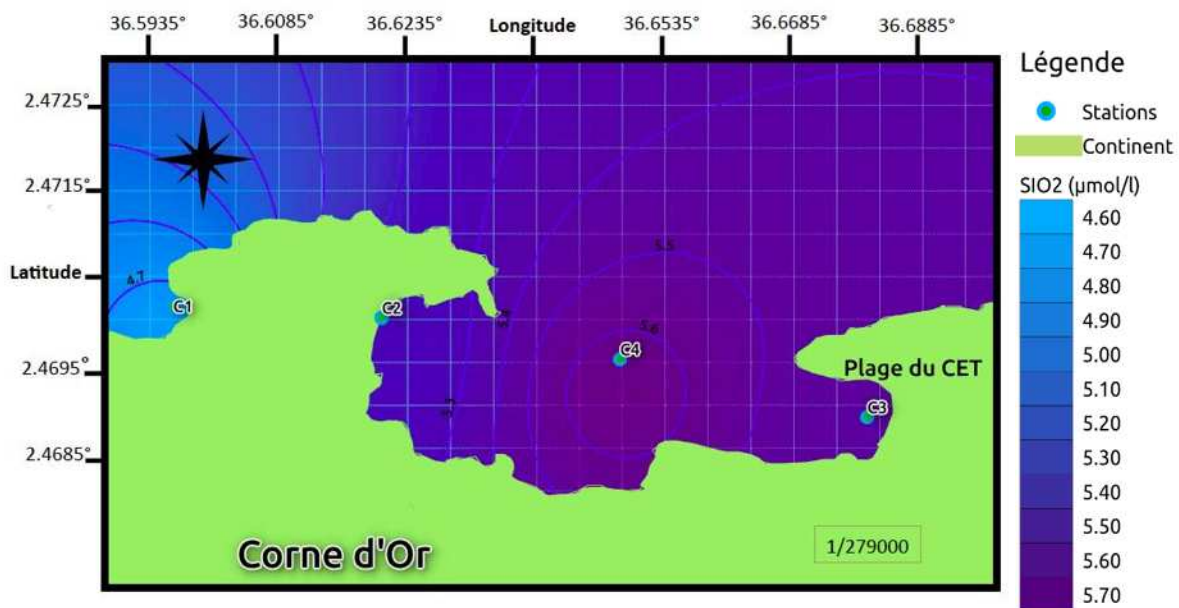


Figure III. 27 : Distribution des concentrations du silicium dissout en (µmol/l) dans la zone de la Corne d’Or.

En effet, la diminution de la concentration se traduit par la consommation de ces molécules par les phytoplanctons, ceci est confirmé par la présence des épiphytes siliceuses et calcaires à Bou Ismaïl, ces derniers influencent sur l'activité photosynthétique de la posidonie (feuilles brune).

Par contre leur augmentation est due à la dissolution des tests siliciques et la diffusion à partir des sédiments marins, les faibles valeurs de pH aux mêmes endroits peuvent supporter cette hypothèse (Voir **Figure III. 6**), ainsi que les rejets de céramiques et de poteries recensées dans la région de Bou Ismaïl.

Cette augmentation peut engendrer l'ensevelissement et l'envasement de la posidonie et par conséquent une forte turbidité qui empêche la pénétration de la lumière.

III.6. Bou-Ismail entre les résultats obtenus et la déclaration des pêcheurs :

D'après les résultats issus des paramètres vitaux, paramètres physico-chimiques, l'analyse des sels nutritifs, des matières en suspension et de la matière organique ; nous avons constaté un état alarmant de pollution.

Les taux élevés des MES, de la MO et de certains sels nutritifs (ammoniums et silicates) provenant des eaux rejetées à la mer sans aucun traitement préalable, augmentent la turbidité et la température, ce qui altère la vitalité de la posidonie.



Figure III. 28 : Les rejets d'eau usée au niveau de la zone de Bou-Ismail .

Cette situation est aggravée par l'aménagement exorbitant qui provoque la régression de la limite supérieure ainsi l'enfouissement des faisceaux de feuilles par l'accumulation de sédiment.



Figure III. 29 : Aspect d'un faisceau de feuille de *Posidonia oceanica* enfouit sous le sédiment au niveau de la zone de Bou-Ismail.



Figure III. 30 : Les nuisances par les déchets ménagers et urbains au niveau de la zone de Bou- Ismail.

Tout est dénaturé, le sédiment acquit un aspect noirâtre avec une odeur nauséabonde et provoque des irritations de la peau, les oursins sont aussi altéré physiologiquement où les gonades subissent des changements de couleurs et même les feuilles de posidonie ont perdu la couleur verte (jaune et/ou marron avec des taches noires).



Figure III. 31 : Aspect de sédiment prélevé dans la zone de Bou-Ismail



Figure III. 32 : Aspect externe des gonades d'oursin *Paracentrotus lividus* dans les deux zones d'étude (à droite Corne d'Or , à gauche Bou-Ismaïl)



Figure III. 33 : Aspect externe des feuilles de *Posidonia oceanica* dans les deux zones d'études (les feuilles de posidonie de Corne d'Or à droite et de Bou-Ismaïl à gauche).

Nous avons constaté la présence de la matte morte qu'en période estivale où l'hydrodynamisme est réduit, ce qui prouve l'état dégradé de l'herbier.

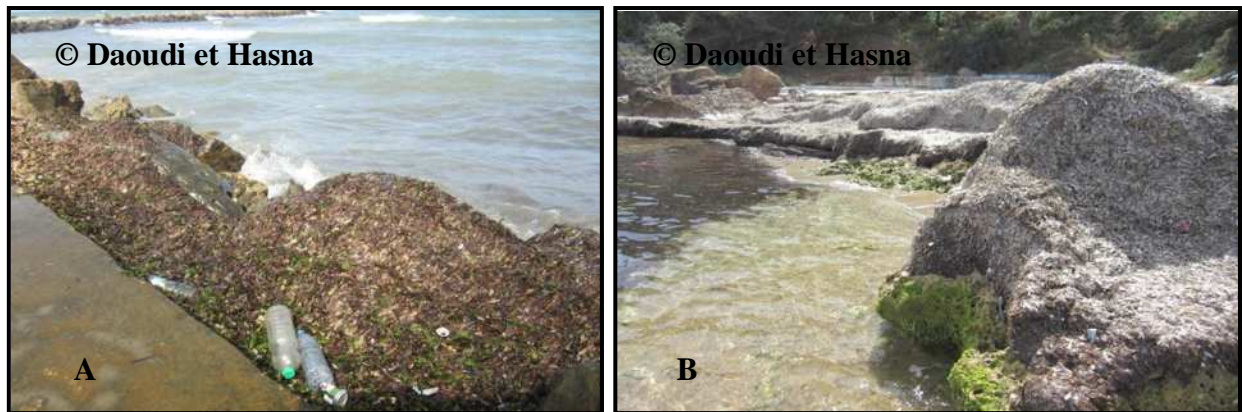


Figure III. 34 : Aspect de la matte morte de *Posidonia oceanica* dans les deux zone d'études (A : le front de mer de Bou-Ismaïl et B : la zone de la Corne d'Or (Tipaza)).

La menace de l'écosystème à posidonie par cette pollution influence la biodiversité, la qualité des eaux littorales et leur transparence, la production primaire benthique, l'équilibre de l'écosystème côtier, l'économie et les changements climatiques qui sont assurés par cette plante.

De plus très peu inventoriée, la pollution biologique, notamment, par *Caulerpa cylindracea* n'est plus à négliger puisque cette algue colonise les milieux perturbés et entre en compétition avec les espèces endogènes notamment la posidonie en occupant des vastes espaces de l'étage infralittoral dans la baie.



Figure III. 35 : Présence de l'algue *Caulerpa cylindracea* au niveau de la station (B4) de la zone de Bou-Ismaïl à 8 mètres de profondeur.

Il faut signaler aussi que la baie a été sujette à de nombreux aménagements côtiers (comme le problème de la construction des T qui empêche l'aération (pêcheur comm person)) qui causent de notables dégâts sur les herbiers et les communautés benthiques par les remblayages incessants et l'apport de matériaux et produits artificiels. A tout ça s'ajoute la pollution issue des ouvrages portuaires existants dans la baie : Port de pêche de Bou Haroun, Port de pêche de khemisti, Port de plaisance et abris de pêche de Tipaza, Abris de pêche d'El-Djamla, Port de plaisance de Sidi Fredj et Port de plaisance de Palm Beach.

A Bou-Ismaïl, la situation du milieu est aggravée par l'emploi illégal des engins de pêches développés et destructifs tels que les filets dérivants utilisés pour la pêche de l'espadon par des jeunes bénéficiaires de l'ANSEJ, ainsi les chaluts qui raclent le fond qui sont considérées comme étant une cause importante de mortalités accidentelles des espèces qui sont généralement rejetés ou vendus comme produits de faible valeur commerciale (pêcheur comm person) .

III.7. Comparaison avec des résultats antérieurs dans la baie de Bou-Ismaïl :

III.7.1. Les sels nutritifs

Tableau III.9 : Comparaison des teneurs en sels nutritifs ($\mu\text{mol/l}$) avec les résultats obtenus dans la bibliographie.

Année		Nitrates	Nitrites	Ammonium	Orth- ophosphates	Silicates	Référence
Mai 1996	Min	0,25	0,05	0,25	0,01	0,74	Brinis et Brahmia, 1997
	Max	8,2	0,34	0,81	0,9	8,1	
Mai 1998	Min	0,74	0,029	/	0,109	0,11	Chaouch et Darbeida, 2000
	Max	8,56	0,58	/	0,95	4,13	
Juillet 2002	Min	0,01	0,0002	0,01	0,09	1,04	Haddouche, 2003
	Max	0,27	0,007	0,45	0,21	6,53	
Mai 2010	Min	0,001	0,0595	2,485	0,0056	0,548	Tarmoul, 2010
	Max	1,4996	2,4852	27,706	12,934	159,15	
Mai 2012	Min	0,077	0,029	1,168	0,056	0,375	Boudjemal et Boughella, 2012
	Max	0,901	0,932	2,147	0,673	52,80	
Aout 2015	Min	0,048	0,018	6,050	0,027	3,632	Présente étude, 2015
	Max	1,583	0,728	29,71	0,862	7,664	

Le tableau nous montre les différentes teneurs en sels nutritifs dans la baie de Bou-Ismaïl obtenus au cours de notre étude et d'autres études antérieures.

Les concentrations en silicates et en orthophosphates sont similaires en 1996, 1998, 2002 et 2015, nous notons en 2010 et 2012 des concentrations plus élevées.

Les teneurs en nitrates sont plus élevées en 1996 et 1998 qu'en 2015 et semblables à celles de 2010 et 2012.

Cette différence est due à la saison d'échantillonnage et la période de déversement des rejets. Nous remarquons que les concentrations en nitrates diminuent d'une année à une autre, cela pourrait être expliqué par la réduction des terres agricoles.

III.7.2. Les paramètres vitaux

Tableau III.10: Biométrie foliaire de *Posidonia oceanica* (la zone de la Corne d'or et Bou -Ismail) entre (2010) et (2015) .

Site	Densité(fsc /m ²)	Profondeur(m)	Références
Port-Cros	500	4	Garcia-Charton et al., 1993
Corce	579 à 846	5	Pergent-Martini et al., 1993
Anse de Kouali	640 à 898	0.3 à 2	Boumaza, 1995
Sidi Fredj	269,4	0,8 à 2	Boudaa ,2013
Corne D'or	496,29	0,5	Présente étude (2015)
Bou Ismail	198,14	5 à 8	Présente étude (2015)

Nous comparons nos résultats avec les études antérieures , nous avons remarqués que la densité au niveau de la corne d'or est presque similaire à celles de Port-Cros, Corse et l'Anse de Kouali.

Cependant à Bou Ismail et Sidi Fredj les densités sont faible ceci pourrait être dû à l'impact des activités anthropiques

Tableau III.11 : Biométrie foliaire de *Posidonia oceanica* au niveau de la zone de la Corne d'Or et Bou-Ismail entre (2010) et (2015).

Site	Nombres des feuilles		Longueurs de la plus longues feuilles (mm)		Références
	Min	Max	Min	Max	
Bou Ismail	4	6	270	400	(Tarmoul,2010)
Corne D'or	4	7	450	750	
Bou Ismail	4	8	200	640	Présente étude (2015)
Corne D'or	4	7	492,5	1048	

Nous avons comparé nos résultats avec ceux obtenus par (Tarmoul,2010) ,car effectués dans les même zones , et dans des profondeurs similaires .Nous avons remarqué que le nombre minimale et maximale est presque analogue .Par contre les longueurs maximales enregistrés au cours de notre étude sont plus élevées ceux-ci pourraient être expliqué par le choix des rhizomes orthotropes qui est nécessaire pour la biométrie foliaires.

Conclusion Générale

Conclusion générale

L'Objectif de ce présent travail est d'étudier l'état de santé de l'herbier à *Posidonia oceanica* et d'avoir une idée plus ou moins globale sur l'impact de la pollution chimique sur cet écosystème remarquable dans deux zones assez différentes ; la corne d'or à Tipaza et front de mer de Bou Ismail.

Afin de quantifier l'influence des principaux facteurs pouvant moduler le développement d'un herbier à *Posidonia oceanica*, nous avons effectué des analyses qui intègrent les paramètres suivants : la structure de l'herbier (densité, recouvrement, biométrie foliaire, la biomasse des feuilles et des épiphytes), les paramètres physicochimiques (température, salinité, et pH) les analyses sels nutritifs (ammonium, nitrate, nitrite, silicate et orthophosphates), la matière en suspension et la matière organique.

À l'issue de cette étude nous avons pu ressortir les points principaux et qui sont :

- ✓ L'étude des paramètres vitaux dans les deux zones, ont permis d'appréhender l'état de l'écosystème à Posidonie ;
- La densité moyenne de l'herbier à *Posidonia océanica* au niveau de la corne d'or est de 496,29 faisceaux /m². En fonction de cette valeur l'herbier est classé en herbier de type II « herbier dense » selon la classification de Giraud (1977). Cependant à Bou Ismail, la densité moyenne est de l'ordre de 198,14 faisceaux/ m² qui correspond à un herbier de type IV « herbier très clairsemé » selon la même classification ;
- Le recouvrement est estimé à environ 77,77%, au niveau de la zone 1, il correspond à un recouvrement moyen pour une limite supérieur selon (Charbonnel *et al.*, 2000).
Par ailleurs, au niveau de la zone 2 nous avons estimé un recouvrement de 33,3, il s'agit d'un recouvrement faible selon la même classification ;
- les mesures des paramètres phénologiques nous ont permis d'avoir des données sur la longueur des feuilles (adulte et intermédiaire), la largeur, le nombre des feuilles, la surface foliaire, l'indice foliaire, et enfin le coefficient A ;
- Nous avons constaté une hétérogénéité de l'épiphytisme des feuilles dans les deux zones à différentes profondeurs. Ainsi, une biomasse des feuilles globales importantes a été observé pour la zone 1 : 1870,390±394,501 mg PS/fsc qui se traduit par la présence des conditions écologiques et physico-chimiques favorable (zone peu profonde, énergie lumineuse suffisante et eau transparente) ;

Par ailleurs, la zone 2 présente une biomasse foliaire de l'ordre de $804,068 \pm 291,216$ mg Pc /fsc qui est fort probablement dû à la présence de divers rejets (industriels, urbains et domestiques) ce qui a eu pour conséquence le déséquilibre écologique de la zone (forte turbidité, insuffisance de l'intensité lumineuse, température élevée,...). Ce qui se répercute directement sur le fonctionnement de la photosynthèse dans l'herbier à *Posidonia oceanica*.

- ✓ Quant à la pollution chimique, nous avons pu dégager d'après les résultats obtenus par les analyses effectuées dans les eaux de surface des deux zones:
 - Des valeurs élevées de la matière en suspension à Bou Ismail où l'hydrodynamisme était restreint provoquant une importante turbidité, ce qui influence directement l'état de vitalité de l'herbier ;
 - La matière organique présente des fluctuations similaires au cycle de la matière en suspension ;
 - A Bou Ismail la valeur maximale était enregistrée au niveau de la station proche du rejet d'eaux usées (Tonic) qui sont à la base de cellulose ;
 - La distribution des sels nutritifs est principalement dépendant de ces rejets, ceci est confirmé par les teneurs élevées en ammonium et en silicates qui montrent la présence d'une pollution urbaine assez importante. Les faibles taux enregistrés pour les nitrates, nitrites et phosphates sont probablement dus à la stratification des eaux (période estivale).
- ✓ Concernant les paramètres physicochimiques :
 - D'une manière générale, les températures enregistrées au niveau de la Zone 1 restent normales et témoignent du niveau thermique de la saison d'échantillonnage. La distribution de la salinité et le pH sont homogènes, et se situent dans l'intervalle de la région méditerranéenne. Cependant à Bou Ismail nous avons noté des valeurs élevées de la température, une faible salinité qui sort de l'intervalle de la méditerranée, et des basses valeurs de pH, dont le minimum est relevé au niveau des stations qui se situent à proximité des rejets ;
 - Au niveau de la zone de référence les sels nutritifs sont à des taux normaux d'après (Aminot *et al.*, 1983) ;
A Bou Ismail les analyses des sels nutritifs nous ont permis de confirmer l'effet des effluents domestiques, urbains et industriels qui se déversent sans aucun traitement préalable.

- ✓ Au final et d'après nos résultats, Il apparait clairement que l'écosystème à *Posidonia oceanica* est en bonne état de santé au niveau de la corne d'or .vu les conditions favorable de milieu.
- ✓ Par ailleurs la zone de Bou Ismail présente une forte pollution qui se traduit par le déséquilibre écologique des écosystèmes à Posidonie (touffes de Posidonie, abondance des mattes mortes, rhizomes déchaussés ...etc). Ainsi que la compétition avec l'algue introduite *Caulerpa cylindracea* qui préfère les milieux perturbés et les eaux chaudes pour son installation et prolifération.
- ✓ Comparé à d'autres résultats obtenus dans la baie de Bou Ismail (Tarmoul, 2010), nous avons enregistrées des taux plus faibles concernant les phosphates et silicates.

*Recommandations et
Perspectives*

Recommandations et Perspectives

L'importance écologique des herbiers de posidonies rend leur régression particulièrement préoccupante. C'est la raison pour laquelle la Posidonie apparaît sur les listes d'espèces menacées, bien que ce ne soit pas l'espèce en elle-même qui soit menacée mais l'écosystème qu'elle édifie (Boudouresque *et al.*, 1994).

- De ce fait, une étude lépidochronologique (l'utilisation de *Posidonia oceanica* comme traceur de contamination métallique passé) doit être rajoutée pour le suivi temporel.
- L'obligation d'une étude d'impact qui devrait accompagner toute demande de mise en place des aménagements littoraux, avec conservation de l'herbier à *Posidonia oceanica*.
- Identifier, évaluer et réduire les principales menaces de l'écosystème à Posidonie et des habitats qui y sont attachés (pollution, ancrage, chalutage non contrôlé, pêche traditionnelle illégale, et expansions des espèces invasives).
- Tous les rejets industriels, urbains, et même domestique qui se déversent directement à la mer doivent être traités impérativement par la mise en place des stations d'épurations et la canalisation des rejets loin des herbiers.
- Afin de minimiser l'apport des matières en suspension issues lors des travaux d'endiguage ou de remblaiement, l'utilisation de filets en géotextiles, est le seul moyen pour restreindre l'impact à la seule zone d'aménagement en évitant la dispersion des matériaux fins par les Courants.
- Le recours à des récifs anti-chaluts, peut constituer un moyen complémentaire pour faciliter l'application des interdictions de pêche.
- Vu l'extension et l'importance de notre littorale, l'intégration des notions sur le milieu marin notamment la Posidonie dans le programme scolaire des différents niveaux est obligatoire.
- Sensibiliser les citoyens de l'importance et l'intérêt écologique de Posidonie par l'installation des panneaux et l'organisation des journées d'études pour expliquer l'importance de cet écosystème

- Cartographier avec précision l'herbier à Posidonie pour une meilleure connaissance de sa distribution et de sa profondeur.
- En plus de l'étude des paramètres vitaux, d'autres paramètres non traités dans le présent travail tels que la mesure de déchaussement des rhizomes, la production primaire, l'analyse des sels nutritifs et des paramètres physico-chimiques dans l'eau interstitielle et l'eau de la canopée, le calcul des descripteurs statistiques (Grall *et al.*, 2005).

L'herbier de Posidonie, facteur important de l'oxygénation des eaux, fixateur des masses sédimentaires, régulateur des houles et protecteur des plages, frayère naturelle et réservoir immense de ressources vivantes, méritait d'être mieux connu de tous (Roger Molinier in Boudouresque *et al.*, 1982).

Références
Bibliographiques

A

Achiche, K. et Larbi, S. (2010). Impact des eaux usées et des embouchures des oueds sur la qualité des eaux de la baie de Bou Ismail, 78 p.

Acunto, S. et al. (1996). Segnalazioni di fioriture di *Posidonia oceanica* (L.) Delile lungo le coste toscane. *Biologia Mare Mediterraneo*. 3(1), pp. 437-438.

Alcoverro, T. Ceberian, E. et Ballesteros, E. (2001). *The root/rhizome system of seagrasses: an asset and a burden*, *Journal of Experimental Marine Biology and ecology* 161, pp. 107-120.

Aminot, A. et Chaussepied, M. (1983). Manuel des analyses chimiques en milieu marin. *Cnexo*, 395p.

Aminot, A. et Kérouel, R. (2004). *Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses*. Ifremer. 2004, 41 p.

Annane. (2007). Inventaires et impacts des ouvrages côtiers sur le milieu marin dans la baie de Bou Ismail. Mémoire d'ingénieur. ENSSMAL.

Aouidad, Z. (1997). Contribution à l'étude de la pollution par les métaux lourds dans le sédiment superficiel et les particules en suspension dans la baie de Bou Ismail. Mémoire d'ingénieur.

Ardizzone, G.D. et Pelusi, P. (1984). Yield and damage evaluation of bottom trawling on *Posidonia* meadows. In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. [edi] *International Workshop on Posidonia oceanica beds*, GIS Posidonie publ., Fr., 1, pp. 63-72.

Asso, A. (1982). Contribution à l'étude de polluants métalliques chez la moule *Perna perna* (L.) dans la région d'Alger. Université Science et technique. Languedoc-Monpellier, 316 p.

Augier, H. Chabert, D. et Vicente, N. (1980). Le port de Porquerolles (Iles d'Hyères Méditerranée, France). II Contamination par les métaux lourds. *Travaux scientifiques du Parc national de Port-Cros*. 6, pp. 253-285.

Augier, H. Giglio, Y. et Ramonda, G. (1987). Peintures anti-fouling et herbier à *Posidonia oceanica*. *GIS Posidonie & Fac. Sci. Luminy Pub*, pp. 1-94.

Augier, H. (1985). L'herbier à *Posidonia oceanica*, son importance pour le littoral méditerranéen, sa valeur comme indicateur biologique de l'état de santé de la mer, son utilisation dans la surveillance du milieu, les bilans écologiques et les études d'impact. *Vie marine*. 7, pp. 85-113.

B

- Balestri , E. Benedetti-Cecchi, L. et Lardicci, C. (2004).** *Variability in patterns of growth and morphology of P. oceanica exposed to urban and industrial wastes : contrasts with two reference locations.* Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 308, pp. 1-21.
- Balestri, E. Cinelli, F. et Piazzini, L. (1998).** *The photosynthetic capacity of the seagrass Posidonia oceanica : influence of nitrogen and light.* Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 228, pp. 209-225.
- Bay, D. (1978).** Etude in situ de la production primaire d'un herbier de posidonie, *Posidonia oceanica* (L) Delile, dans la baie de Calvi, Cors. Thèse faculté de science. p. 251.
- Bellan-Santini, D. Lacaze, J.C. et Piozat, C. (1994).** Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée, synthèse, menaces et perspectives. *Muséum National d'Histoire Naturelle publ.* Paris , pp. 1-246.
- Ben Alaya, H. (1972).** Répartition et conditions d'installation de *Posidonia oceanica* Delile et *Cymodocea nodosa* Ascherson dans le golfe de Tunis. *Bulletin de la Station Océanographique de Salammbô.* 2(3), pp. 331-416.
- Bentaallah, M. A. et Kerfouf, A. (2013).** Prolifération de l'algue *Caulerpa racemosa* dans les écosystèmes littoraux de l'Algérie: état des lieux et des connaissances. *Physio-Géo.* Vol. 7.
- Blanc, J.J. et Jeudy de Grissac, A. (1984).** Erosions sous-marines des herbiers à *Posidonia oceanica* (Méditerranée). *International Workshop Posidonia oceanica Beds, Boudouresque J.C., Jeudy de Grissac A; et Olivier J.* GIS Posidonie. 1, pp. 23-28.
- Blouet, S. et al. (2011).** Mise en cohérence des méthodes de suivis des herbiers de posidonies des sites Natura 2000 marins du Languedoc-Roussillon. *Rapport ADENA-CNRS/EPHE/UPVD/CEFREM-CG66-AAMP*, 28 p.
- Borg, J. et al. (2005).** Architectural characteristics of two bed types of the seagrass *Posidonia oceanica* over different spatial scales. *Estuar. Coast. Shelf S.*, 62, pp. 667–678.
- Boudaa, L. (2013).** Contribution à l'étude des paramètres vitaux de l'herbiers à *Posidonia oceanica* dans la plage Ouest de Sidi Fredj. Mémoire de Master, Option: Environnement marin .ENSSMAL, 42 p.
- Boudouresque, C.F. et Meinesz, A. (1982).** Découverte de l'herbier à Posidonie. [éd] Parc national de Port-Cros, Parc naturel régional de la Corse et G.I.S Posidonie 4, pp. 56-63-67.

Boudouresque, C.F. et al. (1994). L'herbier à *Posidonia oceanica* en Méditerranée : protection légale et gestion. In: Pour qui la méditerranée au 21ème Siècle - Villes des rivages et environnement littoral en Méditerranée. Actes du colloque scientifique Okeanos, Maison de l'Environnement de Montpellier publ., Fr, pp 209-220.

Boudouresque, C.F. et al. (1995). L'herbier à *Posidonia oceanica* en méditerranée ;protection légale et gésition .In :Pour qui la méditerranée au 21ème siècle -ville des rivages et environnement littoral en méditerranée nt littoral en méditerranée. *Actes du colloque scientifique Okeanos ,maison de l'environnement de Montpelie*, pp. 209-220.

Boudouresque, C.F. et al. (1995a). *Arrachage des faisceaux de Posidonia oceanica par les ancres : un protocole d'étude.* Monaco, 21 p. Rapport de la comission internationale de la mer mediteranéene. 34.

Boudouresque, C.F. et al. (2006). Préservation et conservation des herbeirs à *Posidonia oceanica*. France : Ramoge, 2006, pp. 11-12-13-28-40-41-44-46.

Boudouresque, C.F. et al. (2007). *Monitoring methods for Posidonia oceanica seagrass meadows in Provence and the French Riviera.*Umr 6540 CNRS, Centre d'Océanologie de Marseille,and GIS Posidonie, pp.17-38.

Boudouresque, C.F. Van Klaveren, M.C. et Van Klaveren, P. (1996). Proposal for a list of threatened or endangered marine and brackish species (plants, invertebrates, fish, turtles and mammals) for inclusion in appendices I, II and III of the Bern Convention. *Council of Europe, Document. 96 A. S/TPVS96/TPVS48E.*

Boudouresque, C.F. et al. (1994). L'herbier à *Posidonia oceanica* en Méditerranée : protection légale et gestion. *Actes Colloque "Pour qui la Méditerranée au 21° siècle ? Villes des rivages et environnement littoral en Méditerranée.* Montpellier, France , pp. 209-220.

Boughella, M. et Boudjemmal, N . (2012).Contribution à l'étude de la pollution chimique de l'écosystème à *Posidonia oceanica* dans la Baie de Bou Ismail et la baie de Zemmouri (El Marsa).ENSSMAL.Alger, 88 p.

Bouiadjrab, B. et al. (2010-a). Sur la présence de l'algue marine *Caulerpa racemosa* (Forsskal) J,Agardh (Caulerpales,chlorophyta) devant la côte Mostaganemoise (Ouest Algérie). *Acta Botanica Malacitana.* Vol. 35, pp. 1-7.

Bouiadjrab, B. et al. (2010-b). First record of the invasive alga *Caulerpa racemosa* (Caulerpales ,Chlorophyta) in the gulf of Arzew (western Algeria). *Aquatic Invasions.* Vol. 5, , pp. 97-101.

Boumaza, S. (1995). Phénologie, biomasse, lépidochronologie et production primaire de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile de l'anse de Kouâli, Tipaza (Algérie). Thèse de Magister en océanologie, pp. 1-125 + annexes.

Boumaza, S. (2003). Biodiversité des habitats à phanérogames marines des côtes algériennes. *In biodiversité marine et littorale algériennes*, dir Grimes S., ED-Diwan, pp. 95-108.

Boumaza, S. et al. (2014). Effects of urban effluents on spatial structure, morphology and total phenols of *Posidonia oceanica*: Comparison with a reference site. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 457. Elsevier, pp. 113-119.

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. International workshop on *Posidonia* beds *In: Boudouresque, C.F., Meinesz A., Fresi E., Gravez V. GIS Posidonie publ. 2*, pp. 287-293.

Braïk, D. (1989). Etude de la dynamique sédimentaire devant Bou Ismail: sédimentologie, morphologie, problème d'érosion du littoral, aménagement. Thèse de Magistère, Inst, Sci de la terre. USTHB., Alger, pp. 1-174.

Brinis, A. et Brahmia, A. (1997). Caractéristiques hydrologiques et niveaux de fertilités des eaux de la Baie de Bou Ismail. Mémoire d'ingénieur d'état en Biologie marine, Option : Chimie marine. ISMAL. Alger, 126 p.

C

Castel, J. et al. (1990). Distribution quantitative du micro et macrobenthos dans les lagunes mixohalines. Influence du confinement sur le partage des ressources. *Océanologica Acta*. Vol. 3, pp. 342-358.

Caye, G. et Meinesz, A. (1984). Sur la morphogénèse et le cycle végétatif de *Posidonia oceanica* (L.) Delile, pp. 1-121.

Caye, G. (1980). Sur la morphogénèse et le cycle végétatif de *Posidonia oceanica* (L.) Delile, pp. 1-121.

Celebi, B. et al. (2006). Hydrographic indications to understand the absence of *Posidonia oceanica* in the Levant sea (Eastern Mediterranean). *Biologia Marina Mediterranea*. 13 (4), pp. 34-38.

Charbonnel, E. Ody, D. Le Direach, L. et Ruitton, S. (2000). Effet de la complexification de l'architecture des récifs artificiels du Parc National de Port –Cros sur les peuplements

ichtyologiques .Contrat Parc national de Port-Cros et GIS Posidonie pub. Fr, pp .1-64.

Charbonnel, E. et al. (2003). Le Réseau de Surveillance Posidonies de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Résultats du suivi 2002. The Mediterranean Sea : an overview of its present state and plans for future protection .*Gis Posidonie*. 2003, pp. 1-176.

Chavance, P. et Girardin, M. (1986). Niveau d'exploitation en 1982 et potentialité régionale de la pêche chalutière algérienne .Application d'un modèle de production composite. *FAO. fish. rep.* (347), pp. 113-134.

Cinelli, F. Pardi, G. et Papi, I. (1995). Plant biology .In : La *Posidonia oceanica*. Cinelli, F., Fresi, E., Lorenzi, C., Mucedola, A. *Revista Marittima* pub 1995, pp. 17-27.

Coi. (1997). *Guide méthodologique d'aide à la gestion intégrée de la zone côtière Commission océanographique intergouvernementale, UNESCO, Manuels et Guides*, 36, 47 p.

Costanza, R. et al. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*. 387, pp. 253-260.

D

Delgado, O. et al. (1999). Effects of fish farming on seagrass (*Posidonia oceanica*) in a mediterranean bay: seagrass decline after organic loading cessation. *Oceanol. Acta*. 22(1), pp. 109-117.

Den hartog, C. Ibelings, Bw. et Short, Ft. (1988). Comparison of a current eelgrass disease to the wasting disease of the 1930's. *Aquatic Botany* 30 , pp. 295-304.

Drew, E. (1978). Factors affecting photosynthesis and its seasonal variation in the seagrasses *Cymodocea nodosa* (Ucria) Aschers, and *Posidonia oceanica* (L.) Delile in the Mediterranean. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 31, pp . 173-194.

Dutrieux, E. et al. (2006). *Mise en oeuvre du réseau de référence et de l'exercice d'intercalibration (eaux côtières)*. Ifremer – Agence de l'eau RMC, 139 p.

E

Elkalay, K. et al. (2003). A model of seasonal dynamics of biomass and production of the seagrass *Posidonia oceanica* in the Bay of Calvi (Northwestern Mediterranean). *Ecological Modelling*. 167, pp. 1-18.

F

Fischer, W. Schneider, M. et Bauchot, M.L. (1987). Méditerranée et mer noire zone de pêche 37. *Fao, CEE* .Vol 1, pp. 371-512 .

Fourqurean, J.W. et al. (2012). Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature Geoscience*. Vol. 5, pp. 505–509.

Francour, P. et al. (1997). Impact des mouillages forains sur l'herbier à *Posidonia oceanica* dans le Parc national de Port-Cros (Méditerranée Nord-occidentale). *Contrat Parc national de Port-Cros & GIS Posidonie, GIS Posidonie publ*, pp. 1-51.

Francour, P. et al. (1998). mouillages forains sur l'herbier à P Impact des mouillages forains sur l'herbier à *Posidonia oceanica* dans la Réserve naturelle de Scandola (Méditerranée Nord-occidentale, Corse,. *GIS Posidonie publ*. 1998, pp. 1-31.

Francour, P. et al. (2001). A review of marine protected areas in the Northwestern Mediterranean Region: siting, usage, zonation and management. *Aquatic Conserv.: mar. freshw. Ecosyst.* 11, pp. 155-188.

Francour, P. Ganteaume, A. et Poulain, M. (1999). Effects of boat anchoring in *Posidonia oceanica* seagrass beds in the Port-Cros National Park (Northwestern Mediterranean Sea). *Aquatic Conserv.: mar freshw. Ecosyst.* 9, pp. 391-400.

G

Gambi, M.C. et Guidetti, P. 1998. Morphological observations on seedlings of *Posidonia oceanica* (L.) Delile germinated in situ. [éd.] *Biologia Marina Mediterranea*. 5(1), pp. 549-552.

Geoffroy, V. (2008). Aquaculture. Relectures et couverture, 1264 p .

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

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

Giraud, G. (1977c). *Recensement des floraisons de Posidonia oceanica (Linné) Delile en Méditerranée*. exolration scientifique mediteranéén, pp. 126-130, Rapport . P.V. Réunion. Commission international.

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

Giraud. (1977). Contribution à la description et à la phénologie des herbiers de *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Thèse de Doctorat, pp. 1-150.

Gobert, S. et al. (2003). Variations à différentes échelles spatiales de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile ; effets sur les paramètres physico-chimiques du sédiment. *Oceanol. Acta.*, 26, pp. 179-207.

Gobert, S. et al. (2005) . C, N, P concentrations and requirements of flowering *Posidonia oceanica* shoots. *Hydrobiologia* . 533, pp. 253-259.

Grall, J. et Coïc, N. (2005). Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. REBENT réseau benthique, 90 p. REF. Ifremer DYNECO/VIGIES/06-13/REBENT.

Grassé, P. (1960).Traité

zoologie :anatomie,systématique,biologie,bryozoaires,brachiomodes,chétognathes,pagonophores,mollusques,généralités,aplacophores,polyplacophores,monoplacophres,bivalves.[ed]

DUNOD.Vol 5.Paris, 2219 p.

H

Haddouche, I. (2003). Etude de la pollution en baie de Bou Ismail par les sels nutritifs et les métaux lourds en Juille 2002.Mémoire d'ingénieur,Option : Environnement.ISMAL, 88 p.

Harmelin, J.G. Bouchon, C. et Hong, J.S. (1981). Impact de la pollution sur la distribution des échinodermes des substrats durs en Provence Méditerranée Nord-occidentale). *Téthys*. 10(1), pp. 13-36.

Harmelin-Vivien, M. Harmelin, J.G. et Leboulleux, V. (1995). Microhabitat recruitment for settlement of juveniles Sparid fishes on Mediterranean rocky shores. *Hydrobiologia*. 300/301 , pp. 309-320.

Harmelin-Vivien, M.L. (1983). Etude comparative de l'ichtyofaune des herbiers de phanérogames marines en milieu tropical et tempéré. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*. 38, pp. 179-210.

Hartog, C. Den. (1970). The sea-grasses of the world. *Verh. Kon. Ned. Akad. Wetens. Afd. 2* (59), pp. 1-275.

Hemminga, M.A. (1998). *Journal Sea Res*, 39 , pp. 183-196.

J

Jimenez, S. et al. (1996). Las praderas de *Posidonia oceanica* (L.) Delile como zona de protección de juveniles de especies de interés comercial. *Real Soc. esp. Hist. nat., tomo extraordinario*, pp. 375-378.

K

Kaiser, M.J. (1998). Scraping the bottom: are towed fishing gears a threat to benthic biodiversity ? *Océanis* . 24(4), pp. 258-270.

L

Lacaze, J.C. (1996 (b)). *L'eutrophisation des eaux marines et continentales: causes, manifestations conséquences et moyens et lutte.* Ellipses , 191 p .

Lafabrie, C. (2007). Utilisation de *Posidonia oceanica* (L.) Delile comme bio-indicateur de la contamination métallique. *Thèse de doctorat*, pp. 15-21-22-23.

Lalami-Taleb, R. (1970). Facteurs de répartition verticale du phytoplancton au large d'Alger. Thèse de Doctorat. 3ème cycle en biologie, 168 p.

Lamouti, S. Rebzani, C. et Bachari, N.E.I. (2011). Répartition de deux espèces introduites à caractères invasif dans la région centre de la côte algéroise: *Caulerpa racemosa* et *Oculina patagonica* . *Actes de la "Conférence Méditerranéenne Côtière et Maritime"(Tanger)*, 2ème éd, pp. 361-366.

Lamouti, S. (2006). Essai de cartographie des herbiers à *Posidonia oceanica* dans la zone du PAC (plage du thalassothérapie et sidi fredj) Sidi Fredj). Mémoire d'ingénieur, Option : Environnement marin. ISMAL, 41 p.

Lamouti, S. (2010). Contribution au développement de cartes biocénétiques dans la région centre de la côte algérienne par la combinaison de méthodes de télédétection et d'observation in situ. Mémoire de Magister, 78 p.

Le Diréach, L et Boudouresque, C.F. (2013). Gis posidonie : Plus de 30 ans au service de la protection et de la gestion du milieu marin. GIS Posidonie, 34 p. ISBN 978-2-905540-33-1.

Le Diréach, L. et Francour, P. (2001). Recrutement des poissons dans les herbiers de Posidonie de Port-Cros. *GIS Posidonie & Parc national de Port-Cros, GIS publ*, pp. 1-40.

Le Gall, J.Y. (1969). Etude de l'endofanne des pelouses de Zostéracées superficielles de la baie de Castiglione (côte d'Algérie). *Téthys*. 1(2), pp. 395-420.

Leclaire, L. (1972). La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléares (Pré-continent Algérien). Mémoire Museum histoire Naturelle. Paris , 391 p. Série C, Tome 24.

Ledoyer, M. (1968). Ecologie de la faune vagile des biotopes de Méditerranée accessibles en scaphandre autonome. IV. *Synthèse de l'étude écologique, Rec. Trav. Stn. Mar. End.* . Vol. 44, pp. 125-295.

Leoni, V. (2005). Utilisation de *Posidonia oceanica* (L.) Delile dans le cadre de la surveillance du littoral : Bilan des descripteurs – Réponses face à un enrichissement en nutriments (N & P). Thèse de doctorat, pp. 1-163.

Libes, M. (1984). Productivity-irradiance relationship of *P. oceanica* and its epiphytes. *Aquatic Botany* . 26, pp. 285-306.

Lizaud, O. et Serantouni, Ph. (2006). Suivi et entretien de l'herbier de posidonie : Limites supérieure, inférieure et carré permanent, pp. 6-7-8-10.

M

Mazzella, L. et Ott, J. (1984). Seasonal changes in some features of *Posidonia oceanica* (L.) In : International Workshop on *Posidonia oceanica* Beds. Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. GIS Posidonie publ, 1, pp. 119-127.

Mazzella, L. et al. (1984). Deep flowering and fruiting of *Posidonia oceanica* beds around the Island of Ischia (Gulf of Naples). International Workshop on *Posidonia oceanica* [éd.] GIS Posidonie, pp. 203-209.

Mazzella, L. et al. (1983). Flowering in *Posidonia oceanica* (L.) Delile prairies around the Island of Ischia (Gulf of Naples). Exploration scientifique Méditerranéen. pp. 117-119., Rapport. P.V réunion Commission internationale.

Mazzella, L. et al. (1983). Reproductive phenology of the Mediterranean seagrasses *Posidonia oceanica* (L.) Delile, *Cymodocea nodosa* (UCRIA) Aschers., and *Zostera noltii* Hornem. "A. Dohren "di Napoli, 80077 Ischia, Italy

Meinesz, A. et Laurent, R. (1978). Cartographie et état de la limite inférieure de l'herbier de *Posidonia oceanica* dans les Alpes-Maritimes. *Campagne Poseïdon 1976. Bot. mar.* 21, pp. 513-526.

Meinesz, A. et al. (1992). Vegetative reproduction in *Posidonia oceanica*. I. Effects of rhizome length and transplantation season in orthotropic shoots. *PSZNI, Marine Ecology*. 13(2), pp. 163-174.

Molinier, R. et Picard, J. (1952). Recherches sur les herbiers de Phanérogames marines du. *Annales de l'Institut Océanographique*. 27(3), pp. 157-234.

Mouhoub, R. (1986). Contribution à l'étude de la biologie et la dynamique de la population exploitée de la sardine (*Sardina pilchardus*, Walbum, 1792) des côtes Algéroises (Algérie). Thèse de Magistère en halieutique, 163 p.

N

Noël, C. et al. (2012). Cahier Technique du Gestionnaire : Analyse comparée des méthodes de surveillance des herbiers de posidonies. CartOcean, Agence de l'eau RMC, Dreal PACA, Région PACA, pp. 7-8.

O

Ott, J.A. (1980). Growth and production in *Posidonia oceanica* (L.) Delile, pp. 47-64.

Ould Ahmed, N. et Meinesz, A. (2007). First record of the invasive alga *Caulerpa racemosa* on the coast of algeria. *Cryptogamie, Algologie*. Vol. 28, 3, pp. 303-305.

Ourgaud, M. Harmelin-vivien, M. et Ruitton, S. (2014). *Influence des apports anthropiques sur les flux de carbone et de contaminants dans les réseaux trophiques de poissons de l'écosystème à Posidonia oceanica*. Ohm littoral méditerranéen, pp. 6-7. Rapport d'étude.

P

Pasqualini, V. et al. (1998). Mapping of *Posidonia oceanica* using aerial photographs and side scan sonar : Application off the island of Corsica(France). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, pp. 47, 359-367.

Pérés, J.M. et Picard, J. (1975). Causes de la raréfaction et de la disparition des herbiers de *Posidonia oceanica* sur les côtes françaises de la Méditerranée. *Aquat. Bot.* 1(2), pp. 133-139.

Pérés, J.M. (1984). La régression des herbiers à *Posidonia oceanica*. International Workshop on *Posidonia oceanica* beds In: *Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J.GIS Posidonie publ.* 1, pp. 445-454.

Pergent, G. et Pergent martini , C. (1988). Phenologie de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile dans le bassin Méditerranéen. *Ann. Inst. Océanogr.* 64, pp. 74-100.

Pergen, G. (2007). Protocole pour la mise en place d'une surveillance des herbiers de Posidonies. *MedPosidonia Nautilus-Okianos*. Programme « Med Posidonia » / CAR/ASP - Fondation d'entreprise TOTAL pour la Biodiversité et la Mer; Mémoire d'Accord, p. 24 p + Annexes.

Pergent, G. et Pergent-Martini, C. (1985). *Cartographie de l'herbier à Posidonia oceanica de la baie d'Urla-Iskele (Turquie)*. Exploration science méditerranéen, pp. 231-234, Rapport P.V réunion.

- Pergent, G. et Pergent-martini, C. (1991).** Leaf renewal cycle and primary production of *Posidonia oceanica* in the bay of Lacco Ameno Ischia, Italy) using lepidochronological analysis. *Aquat. Bot.*42, pp. 49-66.
- Pergent, G. et Zaouali, J. (1992).** *Analyse phénologique et lépidochronologique de Posidonia*. p. 48, Rapports et Procès Verbaux des Réunions de la Commission Internationale sur l'Exploration Scientifique en Méditerranée. 33.
- Pergent, G. Boudouresque, C. F. et Crouzet , A. (1982).** Mise en évidence de variations cycliques dans les écailles de *P. oceanica*. Marseille-Luminy et Parc National Port-Cros .
- Pergent, G. et al. (1989a).** The flowering of *Posidonia oceanica* over the past fifty years : a lepidochronological study. International workshop on *Posidonia* beds. GIS Posidonie pub. France .2, pp. 69-76.
- Pergent, G. et al. (2002).** *Characterization of the benthic vegetation in the Farwà lagoon (Libya)* 8,J .Coastal Conservation, pp. 119-126.
- Pergent, G . Pergent-Martini, C. et Boudouresque, C.F. (1995).** Utilisation de l'herbier à *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Méditerranée:état des connaissances. *Mésogée* . 54, pp. 3-29.
- Pergent, G. (1987).** Recherches lépidochronologiques chez *Posidonia oceanica* (Potamogetonaceae). Fluctuation des paramètres anatomiques et morphologiques des écailles des rhizomes. Thèse Doctorat. *Océanol*, pp. 1-853.
- Pergent, Gerard. (1991b).** Les indicateurs écologiques de la qualité du milieu marin en Méditerranée. *Oceanis*. 17(4), pp. 341-350.
- Pergent-Martini , C. et al. (2005).** *Descriptors of Posidonia oceanica meadows : Use and application*. *Ecol. Indic*, pp. 213-230.
- Pergent-Martini, C. et Le Ravallec, C. (2007).** Lignes directrices pour les études d'impacts sur les herbiers marins. CAR/ASP ; PNUE; PAM, 1 p.
- Pergent-Martini, C. et Pergent, G. (2000).** International Journal of Environment and Pollution, pp. 1-6.
- Pergent-Martini, C. Rico-Raimondino, V. et Pergent, G. (1995).** Impact des nutriments sur l'herbier à *Posidonia oceanica*:données préliminaires. *Mar.Life*.Vol. 5, 3 p.
- Pergent-Martini, C. (1994).** Impact d'un rejet d'eaux usées urbaines sur l'herbier à *Posidonia oceanica* avant et après la mise en service d'une station d'épuration. Thèse de doctorat, 190 p
- Phillips , RC. et Meñez , EG. (1988).** Seagrasses. Smithsonian Contributions to the Marine Sciences. *Smithsonian Institution Press, Washington, DC*. 34, 104 p.

- Piazzì, L. Acunto, S. et Cinelli, F. (1999).** In situ survival and development of *Posidonia oceanica* (L.) Delile seedlings. 63, pp. 103-112.
- Piazzì, L. et al. (1996).** Osservazioni preliminary sulla germinazione di semi e sviluppo in situ di piantine di *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Inform. 28, pp. 61-66.
- Piazzì, L. et al. (2005).** Invasion of *Caulerpa racemosa* (Caulerpales, Chlorophyta) in the Mediterranean Sea: the balance of thirteen years of spread. *Cryptogamie, Agologie* . 26, pp. 189-202.
- Pirc, H. (1984).** *Seasonal aspects of photosynthesis in Posidonia oceanica: influence of depth, temperature and light intensity.* Aquat. Bot. pp. 203-212. 26.
- Poulain, M. (1996).** Le mouillage forain dans le Parc national de Port-Cros. Impact sur les herbiers à *Posidonia oceanica*. *Mémoire DESS Ecosystèmes méditerranéens*, pp. 1-62.
- Procaccini, G. et Mazzella, L. (1996).** Genetic structure of the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile in the Western Mediterranean: ecological implications. *Marine Ecology Progress Series*. 1996. 140, pp. 153-160.

R

- Ramade, F. (2000).** Dictionnaire encyclopédique des pollutions. [éd.] Ediscience International, pp. 690-428.
- Rico-Raimondino, V. (1995).** Contribution à l'étude des stocks et flux d'éléments dans les herbiers à *P. oceanica*. Thèse de doctorat, 248 p.
- Robert, P. (1988).** Etude du régime thermique des principales biocénoses marines benthiques. *Diplôme de Recherche universitaire*, pp. 1-209.
- Rodier, J. et al. (2005).** L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduelles, eau de mer. 8ème édition. DUNOD. Paris, 1383 p .
- Rodier. (1984).** L'analyse de l'eau de mer ,eaux naturelles,eaux résiduaires,eau de mer. 7ème édition, DUNOP , 295 p.
- Romero, J. (1989b).** Primary production of *P. oceanica* beds in the medas islands (Girona, NE Spain). *International Workshop on P. oceanica Beds, Boudouresque CF, Meinesz A, Fresi E & Gravez V. Gis Posidonie*. 2, pp. 85-91.
- Romero, J. (1999).** Els herbassars submarins de la Mediterrània. *Butlletí de la Secció de Ciènces naturals del Museu de Mataró, L'Atzavara*. 8, pp. 5-8.
- Ruiz, J.M. et Romero, J. (2001).** Effects of in situ experimental shading on the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Marine Ecology Progress Series*. 215, pp. 107-120.

Ruiz-Fernandez, J.M. (2000). Respuesta de la Fanerógama marina *Posidonia oceanica* (L.) Delile a perturbaciones antrópicas. Thèse de doctorat Biologie, pp. 1-212.

S

Semroud, R. (1993). Contribution à la connaissance de l'écosystème à *Posidonia oceanica* (L.)Delile dans la région d'Alger (Algérie, étude de quelque compartiment). thèse de doctorat en science, 219 p.

Seridi, H. et Kabrane, K. (2010). Progression de *caulerpa racemosa* (caulerpales, chlorophyta) sur le littoral algérien. RAC/SPA (Regional Activity Centre for Specially Protected Areas) .Actes du 4th Mediterranean symposium on Marine vegetation (Yasmine Hammamet), S. El Asmi, H. Langar. et W. Belgacem, pp. 125-128.

Seridi, H. (2007). Etude de la flore algale de l'Algérie, étude phytosociologique des peuplements algaux photophiles de l'infralittoral superficiel de substrat dur. Thèse de doctorat, 174 p .

Siminaire. (2012). la pollution due aux activités sur terre. ONEDD, 7 p.

Slawyk, G. (1980). L'absorption de composés azotés par le phytoplancton marin : rôle dans la production primaire. Relations avec la photosynthèse et les variables du milieu extra et intercellulaire. Thèse de doctorat d'état des sciences. Aix-Marseille 2 . p. 213.

Stoppelli, N. et Peirano, A. (1996). Continuous flowering of *Posidonia oceanica* (L.) Delile

T

Tarmoul, F. (2010). Contribution à l'étude de la pollution chimique sur l'herbier à *Posidonia* dans la baie de Bou Ismail. Mémoire d'ingénieur, Option : Environnement marin. ENSSMAL. 77 p.

Thelin, I. et Giorgi, J. (1984). Production de feuilles dans un herbier superficiel à *Posidonia oceanica*, évaluée par une méthode dérivée de la méthode de Zieman. In: *International Workshop on Posidonia oceanica Beds. Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J.* Gis *Posidonia* publ, 1, pp. 271-276.

Thélin, I. et al. (1983). Mesure de la production primaire des feuilles de *P. oceanica*: modifications de la méthode de Zieman. *Botanica Marina.* 26, pp. 35-43.

Thélin, I. et Boudouresque, C.F. (1983). Longévité des feuilles de *Posidonia oceanica* dans un herbier de la baie de Port-Cros (Var, France). Rapports et Procès Verbaux des Réunions

de la Commission Internationale sur l'Exploration Scientifique en Méditerranée. 28 (3), pp. 115-116.

V

Vaissiere, R. et Fredj, G. (1963). Contribution à l'étude de la faune benthique du plateau continentale de l'Algérie. *Bull.Inst.Océanographie*. Monaco, France . 60 (1272), pp. 1-83+5 Cartes h.t.

Vangeluwe, Denis. (2007). Effets de la transplantation sur la biométrie et sur la dynamique des nutriments, du carbone et de la chlorophylle de *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Liège, Sciences et Gestion de l'Environnement, France . pp. 23-24-25-28-54.

Verlaque, M. et al. (2004). Blitzkrieg in a marine invasion : *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (Bryopsidales, Chlorophyta) reaches the Canary Islands (NE Atlantic). *Biol. Inv.* 6, pp. 269-281.

W

Wellman, C.H. Osterloff, P.L. et Mohuddin, U. (2003). Fragments of the earliest land plants . *Nature*.425, pp. 282-285.

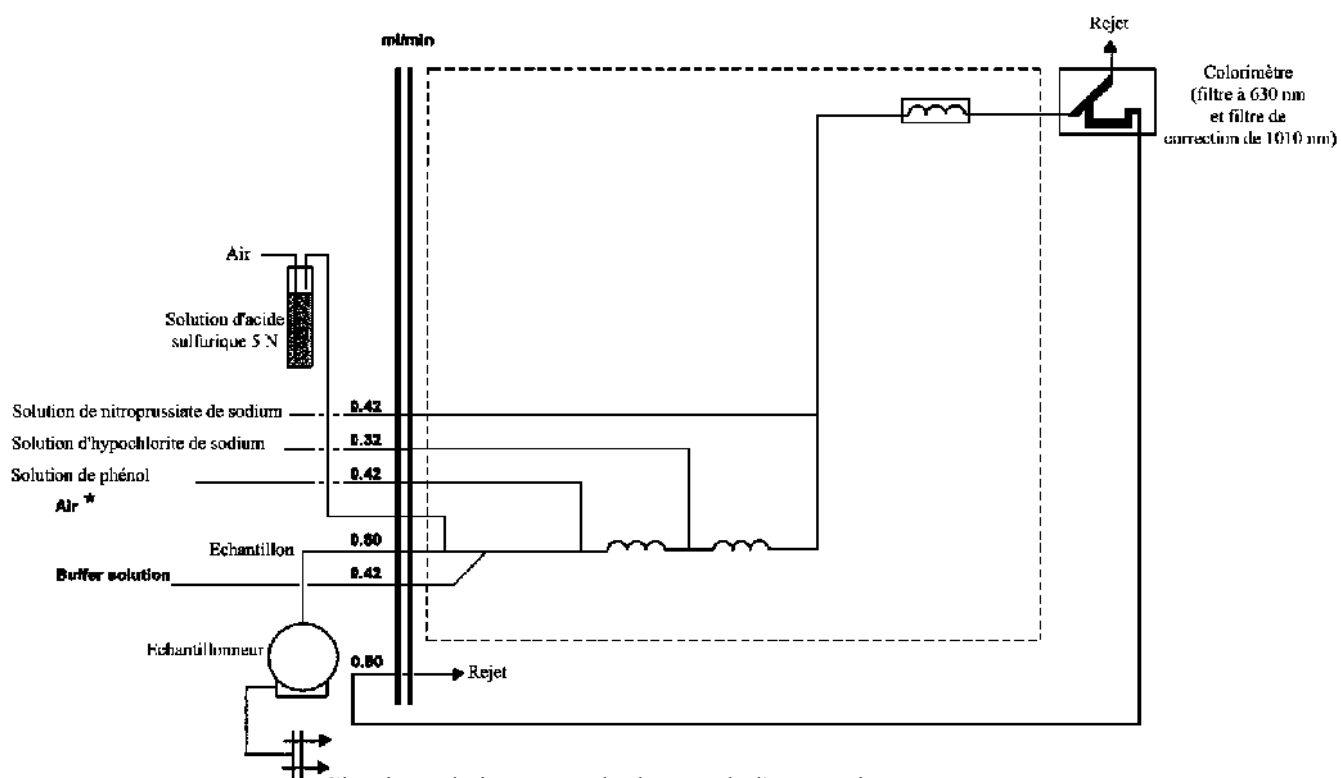
Wittman , K. Mazella, L. et Fresi , E. (1981). Age specific patterns of leaf growth : their determination and importance for epiphytic colonization in *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit*, 27, pp. 189-191.

Z

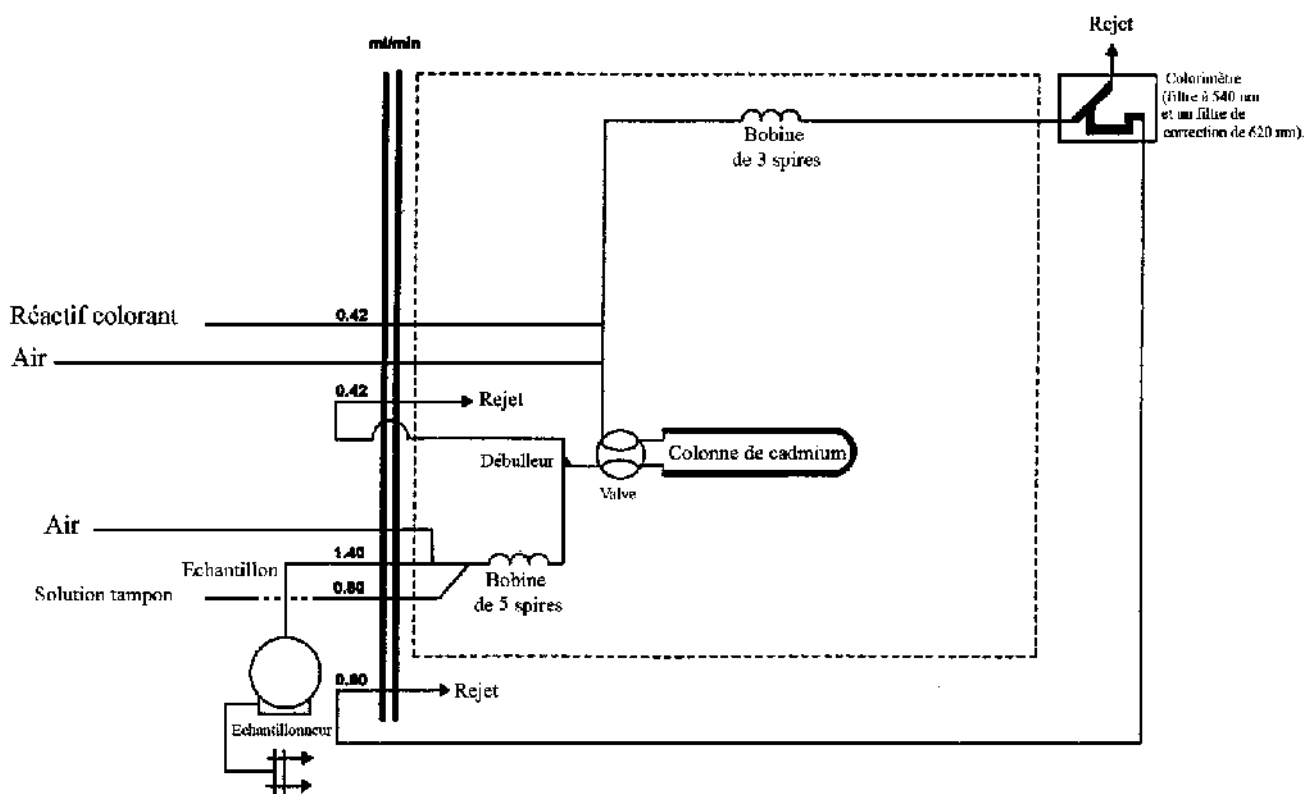
Zeghdoudi, E . (2006). Modélisation bioéconomique des pêcheries méditerranéennes:Application aux petits pelagiques de la baie de Bou Ismail.Thèse de Master :Option science économique et de *gestion* . Universitat de Barcelona, pp. 4-5-6.

Annexes

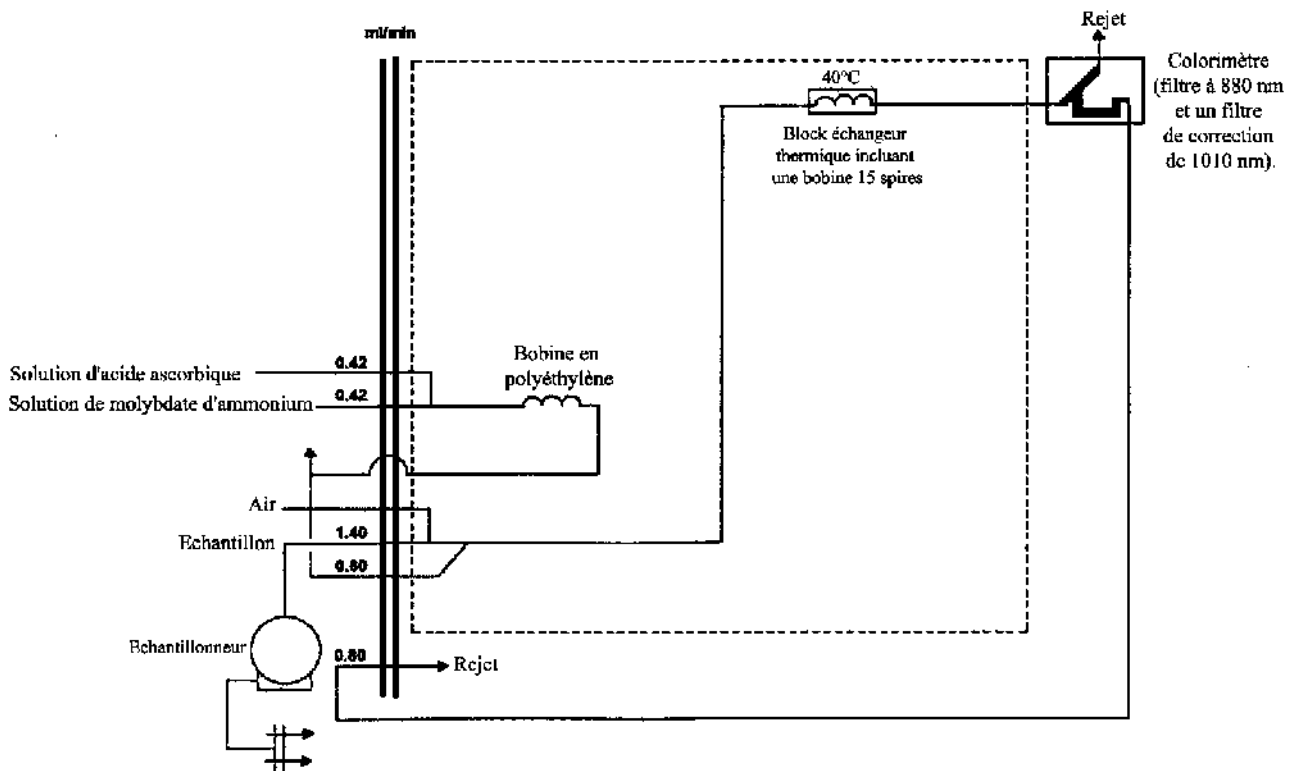
Annexes 1 : Les circuits analytique pour le dosage des sels nutritifs



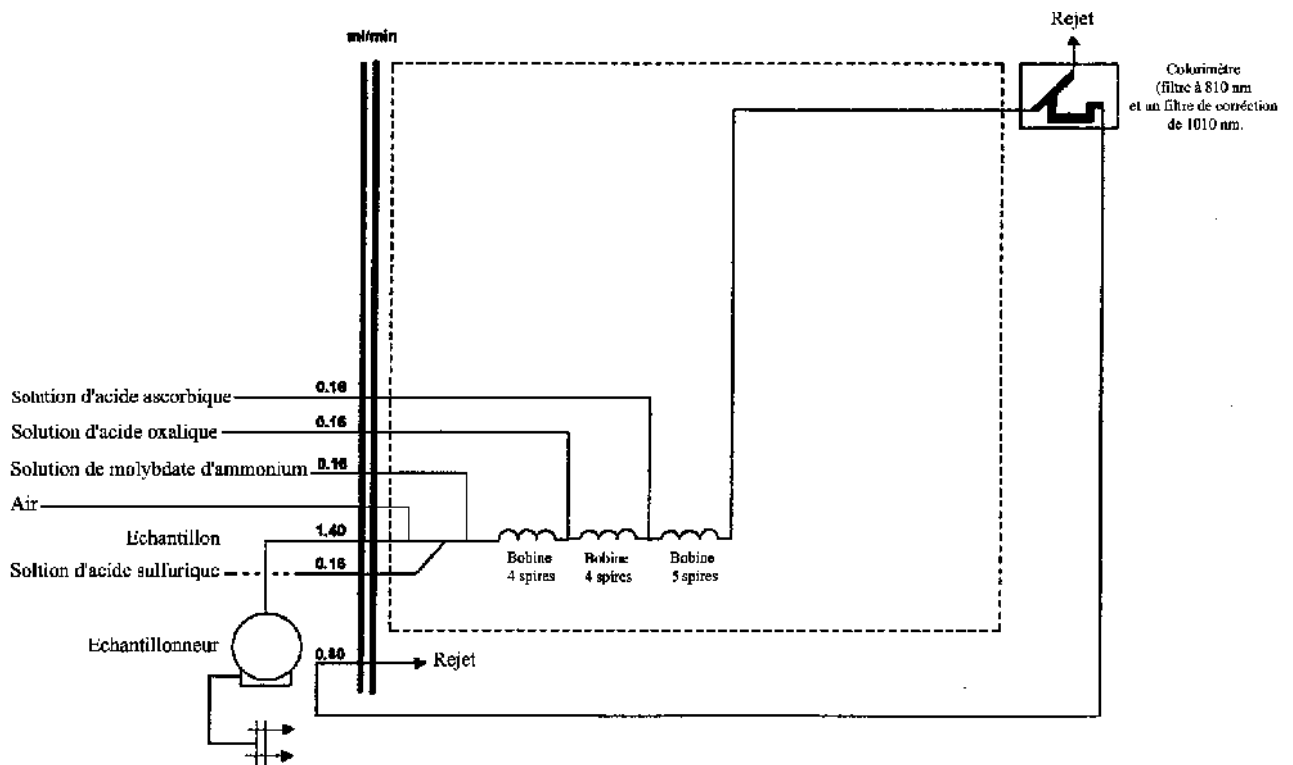
Circuit analytique pour le dosage de l'ammonium
(SKALAR, 1998 in Lourguioui, 2007)



Circuit analytique pour le dosage des nitrites et nitrates
(SKALAR, 1998 in Lourguioui, 2007)



Circuit analytique pour le dosage des orthophosphates
(SKALAR, 1998 in Lourguioui, 2007)



Circuit analytique pour le dosage du silicium dissout
(SKALAR, 1998 in Lourguioui, 2007)

Annexes 2

Dosage de l'ammonium (Lourguioui, 2007)

1. Réactifs

1.1. Solution tampon

Produits chimiques exigés :

Tartrate de potassium et de sodium	
$C_4H_4O_6KNa.4H_2O$	33 g.
Citrate de sodium $C_6H_5O_7Na_3.2H_2O$	24 g.
Acidesulfurique H_2SO_4 (1N).....	x ml.
Eau distillée H_2O	1000 ml.
Brij 35 (30 %).....	2 ml.

Préparation

Dissoudre le tartrate de potassium et de sodium dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajouter le citrate de sodium et dissoudre. Ajuster le pH à 5 avec la solution d'acide sulfurique. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le Brij 35 et mélanger.

Note :

La solution est stable pendant 1 semaine. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

1.2. Solution de phénol

Produits chimiques exigés :

Phénol C_6H_5OH	6g.
Hydroxyde de sodium NaOH.....	40 g.
Eau distillée H_2O	1000 ml.

Préparation

Dissoudre le phénol dans ± 50 ml d'eau distillée. Ajouter l'hydroxyde de sodium. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

Note : La solution est stable pendant 1 semaine.

1.3. Solution d'hypochlorite de sodium

Produits chimiques exigés :

Solution d'hypochlorite de sodium NaClO (13 % de chlore actif).....	200 ml.
Eau distillée H_2O	800 ml.

Préparation

Diluer la solution d'hypochlorite de sodium dans ± 700 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

1.4. Solution de nitroprussiate de sodium

Produits chimiques exigés :

Nitroprussiate de sodium $Na_2[Fe(CN)_5NO].2H_2O$	0,5 g.
Eau distillée H_2O	1000 ml.

Préparation

Dissoudre le nitroprussiate de sodium dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

Notes :

Conserver dans une bouteille à couleur sombre. La solution est stable pendant 1 semaine.
Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

1.5. Liquide de rinçage

Eau fraîchement distillée H₂O.

2. Préparation des solutions étalons

2.1. Solution mère de 100 ppm N (*)

Produits chimiques exigés :

Chlorure d'ammonium NH₄Cl.....0,3819 g.
Eau distillée H₂O.....1000 ml.

Préparation

Dissoudre le chlorure d'ammonium dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

Note : La solution est stable pendant 1 mois. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

2.2. Solution fille de 10 ppm N

Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm N dans 100 ml d'eau distillée.

Note : Préparer la solution fille à 10 ppm Si chaque semaine et les standards chaque jour.

(*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en µmoles/l de NH₄⁺.

Annexes 3

Dosage des nitrites + nitrates (Lourguioui, 2007)

1. Réactifs

1.1. Solution tampon

Produits chimiques exigés :

Chlorure d'ammonium NH_4Cl	50 g.
Solution d'ammonium NH_4OH (25 %).....	± 1 ml.
Hydroxyde de sodium NaOH	5 g.
Eau distillée H_2O	1000 ml.
Bridj 35 (30 %).....	3 ml.

Préparation

Dissoudre le chlorure d'ammonium dans 800 ml d'eau distillée. Ajuster le pH à 8,2 avec la solution d'ammonium. Ajouter l'hydroxyde de sodium et dissoudre. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée, ajouter le Bridj 35 et mélanger.

Note :

La solution est stable pendant 1 semaine. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

1.2. Réactif colorant

Produits chimiques exigés :

Acide o-phosphorique H_3PO_4 (85 %).....	50 ml.
Sulfanilamide $\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2\text{S}$	10 g.
α - Naphtyléthylène diamine dihydrochloride $\text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{Cl}_2\text{N}_2$	0,5g.
Eau distillée H_2O	850 ml.

Préparation

Diluer l'acide o-phosphorique dans ± 750 ml d'eau distillée. Ajouter le sulfanilamide et le α - Naphtyléthylène diamine dihydrochloride et dissoudre. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

Note : La solution est stable pendant 2 semaines. Conserver dans une bouteille à couleur sombre.

1.3. Liquide de rinçage

Eau fraîchement distillée H_2O (régénérée chaque semaine).

2. Préparation des solutions étalons

2.1. Solution mère de 100 ppm N (*)

Produits chimiques exigés :

Nitrate de sodium NaNO_3	0,6068 g.
Eau distillée H_2O	1000 ml.

Préparation

Dissoudre le nitrate de sodium dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

Note :

La solution est stable pendant 4 semaines. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

2.2. Solution fille de 10 ppm N

Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm N dans 100 ml d'eau distillée.

Note : Préparer la solution fille à 10 ppm chaque semaine et les standards chaque jour.

(*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en $\mu\text{moles/l}$ de N-NO_3^- ou de N-NO_2^- puis en $\mu\text{moles/l}$ de NO_3^- ou de NO_2^- .

3. Préparation de la colonne réductrice

3.1. Solution d'acide chlorhydrique (4N)

Produits chimiques exigés :

Acide chlorhydrique HCl (32 %)	400 ml.
Eau distillée H_2O	600 ml.

Préparation : Diluer l'acide chlorhydrique dans 600 ml d'eau distillée.

3.2. Cadmium

Produits chimiques exigés :

Granules de cadmium taille 0,3-1,0 mm (tamisé)	2,5 g.
--	--------

Procédure de remplissage :

- 1- Les granules de cadmium sont mélangées avec ± 30 ml de la solution d'acide chlorhydrique (4N) ;
- 2- Agiter pendant 1 minute ;
- 3- Ajouter environ 50 ml de solution de sulfate de cuivre et agiter pendant 5 minutes ;
- 4- Laver la saleté entre les granules avec l'eau distillée ;
- 5- Sécher les granules de cadmium ;
- 6- Ajouter, à l'aide d'un entonnoir, les granules dans une colonne sèche, en secouant de temps en temps pour empaqueter la colonne des deux côtés ;
- 7- Remplir jusqu'à ± 5 mm du sommet ;
- 8- Placer un petit morceau de tube en polyéthylène, dans la colonne pour éviter que les granules ne sortent de la colonne ;
- 9- Remplir la colonne, à l'aide d'une seringue contenant la solution tampon (réactif 1-1 préparé précédemment) ;
- 10- Placer la colonne dans le système.

Notes : Éviter que l'air rentre dans la colonne.

Les granules de cadmium activés peuvent être stockés sec, dans une bouteille bien fermée.

Annexes 4

Dosage des phosphates (Lourguioui, 2007)

1. Réactifs

1.1. Solution de molybdate d'ammonium

Produits chimiques exigés :

Tartrate de potassium et d'antimoine	
K(SbO)C ₄ H ₄ O ₆ .5H ₂ O	230 mg.
Acidesulfurique H ₂ SO ₄ (97 %).....	69,4 ml.
Molybdate d'ammonium (NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ .4H ₂ O	6g.
Eau distillée H ₂ O	1000 ml.
FFD6	2 ml.

Préparation

Dissoudre le tartrate de potassium et d'antimoine dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajouter soigneusement l'acide sulfurique en mélangeant constamment. Ajouter le molybdate d'ammonium et dissoudre. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

Notes :

Ne pas employer de cuillères en métal pour le molybdate d'ammonium. La sensibilité peut être augmentée de 50 % en employant 35 ml d'acide sulfurique concentré au lieu de 69,4 ml. Avec 35 ml l'interférence des silicates est 10 % pour 300 ppb Si et 10 % pour 10 ppb P.

Le pH final doit être inférieur à 1. La solution est stable pendant 5 jours. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

1.2. Solution d'acide ascorbique

Produits chimiques exigés :

Acide ascorbique C ₆ H ₈ O ₆	6g.
Acétone C ₃ H ₆ O.....	60 ml.
Eau distillée H ₂ O.....	1000 ml.
FFD6.....	2 ml.

Préparation

Dissoudre l'acide ascorbique dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajouter l'acétone. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

Note : La solution est stable pendant 5 jours. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

1.3. Liquide de rinçage

Eau fraîchement distillée H₂O (régénérée chaque semaine).

2. Préparation des solutions étalons

2.1. Solution mère de 100 ppm P (*)

Produits chimiques exigés :

Dihydrogène o-phosphate de potassium KH ₂ PO ₄	0,4394 g.
Eau distillée H ₂ O.....	1000 ml.

Préparation

Dissoudre le dihydrogène o-phosphate de potassium dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

Note :

La solution est stable pendant 4 semaines. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

2.2. Solution fille de 10 ppm P

Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm P dans 100 ml d'eau distillée.

Note : Préparer la solution fille à 10 ppm P chaque semaine et les standards chaque jour.

(*) :Les concentrations des solutions étalons sont transformées en $\mu\text{moles/l}$ de PO_4^- .

Annexes 5

Dosage du silicium dissout (Lourguioui, 2007)

1. Réactifs

1.1. Solution d'acide sulfurique

Produits chimiques exigés :

Acide sulfurique H_2SO_4 (97 %)	10 ml.
Eau distillée H_2O	1000 ml.
FFD6	2 ml.

Préparation

Diluer l'acide sulfurique dans \pm 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

Note :

La solution est stable pendant 1 semaine. Conserver à 4°C quand la solution n'est pas utilisée.

1.2. Solution de molybdate d'ammonium

Produits chimiques exigés :

Molybdate d'ammonium $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$	20g.
Eau distillée H_2O	1000 ml.
FFD6	2 ml.

Préparation

Dissoudre le molybdate d'ammonium dans \pm 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

Notes :

Conserver dans une bouteille de polyéthylène. La solution est stable pendant 1 jour. Ne pas utiliser de cuillères en métal pour le molybdate d'ammonium.

1.3. Solution d'acide oxalique

Produits chimiques exigés :

Acide oxalique $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$	44g.
Eau distillée H_2O	1000 ml.

Préparation

Dissoudre l'acide oxalique dans \pm 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée et mélanger.

Note :

Conserver dans une bouteille de polyéthylène. La solution est stable pendant 1 mois. Conserver à 4°C quand la solution n'est pas utilisée.

1.4. Liquide de rinçage

Eau fraîchement distillée H_2O .

Note :

Changer l'eau quotidiennement. Conserver dans une bouteille en polyéthylène.

2. Préparation des solutions étalons

2.1. Solution mère de 100 ppm Si (*)

Produits chimiques exigés :

Métasilicate de sodium $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	1,0119 g.
Eau distillée H_2O	1000 ml.

Préparation

Dissoudre le metasilicate de sodium dans \pm 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

Note : La solution est stable pendant 1 mois. Conserver dans une bouteille en polyéthylène.

2.2. Solution fille de 10 ppm Si

Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm Si dans 100 ml d'eau distillée.

Notes : Préparer la solution fille à 10 ppm Si chaque semaine et les standards chaque jour. Conserver dans une bouteille en polyéthylène.

(*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en $\mu\text{moles/l}$ de SiO_4^- .

Annexes 6 : Gammes-étalons pour le dosage des sels nutritifs

Gamme-étalons de l'ammonium

Standards	Concentration (en $\mu\text{mol/l}$)	Hauteur des pics (unité digitale)
Stand. n° 1	0,50	114
Stand. n° 2	1,05	227
Stand. n° 3	1,50	342
Stand. n° 4	2,07	457
Stand. n° 5	2,50	570
Stand. n° 6	4,95	1142

Gamme-étalons des nitrites

Standards	Concentration (en $\mu\text{mol/l}$)	Hauteur des pics (unité digitale)
Stand. n° 1	0,20	6
Stand. n° 2	0,40	13
Stand. n° 3	0,60	19
Stand. n° 4	0,80	30
Stand. n° 5	0,99	35
Stand. n° 6	1,20	41

Gamme-étalons des nitrates

Standards	Concentration (en $\mu\text{mol/l}$)	Hauteur des pics (unité digitale)
Stand. n° 1	0,20	13
Stand. n° 2	0,40	25
Stand. n° 3	0,60	50
Stand. n° 4	0,80	62
Stand. n° 5	1,21	75
Stand. n° 6	2,38	145

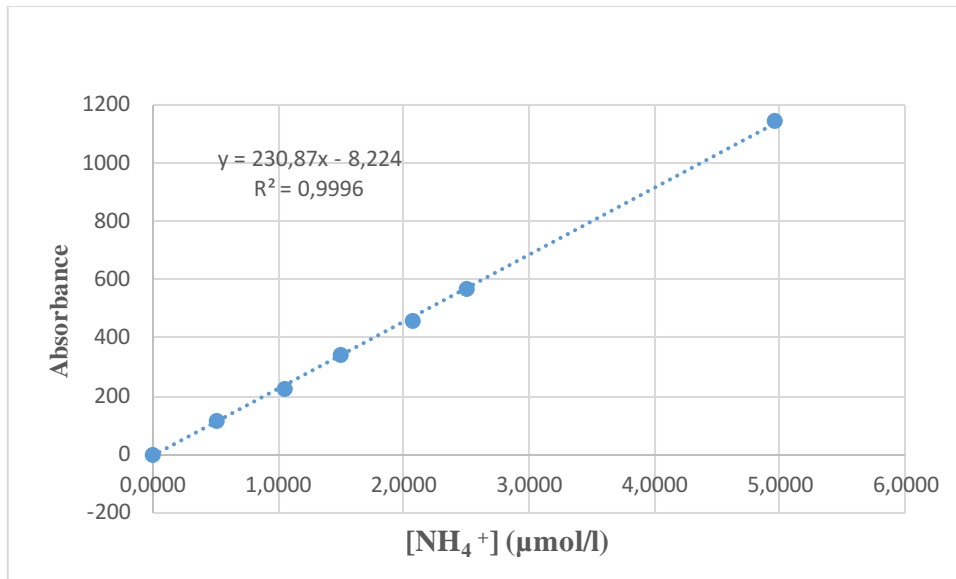
Gamme-étalons des orthophosphates

Standards	Concentration (en $\mu\text{mol/l}$)	Hauteur des pics (unité digitale)
Stand. n° 1	0,27	167
Stand. n° 2	0,46	285
Stand. n° 3	0,59	364
Stand. n° 4	0,77	470
Stand. n° 5	0,99	606
Stand. n° 6	1,78	1090

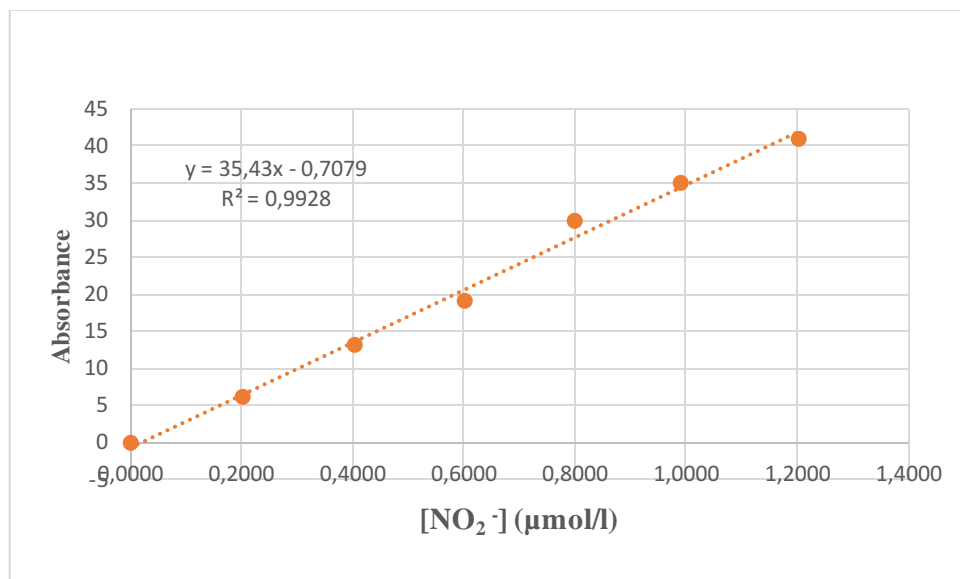
Gamme-étalons du silicium dissout

Standards	Concentration (en $\mu\text{mol/l}$)	Hauteur des pics (unité digitale)
Stand. n° 1	0,50	15
Stand. n° 2	1,04	30
Stand. n° 3	1,51	45
Stand. n° 4	2,00	60
Stand. n° 5	2,51	74
Stand. n° 6	5,00	150

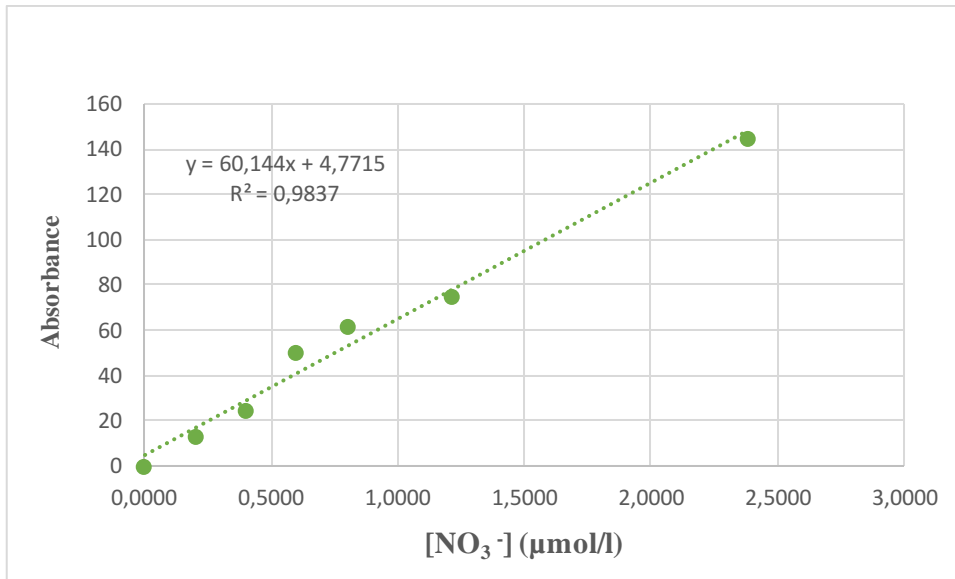
Annexes 7 : Les droites d'étalonnages des sels nutritifs



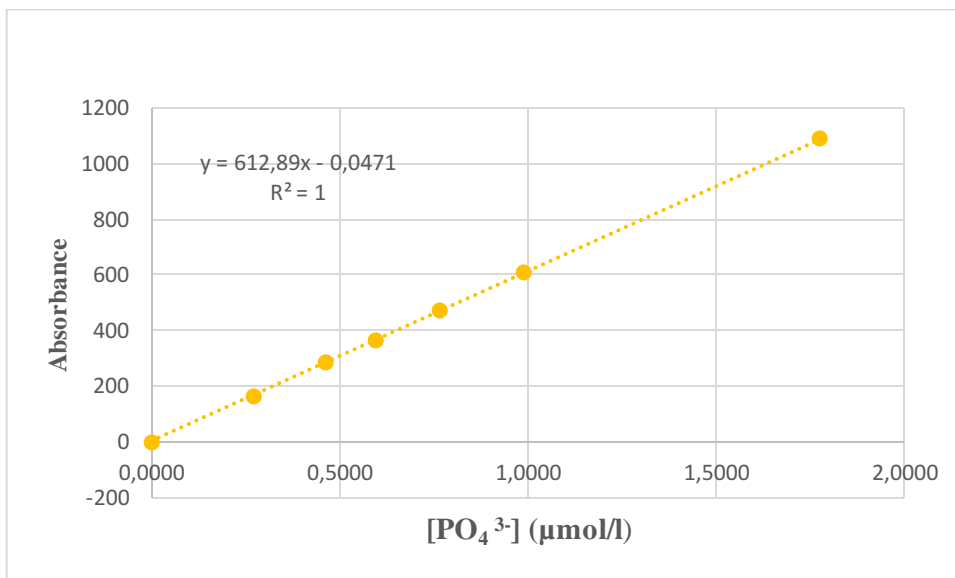
Droite d'étalonnage de l'ammonium



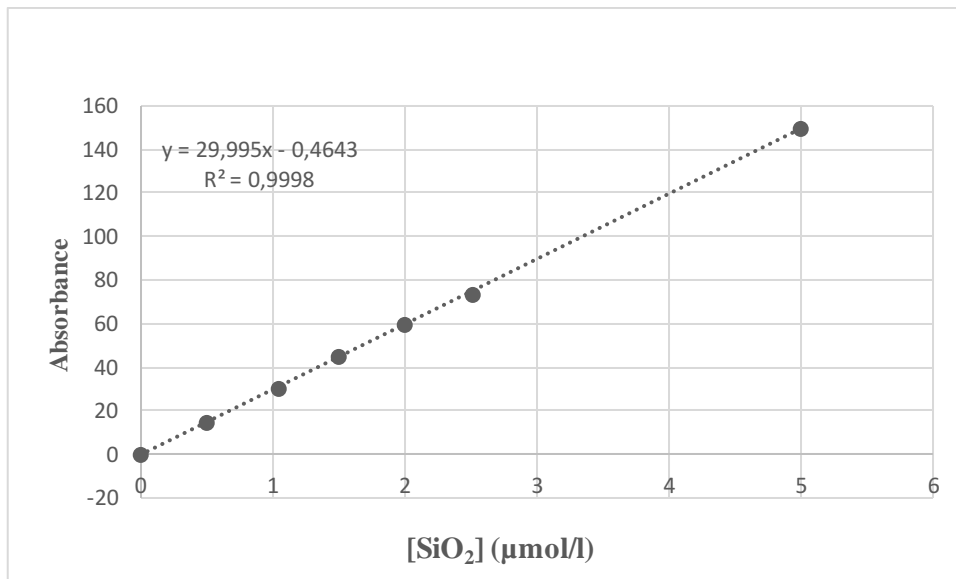
Droite d'étalonnage des nitrites



Droite d'étalonnage des nitrates






Droite d'étalonnage des orthophosphates



Droite d'étalonnage du silicium dissout

Annexe 8 : la faune associée

Identification	Photos
Mollusques	
<p>Bivalve</p>	
<p>Bivalve . Famille : Arcide <i>Arca noae</i></p>	
<p>Bivalve Famille : veneridés Petite palourde jaune <i>Venerupis aurea</i></p>	

Bivalve
Famille : ostridés



Bivalve
Famille : cardiidés
Acanthocardia spinosa












Bivalve
Pinna nobilis











Gastéropode
Famille : buccinidés



<p>Gastéropode Genre : <i>Aplysie</i></p>	
<p>Gastéropode Famille : patéllides</p>	
<p>Bivalve</p>	
<p>Polychètes</p>	
<p>Ver marin</p>	

<p>Tube d'un ver calcaire</p>	
<p>Ver tubicole</p>	
<p>Ver marin sabellidés</p>	
<p>Ver marin</p>	
<p>Poissons</p>	
<p><i>Coris julis</i></p>	

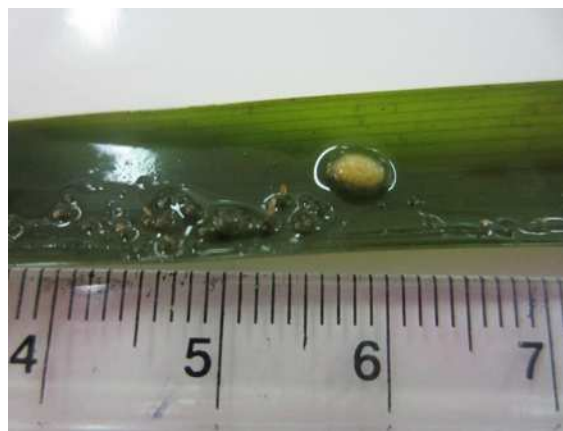
<p><i>Chromis chromis</i></p>	
<p><i>Diplodus annularis</i></p>	
<p><i>Diplodus vulgaris</i></p>	
<p>Echinodermes</p>	
<p>Famille : Parechinidae <i>Paracentrotus lividus</i></p>	

<p>Holothuroidea</p>	
<p>Divers</p>	
<p>Famille : octopodidés <i>Octopus vulgaris</i></p>	
<p>Ponte (œufs) de poulpe ou de seiche</p>	
<p>Ponte</p>	

Ponte



Ponte



Spongiaire



Spongiaire



Annexe 9

Résultats d'analyse des sels nutritifs dans la baie de Bou-Ismail (2015)

ST	NO3 ($\mu\text{mol/l}$)	NO2 ($\mu\text{mol/l}$)	NH4 ($\mu\text{mol/l}$)	PO4 ($\mu\text{mol/l}$)	SiO2 ($\mu\text{mol/l}$)
B1	0,9834	0,515	29,713	0,8618	4,5398
B2	0,2299	0,053	7,549	0,0698	3,6319
B3	0,1199	0,044	7,911	0,0553	5,9522
B4	0,0480	0,018	6,218	0,0561	5,4478
B5	1,0794	0,515	14,297	0,0712	5,3469
B6	0,1909	0,062	6,050	0,0765	6,4566
B7	0,0720	0,018	6,622	0,0267	6,6593
B8	1,5831	0,728	13,051	0,0303	6,4566
B9	0,1439	0,036	7,922	0,0474	7,6637
B10	0,4437	0,218	6,255	0,0672	5,8513
C1	0,0720	0,0089	5,8753	0,0725	4,6407
C2	0,1199	0,0178	6,1161	0,0725	5,2460
C3	0,0240	0,0089	5,5683	0,1463	5,4478
C4	0,0720	0,0266	5,9114	0,1173	5,6504

Annexe 10

Résultats d'analyse des matières en suspension et de la matière organique dans la baie de Bou-Ismaïl (2015)

ST	MES (mg/l)	MO (mg/l)
B1	68,8	5,8
B2	64,13	6,43
B3	73,73	5,4
B4	59,87	6,1
B5	116	9,3
B6	66,27	5,37
B7	72,4	4,93
B8	67,87	4,97
B9	61,47	4
B10	62,4	5,53
C1	101,83	6,58
C2	92,12	5,58
C3	9,55	0,82
C4	10,13	0,96

Annexe 11

Résultats de la mesure des paramètres physico-chimiques dans la baie de Bou-Ismail (2015)

ST	Température °C	Salinité (PSU)	pH
B1	27,6	31,8	7,26
B2	25,3	33,8	8,23
B3	25,3	33,9	7,29
B4	25,7	34	7,26
B5	27,1	32,7	7
B6	25,2	33,9	7,25
B7	25,7	33,9	7,2
B8	26,7	33,1	7,15
B9	25	33,8	7,23
B10	26	33,8	7,18
C1	20,8	36,1	8,74
C2	22	36,2	8,03
C3	20,4	36,2	8,42
C4	20	36,3	8