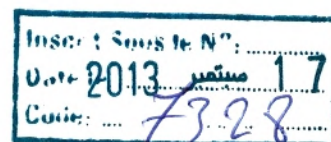


REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE TLEMCCEN

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE
ET DE LA VIE & DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

DEPARTEMENT D'ÉCOLOGIE & ENVIRONNEMENT



MEMOIRE

En vue de l'obtention du

Diplôme de master en

Pathologie des écosystèmes

THEME

Contribution à l'évaluation de la pollution marine par les métaux lourds (Cd, Cu, Fe, Pb, Zn) chez la coralline (*Corallina officinalis*) de la baie de Ghazaouet (W. de Tlemcen)

M^{lle} : DOUABI Somia

Soutenu le : 03/07/2013 devant la commission du jury composé de :

Président : BETTIOUI Red a
Encadreur : KAID SLIMANE Nacera
Examineur : BELHADJ Hichem

M.A.A Université de Tlemcen
Professeur Université de Tlemcen
M.A.A Université de Médéa



Année universitaire : 2012-2013

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE TLEMCCEN

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE
ET DE LA VIE & DES SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

DEPARTEMENT D'ECOLOGIE & ENVIRONNEMENT



MEMOIRE

En vue de l'obtention du

Diplôme de master en

Pathologie des écosystèmes

THEME

Contribution à l'évaluation de la pollution marine par les métaux lourds (Cd, Cu, Fe, Pb, Zn) chez la coralline (*Corallina officinalis*) de la baie de Ghazaouet (W. de Tlemcen)

M^{elle} : DOUABI Somia

Soutenu le : 03/07/2013 devant la commission du jury composé de :

Président : BETTIOUI Red a

Encadreur : KAID SLIMANE Nacera

Examineur : BELHADJ Hichem

M.A.A Université de Tlemcen

Professeur Université de Tlemcen

M.A.A Université de Médéa

Année universitaire : 2012-2013

LISTE DES TABLEAUX



Liste des tableaux

Pages

Chapitre I

Tableau I-1: Principaux effets associés aux éléments listés (Sparks, 1998; Ewers et Schilpkoter, 1991; INERIS, 2005).	5
--	---

Chapitre II

Tableau II-1: Classification proposée de l'indice de continentalité	13
Tableau II-2 : Moyennes de températures et pluviométries mensuelles des stations météorologiques de Ghazaouet.....	14

Chapitre IV

Tableau IV-7 : Comparaison des concentrations moyennes des métaux lourds dans <i>Corallina officinalis</i> avec ceux de la littérature (mg/kg) de différente région.....	36
Tableau IV-8 : Comparaison des concentrations moyennes des métaux lourds dans <i>Corallina officinalis</i> avec ceux de la littérature (mg/kg) de la même région.....	37

LISTE DES FIGURES



Liste des figures

Pages

Chapitre I

- Figure I-1:** *Corallina officinalis* dans son milieu naturel (originale).....8
Figure I-2: Aspect général du thalle de *Corallina officinalis* (De Reviere, 2002)..... 9

Chapitre II

- Figure II-1 :** localisation de Ghazaouet (M.A.T.E, 2006). Echelle 1/2500000 11
Figure II-2 : Diagramme de BAGNOULS et GAUSSEN : Période: 2004- 201114
Figure II-3 : Climagramme pluviométrique d'Emberger..... 15

Chapitre III

- Figure III-1 :** Vue par satellite des trois stations d'étude.....17
Figure III-2: Spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme (SAAF) de type AURORA AI.1200 (Photo originale)..... 19

Chapitre IV

- Figure IV-1:** Teneurs moyennes en cadmium (mg/kg) chez la coralline dans le port de Ghazaouet.....22
Figure IV-2: Teneurs moyennes en fer (mg/kg) chez la coralline dans le port de Ghazaouet23
Figure IV-3: Teneurs moyennes en cuivre (mg/kg) chez la coralline dans le port de Ghazaouet.....23

Figure IV-4: Teneurs moyennes en plomb (mg/kg) chez la coralline dans le port de Ghazaouet.....	24
Figure IV-5: Teneurs moyennes en zinc (mg/kg) chez la coralline dans le port de Ghazaouet.....	24
Figure IV-6: Teneurs moyennes en cadmium (mg/kg) chez la coralline dans l'oued Abdallah.....	26
Figure IV-7: Teneurs moyennes en fer (mg/kg) chez la coralline dans l'oued Abdallah.....	26
Figure IV-8: Teneurs moyennes en cuivre (mg/kg) chez la coralline dans l'oued Abdallah.....	27
Figure IV-9: Teneurs moyennes en plomb (mg/kg) chez la coralline dans l'oued Abdallah.....	27
Figure IV-10: Teneurs moyennes en zinc (mg/kg) chez la coralline dans l'oued Abdallah.....	28
Figure IV-11: Teneurs moyennes en plomb (mg/kg) chez la coralline dans l'oued Ghazouana.....	29
Figure IV-12: Teneurs moyennes en fer (mg/kg) chez la coralline dans l'oued Ghazouana.....	30
Figure IV-13: Teneurs moyennes en cuivre (mg/kg) chez la coralline dans l'oued Ghazouana.....	30
Figure IV-14: Teneurs moyennes en plomb (mg/kg) chez la coralline dans l'oued Ghazouana.....	31
Figure IV-14: Teneurs moyennes en zinc (mg/kg) chez la coralline dans l'oued Ghazouana.....	31
Figure IV-16 : Variations saisonnières des concentrations des métaux en (mg\kg) chez <i>Corallina officinalis</i> de la station du port de Ghazaouet.....	33
Figure IV-17 : Variations saisonnières des concentrations des métaux en (mg\kg) chez <i>Corallina officinalis</i> de la station de oued Abdallah.....	34
Figure IV-18 : Comparaison des teneurs métalliques moyennes chez <i>Corallina officinalis</i> dans les trois stations de prélèvement.....	35

Figure IV-19: plan factoriel engendré par les deux premiers axes de l'analyse composante principale calculé à partir des teneurs métalliques (Cd, Cu, Fe, Pb, Zn) pour les différents mois..... 38

Figure IV-20 : plan factoriel engendré par les deux premiers axes de l'analyse composante principale calculé à partir des teneurs métalliques (Cd, Cu, Fe, Pb, Zn) pour les différents mois39

Figure IV-21 : plan factoriel engendré par les deux premiers axes de l'analyse composante principale calculé à partir des teneurs métalliques (Cd, Cu, Fe, Pb, Zn) pour les différents mois.40

TABLE DES MATIERES



Table des matières

Pages

Introduction générale 1

CHAPITRE I : Synthèse bibliographique

I-1 Pollution des eaux maritimes 3

I-2 Les métaux lourds dans le milieu marin 3

I-3 La toxicité des métaux lourds 4

I-3 La biodisponibilité 6

I-4 La bioaccumulation 6

I-5 Le bio indicateur de pollution 7

I-5-1 Généralité sur les algues 7

I-5-2 Biologie et écologie de l'espèce étudiée *Corralina officinalis* 8

CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

II-1 Situation géographique 11

II-2 Le climat 12

II-2 1 Les précipitations 12

II-3 Les températures 12

II-4 Synthèse climatique 13

II-5 Le complexe d'ALZINC 13

II-5-1 Principaux rejets de l'unité ALZINC 14

CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES

III-1	Prélèvements traitements et minéralisations des échantillons	16
III-1-1	Choix des stations de prélèvement	16
III-1-2	Choix des échantillons	16
III-1-4	Méthode de prélèvement	18
III-1-5	Séchage, tamisage	18
III-1-6	Minéralisation	18
III-2	Dosages des métaux	19
III-2-1	Appareillage	19
III-2-2	Calcul des concentrations	20
III-3	Analyse statistique	20
III-3-1	Comparaison de moyennes : ANOVA et test de Student	20
III-3-2	Analyse en composantes principales (ACP)	21

CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS

IV-	Résultats et discussion	22
IV-1	Dans port de Ghazaouet	22
IV-2	Dans la station d'oued Abdallah	25
IV-3	Dans la station d'oued Ghazouana	29
IV-4	La variation saisonnière pour la <i>Corallina officinalis</i>	33
IV-4-1	de la station du pot de Ghazaouet	33
IV-4-2	de la station de la station d'oued Abdallah	34
IV-5	La comparaison entre les trois stations	35

IV-6 La comparaison avec la littérature.....	36
IV-7 Analyse en composantes principales.....	38
CONCLUSION	39
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE.....	41

INTRODUCTION GENERALE



La pollution des écosystèmes marins et littoraux est un problème environnemental majeur ; qui représente un véritable danger pour la santé publique, les facteurs qui en sont responsables ne cessent de s'accroître, surtout par l'action anthropique, en raison principalement de la pression démographique et du développement technologique des villes, plus accentuées sur les zones côtières.

La zone méditerranéenne a été classée par le PNUE (1990) comme l'une des cinq régions du monde où les problèmes environnementaux sont les plus graves, alors que la mer Méditerranée est classée parmi les sept mers les plus menacées par la pollution marine (Boudouresque, 1996).

Ces dernières décennies, les activités anthropiques (la pollution du milieu marin, la pêche irresponsable, l'urbanisation anarchique du littoral, etc.), ont rendu les écosystèmes Méditerranéens dangereusement vulnérables.

La zone d'étude (Ghazaouet) est une région qui reçoit quotidiennement des flux de pollution de différents types, essentiellement les rejets urbains et industriels.

La contamination métallique des écosystèmes aquatiques a attiré l'attention de chercheurs d'horizons très différents. Elle constitue en effet l'un des aspects de la pollution le plus menaçant pour ces milieux. Par ses effets toxiques, elle est capable d'engendrer des situations critiques voire dangereuses. Contrairement à de nombreux toxiques organiques, les éléments en traces métalliques ne sont pas totalement éliminés par voie biologique et par conséquent sont sujets à un effet cumulatif dans les divers compartiments de l'écosystème (eau, sédiment, faune et flore).

Jusqu'au début des années 1970, la surveillance de la contamination métallique du milieu marin reposait uniquement sur l'analyse chimique de l'eau (Lafabrie, 2007). Cette méthode a atteint très rapidement ses limites du fait de la forte variabilité spatio-temporelle des masses d'eaux (Ostapczuk *et al.*, 1997) et de la dilution des contaminants dans l'eau à l'origine de valeurs de concentrations se situant souvent près ou au dessous des seuils de détection des instruments d'analyse ainsi que de l'importante fluctuation des concentrations selon les courants marins et l'irrégularité des rejets (Boudouresque, 1993 et Rainbow, 1995).

En outre, cette technique analytique ne fournit pas d'informations sur la biodisponibilité des éléments en traces métalliques pour les organismes et ne permet pas d'évaluer, ni même de prévoir, l'impact de ces substances sur les organismes ou, sur l'écosystème dans son ensemble (Lagadic *et al.*, 1998 et Morillo *et al.*, 2005). C'est dans ce contexte que Goldberg (1975) propose l'utilisation d'organismes pour évaluer la qualité du milieu et fait naître le concept d'indicateur biologique, des travaux au sein du laboratoire de valorisation des actions de l'homme pour la protection de l'environnement et application en santé publique, équipe :dysfonctionnement des zones marines et saumâtres, ont suivis le même concept, parmi ces travaux on cite : (Belhadj, 2008 ; Abi-Ayad 2009 ; Allam 2011).

L'algue *Corallina officinalis* est un bioindicateur résistant à la contamination métallique (Ferrat *et al.*, 2002) présentant un fort pouvoir de concentration en éléments traces, proportionnel aux teneurs présentes dans le milieu (Pergent-Martini et Pergent, 2000)

Notre travail est une modeste contribution à l'évaluation du degré de pollution métallique par la *Crrallina officinalis* dans trois zones d'études situées à Ghazaouet (Oued Abdellah, Oued Ghazouanaet le port de Ghazaouet), afin de permettre une meilleure connaissance de l'état de santé du milieu.

Les prélèvements ont été réalisé durant une période allant du mois de juillet 2010 jusqu'au mois de juin 2011, tous les échantillons ont été minéralisés et pour cela nous avons procédé à : l'estimation de la contamination métallique par la méthode de spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA).

Ce mémoire comporte quatre chapitres :

- ❖ Le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique qui regroupe : la pollution, l'étude du matériel biologique.
- ❖ Le deuxième chapitre rassemble les caractéristiques de la zone d'étude.
- ❖ Le troisième chapitre ou nous avons décrit les différentes techniques de minéralisations, d'analyse par la SAAF et de traitement statistique.
- ❖ Et dans le quatrième chapitre nous avons présenté tous les résultats avec leurs interprétations.

Enfin, une conclusion achèvera ce travail.

CHAPITRE I
ETUDE DE LA POLLUTION



I-1 Pollution des eaux maritimes

De nombreux produits chimiques sont rejetés dans l'environnement aquatique. Les courants marins les répandent d'un bout à l'autre de la planète. La pollution des eaux est un facteur de destruction bien plus important pour l'écosystème marin, que la pêche industrielle à outrance, elle-même plus dévastatrice que la petite pêche artisanale.

Si les marées noires ont un impact direct sur l'opinion publique elles n'en demeurent pas moins très limitées géographiquement avec des effets à court terme.

Les pollutions les plus néfastes pour l'équilibre fragile de la vie marine ne sont pas les plus visibles. Bien au contraire, ce sont celles qui se voient le moins. Les métaux lourds (le mercure, le plomb, le cadmium et d'autres produits chimiques toxiques) et rejets divers, provenant des usines du bassin méditerranéen rejetant des produits très dangereux sous forme organique mais aussi sous forme de plastique, de peinture, de pâte à papier, de pille et certains fongicides, sont souvent illicites, constituent la plus grande menace pour la survie des mammifères marins et la préservation de l'environnement. Ces contaminants y demeurent pendant des années et s'accumulent dans le corps des espèces marines et des êtres humains. Ils peuvent causer le cancer, des dommages au foie, des problèmes de reproduction et des malformations congénitales ainsi que d'autres fléaux dangereux (Aichou et Echatabi, 2006).

I-2 Les métaux lourds dans le milieu marin

Un métal est un élément chimique dont la masse volumique dépasse 5 g/cm^3 , bon conducteur de chaleur et d'électricité, ayant des caractéristiques de dureté et de malléabilité, se combinant aisément avec d'autres éléments pour former des alliages utilisés par l'homme depuis l'Antiquité.

Dans le milieu aquatique, un métal sera défini comme un élément chimique qui peut former des liaisons métalliques et perdre des électrons pour former des cations.

Les métaux suivants sont présents le plus souvent dans l'environnement sous forme de traces : Plomb, Cadmium, Cuivre, Zinc, le fer, etc... Les plus toxiques d'entre eux sont le Plomb, le Cadmium.

L'origine des métaux présents dans le milieu marin est double : naturel, les métaux présents dans la biosphère, ils proviennent, d'une part, de l'érosion mécanique et chimique des roches et du lessivage des sols. D'autre part, la contribution d'origine anthropique issue des rejets industriels et domestiques, l'activité minière et les eaux d'écoulement contaminées par les engrais et les pesticides utilisés en agriculture sont autant de sources ayant contribué à l'augmentation des concentrations de métaux lourds dans le milieu marin et surtout en zone côtière (Aouameur, 1990).

Les métaux lourds présents dans l'eau et dans les sédiments sont absorbés par les plantes et les animaux marins, le dépassement d'une quantité donnée dans ces espèces provoque leur accumulation dans les organismes et tout au long de la chaîne alimentaire. Ils peuvent atteindre des concentrations menaçant la survie de certaines populations naturelles et présentent des dangers pour le consommateur de produits marins du fait de leur possibilité de concentration dans les espèces marines, de leur élimination difficile et de leur large répartition dans le milieu aquatique.

I-3 La toxicité des métaux lourds

Les métaux sont généralement séparés en deux catégories selon leur caractère essentiel ou non pour les êtres vivants. En effet, ils peuvent s'avérer indispensables au déroulement des processus biologiques (oligo-éléments), c'est le cas du fer (Fe), du cuivre

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

(Cu), du zinc (Zn), du nickel (Ni), du cobalt (Co), du vanadium (V), du sélénium (Se), du molybdène (Mo), du manganèse (Mn), du chrome (Cr), de l'arsenic (As) et du titane (Ti). Dans ce cas, leurs concentrations dans les organismes doivent répondre aux besoins métaboliques de ces derniers. Dans le cas contraire, une carence ou un excès de ces éléments essentiels peut induire des effets délétères.

D'autres ne sont pas nécessaires à la vie, et peuvent provoquer des dommages comme le mercure (Hg), le plomb (Pb), le cadmium (Cd) et l'antimoine (Sb) (CASAS, 2005).

Dans la présente étude cinq métaux ont été étudiés en particulier : le cadmium, le plomb, le cuivre, le fer et le zinc.

Les deux premiers (Pb et Cd) ont la propriété de transport et changent de forme chimique, ils ont une conductivité électrique élevée qui expliquent leur utilisation dans de nombreuses industries. Enfin, ils présentent une certaine toxicité pour l'homme. Les éléments Cu, Fe et le Zn, contrairement aux deux précédents, ces trois métaux sont considérés comme oligo-éléments et sont indispensables au déroulement des processus biologiques dans le métabolisme et ne deviennent toxiques qu'au-delà d'un certain seuil (Kribi, 2005).

Tableau I-1: Principaux effets associés aux éléments listés (Sparks, 1998; Ewers et Schilpkoter, 1991; INERIS, 2005).

Elément	Effets
Cd	Hypertension, dommages sur le foie, Affections respiratoires, troubles rénaux
Cu	Peu toxique envers les animaux, toxique envers les plantes et les algues à des niveaux modérés
Fe	L'ingestion de grandes quantités produit une hémochromatose
Pb	Toxique, troubles du système nerveux et cardiovasculaire, fatigue, cancérigène, affection du foie et des reins
Zn	Toxique pour les végétaux à de fortes teneurs

I-3 La biodisponibilité

La biodisponibilité d'un polluant désigne sa capacité à entrer en contact et à exercer un effet sur les organismes cibles et non cibles voire, pour les substances sujettes à une bio-amplification, à s'accumuler dans les organismes et dans l'édifice trophique.

- Un polluant bio-disponible est un polluant auquel les organismes sont directement exposés.
- Au contraire, un polluant non bio-disponible est un polluant auquel les individus ne sont pas exposés. C'est le cas par exemple des polluants stockés dans les sédiments. Lorsqu'ils sont stockés, ils ne présentent un risque que pour les organismes fouisseurs (exemple : vers, larves), les organismes vivant uniquement dans l'eau ayant peu de chances d'y être exposés (exemple : les poissons) (Ramade, 1992).

I-4 La bioaccumulation

La bio-accumulation est l'accumulation des substances toxiques dans les tissus des organismes vivants. C'est le cas par exemple des toxiques cumulatifs qui vont s'accumuler dans les tissus des organismes et dont les effets toxiques ne se produiront que lorsque leur dose d'effets sera atteinte. Tous les organismes vivants sont ainsi capables, à divers degrés, d'accumuler des substances toxiques, ce qui peut, dans un certain nombre de cas, entraîner des phénomènes de transfert et d'amplification dans la chaîne alimentaire, avec des teneurs observées d'autant plus fortes que l'organisme est élevé dans la chaîne alimentaire.

le facteur de bio-concentration (BCF) et le facteur de bio-accumulation (BAF) sont deux paramètres utilisés pour la mesure des concentrations d'un polluant dans l'organisme (Bodin, 2005).

I-5 Le bio indicateur de pollution

Par définition le bio indicateur est une espèce vivante qui, par sa présence, son absence ou sa rareté, permet d'évaluer la qualité de l'environnement. C'est le principe des « bio indicateurs quantitatifs » basé sur le fait que les organismes marins concentrent les contaminants, en particulier les métaux lourds, en relation avec les concentrations présentes dans le milieu (Bergasa, 2009).

Dans ce travail, nous avons pris une algue rouge qui est *Corallina officinalis* comme bioindicateur de la pollution marine par les métaux lourds.

I-5-1 Généralité sur les algues :

En milieu aquatique, les algues sont connues pour leur capacité à fixer et accumuler les éléments naturellement présents dans l'eau de mer, mais aussi les polluants tels que les métaux lourds. Plusieurs études ont montré que la bio-accumulation des métaux lourds par les algues peut être un moyen de contrôle de la pollution et de traitement des eaux usées (Philips, 1997).

Contrairement aux plantes supérieures (comme les herbes ou les arbres), les algues ne possèdent ni feuille, ni tige, ni racine : c'est ce que l'on appelle un thalle. Les algues puisent leur nourriture directement dans l'eau et non pas dans le sol. Des crampons ou des disques de fixation leur permettent de s'attacher fortement aux rochers.

Comme les plantes, elles réalisent la photosynthèse en utilisant l'énergie lumineuse pour produire de la matière organique et de l'oxygène.

Les algues présentent une grande diversité de couleur et de taille. La couleur des algues dépend principalement de la présence des pigments photosynthétiques. Elles possèdent toutes un pigment vert : la chlorophylle a (comme les plantes supérieures).

Les algues brunes ont également des pigments orange supplémentaires : les carotènes (orange + vert = brun). Les algues rouges ont des pigments rouges : les phycoyanines.

I-5-2 Biologie et écologie de l'espèce étudiée *Corallina officinalis* :

Cette petite algue mesure de 4 à 5 cm de haut et est de couleur rose pâle. Elle est fortement calcaire ce qui lui donne une certaine rigidité. Le thalle de cette algue n'est pas commun, il ressemble à un empilement successif de petits cônes (2-3 mm). Les ramifications sont régulières et opposées, c'est-à-dire que les 2 ramifications débutent à la même hauteur sur le thalle et partent chacune dans une direction opposée. Les ramifications de l'algue sont toutes dans le même plan. Cette algue ne tolère pas l'effet desséchant de l'air et devient blanche en s'exposant au soleil (Gayral, 1975).

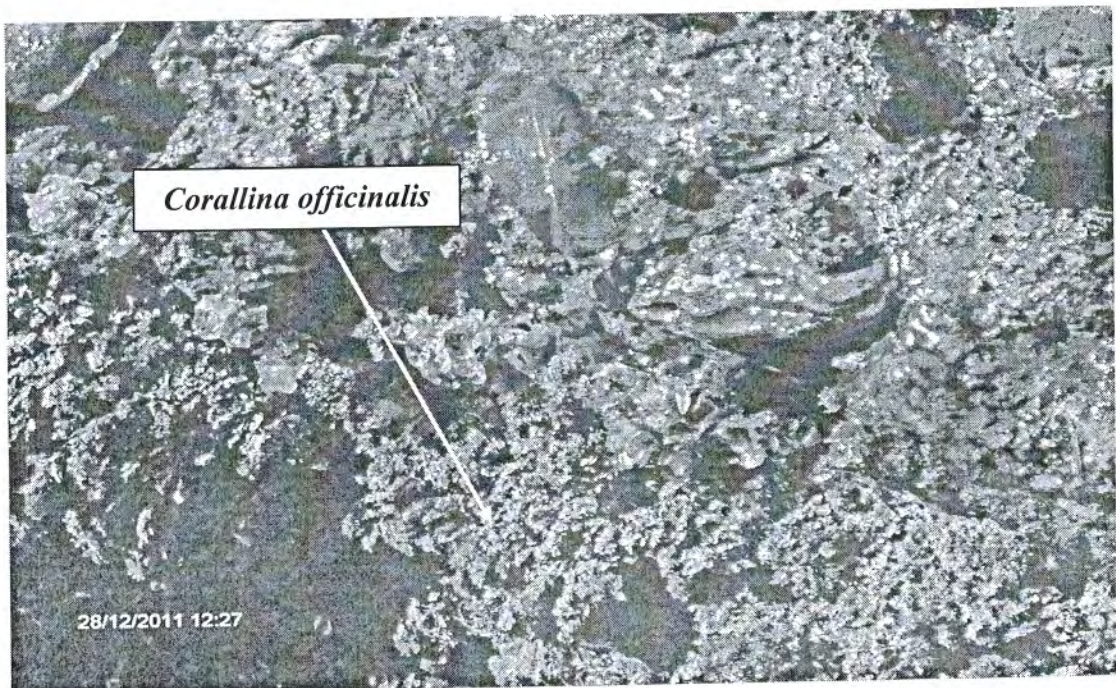


Figure I-1: *Corallina officinalis* dans son milieu naturel (originale).

Après la fécondation, les spores diploïdes sont libérées et se développent dans un tétra sporophyte. Chaque tétra sporophyte contient des tétrasporanges. Chaque tétrasporangium contient quatre spores. A maturité, la méiose se produit dans le tétrasporangium et tétraspores haploïdes sont libérées. Celles-ci croissent en plants males et femelles.



Figure I-2: Aspect général du thalle de *Corallina officinalis* (De Reviere, 2002)

Rang taxonomique

Règne : Plantae

Embranchement : Rhodophyta

Classe : Rhodophyceae

Ordre : Corallinales

Famille : Corallinaceae

Genre : Corallina

Corallina officinalis (Linné, 1758).

On utilisait les Corallines autrefois en pharmacie pour leurs propriétés vermifuges mais également dans des domaines variés tels que celui de la cosmétologie ou encore de l'industrie des peintures (Kornprobst, 2005).

Les algues marines étaient déjà récoltées pendant la préhistoire. Pour les Coréens et les Japonais, l'algue prend une place importante dans leurs alimentations. Elle est consommée tel quelle en salade ou bien encore sous forme de feuille reconstituée (Huchet, 1992).

CHAPITRE II
ETUDE DE LA ZONE



II-1 Situation géographique

Ghazaouet est située à l'Ouest de l'Algérie: latitude 35°06' Nord – longitude 1°52' Ouest. Elle se trouve à 80 km au Nord du chef lieu de la wilaya de Tlemcen, à 60 km de l'Aéroport international «Messali El-Hadj»-Tlemcen, à 170 km de la métropole régionale d'Oran et à 50 km de la frontière marocaine. La ville est située dans un secteur accidents, avec des pentes fortes, qui atteignent 10 à 15 %.

Elle s'est développée de part et d'autre de deux Oueds Ghazaouana et El Ayadna qui prennent leur source à 1136 m d'altitude dans le Djebel Fillaoucene (massif montagneux des Traras) (M.A.T.E, 2006).

Mis à part le site abritant le port et le vieux centre urbain, la totalité de la côte est constituée de falaises très abruptes. (METAP, 2000). Sur le plan géologique, le massif de Traras est la principale unité structurale de la zone côtière.

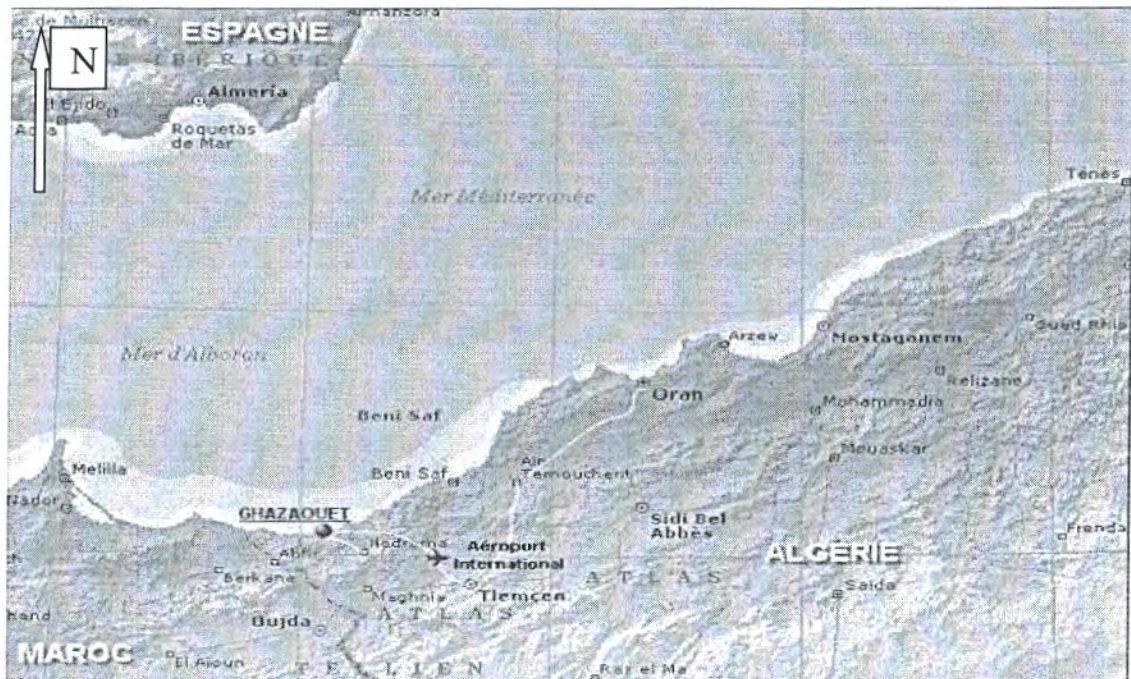


Figure II-1 : localisation de Ghazaouet (M.A.T.E, 2006). Echelle 1/2500000

II-2 Le climat

II-2 1 Les précipitations

Les précipitations en Algérie diminuent du Nord au Sud et de l'Est à l'Ouest.

La région Ouest reçoit en moyenne 300 à 400 mm/an (O.N.M, 2006).

L'examen moyen montre les quantités des précipitations mensuelles de la période allant de 2004 à 2011 (Annex 1) (données O.N.M. de la station de Ghazaouet) révèle ceci :

Les précipitations (figure II-2) atteignent en moyenne 468,12 mm/an, avec un maximum de 601 mm enregistré en 2011 et un minimum de 318 mm enregistré pendant l'année 2005.

Un déficit hydrique paraît dans les mois de juin, juillet et août Avec 0 mm depuis 2004

Jusqu'à 2010, une saison sèche et aride, qui correspond aux trois mois consécutifs, ayant un minimum de pluviométrie.

Une saison pluvieuse regroupe les mois restants de l'année dont les mois les plus humides atteignent en moyenne.

□ En octobre avec 62,25 mm

□ En novembre avec 71,125 mm

□ En décembre avec 81,5 mm.

II-3 Les températures

Les températures relevées sur la région d'étude de Ghazaouet durant la période allant de 2004 à 2011 révèle ceci :

Les mois les plus chauds sont : juin, juillet, août, septembre durant lesquelles les températures moyennes dépassent les 20 °C. Pour le reste des mois de l'année, les moyennes de température ne descendent pas au-dessous de 12°C, le mois de janvier étant le plus froid (figure II-2).

12,73 °C. La température moyenne annuelle est de 18,69 °C.

TableauII-1: Classification proposée de l'indice de continentalité

Climat insulaire	M-m <15°C
Climat littoral	15°C < M-m < 26°C
Climat semi continental	25°C < M-m < 35°C
Climat continental	35°C < M-m

M : Moyenne mensuelle des maxima du mois le plus chaud

m : Moyenne mensuelle des minima du mois le plus froid

Région de Ghazaouet : M-m est égale à **20,05** → Climat littoral.

II-4 Synthèse climatique

Tous les éléments du climat agissent en même temps pour former un milieu climatique.

Pour estimer rapidement l'influence des principaux éléments, divers systèmes sont proposés.

Les plus utilisés en région méditerranéenne sont : Le diagramme ombrothermique (1953) de Baghnouls et Gausson (1953) et le climagramme pluviométrique d'Emberger (1955).

Ces deux systèmes résument le bioclimat d'une station donnée par trois éléments fondamentaux du climat: précipitations (mm), températures maximales (M) et minimales (°C). Le calcul du Q2 d'Emberger nous a permis de situer Ghazaouet dans l'étage bioclimatique semi-aride (figure II-3), avec un Q de 51,40 .

Chapitre II : Zone d'étude

Tableau II-2 : Moyennes de températures et pluviométries mensuelles des stations météorologiques de Ghazaouet

mois	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juillet	août	sept	oct	nov	dec
T°MOY	12,737	13,812	15,35	15,675	20,375	22,437	25,425	25,312	22,52	20,15	17,1125	13,437
P°MOY	45,25	44	50,25	38,625	28,25	3,75	3,125	3,875	21,25	62,25	71,125	81,5

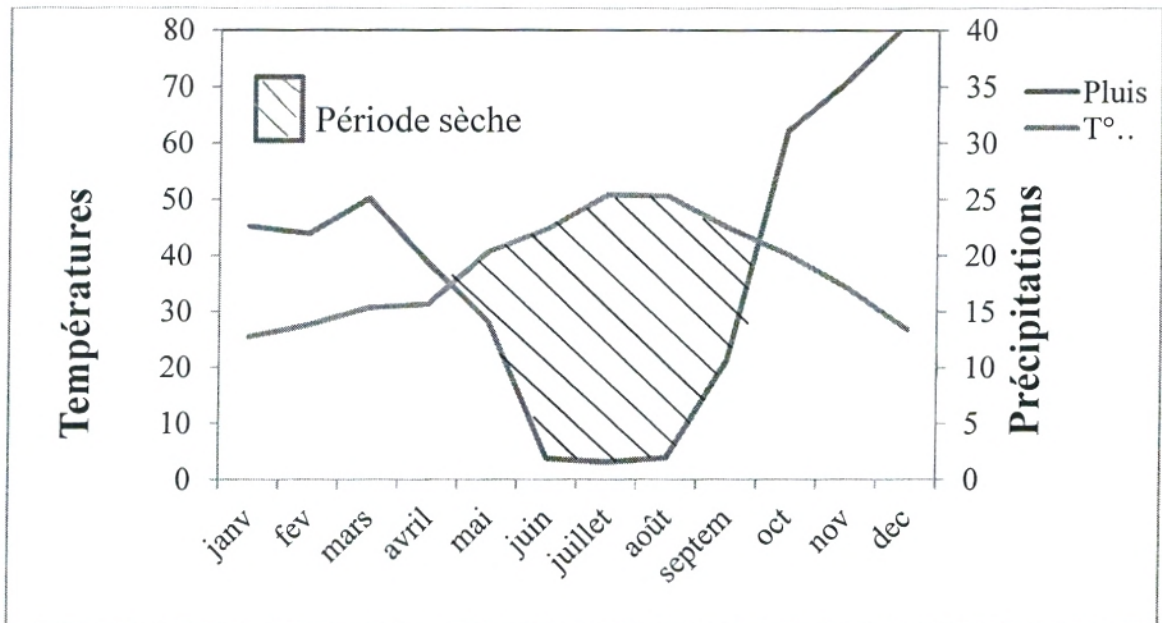


Figure II-2 : Diagramme de BAGNOULS et GAUSSEN : Période: 2004- 2011.

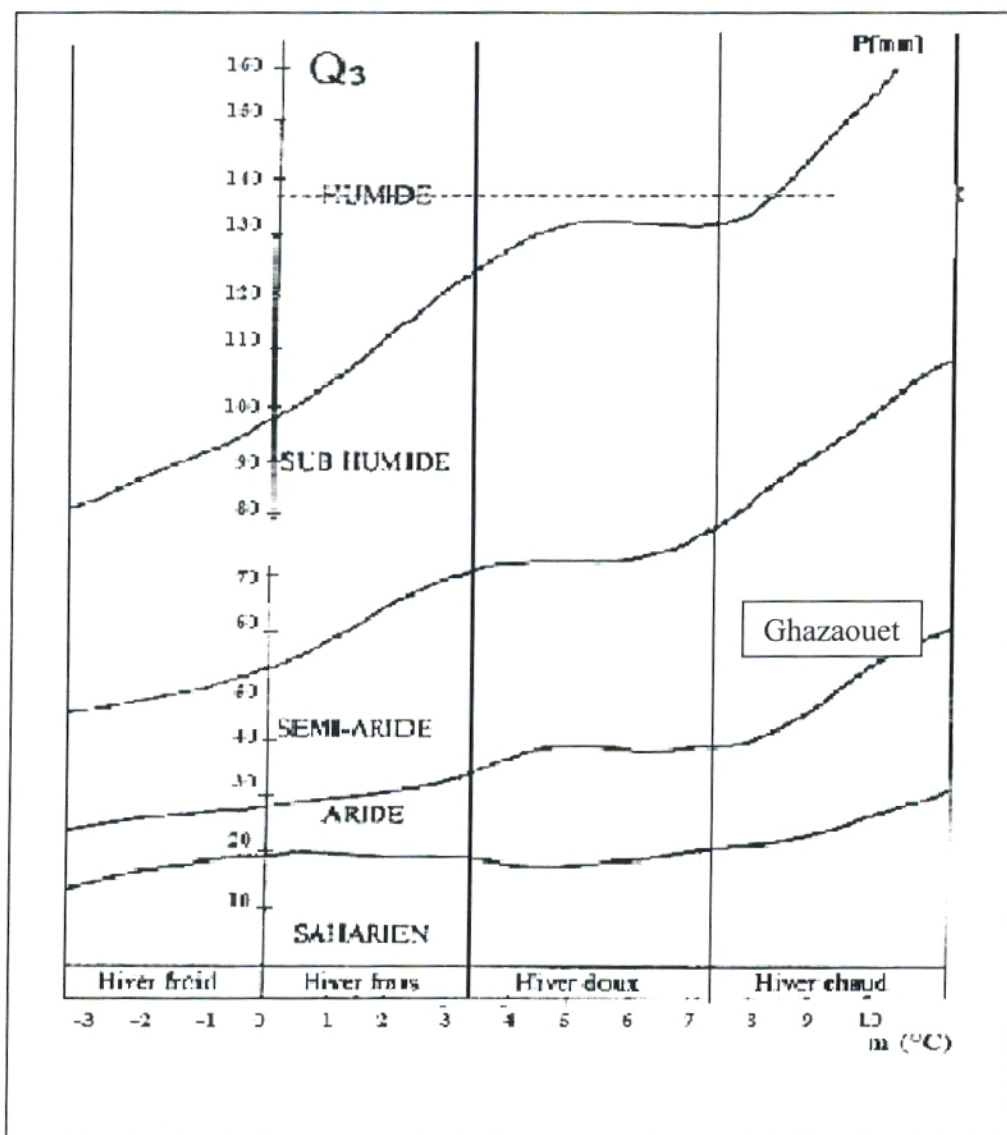


Figure II-3 : Climagramme pluviométrique d'Emberger

II-5 Le complexe d'ALZINC

La région de Ghazaouet, présente un tissu industriel plus ou moins diversifié, représenté essentiellement par l'unité ALZINC (Société Algérienne de Zinc) qui est une filiale de l'entreprise METANOF. Cette unité a pour objet, la production et la commercialisation du zinc et de ses alliages, de l'acide sulfurique, du cuivre cathodique.

II-5-1 Principaux rejets de l'unité ALZINC

Rejets liquides

L'ensemble des rejets liquides provenant du complexe sont déversés dans un réseau de collecte composé de deux caniveaux qui aboutissent à la mer. Ces rejets sont composés des eaux de lavage, de refroidissement, de fonctionnement. Les déchets de type huiles usagées sont en grande partie stockées dans des futs et remises à Naftal, pour leur recyclage éventuel.

Rejets atmosphériques

Les principaux rejets gazeux vers l'atmosphère sont identifiables principalement au niveau de l'unité d'acide sulfurique quand il y a une mauvaise conversion de SO_2 ou durant des arrêts et redémarrages de cette unité. Ces rejets se produisent lors de la production de zinc selon le procédé d'électrolyse et sont composés de :

- Poussières contenant du Zinc et du Cadmium provenant du procédé de fonte des cathodes
- Poussières contenant des métaux lourds provenant du maniement des matières premières et du produit de grillage
- Des aérosols, contenant du Zinc, du Cadmium et de l'acide sulfurique provenant du traitement des résidus.
- Du gaz perdu, contenant de l'anhydride sulfurique (H_2SO_3) provenant de la production d'acide sulfurique (D.E.T, 2004).

Rejets solides

Près de 500.000 tonnes de boues de lixiviation de zinc sont stockées sauvagement sur des falaises surplombant la mer, 20,000 t/an continuent d'être produites. Plus de 8000 tonnes de boues cuivriques, ont été recyclés en 2004 au sein de l'usine pour la fabrication de cuivre. Des résidus de Thallium, hautement toxiques, provenant de l'atelier de cadmium, ont été stockés au sein de l'usine dans deux cuves souterraines à ouverture par trappes, d'une contenance de 1 mètre cube chacune. (D.E.T, 2004).

CHAPITRE III
MATERIEL ET METHODES



III-1 Prélèvements traitements et minéralisations des échantillons

III-1-1 Choix des stations de prélèvement :

Trois stations de prélèvements ont été retenues sur le littoral de Ghazaouet pour effectuer notre suivi. Les stations de prélèvement ont été choisies afin de couvrir les principaux secteurs potentiellement soumis à des pollutions ou à des perturbations.

La station de l'oued Ghazouana, se situe à proximité du point de rejet des eaux industrielles d'ALZINC. Cette station subit l'influence de l'usine et des divers rejets urbains et industriels effectués dans l'oued Ghazaouana.

La station retenue de l'oued Abdallah se trouve vers l'ouest de la baie de Ghazaouet plus loin de la première station et permet d'estimer les teneurs métalliques provenant des rejets de la station de dessalement principalement qui est actuellement en état d'arrêt.

Le port à une structure semi fermée qui empêche la libre circulation des courants marins, entraînant une concentration des polluants à l'intérieur de celui-ci. La station du port permet d'estimer le degré de concentration des éléments métallique à ce niveau.

III-1-2 Choix des échantillons

L'espèce retenue dans cette étude répond à plusieurs critères de sélection de bioindicateurs : elle est abondante, facile à identifier, quantité adéquate de tissus pour les analyses.

L'échantillonnage a été réalisé sur une période d'une année (juillet 2010-juin 2011) sauf pour la stations de Oued Ghazouana nous avons que six mois d'échantillonnage (absence d'échantillons le long de l'année).

III-1-3 Choix des contaminants

Le choix des métaux lourds étudiés a été fait en prenant en considération leur probable présence sur le site d'après divers travaux réalisés sur le site, ainsi les possibilités d'analyses permises au laboratoire de l'usine d'ALZINC à Ghazaouet, au sein duquel nous avons effectués nos différents dosages par un spectrophotomètre d'absorption atomique (SAA).

En considérant ces paramètres, cinq métaux ont été retenus pour notre étude à savoir le cadmium, le cuivre, le fer, le plomb et le zinc.

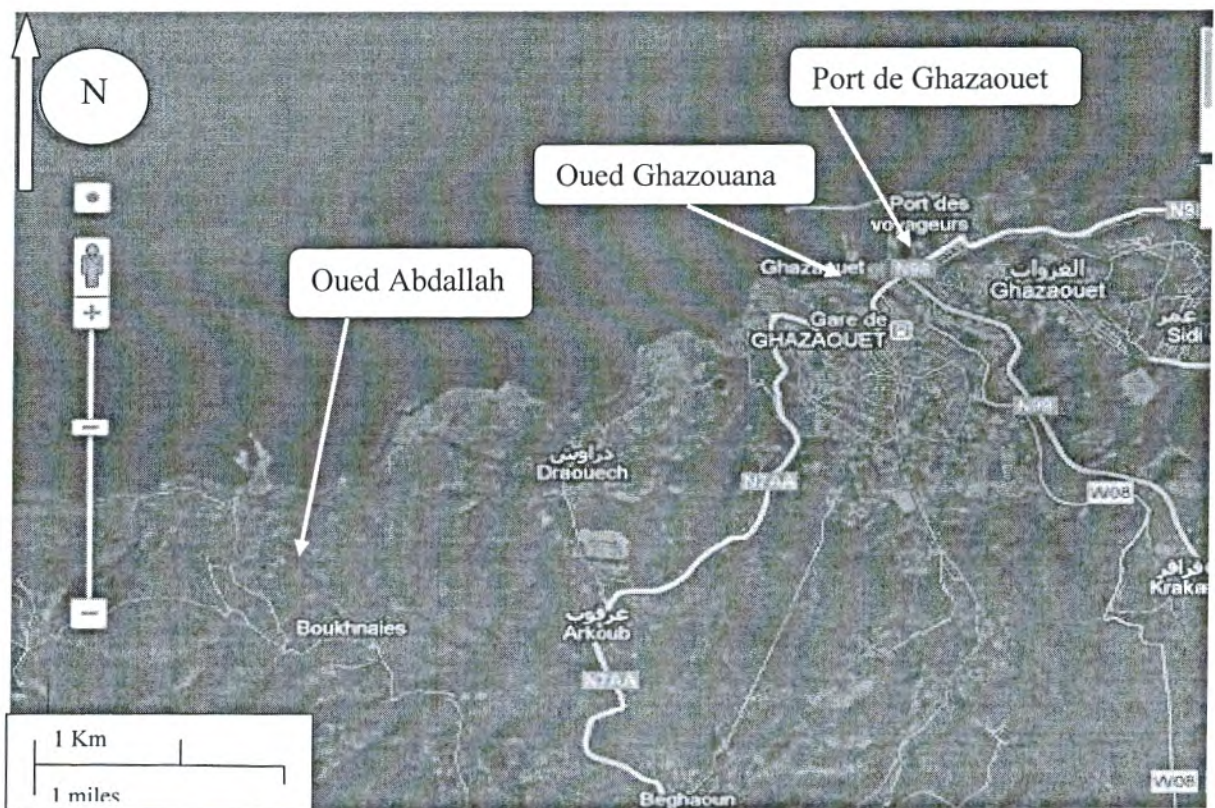


Figure III-1 : Vue par satellite des trois stations d'étude

III-1-4 Méthode de prélèvement

Les thalles prélevés à la main, sont mis dans des bocaux en verre et transportés au laboratoire pour être séchés à température ambiante.

III-1-5 Séchage, tamisage

Les algues ont été séchées à température ambiante au laboratoire une opération de tamisage a permis de retenir la fraction inférieure à 63 μ m pour toute l'étude.

III-1-6 Minéralisation

Le but de la minéralisation est la destruction de la matière organique, puis la mise en solution des métaux organiquement liés par leur oxydation dans un milieu d'acides forts qui les transforme en ions métalliques libres.

Les échantillons tamisés ont été pesés (environ 1g) et mis dans des bécher en téflon. L'eau régale dans le rapport 3/1, (3ml d'HCl et 1 ml de HNO₃) a été ajoutée. La réaction se fait toujours à chaud à 80°C afin d'éliminer toute la fraction solide (Kut *et al*, 1999), Les solutions obtenues de la minéralisation ont été filtrées en utilisant un swinex et le papier filtre de porosité 0,45 μ m. Elles ont été ajustées à 20ml avec de l'eau bidistillée puis elles ont été mises dans des godets et conservées au frais jusqu'à analyse par spectrophotométrie d'absorption atomique (Calapaj, 1978 ; Kingston et Jassie, 1988 ; Loring et Rantala, 1992 ; Dali youcef, 2005).

III-2 Dosages des métaux

Analyse des échantillons a été réalisé par spectrophotométrie d'absorption atomique :

Le dosage de nos échantillons a été réalisé au niveau du laboratoire de contrôle de qualité à l'usine d'électrolyse de zinc ALZINC. L'appareil utilisé est un spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme de type (AURORA AI.1200) (figure III-4). C'est une méthode d'analyse élémentaire qui s'applique à l'analyse des métaux lourds à l'état de traces.

Les éléments absorbent les radiations dont la longueur d'onde correspond à celle émises lors du retour à l'état fondamental de l'atome (Janin et Schnitzer, 1996).

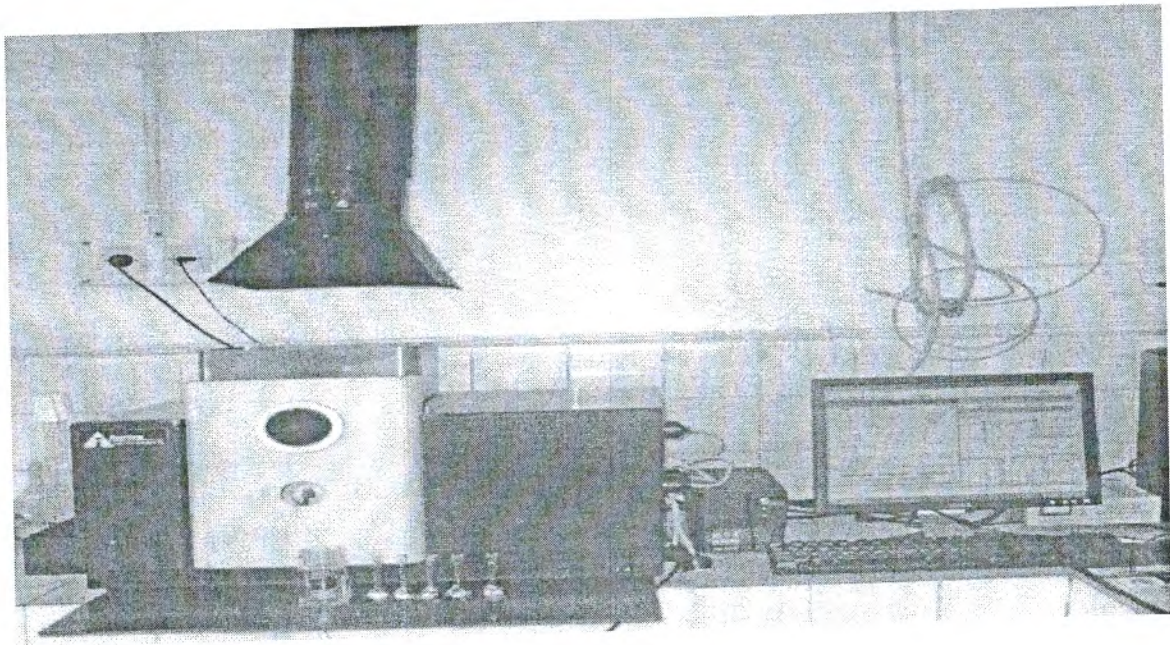


Figure III-2: Spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme (SAAF) de type AURORA AI.1200 (Photo originale)

III-2-1 Appareillage

L'appareil utilisé pour notre travail est un spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme (air/acétylène) de type AURORA AI 1200, doté d'un micro-ordinateur. Il comporte:

- Un générateur d'atomes constitué par un dispositif de nébulisation, brûleur et une flamme
- Un système de sélection de la longueur d'onde
- Un récepteur.

III-2-2 Calcul des concentrations

Les résultats sont exprimés en mg/kg du métal dans l'échantillon selon l'équation suivante :

$$C = C_1 \times V \div P \times D$$

Avec :

C : concentration finale de l'échantillon en (mg/kg),

C₁ : concentration de la solution échantillon en (mg/l),

V : volume final de la solution dosée en (ml),

P : masse d'échantillon en (g),

D : facteur de dilution en (ml).

III-3 Analyse statistique

III-3-1 Comparaison de moyennes : ANOVA et test de Student

Les relations entre différentes variables ont été analysées par des tests statistiques comme l'analyse des variances (ANOVA). En effet, les écarts observés entre les estimations peuvent être uniquement le fruit des fluctuations fortuites d'échantillonnage. Ce test permet de s'en assurer. Le test ANOVA, permet également de savoir, dans une étude à plusieurs

variables, laquelle influe le plus sur les moyennes finales (teneurs moyennes en métaux). Les valeurs des résultats de l'analyse de la variance, permet de vérifier la valeur du F de Fisher et sa probabilité « p » : Si F est inférieur à 5% ($p < 0,05$), l'hypothèse nulle est rejetée, donc la différence entre les moyennes est hautement significative (Ramousse *et al.*, 1996).

Les valeurs moyennes obtenues pour différents échantillonnages ont été comparées 2 à 2 par des tests de comparaison de moyennes (test t de Student).

III-3-2 Analyse en composantes principales (ACP)

Des analyses en composantes principales (ACP) ont permis de traiter de façon plus synthétique des fichiers comprenant différents échantillons affectés de plusieurs paramètres (variables quantitatives).

L'analyse en composantes principales est un ensemble de méthodes permettant de procéder à des transformations linéaires d'un grand nombre de variables intercorrélées de manière à obtenir un nombre relativement limité de composantes non corrélées. Cette approche facilite l'analyse en regroupant les données en des ensembles plus petits et en permettant d'éliminer les problèmes de multi colinéarité entre les variables (Vogt, 1993).

Un ensemble de n individus, associé à un ensemble p variables peut être représenté sous la forme d'un nuage de points dans un espace de dimension p. Le nuage de points représentant les individus est « centré-réduit » ce qui permet de donner la même « importance » à chaque variable dans le calcul des distances entre individus (Volle, 1985). Le but de l'ACP est de représenter ce nuage dans un espace de dimension réduite. Ces études statistiques simples et multidimensionnelles ont été effectuées à l'aide du logiciel XLSTAT.

IV- Résultats et discussion

Les figures suivantes montrent les résultats des concentrations métalliques moyennes pour les métaux (Cd, Cu, Fe, Pb, Zn). La ligne horizontale dans les figures indique la valeur de référence, pour les algues IAEA- 392 (IAEA: International Atomic Energy Agency).

IV-1 Dans port de Ghazaouet:

Les figures IV-1-5 montrent les résultats des analyses des éléments métalliques (Cd, Cu, Fe, Pb et Zn) sur une durée d'une année dans le port de Ghazaouet.

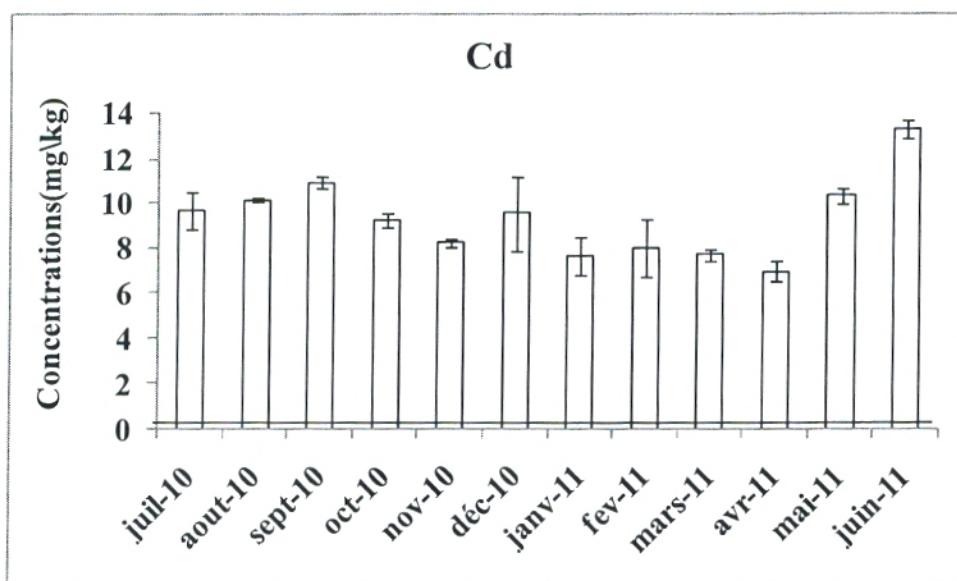


Figure IV-1: Teneurs moyennes en cadmium (mg/kg) chez la coralline dans le port de Ghazaouet.

Résultats et discussion

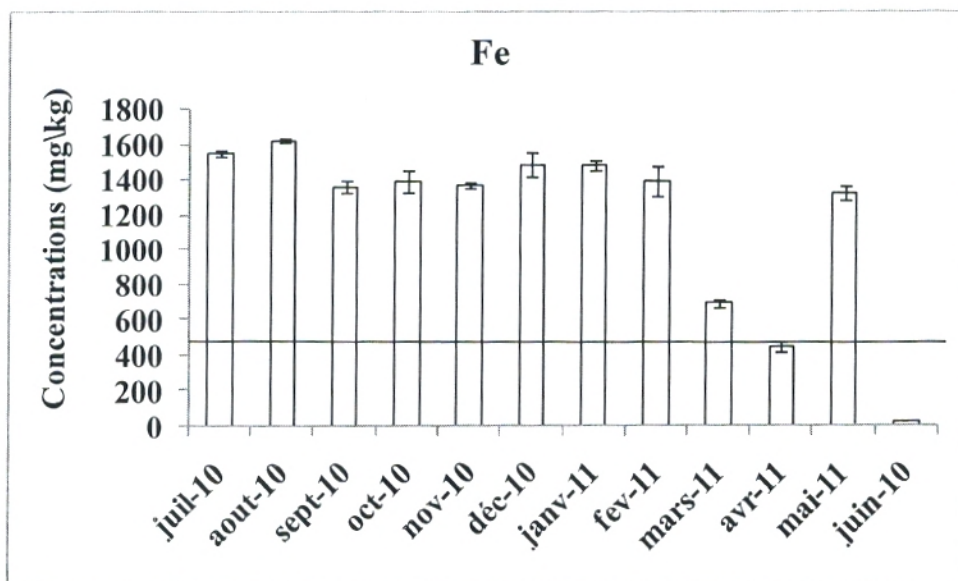


Figure IV-2: Teneurs moyennes en fer (mg/kg) chez la coralline dans le port de Ghazaouet.

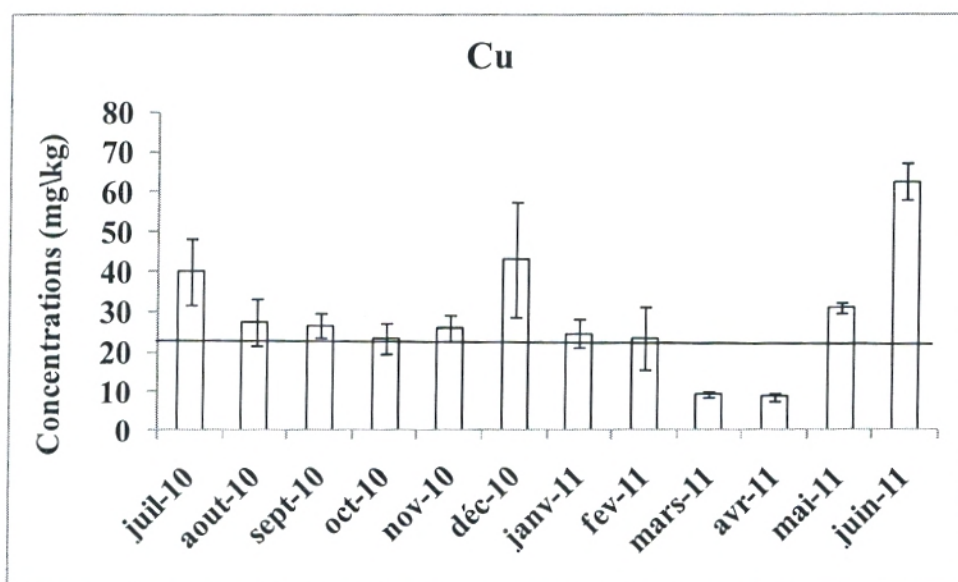


Figure IV-3: Teneurs moyennes en cuivre (mg/kg) chez la coralline dans le port de Ghazaouet.

Résultats et discussion

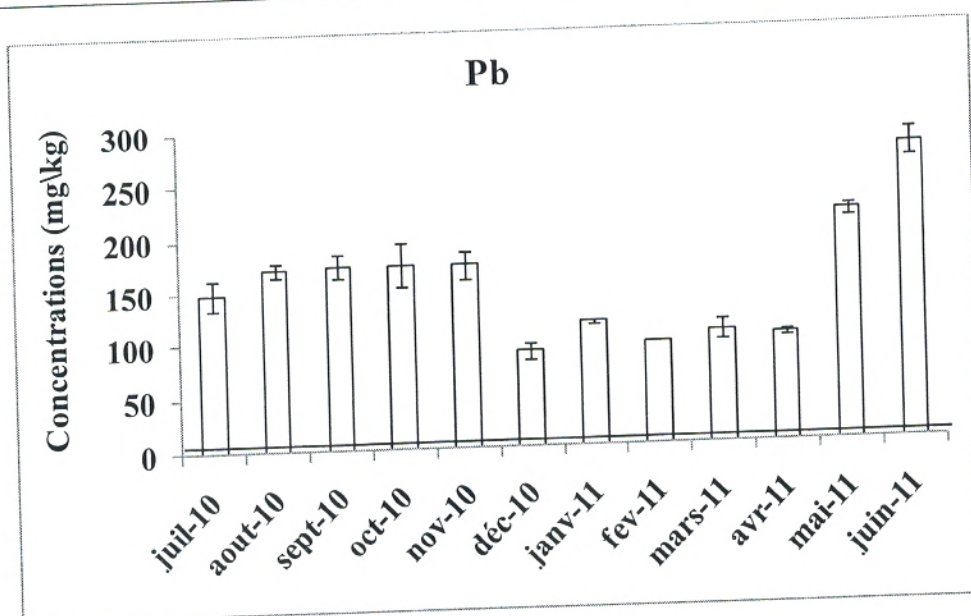


Figure IV-4: Teneurs moyennes en plomb (mg/kg) chez la coralline dans le port de Ghazaouet.

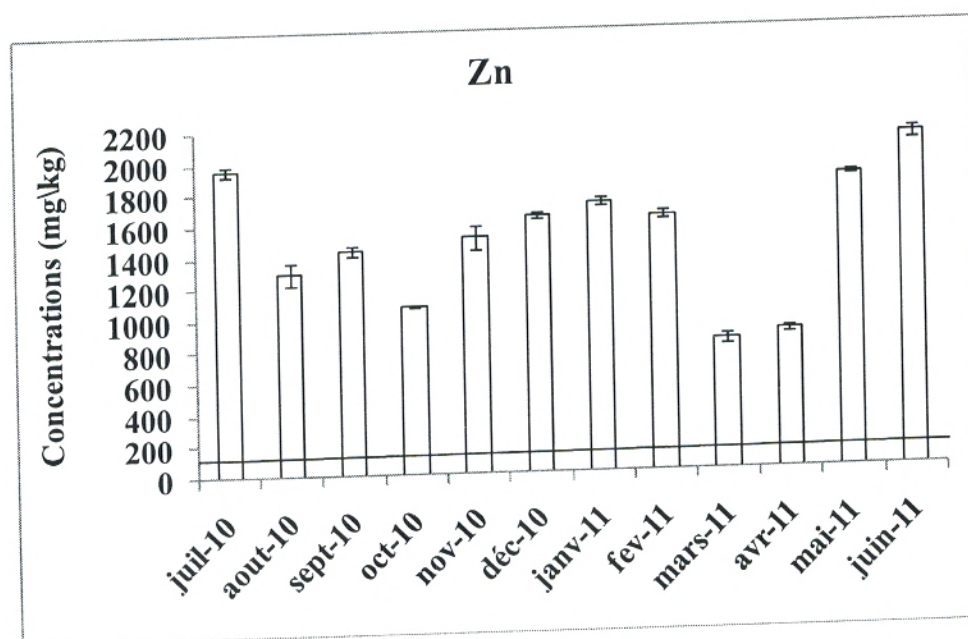


Figure IV-5: Teneurs moyennes en zinc (mg/kg) chez la coralline dans le port de Ghazaouet.

Résultats et discussion

La figure IV-1 montre une accumulation très importante en Cd chez la coralline pendant les 12 mois de prélèvement. Elle atteint son maximum pendant le mois de juin ($13,27 \pm 0,37$ mg /kg) et un minimum au mois d'avril ($6,93 \pm 0,45$ mg /kg). Les concentrations sont largement au-dessus de la norme 0.0173mg /kg (IAEA-392). L'étude de la variance à un facteur 'mois' donne des résultats hautement significatifs ($p \ll 0,05$).

L'ensemble des résultats obtenus pour le fer pendant la période d'étude (figure IV-2) révèle d'une manière globale que presque toutes les valeurs dépassent la norme de l'IAEA-392 sauf pour les mois d'avril et juin qui est la valeur minimum ($17,6 \pm 0,47$ mg /kg), le maximum d'accumulation est atteint au mois d'août ($1620,8 \pm 14,56$ mg /kg). Les résultats sont hautement significatifs ($p \ll 0,05$).

Il ressort de la figure IV-3 que la faible concentration en cuivre ($8,46 \pm 1,04$ mg /kg) est enregistrée au mois d'avril, alors que les plus fortes concentrations ($62,4 \pm 4,47$ mg /kg) sont notées en juin. Les résultats sont hautement significatifs ($p \ll 0,05$).

Une similitude marque les teneurs moyennes de l'élément plomb (figure IV-4) qui se traduit par des concentrations élevées enregistrées durant toute la période de prélèvement. La teneur maximale est observée au mois de juin ($277,86 \pm 13,97$ mg /kg), la teneur minimum est pendant le mois de décembre ($88,73 \pm 1,46$ mg /kg). Les résultats sont hautement significatifs ($p \ll 0,05$).

En ce qui concerne les concentrations mensuelles du zinc (figure IV-5), toutes les valeurs sont au-dessus des normes, le mois de juin reste le plus touché, comme on l'a pu constater pour la plupart des métaux étudiés, avec une valeur maximale de ($2115,86 \pm 36,34$ mg/kg). Tandis qu'au mois de mars la valeur notée est de ($834,73 \pm 29,46$ mg/kg). L'ANOVA testé pour comparer l'accumulation des métaux pour les différents mois a donné une différence hautement significative ($p \ll 0,05$).

Le gradient d'accumulation des métaux pour la station de port est :

Zn > Fe > Pb > Cu > Cd.

IV-2 Dans la station d'oued Abdallah :

Les figures IV-6-10 montrent les résultats des analyses des éléments métalliques (Cd, Cu, Fe, Pb et Zn) par absorption atomique (SAA) sur une durée de 11 mois (de juillet 2010 à juin 2011) dans la station d'oued Abdallah.

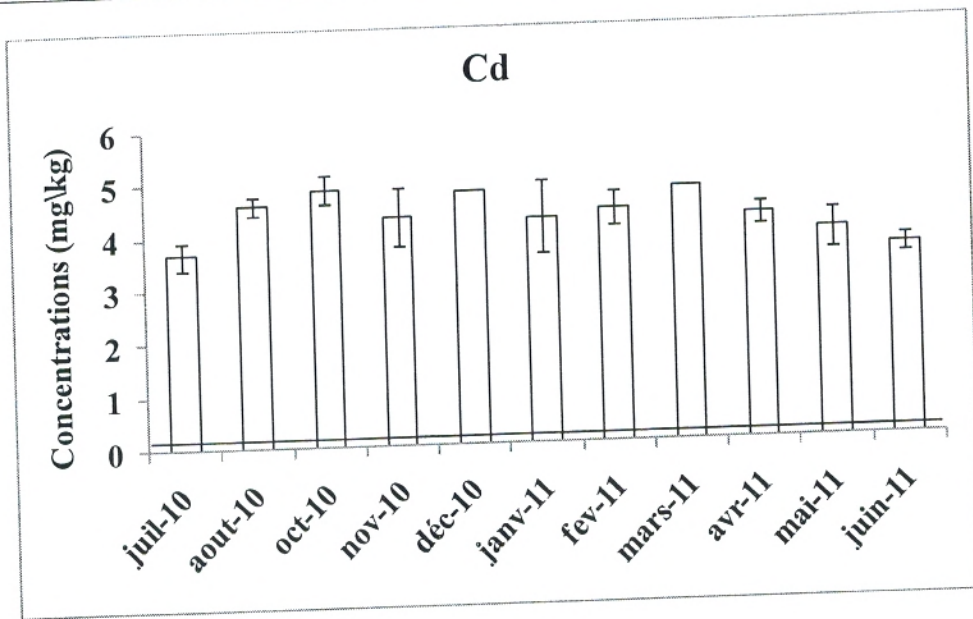


Figure IV-6: Teneurs moyennes en cadmium (mg/kg) chez la coralline dans l'oued Abdallah.

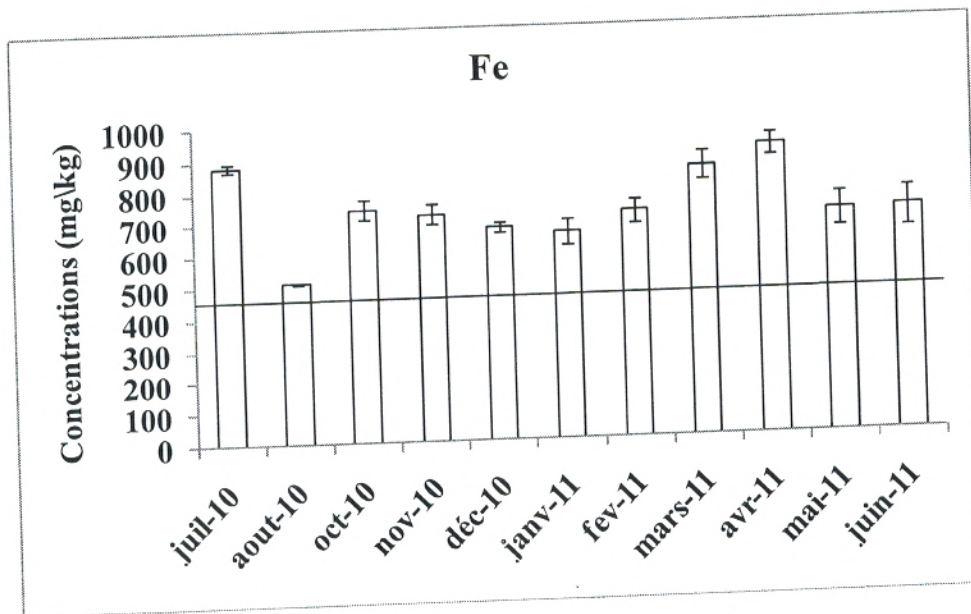


Figure IV-7: Teneurs moyennes en fer (mg/kg) chez la coralline dans l'oued Abdallah.

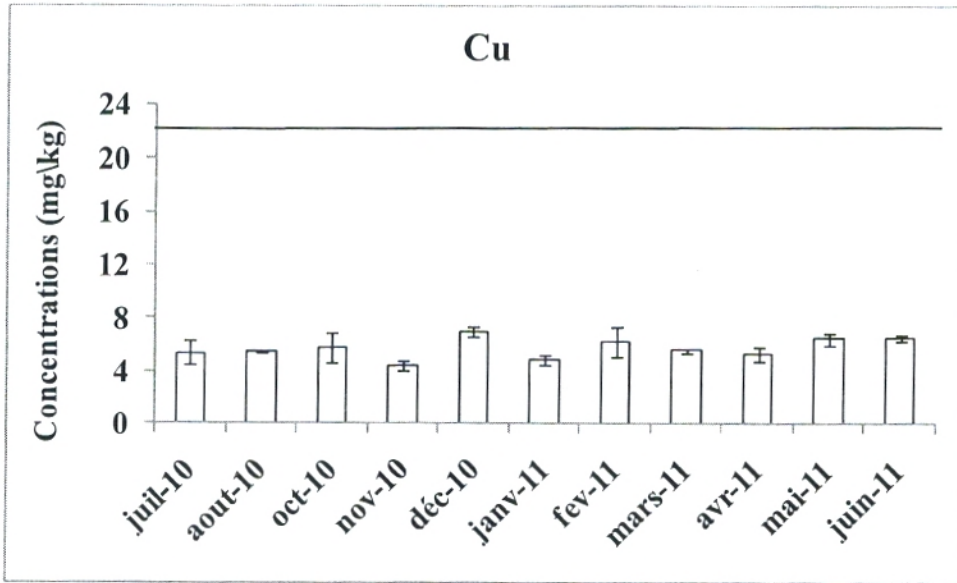


Figure IV-8: Teneurs moyennes en cuivre (mg/kg) chez la coralline dans l'oued Abdallah.

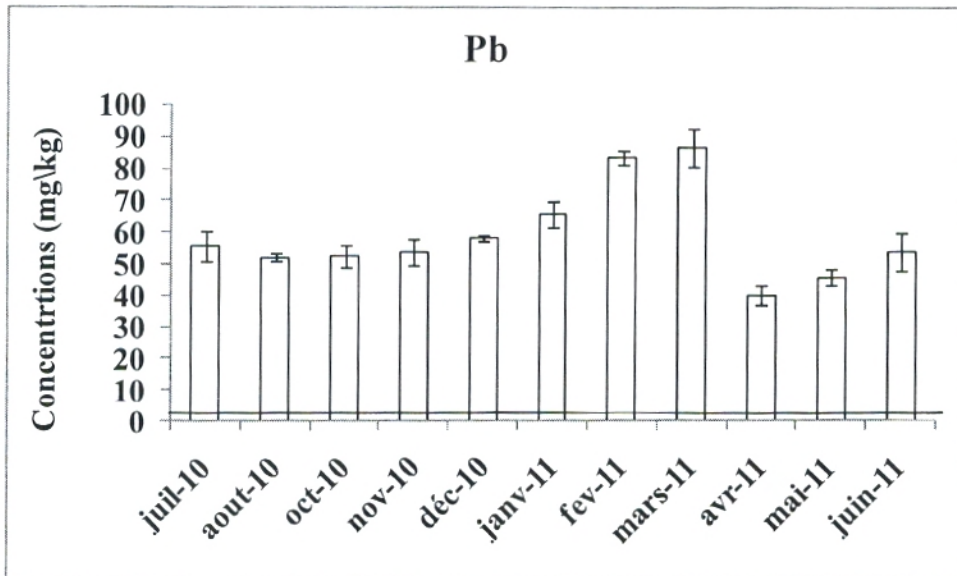


Figure IV-9: Teneurs moyennes en plomb (mg/kg) chez la coralline dans l'oued Abdallah.

Résultats et discussion

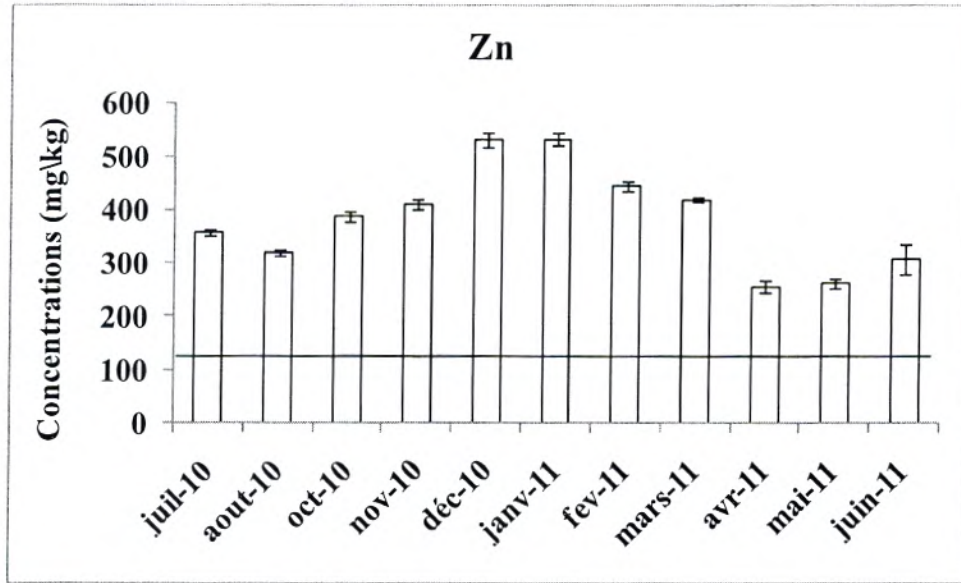


Figure IV-10: Teneurs moyennes en zinc (mg/kg) chez la coralline dans l'oued Abdallah.

Selon la (figure IV-6) les concentrations moyennes en cadmium sont de $(4,31 \pm 0,17 \text{ mg/kg})$ largement au dessus de la norme fixée par l'IAEA ($0,173 \text{ mg/kg}$). Nous notons que la concentration maximale est atteinte pendant le mois d'octobre ($4,87 \pm 0,27 \text{ mg/kg}$) et la concentration minimale est observée durant le mois de juin ($3,6 \pm 0,17 \text{ mg/kg}$). Les résultats sont significatif ($p = 0,005$).

Nous notons pendant le mois d'avril. Ces concentrations chutent en août pour attendre la valeur minimale de ($512 \pm 1,99 \text{ mg/kg}$). Les concentrations relevées au niveau de notre site d'étude dépassent largement le seuil de référence. Les résultats (ANOVA1) sont hautement significatifs ($p \ll 0,05$).

L'ensemble des résultats obtenus pour le cuivre pendant la période d'étude (figure IV-8) révèle d'une manière globale que toutes les valeurs restent au dessous de la norme ($23,2 \text{ mg/kg}$), le maximum est observé au mois de décembre ($7 \pm 0,37 \text{ mg/kg}$) alors que le minimum est observé au mois de novembre ($4,48 \pm 0,37 \text{ mg/kg}$). A ce niveau de risque $p = 5\%$, les résultats sont significatifs.

Sur la figure IV-9, nous remarquons des teneurs moyennes qui évoluent au fil des huit premiers mois de prélèvement pour arriver au maximum pendant le mois de mars ($86,6 \pm 5,73 \text{ mg/kg}$), puis ces concentrations chutent pendant le mois d'avril et atteignent la valeur moyenne minimale de ($40,13 \pm 3,20 \text{ mg/kg}$), ces valeurs dépassent largement la norme. L'étude de la variance à un facteur donne des résultats hautement significatifs ($p \ll 0,05$).

Résultats et discussion

Les concentrations moyennes en zinc (figure IV-10) prélevées pendant le mois de janvier sont élevées par rapport au autres mois ($532,26 \pm 11,21$ mg /kg) puis elles diminuent pour atteindre un minimum de ($255,4 \pm 11,57$ mg /kg) pendant le mois de d'avril. Toutes les valeurs sont au dessus de la norme de l'IAEA (128 mg /kg). Les résultats obtenues sont hautement significatif ($p \ll 0,05$).

Le gradient d'accumulation des métaux lourds pour la station de oued Abdallah est :
 $Fe > Zn > Pb > Cu > Cd$.

IV-3 Dans la station d'oued Ghazouana :

Les figures IV-11-15 montrent les résultats des analyses des éléments métalliques (Cd, Cu, Fe, Pb et Zn) sur une durée de 6 mois d'échantillonnage ce qui est due à l'absence de la coralline pendant toute l'année.

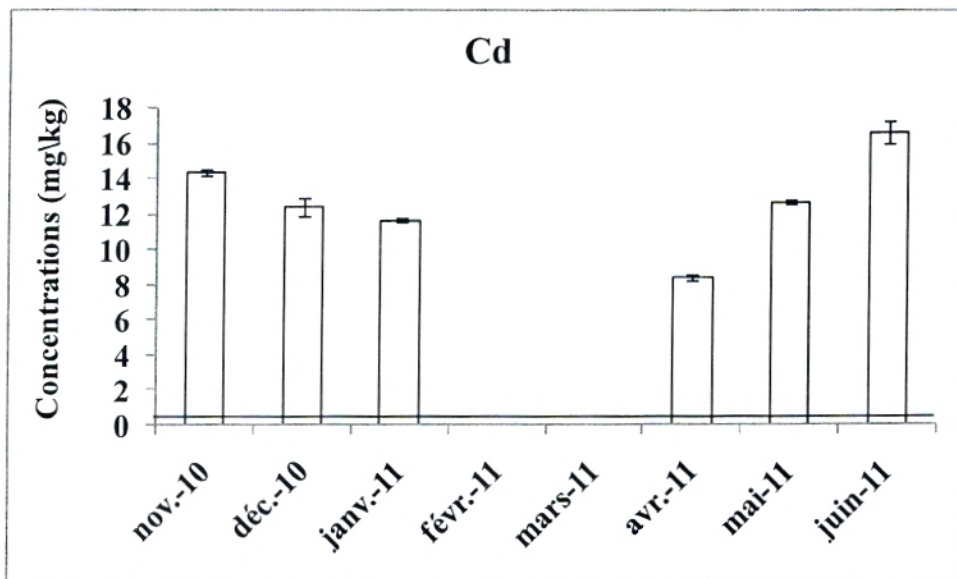


Figure IV-11: Teneurs moyennes en plomb (mg/kg) chez la coralline dans l'oued Ghazouana.

Résultats et discussion

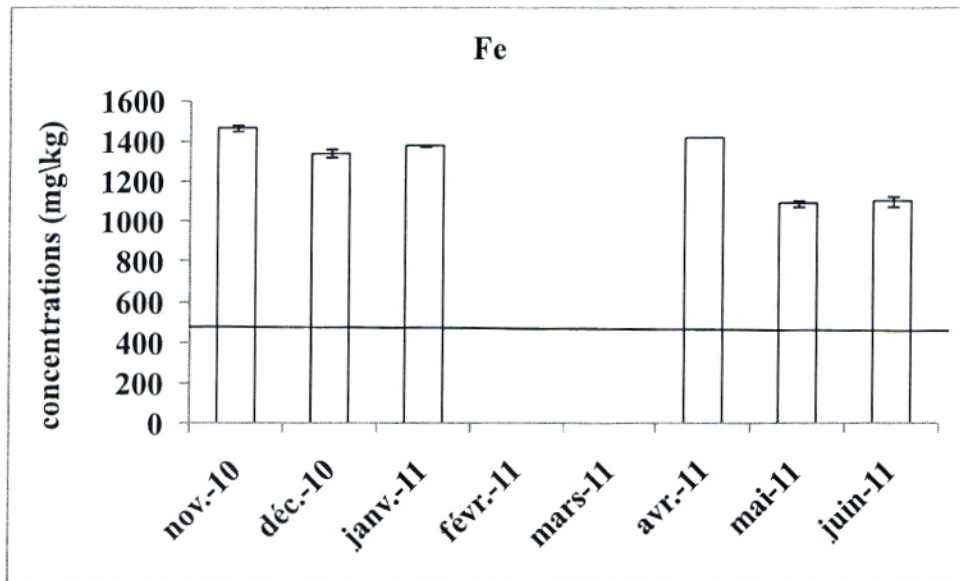


Figure IV-12: Teneurs moyennes en fer (mg/kg) chez la coralline dans l'oued Ghazouana.

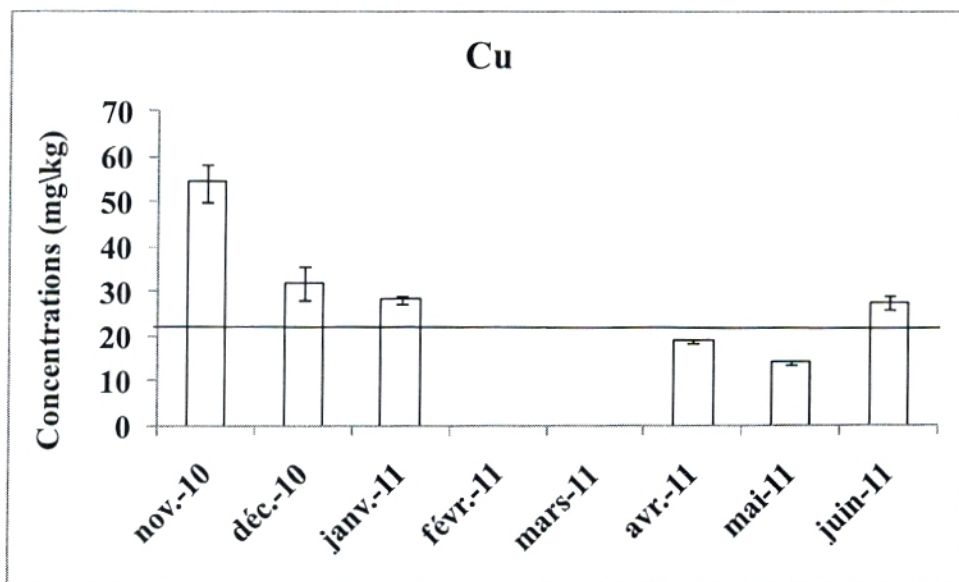


Figure IV-13: Teneurs moyennes en cuivre (mg/kg) chez la coralline dans l'oued Ghazouana.

Résultats et discussion

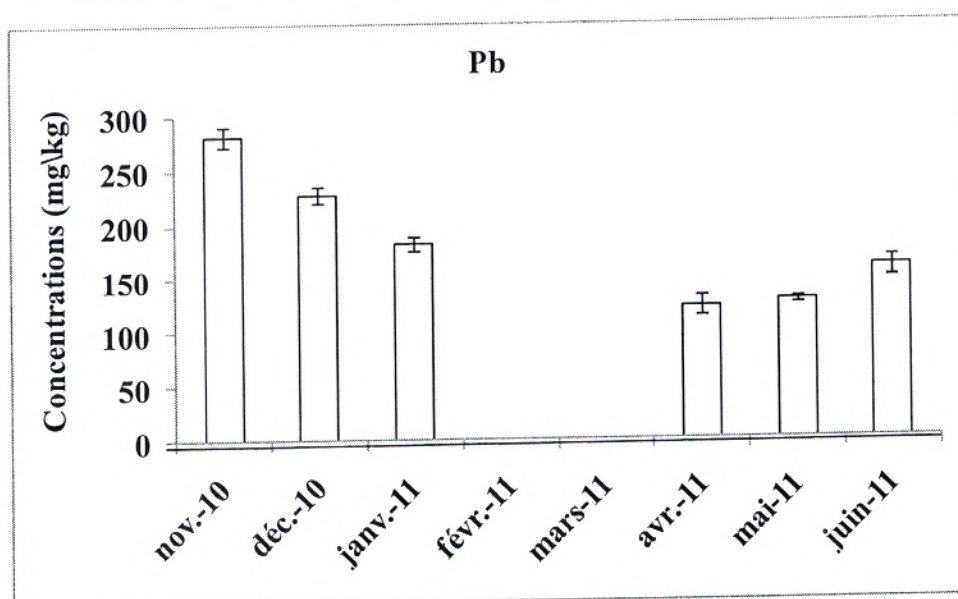


Figure IV-14: Teneurs moyennes en plomb (mg/kg) chez la coralline dans l'oued Ghazouana.

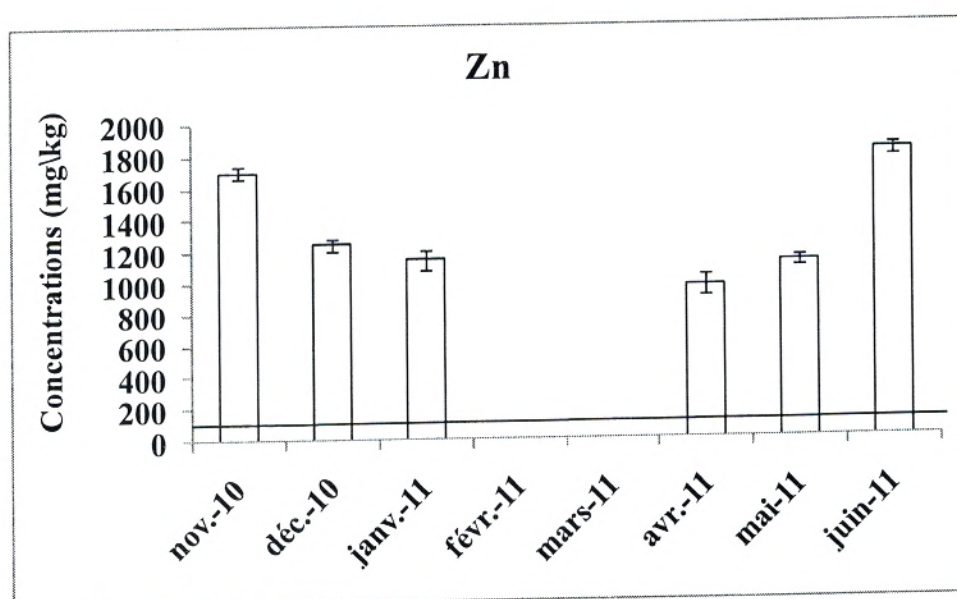


Figure IV-14: Teneurs moyennes en zinc (mg/kg) chez la coralline dans l'oued Ghazouana.

Les teneurs moyennes en cadmium chez *Corallina officinalis* (figure IV-11) montrent des concentrations très élevées enregistrées durant les six mois de prélèvement, la valeur maximale est notée pendant le mois de juin ($16,6 \pm 0,61$ mg/kg) et le minimum est noté pendant le mois d'avril ($8,4 \pm 0,17$ mg/kg). Les concentrations de cadmium dépassent la limite de référence IAEA-392 pour l'ensemble des mois de prélèvement. Les résultats obtenus sont hautement significatif ($p \ll 0,05$).

Résultats et discussion

La figure IV-12 montre des concentrations très élevées en fer qui dépassent la norme (497 mg/kg). La concentration la plus élevée est observée pendant le mois de novembre ($1468,4 \pm 12,04$ mg/kg) et la concentration la plus basse est pendant le mois de mai ($1093 \pm 12,33$ mg/kg). ($p \ll 0,05$), les résultats sont hautement significatif à ce niveau de risque.

D'après la figure IV-13, les concentrations de l'élément cuivre chez *Corallina officinalis* ne dépassent pas tous la norme, les concentrations du mois de mai et avril ne dépassent pas la norme alors que les autres mois de prélèvement les dépassent, la valeur minimale est observée pendant le mois de mai ($14,13 \pm 0,57$ mg/kg) et la valeur maximale est notée pendant le mois de novembre ($54,33 \pm 4,22$ mg/kg). L'étude de la variance à un facteur donne des résultats hautement significatifs ($p \ll 0,05$).

Durant toute la période d'étude, les concentrations du plomb sont largement au dessus de la norme de l'IAEA-392, la concentration la plus élevée est notée pendant le mois de novembre ($281,86 \pm 9,33$ mg/kg) et la valeur minimale est de ($239,93 \pm 9,57$ mg/kg) pendant le mois d'avril. Les résultats sont hautement significatifs à ce niveau de risque ($p \ll 0,05$).

Le zinc (figure IV-15) manifeste des concentrations élevées pendant tous les mois de prélèvement, l'accumulation atteint son maximum au mois de juin ($1815 \pm 13,91$ mg/kg) et elle atteint le minimum durant le mois d'avril ($972 \pm 37,29$ mg/kg). Les résultats sont hautement significatifs à ce niveau de risque ($p \ll 0,05$).

Le gradient d'accumulation des métaux lourds pour la station d'oued Ghazouana est :
 $Zn > Fe > Pb > Cu > Cd$.

Discussion des résultats :

Pour la station de prélèvement du port de Ghazaouet, les concentrations des cinq métaux étudiés sont élevées et dépassent la norme de l'IAEA-392, surtout pour les résultats du cadmium et du plomb. Ceci permet de classer cette station dans une zone à risque pour ces deux métaux. Ceci nous amène aussi à supposer la présence d'une ou de plusieurs origines de pollution à proximité des points de prélèvement. Nous remarquons que pour la plus part des métaux c'est durant le mois de juin qu'il y a la plus grande concentration qui peut être due au transport maritime. Ces données s'expliquent par : la présence du cadmium dans les milieux environnementaux est généralement liée

à son utilisation, notamment dans les batteries, dans la protection d'acier contre la corrosion (cadmiage), ou comme stabilisant pour les plastiques et les pigments (Philibert *et al.*, 2002; Ben

Résultats et discussion

Bouihet *al.*, 2004), aussi à la présence d'unités industrielles (complexe d'ALZINC) qui rejettent des déchets , et les rejets domestiques (eaux usées) ramenés par l'oued Ghazouana.

Apriori, la station oued Ghazouana présente les taux les plus élevés pour le cadmium et le plomb. Les activités agricoles basées sur l'usage massif de fertilisants et des pesticides contribuent aussi à cette situation, sachant que les fongicides sont riches en zinc et en fer. Cet enrichissement en zinc est aussi à mettre en relation avec les apports d'eaux usées de la ville de Ghazaouet, car le zinc est l'un des éléments métalliques caractéristiques d'une pollution de type urbain, Bennasser et al., (2000) et Ho(1988) ont montré que les algues accumulent le Zn et le Cu facilement de l'eau de mer. Le fer est un métal de constitution, c'est pourquoi il est largement présent.

Le même profil de distribution des métaux est constaté pour la station de oued Abdallah, le taux d'accumulation des métaux est moins accentué que celui des autres stations, cela nous amène à supposé qu'il est moins exposé au source de pollution des deux stations précédentes, mais ces résultats restent toujours au dessus de la norme, ces résultats pourrait être attribué aux activités agricoles basées sur l'usage massif de fertilisants et des pesticides contribuent aussi à cette situation, ainsi à sa proximité de la station de dessalement de Ghazaouet.

IV-4 La variation saisonnière pour la *Corallina officinalis*

Nous présentons sur les figures IV-16,17, les variations saisonnières des concentrations moyennes des métaux en (mg/kg) chez *Corallina officinalis* du port de Ghazaouet et de oued Abdallah respectivement. Pour oued Ghazouana nous n'avons pas assez de données pour faire cette variation.

IV-4-1 de la station du port de Ghazaouet :

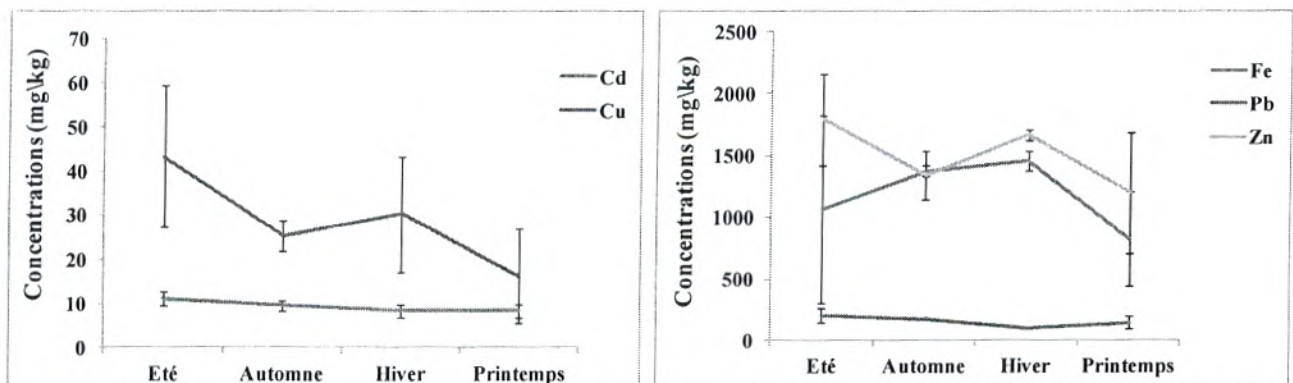


Figure IV-16 : Variations saisonnières des concentrations des métaux en (mg/kg) chez *Corallina officinalis* de la station du port de Ghazaouet.

Résultats et discussion

Nous remarquons sur la figure IV-16 pour l'ensemble des métaux, une augmentation considérable des concentrations en saison hivernale. L'accumulation du zinc du fer et du cuivre diminuent considérablement en printemps probablement du fait de la dilution. Pour le zinc une augmentation de concentration s'observe en été et le même cas pour le cuivre en relation probable avec les rejets important de l'unité industriels d'ALZINC. Pour le cadmium la variation est négligeable par rapport aux autres métaux. L'ANOVA 1 testé pour comparer entre l'accumulation des métaux par la coralline du port de Ghazaouet pour les quatre saisons, a donné une différence hautement significative pour Cd, Cu, Pb et Zn et significative pour le Fe.

IV-4-2 de la station de la station d'oued Abdellah

Pour la station d'oued Ghazouana, nous n'avons pas pu faire l'étude de la variation saisonnière parce que nous avons que six mois d'échantillonnage.

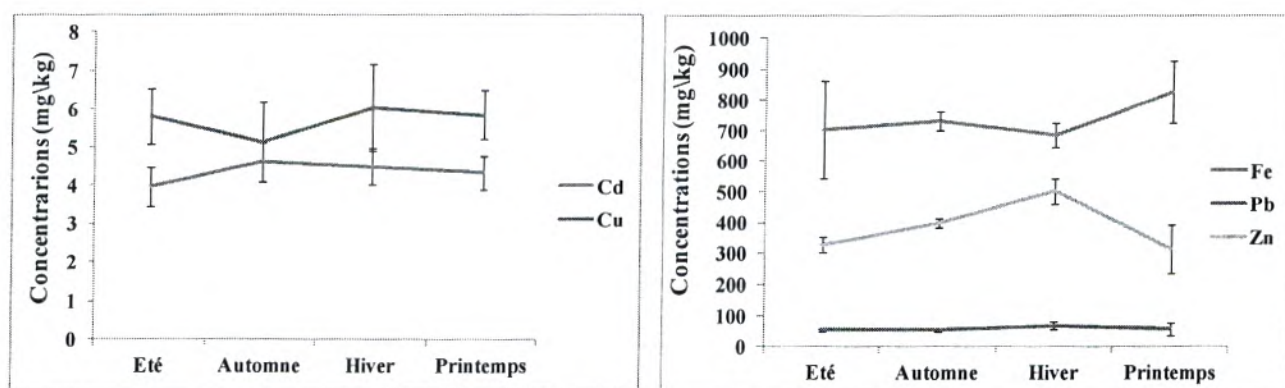


Figure IV-17 : Variations saisonnières des concentrations des métaux en (mg/kg) chez *Corallina officinalis* de la station d'oued Abdellah.

La figure IV- 17 nous montre que pour le plomb, l'accumulation pendant les saisons est presque la même presque nulle. Le fer présente des variations au cours des saisons, l'accumulation est minimal en saison hivernale et augmente pour arrivé au maximum en saison printanière, alors que pour le zinc on constate un pic de concentration en hiver et en marque une chute en printemps. Le cadmium atteint sont maximum en automne et sont minimum en été alors que c'est le contraire pour le cuivre. Ces résultats sont à mettre en relation avec l'importance des rejets et la variabilité des apports pluviaux.L'ANOVA 1 testé pour comparer entre l'accumulation des métaux par la coralline de oued Abdellah pour les quatre saisons, a donné une différence hautement significative pour zinc n et significative pour le fer.

Résultats et discussion

IV-5 La comparaison entre les trois stations :

Sur Le figure IV-18 nous comparons les concentrations moyennes annuelles dans les trois stations de prélèvements.

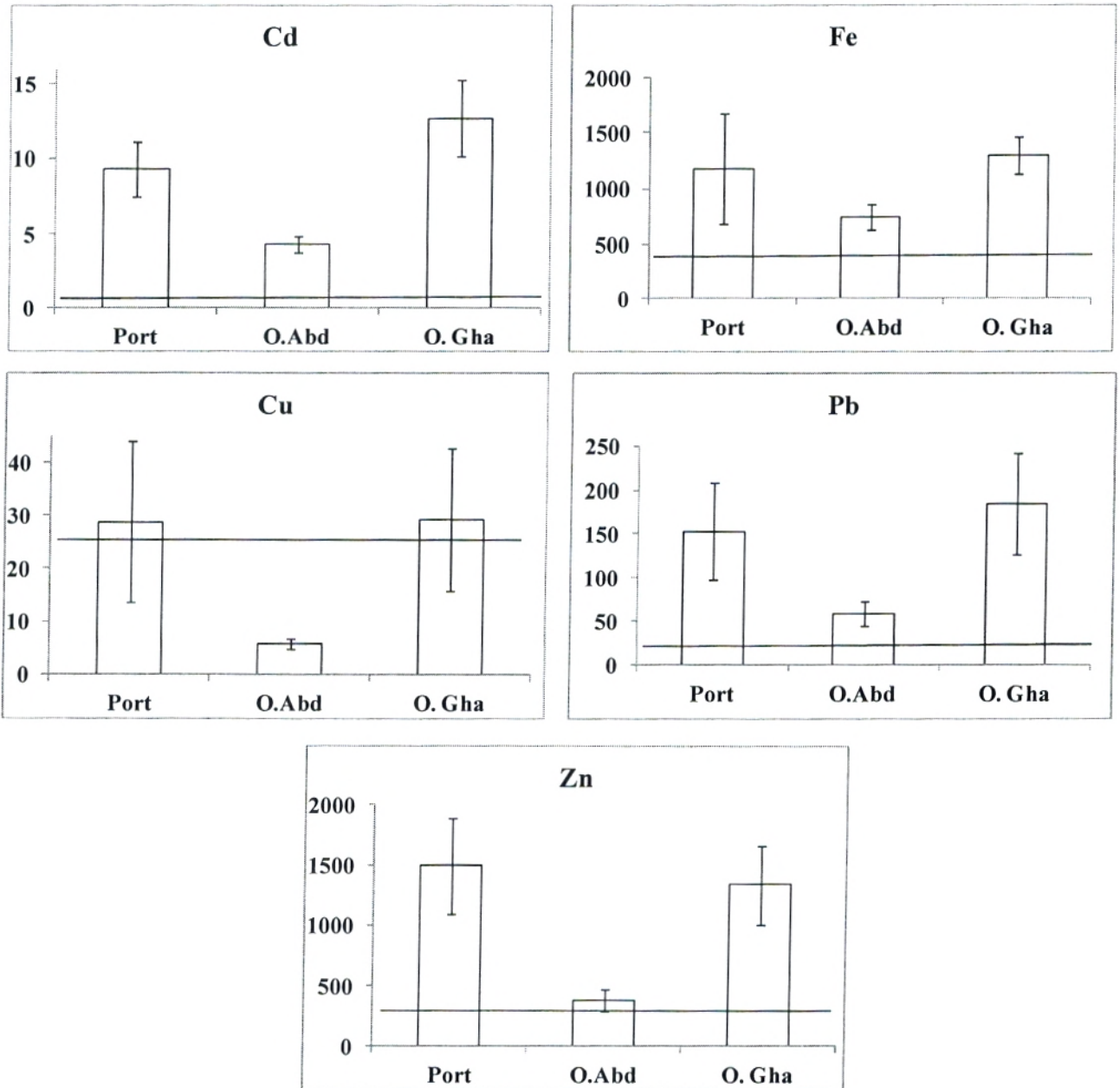


Figure IV-18 : Comparaison des teneurs métalliques moyennes annuelles chez *Corallina officinalis* dans les trois stations de prélèvements.

Résultats et discussion

Ces polluants (Cd, Cu, Fe, Pb, Zn) sont présents à des concentrations variables d'un point de prélèvement à un autre. La globalité des résultats montre que la station de prélèvement oued Ghazouana on l'a comparant avec les autres stations de prélèvement présente des concentrations plus élevées en cadmium et en plomb, alors que la station de prélèvement du port de Ghazaouet se classe en premier pour l'accumulation du fer, zinc et le cuivre. La station d'oued Abdallah est la moins touchée par ces polluants. Le test de student avec un niveau de risque 5 % a donnée des résultats hautement significatif pour Cd, Cu, Pb et Zn ($P < 0,05$).

IV-6 La comparaison avec la littérature:

Sur les Tableau IV-7 -8, nous présentons les tableaux comparatifs des concentrations moyennes des métaux lourds dans *Corallina officinalis* avec ceux de la littérature (mg/kg) de différente région.

Tableau IV-7 : Comparaison des concentrations moyennes des métaux lourds dans *Corallina officinalis* avec ceux de la littérature (mg/kg) des différentes régions.

Espèces	Cd	Cu	Fe	Pb	Zn	Stations	Références
<i>Corallina mediterranea</i>	<0,02	<0,03	173	<0,1	22,5	Cote turque de la mer noire	Topcuogly et al.,2003
<i>Corallina mediterranea</i>	7,175	8,064	427,29	26,50	53,00	El Mex-Alexandria Egypte	Mohamed et Khaled, 2004
<i>Corallina officinalis</i>	14,15	67,22	507,25	153,82	296,9	Béni saf	AbiAyad L.,2009
<i>Corallina elongata</i>	1,6	11,94	\	22,13	43,86	Rachgoun	Berrayah N., 2011

Résultats et discussion

Tableau IV-8 : Comparaison des concentrations moyennes des métaux lourds dans *Corallina officinalis* avec ceux de la littérature (mg/kg) de la même région

Espèces	Messaoudi et Bettioui, 2002		Gourmala et Belarbi, 2003	Tanti et Bouklikha, 2004	Belhadj H., 2008			Notre étude		
	<i>Corallina officinalis</i>		<i>Corallina officinalis</i>	<i>Corallina officinalis</i>	<i>Corallina officinalis</i>			<i>Corallina officinalis</i>		
Lieux	SP	SA	SP	SP	SP	SG	SA	SP	SG	SA
Cadmium	6,05	2,18	1,18	1,05	0,54	0,82	0,18	9,28	12,67	4,32
Cuivre	48,57	22,53	2,61	13,73	11,44	15,22	2,6	28,76	29,21	5,75
Fer					98,15	113,33	11,3	1177,05	1301,28	737,35
Plomb	101,71	31,07	87,9	5,09	6,72	6,54	1,78	153,14	184,08	58,89
Zinc	1262,56	205,15	17,05	51,74	211,44	89,16	12,6	1497,2	1334	384,0

Les valeurs observées dans le tableau ci-dessus, présentent le taux d'accumulation des métaux chez la coralline dans notre étude. D'une manière générale on s'aperçoit que le taux d'accumulation métallique a augmenté dans notre étude par rapport aux autres travaux.

Par rapport aux résultats des autres régions (tableau IV-8), nous constatons que la coralline provenant de Béni-saf dans les résultats trouvés par Abi Ayad (2009), concentre plus le cadmium et le cuivre que la coralline de notre zone.

Résultats et discussion

IV-7 Analyse en composantes principales :

Les figures IV-19,21 présentent les plans factoriels de L'ACP calculées à partir des teneurs métalliques analysées chaque mois chez la coralline dans les trois stations étudiées respectivement

➤ *Corallina officinalis* du port de Ghazaouet :

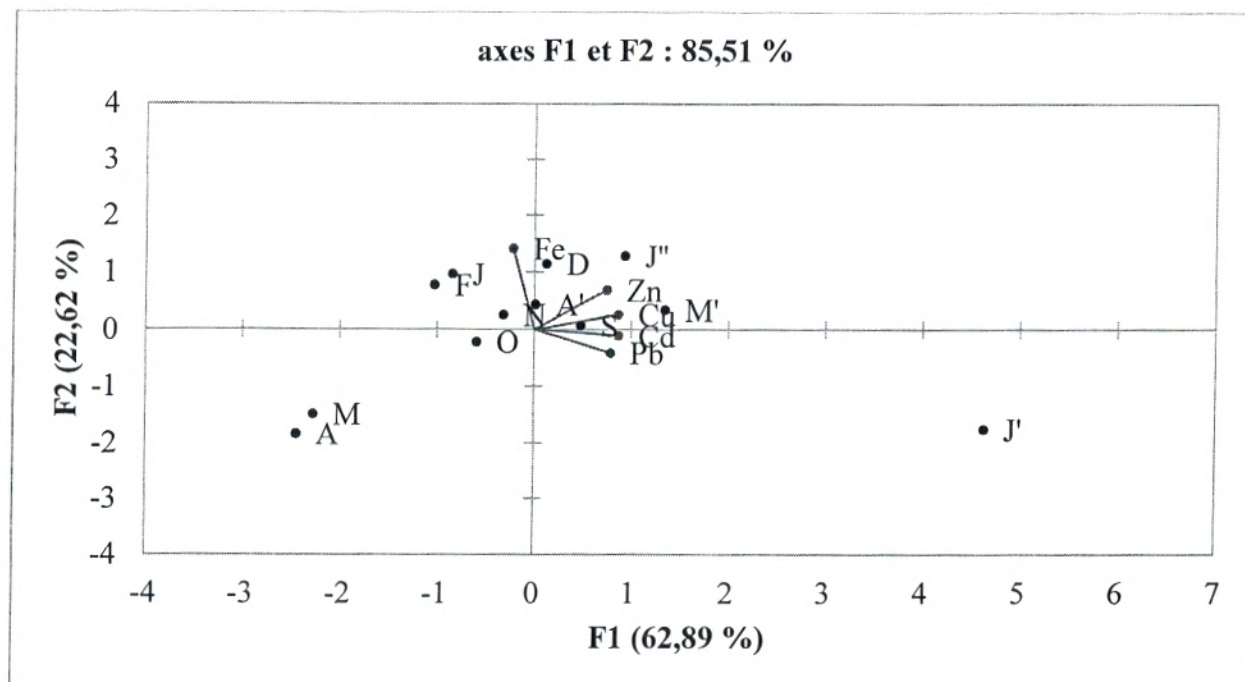


Figure IV-19: plan factoriel engendré par les deux premiers axes de l'analyse en composante principale calculé à partir des teneurs métalliques (Cd, Cu, Fe, Pb, Zn) pour les différents mois dans le port de Ghazaouet.

La matrice d'entrée qui a été utilisée pour l'analyse multi variée appliquée pour les résultats obtenus pour les différentes variables est composée de cinq colonnes (Cd, Cu, Fe, Pb, Zn) et de douze lignes qui correspondent au mois (figure IV-19). Les valeurs propres (3,145 et 1,131) ont permis de retenir deux inerties respectives 62,89% et 22,62%. Le plan de cette analyse totalise 85,51%.

Les contributions relative des points colonne qui construisent l'axe 1 sont Zn, Cu, Cd et Pb, de coordonnées positives avec les points lignes qui construisent cet axe (mois) sont : mai, juin et juillet.

L'axe 2 les points colonne de coordonnées positives sont présentés par Zn, Cu, Fe et Pb, Cd de coordonnées négatives. Les points lignes qui constituent l'axe 2 sont représentés par les mois : janvier, février et négative : mars, avril et juin.

Résultats et discussion

➤ ACP des éléments métallique chez *Corallina officinalis* d'oued Abdallah :

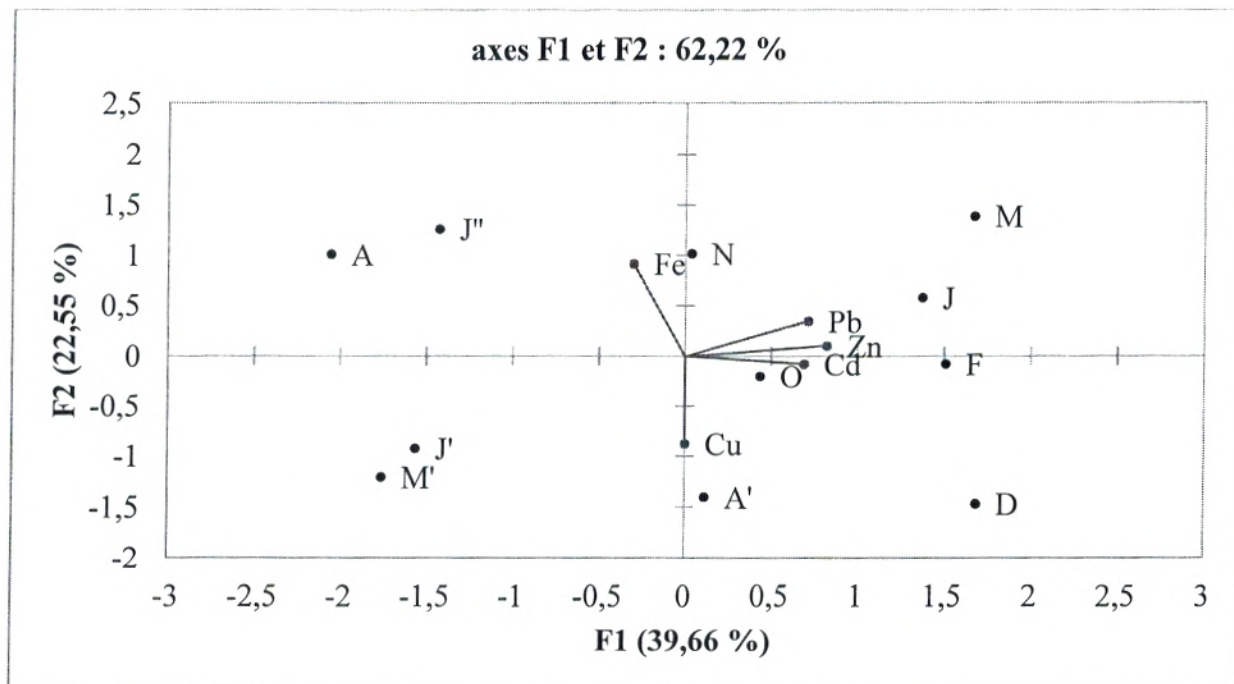


Figure IV-20 : plan factoriel engendré par les deux premiers axes de l'analyse composante principale calculé à partir des teneurs métalliques (Cd, Cu, Fe, Pb, Zn) pour les différents mois dans la plage d'oued Abdallah.

La matrice d'entrée qui a été utilisée pour l'analyse multi variée appliquée pour les résultats obtenus pour les différentes variables est composée de cinq colonnes (Cd, Cu, Fe, Pb, Zn) et de douze lignes qui correspondent au mois de prélèvement de oued Abdallah (figure IV-20). L'ACP présente 62,22% de la variation totale. Les valeurs propres (1,983 et 1,128) ont permis de retenir deux inerties respectives, à savoir l'axe F1 (39,66%) et l'axe F2 (22,55 %).

Les contributions relative des points colonne qui construisent l'axe 1 sont Zn, Cd et Pb, de coordonnées positives avec les points lignes qui construisent cet axe (mois) sont : janvier, février, mars et décembre.

L'axe 2 les points colonne de coordonnées positives sont présentés par Fe, Pb, Zn et le Cu, Cd de coordonnées négatives. Les points ligne qui constituent l'axe 2 sont représentés par les mois : avril, juillet et négative : juin, mai.

Résultats et discussion

➤ ACP des éléments métallique chez *Corallina officinalis* d'oued Ghazouana :

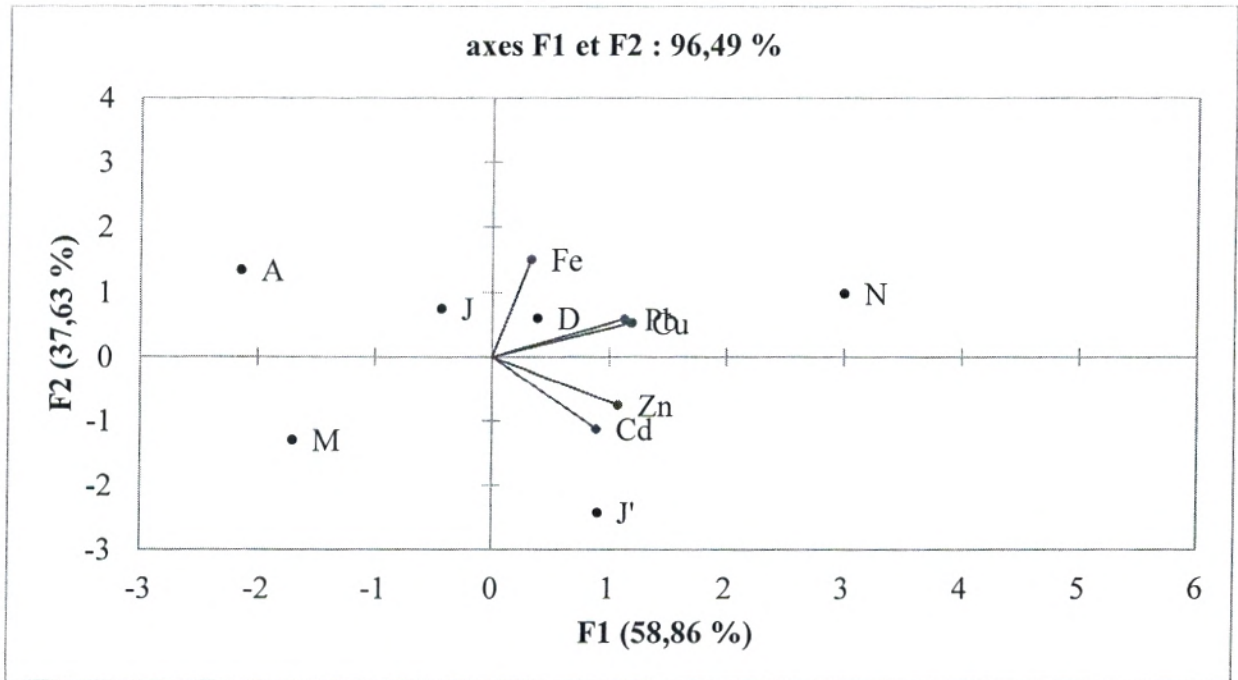


Figure IV-21 : plan factoriel engendré par les deux premiers axes de l'analyse composante principale calculé à partir des teneurs métalliques (Cd, Cu, Fe, Pb, Zn) pour les différents mois dans la plage d'oued Ghazouana

La matrice d'entrée qui a été utilisée pour l'analyse multi variée appliquée pour les résultats obtenus pour les différentes variables est composée de cinq colonnes (Cd, Cu, Fe, Pb, Zn) et de six lignes qui correspondent au mois (figure IV-21). Les valeurs propres (2,943 et 1,881) ont permis de retenir deux inerties respectives 58,86% et 37,63%. Le plan de cette analyse totalise 96,49% d'information totale.

Les contributions relative des points colonne qui construisent l'axe 1 sont Fe, Pb, Zn, Cu, Cd de coordonnées positives avec les points lignes qui construisent cet axe (mois) sont : juin et novembre.

L'axe 2 les points colonne de coordonnées positives sont représentés par Fe, Pb, Cu. Les points ligne qui constituent l'axe 2 sont représentés par les mois : avril et mai

CONCLUSION GENERALE



Conclusion générale

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'un projet de recherche sur le suivi de la contamination métallique au niveau de baie de Ghazaouet (W. Tlemcen), une des régions connues en raison de son importance sur le plan industriel.

Nous avons pour objectifs, la détermination des concentrations de cinq métaux (Cd, Cu, Fe, Pb et le Zn) Chez la *Corallina officinalis* issue de trois stations, le port de Ghazaouet (site potentiellement pollué par les rejets industriels de l'usine ALZINC) sur une période d'une année, à la plage de oued Ghazouana (qui ramène des rejets urbains) sur une période de six mois (à cause des difficultés d'échantillonnage) et la station de la plage de oued Abdallah sur une période d'une année.

En se basant sur l'analyse des attaques totales de l'algue *Corallina officinalis* qui est considéré comme un bioindicateur de pollution dans les zones côtières, nous avons réussi à rassembler un nombre important de résultats d'analyse de métaux lourds.

Les résultats obtenus démontrent de manière explicite une signature de présence des métaux étudiés en l'occurrence le cadmium, le cuivre, le fer, le plomb et le zinc. Ces métaux sont présents avec des teneurs élevées chez la coralline des trois stations de prélèvement.

Les teneurs des métaux étudiés dépassent largement la norme fixée par l'IAEA-392, surtout pour le cadmium et le plomb dont la valeur maximum autorisée est de 0,574mg/kg pour le plomb et 0,173 mg/kg pour le cadmium en particulier dans la station de la plage d'oued Ghazouana. Ceci peut être expliqué par présence des déchets industriels (ALZINC), urbains ainsi que la proximité de la station de dessalement pour la plage de oued Abdallah.

Durant cette étude, nous avons hiérarchisé les taux d'accumulations des cinq métaux étudiés. Le gradient d'accumulation des métaux pour les deux stations port et oued Ghazouana est comme suit: $Zn > Fe > Pb > Cu > Cd$. Le gradient d'accumulation est similaire dans les deux stations car ils sont reliés entre eux (oued Ghazouana déverse dans le port et ils sont tous les deux exposés aux rejets industriels d'ALZINC). Le gradient d'accumulation de oued Abdallah est comme suite : $Fe > Zn > Pb > Cu > Cd$.

Conclusion générale

Effectivement nous l'expliquons par le fait que certains métaux peuvent être naturellement présents dans la nature en plus de divers sources de pollution. L'ANOVA 1 testé pour comparer entre l'accumulation des métaux par la coralline, pour les différents mois dans les trois stations a donné des différences hautement significatives pour les cinq métaux et l'ANOVA 1 testé pour comparer entre l'accumulation des métaux par la coralline pour les quatre saisons dans le port de Ghazaouet, a donné une différence hautement significative pour Cd, Cu, Pb et Zn et significative pour le Fe. L'accumulation métallique est minimale en saison hivernale.

Les matrices d'entrées qui ont été utilisées pour l'analyse multi variée appliquée pour les résultats obtenus pour les différentes variables sont composées de colonnes (Cd, Cu, Fe, Pb, Zn) et de lignes qui correspondent au mois de prélèvement pour les trois stations présentent 85,51 % de la variation totale pour le port de Ghazaouet, 62,22 % de la variation totale pour la plage de oued Abdellah et 96,66 % de la variation totale pour la plage de oued Ghazouana respectivement.

En fin, l'antériorité des travaux effectués sur la présence des métaux lourds dans le secteur étudié, nous a permis d'établir une comparaison, dans laquelle nous avons constaté une évolution des taux d'accumulation des métaux chez la coralline dans notre étude.

Au terme de cette étude, il serait judicieux et intéressant de :

- la compléter en élargissant le réseau d'échantillonnage ;
- multiplier les bioindicateurs à partir des espèces candidates présentes sur le littoral.
- Ainsi, approfondir ce travail en étudiant les différents mécanismes qui peuvent être impliqués dans la fixation des ions métalliques.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES



BIBLIOGRAPHIQUE



Abi Ayad L., 2008- Etude de la biodisponibilité des métaux lourds dans les sédiments et chez quelques espèces marines du littoral de l'extrême Ouest Algérien (Béni-Saf). Mag.Eco.Veg. Univ de Tlemcen : 1-50p.

Allam H., 2011- Etude de la bioaccumulation métallique chez les algues, oursins et sédiments dans le littoral d'Honaine (extrême ouest algérien). Mémoire de Magister en écologie et biologie des populations. Université de Tlemcen. 153p

Aichou, L et Echchatabi, L. 2006- Evaluation de la qualité bactériologique des eaux de baignade des deux plages de la commune de Bab El Oued : R'mila et Kittani, Mémoire d'ingénieur en environnement marin, ISMAL, 73p.

Aouameur, D. (1990). Contribution à l'étude de certains métaux lourds dans les sédiments superficiels de la baie d'Alger. *Mémoire d'ingénieur d'état en halieutique*. ISMAL. pp: 1-69.



Bagnouls F., et Gausson J., 1953- Saison sèche et indice xérothermique Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse. Vol. 88 (3-4):p 139-239.

Belhadj H., 2008 -Evaluation de la pollution métallique dans l'eau, les sédiments et organismes vivants du littoral de Ghazaouet (Extrême Ouest Algérien). Mag.Eco. Amin.Tlemcen, 71p.

BenBouih, H., Nassali, H., Leblans, M., Srhiri A., 2004- Contamination en métaux traces des sédiments du lac Fouarat (Maroc). *Afrique Sciences* 1(1) : 109-125.

Bennasser L.M., Fekhaoui M. & Marni O. 2000- Assessment of the metallic contamination of the low Sebou sediments. *Ann. Chimica*, 90, 637-644.

BERGASA O., 2009- Study of metals concentrations levels in *Patella piperata* through the Canary Islands, Spain. *Fresenius Environmental Bulletin*. Issue 15: 1234- 1240.

Bibliographie

BODIN N., 2005- Contamination des crustacés décapodes par les composés organohalogénés : Etude détaillée de la bioaccumulation des PCB chez l'araignée de mer *Maja Brachudactyla*. Thèse de doctorat : Océanologie Biologique, 309p.

Boudouresque, C.F. 1993- Qualité du milieu marin. *In* : Qualité du milieu marin - Indicateurs biologiques et physico-chimiques. BOUDOURESQUE, C.F. AVON, M ; et PERGENT-MARTINI, C ; édit ; GIS Posidonie pub ; France, 283-289.

Boudouresque, C.F. 1996- Impact de l'homme et conservation du milieu marin en Méditerranée. 2^oédition. GIS Posidonie *publ.*, Fr. pp : 1-243.



CALAPAJ G., 1978- Lead in blood and erythrocyte ALA-deshydratase activity in family members of 2 populations exposed to various levels of atmospheric lead pollution. *Med Lav* 69(6): 665-675.

CASAS S., 2005- Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *mytilus galloprovincialis*, en milieu méditerranéen. Thèse de doctorat Océanologie biologique, Environnement marin. 314p.



Dali Youcef N 2005- Contribution à l'étude des polluants métalliques dans les sédiments de Oued Tafna (Ouest algérien). Thèse de doctorat d'état en chimie. Université de Tlemcen 198p.

D.E.T (Direction de l'Environnement de la wilaya de Tlemcen), 2004- Rapport sur le diagnostic et état des lieux de la ville de Ghazaouet. 11p.

De Reviere B., 2002- Biologie et phylogénie des algues. Tome 1. Edit. Belin. 351 p



Embnerger L., 1955- Une classification biogéographique des climats. *Receik. Trav. Lab. Geol. Zool. Fac. Sci. Montpellier*, 48p.

Bibliographie

F

Ferrat, L ; Pergent –Martini, C et Romeo, M. 2002- Assessment of the use of biomarkers in aquatic plants for the evaluation of environmental quality: application to seagrasses. *Aquatic Toxicology*, 65: 187-204.

G

GAYRAL P., 1975 -Les algues : morphologie, cytologie, reproduction, ecologie. Ed Doin 41p

Goldberg E D., 1975- The “Mussel Watch” Mar. Pollut. Bull. 6: 111-113.

Gourmala O.Y., Belarbi L.L., 2003-Evaluation de la contamination par les métaux lourds (Pb,Zn,Cu ,Cd,Fe) chez les deux espèces d’algues : *Enteromorpha linza*, *Corallina officinalis* et chez l’oursin commun : *Paracebtrotus lividus* dans la baie de Ghazaouet. Mémoire d’ingénieur d’état en écologie et environnement. Uni. de Tlemcen. 125p.

H

Ho Y B., 1988. Metals in *Ulva lactuca* in HonkKong intertidal waters, Bull. Mar.Sci. 47: 79-85.

J

Janin F. et Schnitzer G., 1996 – Plomb, Cadmium et Mercure dans l’alimentation : Evolution et Gestion du risque. Technique et documentation. Lavoisier. Paris : pp 205-216.

K

Kingston H M., Jassie L B., 1988. Introduction to microwave sample preparation. Washington, D.C: American Chemical Society p 263.

Kribi S., 2005.Décomposition des matières organiques et stabilisation des métaux lourds dans les sédiments de dragage. Thèse de doctorat. L’Institut National des SciencesAppliquées de Lyon, 220p.

Bibliographie

Kut D., Topcuoglu S., Esen N., Kuçukcezzar R., Guven K C.,2000- Trace metals in marine algae and sediment samples from the Bosphorus. Water. Air. Soil.Pollut. 11 : 27-33.

Q

Lagadic, L ; Caquet, T ; Amirad, J.C et Ramade, F. 1998- Utilisation de biomarqueurs pour la surveillance de la qualité de l'environnement. Lavoisier pub. 1-320.

Lafabrie, C. 2007- Utilisation de *Posidonia oceanica* (L.) Delile comme bioindicateur de la contamination métallique. Thèse Doctorat écologie marine. Université de Cors, France. pp : 1-141.

Lick W., 1982-The entrainment, deposition and transport of fine-grained sediments in lakes: Interactions between sediments and freshwater. Hydrobiology 91, 31-40.

Loring D H., Rantalar .T.T., 1999- Manual for the Geochemical Analyses of marine sediments and suspended particulate matter.Earth Sci. Rev., 32: 235-283.

M

M.A.T.E, 2006- Etude de pré investissement pour le HOT SPOT de Ghazaouet (Algerie)- Rapport de phase I.67p.

Messaoudi N., Bettioui, R.A., 2002- Contribution à l'évaluation de la pollution marine par les métaux lourds (Zn, Pb, Cu, Cd) chez deux espèces d'algues et dans le sédiment superficiel de la région de Ghazaouet. Mémoire d'ingénieur d'état en écologie et environnement. Univ. Tlemcen. 62p.

METAP (Mediterranean Environmental Technical Assistance Program), 2000- estimation de degré de la pollution atmosphérique occasionnée par l'usine d'électrolyse de zinc de Ghazaouet en Algérie: son impact et des solutions possible. Univ. Harvard, Cambridge, MA 02138. Etat- Unis. 101 p.

Bibliographie

Mohamed L A., Kkaled A., 2004. Comparative study of heavy metal distribution in some coastal seaweed of Alexandria, Egypt. *Chem.Ecol* 21: 181-189

Morillo, J; Usero, J et Gracia, I. 2005- Biomonitoring of trace metals in a mine-polluted estuarine system (Spain). *Chemosphere* 58, 1421-1430.



Ongley E. D., Bynoe M.C., Percival J.B, 1982- Physical and geochemical characteristics of suspended solids, Wilton Creek, Ontario. *Canadian Journal of Earth Science* 18,pp: 1365-1379.

O.N.M, 2006- Office national météorologique Ghazaouet.

PNUE (Programme des Nations Unie pour l'Environnement), 1990-Répertoire des aires marines et côtières protégées de Méditerranée. MAP Technical Reports Series, UNEP, Greece, 36: 194 pp.

Ostapczuk, P ; Burow, M ; May, K ; Mohl, C ; Froning, M ; Sussenbach, B ; Waidmann, E et Emons, H. 1997- Mussels and algae as bioindicators for long-term tendencies of element pollution in marine ecosystems. *Chemosphere* 34 (9- 10), 2049-2058.



Pergent, G et Pergent –Martini, C. 2000- Mercury levels and fluxes in *Posidonia oceanica* meadows, *Environmental Pollution* 106 . pp : 33-37.

Philips DJH ,1997-The use of Biological indicator organisms to monitor trace metal pollution in marine and estuarine environments. *A Review Environ Polut* 1977, IFREMER 1997, pp 272.13: 281-317.

Philibert J., Vignes A., Bréchet Y., Combrade P., 2002. *Métallurgie du minerai au matériau.* Dunod éditeur , Paris,1177 p.

PNUE (Programme des Nations Unie pour l'Environnement), 1990-Répertoire des aires marines et côtières protégées de Méditerranée. MAP Technical Reports Series, UNEP, Greece, 36: 194 pp

Bibliographie

R

Rainbow, P.S. 1995- Biomonitoring of heavy metal availability in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin* 31, 183-192.

RAMADE F., 1992. Précis d'écotoxicologie. Ed Masson. Paris 300p.

Ramousse R., Le Berre M., Le Guetel L. 1996- Introduction aux statistiques.
<http://www.cons-dev.org/elearning/stat/parametriques/5-3/5-3.html>

T

Tanti S., Bouklikha F., 2004- bioaccumulation métallique chez deux espèces d'algues *Enteromorpha linza* et *Corallina officinalis* et analyse physicochimique de l'eau de mer dans la baie de Ghazaouet. Mémoire d'ingénieur d'état en écologie et environnement. Uni. de Tlemcen. 110p.

Topcuogly S., Kirbasoglu C., Balkis N., 2003. Heavy metal concentrations in marine algae from the Turkish coast of the Black Sea, during 1979-2001. *J.Black Sea/ Mediterranean Environment* vol10: 21-44.

V

Volle M., 1985. Analyse des données, (3eme édition). Collection « économie et statistiques avancées». *Economica*, 108- 129

Vogt W P., 1993- Dictionary of statistics and methodology. Kindle edition p177- 201.

Annexe 1

Tableau : valeurs des températures mensuelles de la période 2004-2011

MOIS-Ann	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juill	aout	sep	oct	nov	dec	total
2004	134	143	145	160	178	231	255	264	246	215	215	134	2320
2005	103	128	144	166	206	229	262	258	235	205	160	121	2217
2006	121	126	149	180	200	222	261	260	240	218	184	138	2299
2007	120	150	146	160	198	224	254	253	235	204	159	131	2234
2008	130	139	153	176	192	227	261	267	240	205	148	124	2262
2009	129	128	148	162	195	233	268	266	233	214	183	156	2315
2010	149	163	196	237	263	203	220	198	136	152	154	143	2214
2011	133	128	147	173	198	226	252	259	237	199	166	128	2246
moyenne	127,375	138,125	153,5	156,75	203,75	224,375	254,125	253,125	225,25	201,5	171,125	134,375	

Tableau : valeurs des précipitations mensuelles de la période 2004-2011

Mois	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septem	oct	nov	dec	TOTAL
2004	51	39	142	39	39	6	0	1	0	53	53	63	486
2005	16	66	68	19	1	3	0	0	3	50	79	13	318
2006	58	53	25	41	74	0	0	2	5	10	5	84	357
2007	31	46	30	87	6	0	0	1	8	51	97	26	383
2008	24	30	21	16	24	8	10	0	38	177	132	119	599
2009	106	35	17	39	4	0	0	3	61	2	23	36	326
2010	30	41	69	14	38	3	15	9	54	67	48	168	556
2011	46	42	30	54	40	10	0	15	1	88	132	143	720
TOTAL													3745
MOYENNE	45,25	44	50,25	38,625	28,25	3,75	3,125	3,875	21,25	62,25	71,125	81,5	468,125

Résumé

Ce travail consiste à démontrer la présence des métaux lourds chez la coralline et cela dans le cadre d'une contribution à une étude de la bioaccumulation des éléments métallique dans le littoral de Ghazaouet.

Cette étude quantitative permet d'une part de consolider les résultats des études antérieures en démontrant la présence des métaux lourds dans le littoral, et d'autre part, de démontrer l'évolution quantitative de cinq polluants, notamment, le Cadmium, le cuivre, le fer, le plomb et le zinc. Ces éléments toxiques représentent un réel danger pour les organismes vivants. La teneur en métaux lourds (Zn, Fe, Cu, Pb, Cd) de la région de Ghazaouet a été suivie sur un cycle annuel au niveau d'oued Abdellah, le port de Ghazaouet et d'une durée de six mois pour oued Ghazouana.

Dans les trois secteurs évoqués ci-dessus, la bioaccumulation des métaux lourds chez *Corallina officinalis*, un excellent bioindicateur nous permet de démontrer la présence et de l'accumulation des métaux lourds dans le littoral depuis des années. La contamination métallique de la station port et oued Ghazouana s'est révélée importante et atteint des niveaux qui dépasse la norme de l'IAEA-392 et qui arrive à des niveaux alarmant, soulignant par là deux facteurs principaux de la pollution marine de Ghazaouet. Le complexe d'ALZINC ainsi que l'unité de dessalement qui se trouve respectivement à proximité des trois secteurs faisons l'objet de cette étude sans oublier les rejets urbain et domestique.

Mot-clé : pollution marine, métaux lourds, *Corallina officinalis*, Ghazaouet