

République Algérienne Démocratique et Populaire
Université Abou Bakr Belkaid– Tlemcen
Faculté des Sciences
Département de Chimie

Mémoire de fin d'études

pour l'obtention du diplôme de Master de chimie

Option: Chimie Inorganique et Environnement

Thème

**Contribution à l'évaluation de la
pollution marine par les métaux lourds
chez les algues de la baie de Honaine**

Réalisé par :

- SELKA Fatima zahra

Présenté le 15 Juin 2015 devant le jury composé de MM.

- | | | |
|----------------------------|--------------------|------------|
| - Mme Gellil Fatima zahra | M.C.A (Présidente) | U. Tlemcen |
| - Mme Kaid slimaine Nacéra | Pr (Encadreur) | U. Tlemcen |
| - Mr Benbadji Ismat | M.C.A (Examineur) | U. Tlemcen |
| - Mr Belhadj Hichem | M.A.A (Invité) | U. Media |

DEDICACES

Je dédie ce mémoire

à tout ceux qui me sont très chers

sans eux ce mémoire n'aurait pas pu voir le jour.

Fatima Zohra.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je voudrais remercier toutes les personnes qui m'ont permis de finaliser mon mémoire et de mettre à jour, ainsi qu'à l'ensemble des professeurs spécialement :

Mme KAID SLIMANE Nacera, mon encadreur qui m'a fait part de ses réflexions et ses conseils profitables, sa vision complémentaire surtout indispensable m'a permis de faire évoluer ce travail.

Mes remerciements les plus vifs pour la présidente du jury Mme MOKHTARI Malika pour m'avoir accueilli dans son laboratoire et aussi de m'avoir aidé matériellement.

Je voudrais remercier aussi Mme GUELIL Fatima Zahra et pour avoir bien voulu faire partie du jury.

J'adresse mes remerciements à Mr BENABADJI Ismat pour avoir bien voulu participer et examiner ce travail.

Je ne saurais remercier monsieur BELHAJ Hichem, pour m'avoir aidé à me procurer les échantillons et pour son aide précieux.

Je voudrais témoigner de mon plus profond remerciement à ma mère pour son soutien et sa présence tout au long de ce mémoire.

Je tiens à remercier finalement ma famille, mes amis et mes collègues pour leur soutien et leurs conseils.

Fatima Zahra.

Table des matières

Introduction générale.....	01
CHAPITRE I: Synthèse bibliographique	
I-1 pollution marine.....	05
I-1-1 pollution marine en méditerranée.....	05
I-1-2 la pollution marine en Algerie.....	05
I-2 les métaux lourd dans le milieu marin.....	06
I-2-1 les sources des métaux lourd.....	06
-sources naturelles.....	06
-sources anthropiques.....	06
I-2-2 la toxicité des métaux lourds.....	07
I-3 présentation des métaux lourds.....	07
I-3-1 cadmium.....	07
I-3-2 le cuivre.....	08
I-3-3 le plomb.....	09
I-3-4 le zinc.....	11
I-3-5 le fer.....	12
I-3-6 le chrome.....	13
I-4 la bioaccumulation des métaux lourds.....	14
I-5 Le bio indicateur de pollution.....	14
I-6 Généralité sur les algues.....	14
I-6-1 Domaines d'utilisation des algues.....	15
I-7 Aperçu sur l'Enteromorphe.....	16
I-8 Aperçu sur l'ulve « Ulva lactuca »	17

CHAPITRE II: Présentation De La Zone D'étude

II-1 Situation géographique	20
II-2 Hydrologie.....	21
II-3 Climatologie.....	22
II-4 la pêche.....	22

II -5 les principales sources de pollution de la région.....	22
--	----

CHAPITRE III: Materiel Et Methodes

III-1 Prélèvements traitements et minéralisations des échantillons.....	24
III-1-1 Choix des stations de prélèvement.....	24
III-1-2 Choix des échantillons.....	24
III-1-3 Choix des contaminants.....	24
III-2 Méthode de prélèvement.....	25
III-2-1 prélèvement.....	25
III-2-2 minéralisation.....	25
III-3 Dosages des métaux.....	26
III-4 Calcul des concentrations.....	27
III -5 Analyses statistiques.....	27
III-5-1 Comparaison de moyennes : ANOVA et test de Student	27
III-5-2 Analyse en composantes principales (ACP).....	28

CHAPITRE IV: Résultats Et Discussions

IV- 1 Enteromorphe.....	30
IV-1-1 Plage de Honaine.....	30
IV-1-2 Plage de Tafsout.....	31
IV-2Ulve (<i>Ulva lactuca</i>).....	33
IV-1-1 Port de Honaine	33
IV-3 La comparaison entre les stations pour l'enteromorphe.....	35
IV-4Comparaison des teneurs métalliques chez les algues.....	37
IV-5 Comparaison entre les teneurs métalliques moyennes.....	39
IV-6 Analyse multifactorielle ACP.....	40
IV-7Comparaison avec la littérature.....	42
Conclusion générale	44

Introduction générale

Introduction

L'écosystème marin a été affecté ces dernières années par une population mondiale grandissante et ce qu'elle engendre comme épuisement de la richesse naturelle, le plus souvent en employant des techniques destructives. Les changements climatiques et l'industrialisation amplifient, eux aussi, la dégradation de ces écosystèmes.

La pollution marine résulte de tous les produits rejetés dans les mers et les océans surtout les déchets organiques et toxiques en conséquence de l'activité humaine. Cette pollution arrive dans le milieu marin par le vecteur des voies fluviales, des vents.

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.

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 contamination des écosystèmes aquatiques par des substances étrangères et en particulier par les métaux lourds demeure un sérieux problème d'environnement de plus en plus inquiétant. Utilisés dans la plupart des procédés industriels, ces substances toxiques sont ensuite rejetées via les effluents dans le milieu récepteur souvent sans traitement préalable. En effet, les activités anthropiques sont les principales responsables de la dégradation de la qualité des écosystèmes.

Face à cette situation inquiétante, des études ont été menées afin de connaître la qualité de ces rejets et ont pu mettre en évidence la présence de contaminants dangereux tels que les métaux lourds, polluants qui se distinguent des autres polluants chimiques par une faible biodégradabilité et un important pouvoir de bioaccumulation le long de la chaîne trophique, ce qui pourrait être nuisible aussi bien à la population qu'à la faune et la flore de notre région.

Pour cela nous nous sommes proposés, de contribuer à cette étude pour compléter les données acquises sur la présence des métaux dans les différents substrats et alimenter la banque de données sur ce sujet de l'ouest algérien.

Notre étude s'intéresse essentiellement à l'accumulation métallique chez deux espèces d'algue verte, enteromorphe et ulve de la baie de Honaine qui est une région réputée encore sauvage.

Notre objectif est d'évaluer l'accumulation de six métaux (le chrome, le cuivre, le fer le zinc le plomb et le cadmium) dans les échantillons d'algues, durant une période allant du mois de Juillet 2010 jusqu'au mois de Juin 2011. Ces derniers ont subi une minéralisation puis une analyse par spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme (SAAF).

Le présent travail comporte quatre chapitres :

- Le premier chapitre est une synthèse bibliographique regroupant des généralités sur la pollution par les métaux lourds, sur les espèce étudiées et la bioaccumulation métallique.
- Le deuxième chapitre est une présentation de la zone d'étude et de ses caractéristiques.
- Dans le troisième chapitre nous avons décrit les méthodes de prélèvement, d'échantillonnage, d'analyses (SAAF) et de traitements statistiques.
- Le quatrième et dernier chapitre est essentiellement réservé aux résultats obtenus et à leurs interprétations.

Enfin ce travail est achevé par une conclusion générale et des perspectives.

Chapitre I

Synthèse Bibliographique

I-1 Pollution marine

L'histoire de la pollution se confond avec l'évolution de ses trois causes essentielles L'industrialisation, l'urbanisation et l'explosion démographique, elle peut être définie comme étant Une modification défavorable au milieu naturel qui apparait en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaine (**Ramade, 2000**).

Elle comprend à la fois des notions qualitatives et quantitatives. A côté des polluants créés artificiellement par les activités humaines, il y a ceux qui existent déjà dans la nature et dont l'homme augmente leur fréquence d'émission et leurs quantités (Viala, 1998).La pollution des eaux se rapporte à des déversements, des écoulements, des rejets, des dépôts directs de matières de toute nature susceptible de provoquer ou d'accroître la dégradation des eaux en modifiant leurs caractéristiques physiques ,chimique ,biologique ou bactériologique.

I-1-1 La pollution marine en Méditerranée :

La mer méditerranéenne possède une variété d'espèce aquatique et un climat unique au monde. Ces éléments rendent propice une diversité animale et florale extraordinaire, Mais cette richesse animale et végétale est la principale victime de la pollution.

Les principales inquiétudes écologiques pour la méditerranée sont l'eutrophisation, la contamination toxique, en particulier par les métaux lourds et les polluants organiques persistants (POP), ainsi que les pollutions pétrolières, la pollution générée par l'élimination des plastiques, la sur pêche et la dégradation des zones côtières (**AEE, 1998**).

Les zones côtières sont les plus vulnérables à l'eutrophisation, les activités anthropiques génèrent des quantités accrues de nutriment, charriées par les rivières et les rejets directs d'eau usées domestiques et industrielles non traitées (**Lacaze, 1996**).

I-1-2 la pollution marine en Algérie :

En Algérie, la majorité de la population est installée le long du littoral, d'environ 1200km. Si de nombreux déchets sont abandonnés sur les plages ou jetés à la mer, d'autre proviennent de l'intérieur des terres, des sacs en plastiques, des bouteilles, des palettes jetées volontairement ou accidentellement dans les oueds se retrouvant ainsi dans la mer. Presque un demi million de mètres cubes d'ordures sont ramassés quotidiennement dans les centres

urbains du littoral méditerranéen, mais de nombreuses décharges sont mal conçues par infiltration des eaux souterraines (**Chouikhi et al., 1992**).

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 et le cadmium.

I-2-1 Sources des métaux lourds

-Sources naturelles :

Les métaux se trouvent dans tous les écosystèmes naturels et à tous les niveaux, dans le milieu aquatique (l'eau salée et douce), dans les roches et chez la communauté animale et végétal

Parmi les importantes sources naturelles: citons les activités sismiques volcaniques, l'érosion, les incendies de forêts, les rivières et les fleuves, le lessivage des sols côtiers et l'altération des continents.

-Sources anthropiques :

Il existe trois sources principales de métaux lourds :

- apports d'origine agricole (amendements organiques, engrais minéraux, pesticides),
- résidus industriels et urbains,
- retombées atmosphériques (**Duchaufour, 1997**).

Selon **Grousset et Donard (1989)**, ces métaux, se trouvant sous formes dissoutes et particulières, sont assimilés par les organismes marins. Il représente un danger plus important que les rejets d'hydrocarbures ou mêmes d'éléments radioactifs.

I-2-2 La toxicité des métaux lourds:

Une des principales conséquences de la présence des métaux dans l'eau de mer est leur passage dans la biomasse. Ce transfert peut enchaîner des toxicités directes qui se manifestent rapidement par une atteinte de la biomasse, ou indirectes qui sont liées à l'accumulation progressive de ces métaux par les organismes (**Ramade, 2000**).

Les composés métalliques ont une toxicité variable selon leur nature et leur voie de pénétration (ingestion, respiration, contact avec la peau) (**Chiffolleau et al., 2001**).

Par ailleurs, si les métaux sont souvent indispensables au métabolisme des êtres vivants (oligo-éléments), nombreux d'entre eux sont cependant toxiques lorsque leur concentration dépasse un seuil, lui-même fonction de l'état physico-chimique de l'élément considéré. C'est le cas du fer (**Fe**), du cuivre (**Cu**), du zinc (**Zn**), du nickel (**Ni**), du cobalt (**Co**), du molybdène (**Mo**) du manganèse (**Mn**), du chrome (**Cr**), du titane (**Ti**) ect...

D'autres ne sont pas nécessaires à la vie et sont préjudiciables dans tous les cas comme le plomb (**Pb**), le cadmium (**Cd**) et l'antimoine (**Sb**) (**CASAS, 2005**).

I-3 Présentation des métaux étudiés

I-3-1 Le Cadmium

a) Présentation:

Dans la nature le cadmium n'existe pas à l'état natif. C'est un élément relativement rare qui se rencontre en tant que constituant mineur dans divers minerais, son minéral est un sulfure, la Greenockite (CdS).

Tableau I-1 : Caractéristiques du cadmium (Rodier, 1996)

Elément	Etymologie d'élément	Symbole	Année de découverte	Numéro atomique (Z)	Masse atomique (Ar)	Masse volumique (g/cm ³)
Cadmium	Du grec Kadmia, (= terre)	Cd	1817	48	112,4	8,7

b) Utilisations :

Le cadmium est exploité industriellement comme un sous-produit de la métallurgie du zinc. Il est principalement utilisé pour la fabrication de batteries et le traitement de surface aciers (revêtements anticorrosion). Il est également employé pour la décoration des porcelaines, en peinture, en caoutchoutheriez. (IFREMER, 2001).

c) Toxicité:

Le cadmium présente des risques chez le consommateur humain. Même à de faible concentrations, il tend à s'accumuler dans le cortex rénal sur de très longues périodes (50 ans) où il entraîne une perte anormale de protéines par les urines (protéinurie) et provoque des dysfonctionnements urinaires chez les personnes âgées (Chiffolleau et al., 2001).

I-3-2 Le Cuivre

a)Présentation:

Le cuivre est extrait d'une grande variété de minerais d'une teneur (165) de 0,7à 2 %. De nombreux autres éléments métalliques (Fe, Ni, Zn, Pb, Co, ..) sont souvent associés au cuivre. Le cuivre est un élément essentiel chez l'homme et l'animal, impliqué dans de nombreuses voies métaboliques, notamment pour la formation d'hémoglobine.

Tableau I-2 Caractéristiques du cuivre (Rodier, 1996)

Elément	Etymologie d'élément	Symbole	Année de découverte	Numéro atomique (Z)	Masse atomique (Ar)	Masse volumique (g/cm ³)
Cuivre	de Cyprium, ancien nom de l'île de Chypre	Cu	/	29	63,54	8,96

b) Utilisations :

L'utilisation d'oxyde de cuivre comme matière active des peintures anti-salissures constitue une source importante de cuivre en zone portuaire. Cet élément est aussi utilisé dans des produits phytosanitaires (désherbants, insecticides, fongicides).

c) Toxicité :

La toxicité vis-à-vis des organismes marins dépend de la forme chimique du cuivre et de son état d'oxydation.

Il est peu toxique envers les animaux, toxique envers les plantes et les algues à des niveaux modérés

Les sels de cuivre sont des agents particulièrement irritants. Les principales formes toxiques chez l'homme et l'animal sont les formes solubles du cuivre c'est-à dire les sels du cuivre II (acétate, carbonate, chlorure, hydroxyde, nitrate, oxyde, oxychlorure et sulfate). (Pichard, 2005).

I-3-3 Le Plomb :

a) Présentation:

Le plomb est très souvent associé au zinc dans les minerais mais aussi à de nombreux autres éléments: Fe, Cu, Cd, As, Ag, Au, qui sont en grande partie (sauf Fe) récupérés lors des opérations métallurgiques. Le principal minerais de plomb est la galène (PbS), très souvent associée à la blende et la pyrite.

Tableau I-3 : Caractéristiques du plomb (**Rodier, 1996**)

Elément	Etymologie d'élément	Symbole	Année de découverte	Numéro atomique (Z)	Masse atomique	Masse volumique
Plomb	du latin, Plumbum	Pb	/	82	207,2	11,34

b) Utilisations :

Le plomb a été employé depuis l'antiquité en raison de sa grande malléabilité et ductilité, sa résistance à la corrosion (en milieu non acide dans l'air et le sol) et en raison de son bas point de fusion, notamment pour la réalisation de conduites d'eau potable (voir plomberie), de vaisselle, de plaques de toiture et de gouttières, ainsi que coulé pour sceller du fer forgé dans la pierre (balustrades). Il est encore largement utilisé aujourd'hui dans les accumulateurs électriques (batteries).

c) Toxicité :

Toxicité aiguë sur les organismes à partir de 0,1mg/l. Chez l'homme, c'est un poison cumulatif responsable de saturnisme: atteinte neurologique (fatigue, irritabilité, retard intellectuel chez les enfants), troubles rénaux, cardiovasculaires (**Gaujous, 1995**).

Les ions Pb^{2+} entrent en compétition avec Ca^{2+} dans la formation des os (saturnisme) et peuvent aussi bloquer plusieurs enzymes. (**Chiffolleau et al., 2001**). Le transport du plomb se fait par le biais du sang à tous les organes. Il est accumulé dans les tissus du corps, les os, le foie et les reins (**Belhadj, 1996**).

I-3-4 Zinc :

a) Présentation:

Le zinc est très souvent associé au plomb et au cadmium dans les minerais, avec une teneur variant de 4 à 20 pour cent. Le minerai principal est la blende, sulfure de zinc (ZnS). Il s'agit d'un oligo-élément indispensable au développement de la vie.

Tableau I-4 : Caractéristiques du zinc (**Rodier, 1996**)

Elément	Etymologie d'élément	Symbole	Année de découverte	Numéro atomique (Z)	Masse atomique (Ar)	Masse Volumique (g/cm ³)
Zinc	De zink, nom allemand de l'étain	Zn	16 ^{ème} siècle	30	65,38	7,133

b) Utilisations :

Les principales utilisations du zinc étant la couverture de bâtiments (40%), les barres et profilés (20%), la chimie, notamment du caoutchouc (12%). De plus, le zinc est contenu dans certaines peintures anti-salissures.

c) Toxicité :

Pour la vie aquatique, le zinc présente une toxicité aigüe sur la plupart des organismes à partir de quelque mg / l (**Gaujous, 1995**).

Il inhibe la photosynthèse des plantes vertes, du phytoplancton et des algues macrophytes, à partir d'une concentration dans l'environnement variable selon l'espèce considéré. il ralentit la croissance des végétaux dans les sols où il se rencontre en excès (**Ramade, 2000**).

Les besoins pour l'organisme humain sont de 15 mg/j, nécessaires à l'activité d'enzymes. L'organisme d'un homme de 70 kg contient de 2 à 3 g de zinc (**Chiffolleau, 2001**).

I-3-5 Fer :

a)Présentation:

Le fer est parmi les éléments métalliques les plus fréquemment rencontrés dans l'eau (**Bontoux, 1993**). Il provient de la lixiviation des terrains traversés, des minéraux argileux, et exclusivement des rejets industriels. (**Rodier, 1976**).

Corps biogène dont l'isotope le plus abondant est un oligo-élément indispensable à tous les êtres vivants. Associé à un noyau tétra pyrrolique, il intervient dans la constitution des molécules d'hémoglobines ainsi que de plusieurs enzymes en particulier des cytochromes dont le rôle est essentiel tant dans la respiration que dans la photosynthèse (**Ramade, 2000**).

Tableau I-5 : Caractéristiques du fer (**Rodier, 1996**)

Élément	Étymologie D'élément	Symbole	Année de découverte	Numéro atomique (Z)	Masse atomique (Ar)	Masse volumique (g/cm ³)
Fer	Du latin ira	Fe	/	26	55.845	7.86

b) Utilisations

Il était utilisé dans la fabrication d'objets décoratifs et d'armes en tous genres.

c)Toxicité :

Le fer élément essentiel de la nutrition humaine. Les besoins journaliers sont de 1 à 2 mg l'ingestion de grandes quantités de fer produit une hémochromatose, dans cette affection, les mécanismes normaux de régulation n'agissent plus efficacement et il se produit des lésions de tissus par suite d'accumulation de fer (**Ramade, 2000**).

I 3-6 chrome

a)Présentation :

Le chrome se présente sous la forme d'un métal gris acier et dur. Sa principale particularité est de résister au ternissement et à la corrosion. Les états d'oxydation de +2 à +6 sont rencontrés.

Le chrome hexa valent est particulièrement oxydant tandis que le chrome (II) est un réducteur.

Tableau I-6 : Caractéristiques du fer (**Rodier, 1996**)

Elément	Etymologie D'élément	Symbole	Année de découverte	Numéro atomique (Z)	Masse atomique (Ar)	Masse volumique (g/cm ³)
Chrome	/	Cr	/	24	51,9961	7.15

b) Utilisations :

En métallurgie, pour améliorer la résistance à la corrosion, et rajouter un fini brillant :

Comme constituant d'alliage (par ex. dans l'acier inoxydable) dans le plaquage au chrome (chromage) dans l'aluminium anodisé

Comme catalyseur dans certaines réactions d'hydrogénation, mais aussi sous la forme tri carbonylée comme groupement activateur d'un benzène, ce qui permet de nombreuses transformations chimiques.

c)Toxicité :

Le chrome est un métal toxique pour l'Homme, notamment le chrome (IV). Sa toxicité est fortement dépendante de sa forme : nanoparticule, oxyde, valence, etc. Il est bio accumulé dans certains organismes, comme des végétaux alimentaires. De ce fait, il peut altérer la santé humaine. Néanmoins, le chrome (III) est essentiel pour l'homme comme nutriment, dont la carence peut avoir des conséquences cardiaques ou encore sur le diabète. L'excès de chrome (VI) inhalé provoque des saignements de nez ou encore des irritations nasales.

I-4 La bioaccumulation des métaux lourds

La bioaccumulation est un phénomène par lequel une substance présente dans un biotope pénètre dans un organisme. Dans ce processus il y a simple transfert d'une fraction de la substance contenue dans le biotope dans l'organisme de sorte que la concentration dans ce dernier est généralement inférieure ou égale à celle où le polluant se rencontrera (l'eau ou le sol).

Les métaux lourds sont des polluants particulièrement toxiques pour la santé humaine. Cette toxicité est renforcée par un phénomène d'assimilation et de concentration dans l'organisme qu'on appelle la bioaccumulation (**Miquel, 2001**).

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 de «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 deux espèces d'algue verte qui est *l'enteromorphe et l'ulve* comme bio indicateur de la pollution marine par les métaux lourds.

I-6 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 bioaccumulation 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 de l'algue dépend principalement de la présence des pigments photosynthétiques. Elles possèdent toutes un pigment vert: la chlorophylle a (comme les plantes supérieures).

I-6-1 Domaines d'utilisation des algues:

Les différents domaines d'utilisation des végétaux marins sont:

- 1- *Alimentation humaine* : Traditionnellement consommée au Japon sous le nom générique de "Aonori", les entéromorphes ont été autorisées en France à la consommation humaine en décembre 1988 par le Conseil supérieur d'hygiène publique.

- 2- *Alimentation animale*: Il ne semble pas exister d'industries exploitant les algues méditerranéennes. L'utilisation, beaucoup plus facile, de farines d'algues comme complément alimentaire a montré des gains réels en vitamines et oligoéléments.

- 3- *Agriculture et horticulture*: Un grand nombre de peuples riverains ont utilisé les épaves rejetées par la mer pour fertiliser les champs souvent sablonneux. Maintenant, on s'oriente vers l'utilisation d'extraits qui assurent un rôle non seulement fertilisant mais accélérateur de croissance et protecteur de cultures en limitant, semble-t-il, l'action des épiphytes ou parasites, comme les champignons.

- 4- *Médecine et Pharmacie*: Un très grand potentiel dans ce domaine est montré (plus de 50 espèces) lié à la mise en évidence d'action antimicrobienne et à la découverte de différents types de substances biochimiques. C'est d'ailleurs dans ce domaine que l'augmentation du nombre de produits commercialisés a été la plus rapide.

- 5- *Production d'énergie*: L'existence de "marées vertes", fournissant ainsi de grandes quantités d'algues (principalement sur les côtes à marées), a orienté les recherches vers la valorisation de cette biomasse indésirable.

- 6- *Épuration des eaux*: Ce domaine est complémentaire et associé au précédent (dans la mesure où les algues épurent les eaux en utilisant les sels nutritifs souvent en excès en raison

des pollutions) à condition de les récolter avant leur décomposition par les bactéries, et donc avant l'eutrophisation du milieu.

I-7 Aperçu sur l'enteromorphe

-Description :

Le terme « **enteromorpha** » signifie en grec ancien «en forme d'intestin». *Enteromorpha linza* (Enteromorphe) est un genre d'algues vertes de la famille des Ulvaces. Reclassés parmi les ulves, les enteromorphes sont des algues annuelles très communes qui se développent généralement en quantité très importantes, sur les rochers, et dans les cuvettes au niveau des étages médio- et infra -littoral. Leurs frondes de couleur vert pâle à vert foncé peuvent atteindre de 25 à 30 cm et plus selon les espèces. (JULIEN, 2007).



Fig I-1 : *Enteromorpha linza* (Originale)

Les enteromorphes sont des algues marines mais 4 ou 5 espèces se retrouvent dans les eaux douces. On peut les distinguer par la forme du thalle, l'épaisseur des membranes (en coupe transversale), la disposition régulière ou irrégulière des cellules, l'orientation du plaste, le nombre des pyrénoides (Bourelly, 1972).

- Rang taxonomique:**S. Règne:** Thallophytes**Phylum:** Chlorophytes**Classe :** Chlorophycées**S. classe:** Ulothricophycées**Ordre :** Ulothricales**Famille:** Ulothricacées (ulvacées)**Genre espèce:** *Enteromorpha linza*.**-Croissance :**

L'*enteromorpha linza* est caractérisée par sa croissance rapide entre l'hiver et le début de l'été où elle apparaît comme un épais tapis vert (F.A.O, 1987).

-Reproduction :

La reproduction des enteromorphes est sexuée, se fait par iso ou anisogamie de gamètes biflagellés, ces algues sont hétérothalliques il y' à une alternance de génération isomorphes, elles sont digénétique, haplodiploïdes, c'est-à-dire avec alternance régulière de sporophytes diploïdes et gamétophytes haploïdes.(Bourrelly, 197 ?)

-Utilisation:

L'enteromorphe présente une utilisation potentielle en médecine en raison de la présence des vitamines A, B1, B2 et des substances antimicrobiennes (F.A.O, 1987).

I-8 Aperçu sur l'ulve « *Ulva lactuca* »:**- Description**

Très tolérante vis-à-vis de la salinité (espèce euryhaline), elle est capable d'osmorégulation. On la rencontre en pleine eau, mais aussi sur les linéaires côtiers où elle colonise les roches avec les enteromorphes et au niveau des arrivées d'eaux douces plus ou moins riches en engrais. Souvent on la trouve aussi en association d'*Ulva rigida* abondante dans les ports où elle est très tolérante vis-à-vis de la pollution en milieu asphyxié.

Les ulves sont représentées par un thalle violacé très polymorphe, fixé au substrat par un petit disque formé de nombreux rhizoïdes issus de cellules basales. (F.A.O, 1987) (Fig. I-2).



Fig I-2: ULVE (*Ulva lactuca*)

Taxonomie :

Embranchement: Chlorophytes;

Classe : Chlorophycées

S.Classe : Ulothricophycées;

Ordre : Ulvales

Famille: Ulvacées

Genre: *Ulva*

Ulva lactuca. (Linnaeus, 1786)

-Reproduction:

Les gamétophytes engendrent des gamètes flagellés angiosperme et les sporophytes des spores quadri flagellés (F.A.O, 1987).

-Utilisation:

Leurs utilisations potentielles dans l'alimentation humaine sous forme de salade, aussi animale et une utilisation médicale en raison des vitamines C et BI et des substances antimicrobiennes, leur matériel végétal pourrait facilement être cultivé par aquaculture pour la production de biomasse (F.A.O, 1987).

Chapitre II

Etude De La Zone

II-1 Situation géographique

La ville de Honaine se trouve sur la côte ouest algérienne, à une altitude de 15 m et dont les coordonnées Lambert sont :

1°39' 13" longitude ouest ;

35°10'38" de latitude nord. (Google Earth, 2009).

Honaine se trouve entre les sites portuaires de Beni saf et Gazaouat, à 40 km de la frontière marocaine et à 60 km au nord-ouest de Tlemcen. Elle est située au centre de la bordure côtière du massif des Trara, limitée au Nord par la mer, à l'ouest par les daïras de Nedroma et de Ghazaouet et au sud par la daïra de Remchi dont elle faisait partie avant le découpage administratif de 1991



Fig II-1 Photo satellitaire de la ville de Honaine prise à 1.63 km d'altitude



Fig II-2: Carte de situation géographique de la ville de Honaine (Encarta, 2008).

II-2 Hydrologie :

Cette commune compte un nombre relativement important d'oueds pouvant faire l'objet de travaux de régulation et de mobilisation des eaux superficielles en vue de leur utilisation pour l'agriculture et le développement de la faune et de l'avifaune. On compte principalement d'Ouest en Est:

- oued Seftar qui matérialise la limite ouest de la commune.
- oued Labkirienne qui se jette dans l'oued Kiouma.
- oued Kiouma.
- les oueds Defla et Mekkassi affluent de l'oued Amelak.
- oued Amelak.
- oued Menzel, nommé communément Oued Reggou qui se jette à la mer au niveau de la plage de Honaine (coté gauche).
- oued Mezirine affluent de l'Oued Honaine.
- oued Honaine qui traverse la ville et se jette à la mer au niveau de la plage de Honaine (coté droit).
- oued Rif.
- oued Saf Saf.
- oued El Beir.

- oued El Guelta.

Les oueds ont creusé de profondes vallées encaissées. C'est aussi une station balnéaire avec plusieurs plages étroites, qui sont le siège d'un dépôt grossier (galets) avec très peu de sable, voire sans sable.

Au niveau de la commune, on dénombre d'Est en Ouest les plages suivantes :

- Agla (en espagnole qui signifie : aigle).
- Tafsout (Tafsout en berbère qui signifie : printemps).
- Honaine (affecté par le port et les activités liées).
- Oued Salah (accès très difficile).
- Marsat Erebat (Appelée plus communément Barbajani)

II-3 Climatologie :

La région de Honaine présente un caractère méditerranéen semi aride qui se dégradé au fur et à mesure que l'on quitte la côte. Par sa position et son orientation sud - ouest, nord-est de son relief, la ville d'Honaine comprend plusieurs petites variantes bioclimatiques. Dans l'ensemble le climat est généralement doux : l'influence de la mer, rafraîchissante en été, adoucissante en hiver est déterminée .

II-4 la pêche :

La région de Honaine est caractérisée par une façade maritime qui s'étend sur 12 km sur laquelle est édifié un abri de pêche avec une capacité théorique de 55 embarcations de petit tonnage. La pêche constitue avec l'agriculture et le tourisme les principaux secteurs d'activité économique de la région.

Le manque des moyennes de la pêche (les bateaux, les réseaux ...) provoque une faible production qui est estimée à 55000 kg en 2009 .

II-5 Les principales sources de pollution de la région sont :

- La pollution par des rejets d'eaux usées d'origine domestique
- La pollution par la présence de macro déchets et de matières organiques fermentescibles abandonnés surtout par l'affluence de touristes en périodes estivales.

Chapitre III

Matériel Et Méthodes

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 Honaine 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 plage de Honaine et son port ont une structure semi fermée qui empêche la libre circulation des courants marins, entraînant une concentration des polluants. La station du port permet d'estimer le degré de concentration des éléments métalliques à ce niveau.

La plage de Tafsout se trouve à une centaine de mètres de la plage de Honaine et son port.

III-1-2 Choix des échantillons

La matière vivante végétale « **algue** » a été choisie pour pouvoir quantifier la bioaccumulation métallique. Le choix s'est porté sur deux espèces : *Enteromorpha linza* et *Ulva lactuca*, deux espèces très répandues dans la région de Honaine.

L'échantillonnage a été réalisé sur une période d'une année allant de juillet 2010 à juin 2011 avec absence d'échantillons pour certains mois.

III-1-3 Choix des contaminants

Le choix des contaminants s'est basé sur la probabilité de leur présence suivant les travaux effectués préalablement sur les sites. Six métaux ont été retenus pour notre étude à savoir : le chrome, le zinc, le cuivre, le fer, le plomb et le cadmium.



Fig III-1 : Plage de Tafsout



Fig III-2 :Port de Honaine



Fig. III-3 : La plage de Honaine

III-2 Méthode de prélèvement

III-2-1 Prélèvement

Après la récolte faite par arrachage à la main sur les trois sites de prélèvements, nos échantillons ont été mis dans des bocaux en verre puis transportés dans une glacière au laboratoire. Les algues ont été séchées, broyées, tamisées et enfin pesées pour procéder à l'étape de minéralisation.

III-2-2 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 fort qui les transforme en ions métalliques libres.

Les échantillons tamisés (trous de tamis = $63\mu\text{m}$), ont été pesés (0.1g), et mis dans des tubes du thermo réacteur (HANNA instrument, Référence HI 839800) (Fig III- 4)

Nous ajoutons 1 ml d'acide perchlorique (HClO_4 à 60%) et nous chauffons à 80°C environ 1H. On retire du feu et nous laissons refroidir (acide foncé). Ensuite nous évaporons à la goutte en remuant sur feu (80°C). Nous reprenons le résidu par l'eau régale (3ml HCl + 1ml HNO_3), et nous laissons pendant 8H à 80°C .

Après évaporation et apparition des points noirs au fond des tubes nous ajustons à un volume avec de l'eau bi distillée (Kut et al., 1999).



Fig III- 1 : Thermo réacteur

III-3 Dosages des métaux

Le dosage des métaux a été réalisé par la spectrophotométrie d'absorption atomique avec flamme (SAA).

Le dosage de nos échantillons a été réalisé au niveau du laboratoire (C.I.E). L'appareil utilisé est un spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme de type Perkin Elmer, modèle Analyse 300" (Fig. III-5). C'est une méthode d'analyse élémentaire qui s'applique à l'analyse des métaux lourds à l'état de traces.



Fig III-5 : Spectrophotomètre d'absorption atomique (originale)

- *principe :*

Cette méthode est basée sur la propriété des atomes de l'élément qui peuvent absorber des radiations de longueur d'onde déterminée. La solution de l'élément à analyser

est nébulisée dans une flamme, ce qui provoque successivement l'évaporation du solvant, la vaporisation d'élément sous forme de combinaisons chimiques, la dissociation de ces combinaisons avec production d'atomes libres à l'état fondamental.

La vapeur est alors exposée à une radiation produite par un élément identique à celui à analyser. L'absorption de la radiation est proportionnelle à la concentration de la vapeur selon la loi de Beer-Lambert suivant : $I = I_0 e^{-KCl}$

La lecture se fait en densité optique: $D_0 = \text{Log } I_0/I = KCl$

I: absorbance (sans unité)

K : Constante

l : longueur de la source d'atomisation (cm)

C : concentration de la substance dans la solution (mole/l)

- **Etalonnage :**

Pour chaque métal à analyser, les standards sont préparés avant l'analyse à partir de solutions mères de 1g/l. Les concentrations des échantillons analysés doivent être comprises dans l'intervalle de concentrations des solutions standards.

III-4 Calcul des concentrations:

La concentration du métal dans l'échantillon sont exprimés en mg/kg selon la formule suivante :

$$C(\text{mg/kg}) = C_1(\text{mg/l}) \times V \wedge m$$

Avec :

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

C_1 : concentration de la solution échantillon en (mg/l),

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

m : masse d'échantillon en (g)

III -5 Analyses statistiques :

III-5-1 Comparaison de moyennes : ANOVA et test de Student

Pour une meilleure interprétation des résultats et afin d'éviter les écarts entre les moyennes des échantillons produits lors d'échantillonnage, des tests statistiques comme l'analyse des variances (ANOVA) et le test de Student ont été développés.

L'ANOVA s'applique indifféremment aux grands et aux petits échantillons. Elle présente l'avantage de vérifier en un seul test si les différences observées au niveau des moyennes d'un ensemble d'échantillon sont imputables aux fluctuations d'échantillonnage ou non. Le test ANOVA permet aussi de préciser les sources de variation donc de savoir, dans une étude à plusieurs variables comme la notre, laquelle de ces variables influe le plus sur les moyennes finales. 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-5-2 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 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 (Voile, 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.

Chapitre IV

RESULTATS ET DISCUSSION

IV-1 Enteromorphe

IV-1-1 Plage de Honaine

La figure IV-1 montre les variations mensuelles des concentrations métalliques (Cd, Cu, Fe, Pb et Zn) chez l'enteromorphe (*Enteromorpha linza*) de la plage de Honaine sur une durée d'une année. Les mois de septembre, d'octobre et de novembre ne figurent pas car ceci est due à l'absence de ces échantillons pendant cette période.

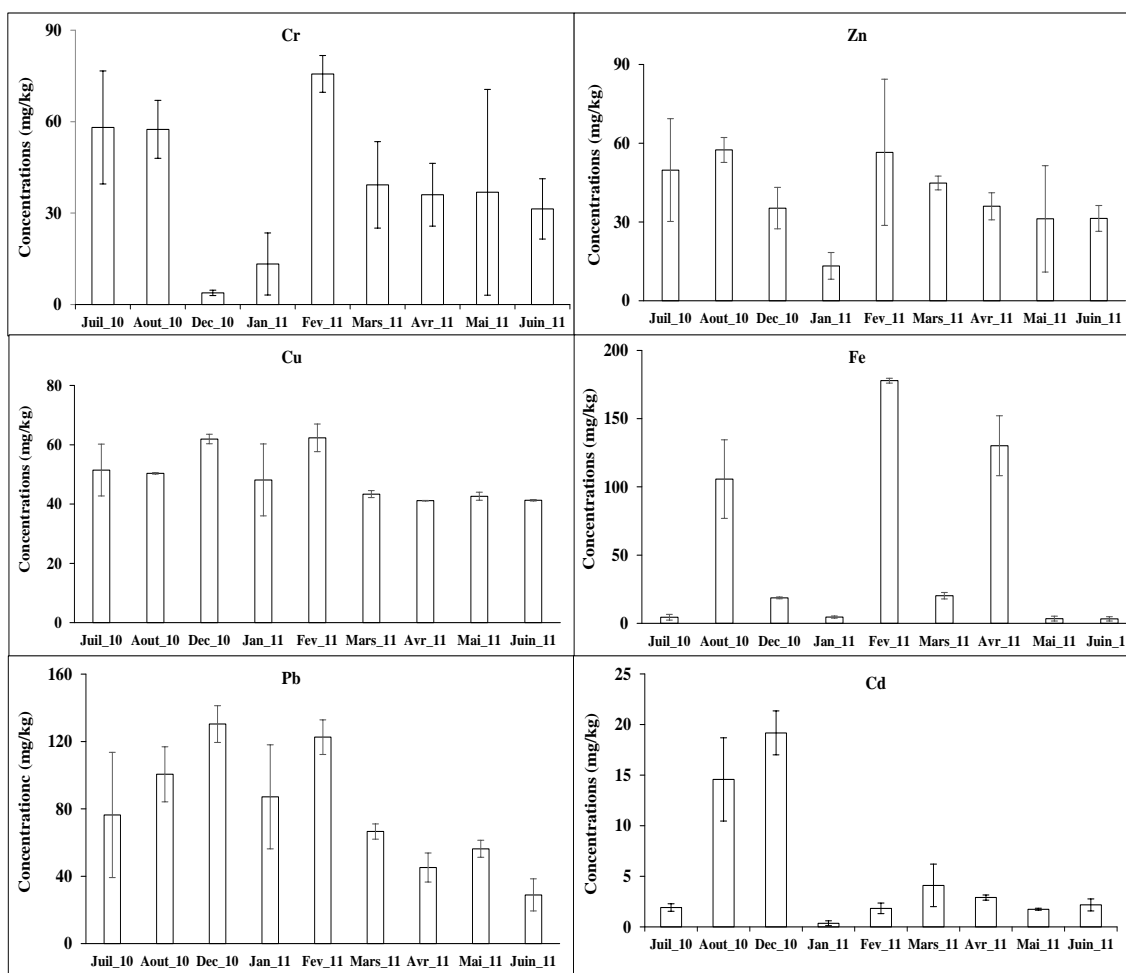


Fig IV-1 : Variations mensuelles des teneurs métalliques (Cr, Zn, Cu, Fe, Pb et Cd) en mg/kg chez l'enteromorphe de la plage de Honaine

Résultats et discussion

Pour le Cr chez l'enteromorphe, nous observons que la concentration la plus élevée a été enregistrée pendant le mois de février (75.64 ± 6.03 mg/kg) et la plus faible a été enregistrée pendant le mois de décembre (3.81 ± 0.88 mg/kg).

L'ensemble des résultats obtenus pour le Zn durant la période de prélèvement (figure IV-1) indique que le maximum d'accumulation est atteint pendant le mois d'août (57.46 ± 4.74 mg/kg) et le minimum d'accumulation est atteint en mois de janvier (13.29 ± 5.09 mg/kg).

Il ressort aussi de la figure IV-1 que la faible concentration en Cu (41.14 ± 0.09 mg/kg) est enregistrée pendant le mois d'avril, alors que la plus élevée et notée pendant le mois de février ($62,36 \pm 4.67$ mg/kg).

Nous observons une concentration très importante en fer pendant le mois février (177.89 ± 1.75 mg/kg) et une concentration faible pendant le mois de juin (3.24 ± 1.52 mg/kg).

Pour le plomb, des teneurs moyennes s'accroissent pour atteindre un maximum pendant le mois de décembre (130.35 ± 10.88 mg/kg) et un minimum pendant le mois de juin (28.93 ± 9.50 mg/kg).

Nous constatons des irrégularités pour le Cd, dont la plus grande valeur est enregistrée en décembre (19.16 ± 2.16 mg/kg) et la plus faible concentration pendant le mois de janvier (0.35 ± 0.24 mg/kg).

L'analyse de variance à un facteur « mois » (ANOVA 1) montre que les résultats des teneurs métalliques sont hautement significatifs ($p \ll 0,05$) pour le Cr, Cu, Fe, Pb et le Cd.

IV-1-2 Plage de Tafsout :

La figure IV-2 montre les variations mensuelles des concentrations métalliques (Cd, Cu, Fe, Pb et Zn) chez l'enteromorphe (*Enteromorpha linza*) de la plage de Tafsout sur une durée d'une année avec un manque d'échantillonnage pendant les mois de juillet, d'août, de septembre, d'octobre, de mai et de juin.

Résultats et discussion

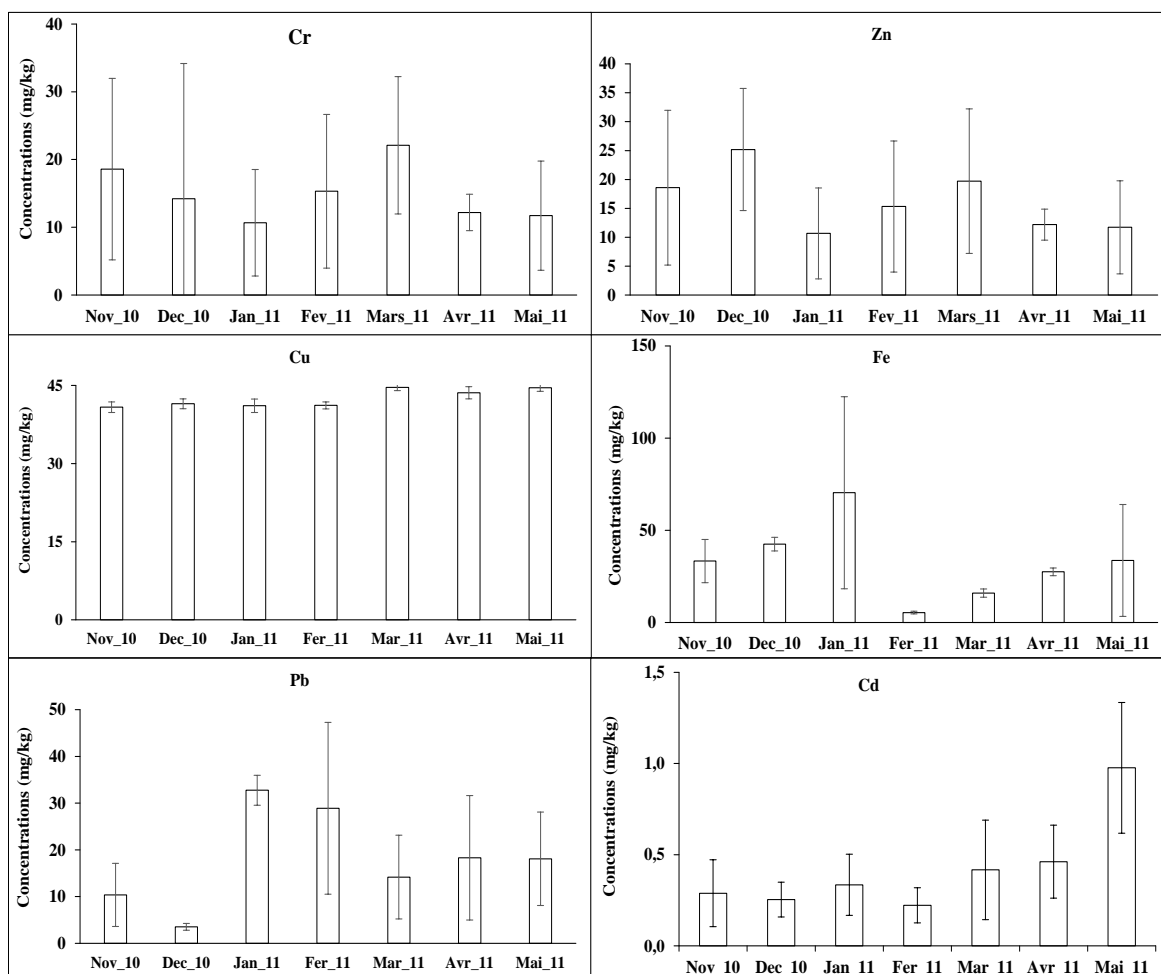


Figure IV-2 : Variations mensuelles des teneurs métalliques (Cr, Zn, Cu, Fe, Pb et Cd) en mg/kg chez l'enteromorphe de la plage de Tafsout

Selon la figure IV-2, nous notons que la concentration maximale du Cr est atteinte pendant le mois de mars (22.09 ± 10.13 mg/kg) et la concentration minimale est observée durant le mois de janvier (10.66 ± 7.86 mg/kg).

L'ensemble des résultats obtenus pour le Zn pendant la durée du prélèvement (figure IV-2) indique que le maximum d'accumulation est observé pendant le mois de décembre (25.18 ± 10.55 mg/kg) et le minimum pendant le mois de novembre (10.66 ± 7.86 mg/kg).

Une accumulation importante en Cu chez l'enteromorphe durant la période d'étude le maximum d'accumulation est atteinte en mai (44.56 ± 0.69 mg/kg) et le minimum pendant le mois de novembre (40.82 ± 1.01 mg/kg).

Résultats et discussion

Nous remarquons pour le Fe que la concentration obtenue pendant le mois de janvier est plus élevée par rapport aux autres mois (70.35 ± 52.11 mg/kg) et le minimum d'accumulation est atteint pendant le mois de février (5.34 ± 0.70 mg/kg).

Nous constatons pour le plomb que les concentrations observées pendant la période hivernale sont plus élevées avec un maximum enregistré pendant le mois de janvier (32.77 ± 3.20 mg/kg) et un minimum en mois de décembre (3.52 ± 0.72 mg/kg).

Les concentrations en Cd évoluent légèrement pendant les périodes d'automne et d'hiver avec un maximum observé pendant le mois de mai (0.98 ± 0.36 mg/kg) et un minimum pendant le mois de février (0.22 ± 0.36 mg/kg).

L'analyse de variance à un facteur « ANOVA 1 » montre que l'accumulation des métaux (Cu, Pb et le Cd) présente des différences hautement significatives ($p < 0,05$).

IV-2 Ulve (*Ulva lactuca*)

IV-1-1 Port de Honaine :

La figure IV-2 montre les résultats des analyses des éléments métalliques (Cd, Cu, Fe, Pb et Zn) chez l'ulve (*Ulva lactuca*) dans le port de Honaine sur une durée d'une année avec quelques mois qui manquent (septembre, mars, avril, mai et juin).

La figure IV-3 montre des concentrations en Cr chez l'ulve la plus élevée est observée pendant le mois de mars (59.65 ± 2.09 mg/kg) et la concentration la plus basse est relevée pendant le mois d'octobre (3.81 ± 1.81 mg/kg).

En ce qui concerne le zinc l'accumulation n'est pas très importante pour les cinq mois premiers (figure IV-3) ou nous relevons un minimum de $8,14 \pm 4,30$ mg/kg. Pendant le mois de janvier, la concentration en Zn atteint son maximum de (89.09 ± 9.88 mg/kg).

Les concentrations en cuivre (figure IV-3) fluctuent autour de 50 mg/kg. Le maximum est atteint pendant le mois de juin (50.54 ± 1.21 mg/kg) et le minimum durant le mois d'août (42.05 ± 2.43 mg/kg).

L'ensemble des résultats obtenus pour le fer pendant la période d'étude (figure IV-3) montre que les teneurs les plus élevées sont observées pendant le mois décembre (94.61 ± 34.51 mg/kg). Ces teneurs chutent pour atteindre un minimum pendant le mois de juillet (9.17 ± 6.29 mg/kg).

Résultats et discussion

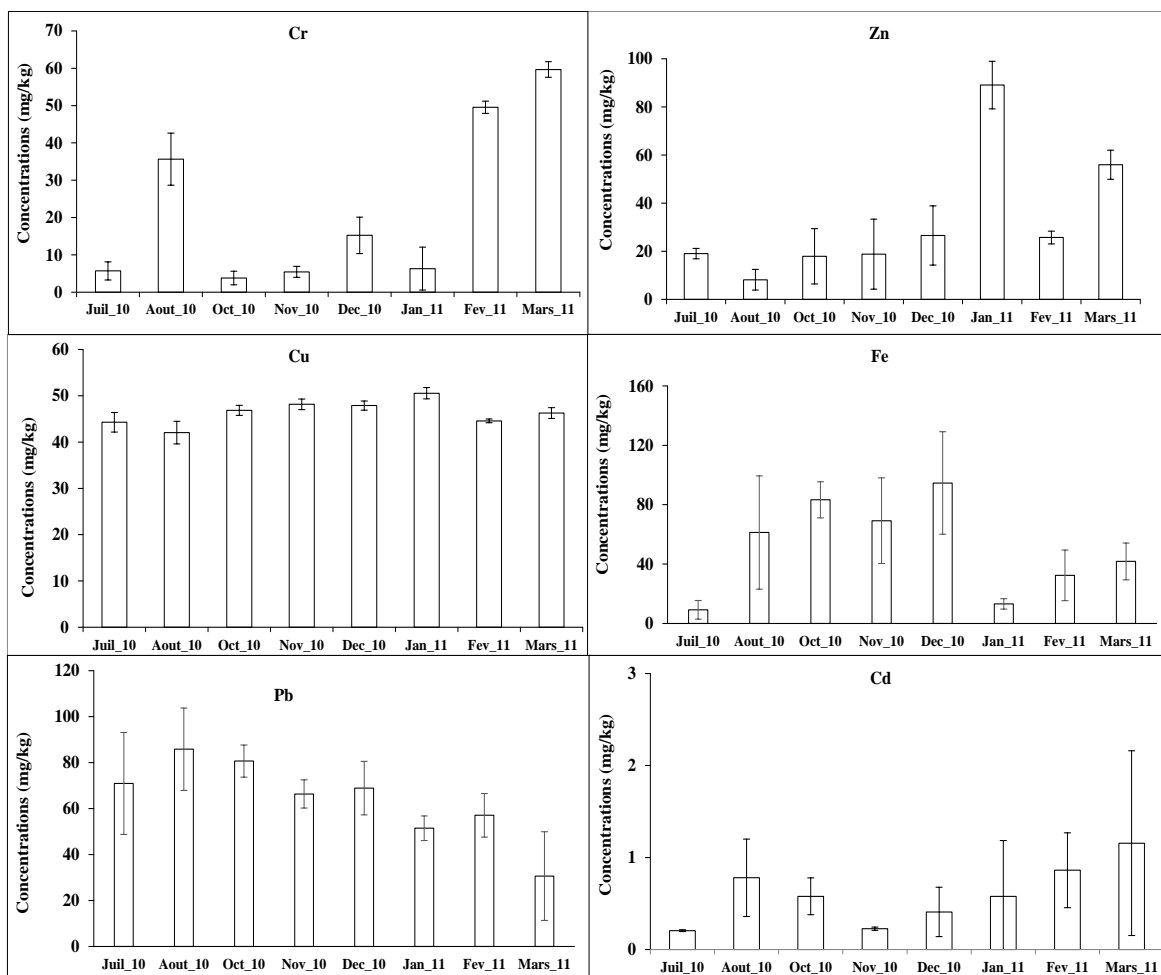


Figure IV-3: Variations mensuelles des teneurs métalliques (Cr, Zn, Cu, Fe, Pb et Cd) en mg/kg chez l'ulve du port de Honaine

Pour le Cd, nous observons des teneurs évoluent légèrement au fil des six premiers mois d'échantillonnage pour arriver au maximum pendant le mois de mai (0.98 ± 0.36 mg/kg).

ANOVA 1 testé pour comparer l'accumulation des métaux pour les différents mois donné des différences hautement significatifs pour le Cr et le Pb chez l'ulve ($p < 0,05$).

Résultats et discussion

IV-3 La comparaison entre les stations pour l'enteromorphe:

Sur Le figure IV-4 nous comparons les concentrations moyennes annuelles dans les deux stations de prélèvements pour la même espèce d'algue l'enteromorphe.

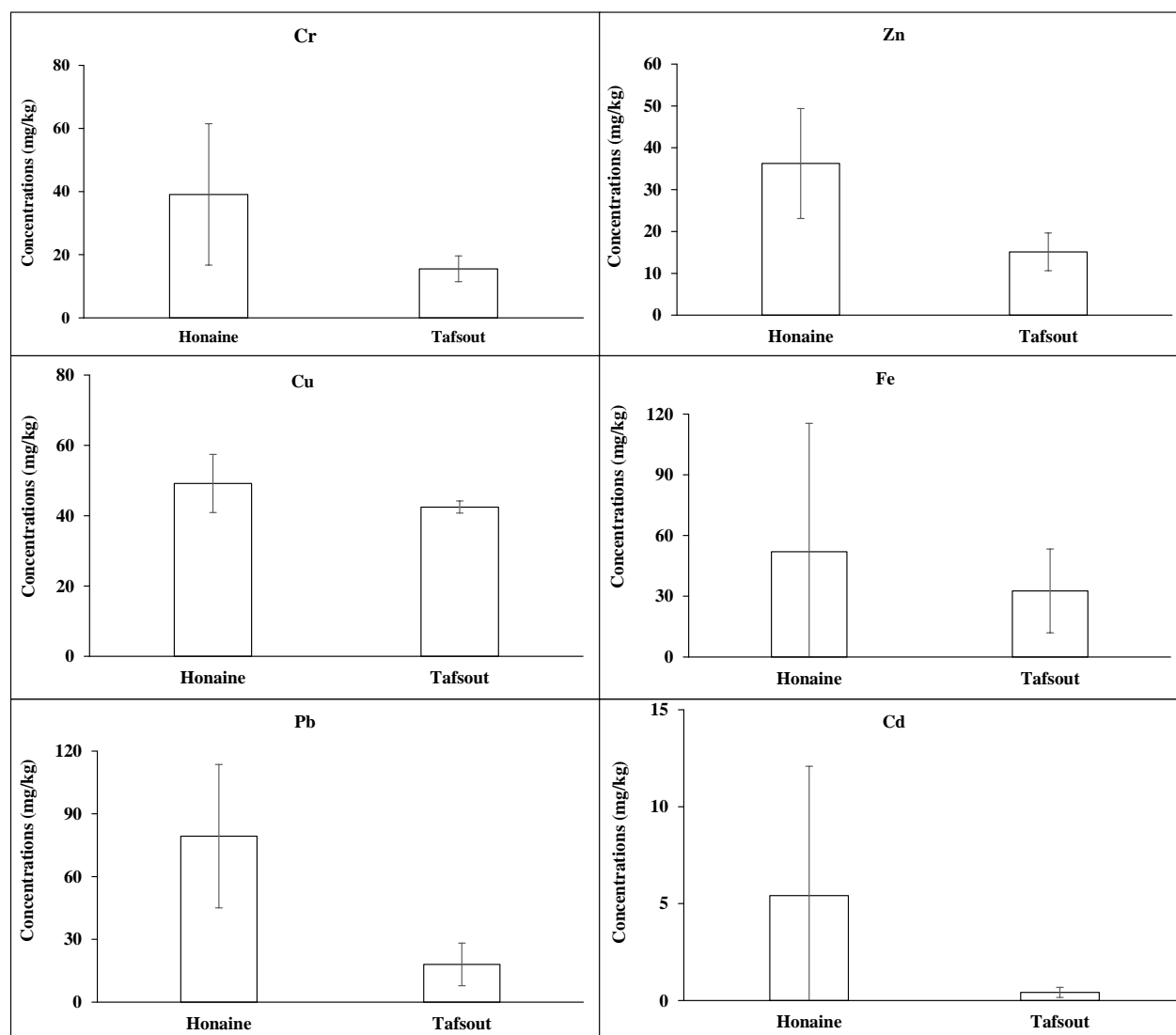


Figure IV-4 : Comparaison des teneurs métalliques moyennes chez l'enteromorphe des deux stations de prélèvements (Honaine et Tafsout)

Ces polluants (Cr, Zn, Cu, Fe, Pb, Cd) sont présents à des concentrations variables d'un point de prélèvement à un autre. La globalité des résultats montre que la station de prélèvement « Honaine » présente des concentrations plus élevées pour tous les métaux étudiés, alors que la

Résultats et discussion

station de prélèvement Tafsout reste la moins touchée par ces polluants .Ce qui nous amène à suggérer que la zone de Tafsoutest une zone témoin pour l'évaluation des quantités de métaux lourds. Le test de student avec un niveau de risque (5 %) a donnée des résultats hautement significatif ($P<0,05$) pour le chrome le zinc et le plomb ($P<0,005$).

Le tableau IV-1) montrent les résultats des concentrations métalliques moyennes pour les métaux (Cr, Zn, Cu, Fe, Pb et Cd) chez les algues vertes obtenus par le spectrophotomètre d'absorption atomique de type Perkin Elmer, modèle Analyst 300.

Métaux	Cr	Zn	Cu	Fe	Pb	Cd
Honaine	39.08±22.41	39.54±14.14	49.19±8.27	52.02±67.27	79.33±34.26	5.41±5.67
Tafsout	14.96±4.22	16.19±5.34	42.47±1.57	32.62±22.67	18.02±11.13	0.42±0.09
P.Honaine	22.67±22.42	32.65±26.75	46.33±2.65	50.61±31.60	63.98±17.54	0.59±0.32

IV-4 Comparaison des teneurs métalliques chez les algues

Cette comparaison a englobé l'ensemble des espèces d'algues étudiées dans ce travail (*Enteromorpha linzaet Ulva lactuca*).

Résultats et discussion

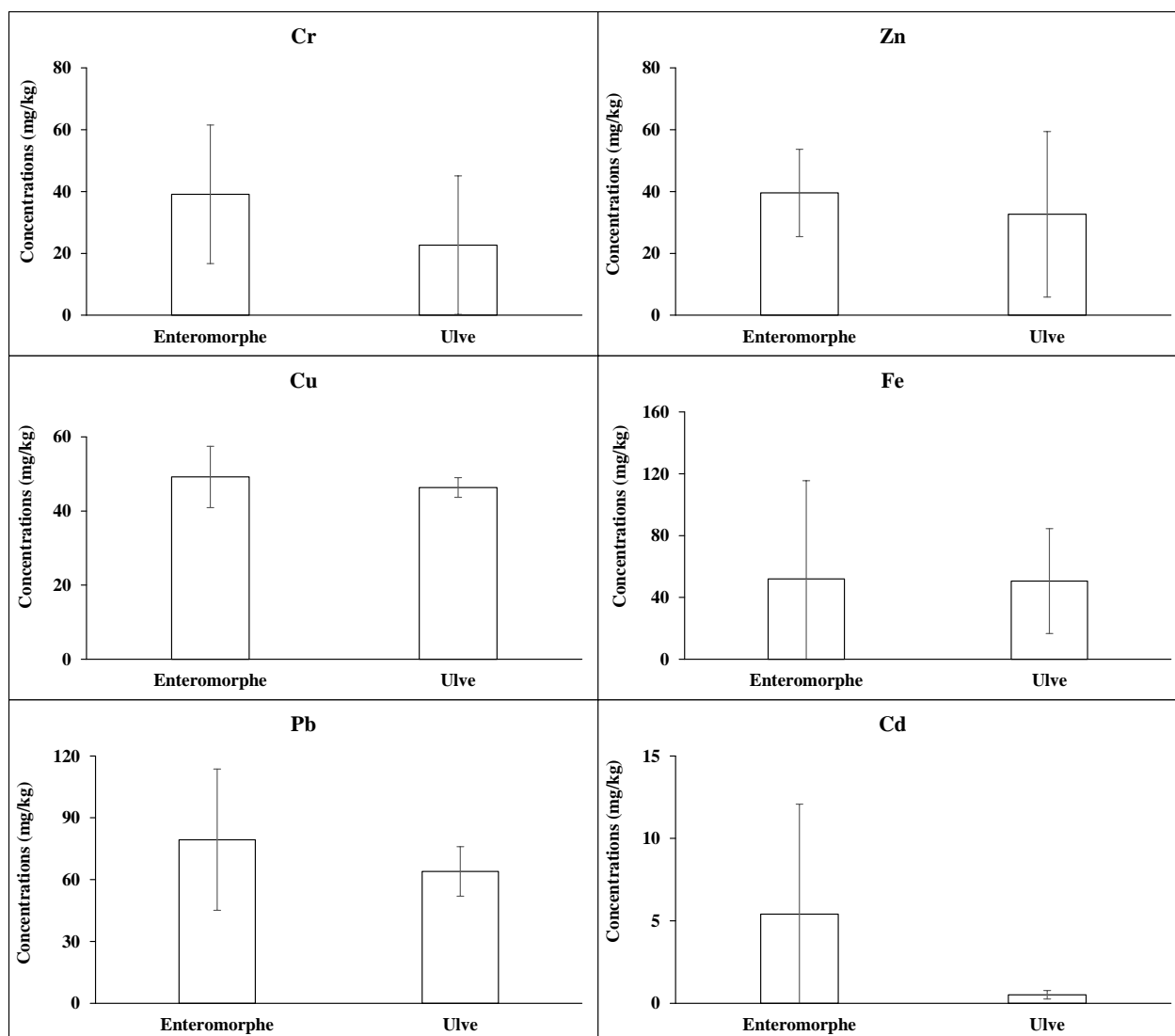


Figure V-5 : Comparaison des teneurs métalliques moyennes chez l'enteromorphe et l'ulve

D'après la figure VI-5, nous remarquons que les taux des concentrations les moins élevés se retrouvent chez l'ulve, par contre les taux les plus élevés apparaissent chez l'enteromorphe pour toutes les métaux (Cr, Zn, Cu, Fe, Pb et le Cd). Nos résultats montrent que l'enteromorphe reste l'algue qui accumule les teneurs métalliques les plus élevées. Ceci est en accord avec les résultats de la littérature.

Le test de student a été adopté pour comparer entre les variabilités d'accumulation des métaux lourds chez les deux espèces. Nous avons constaté qu'il n'y a pas de variabilité inter algues.

Résultats et discussion

IV-5 Comparaison entre les teneurs métalliques moyennes

La figure IV -6 représente les comparaisons des teneurs métalliques moyennes entre les deux espèces et entre les stations.

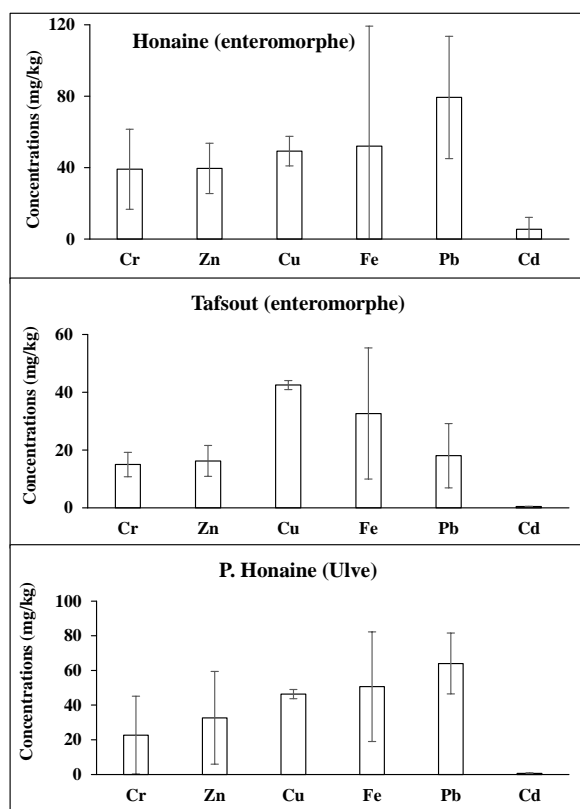


Figure IV-6 : Comparaison des teneurs métalliques moyennes

La figure IV-6 montre que les teneurs moyennes en Cd sont les moins élevées pour toutes les stations et pour tous les algues. Les concentrations moyennes en Pb sont élevées à la plage et au port de Honaine.

Dans cette étude nous constatons l'ordre suivant : Honaine >Port de Honaine >Tafsout

Le gradient de concentrations est comme suit :

Honaine : Pb > Fe > Cu > Zn > Cr > Cd

Tafsout : Cu > Fe > Pb > Zn > Cr > Cd

Port de Honaine : Pb > Fe > Cu > Zn > Cr > Cd

Résultats et discussion

Le Fer et le cuivre et le zinc sont des oligoéléments nécessaires a faible dose pour la croissance des algues et nous constatons que dans les stations qui ont été choisi pour notre études les teneurs sont élevés. Ce qui nous indique qu'il existe une pollution du milieu aquatique par ces métaux.

Le cadmium et on faible doses, ceci nous amène à constaté que ces espèces ne semble pas accumulé des quantités importantes de ce métal.

IV-6 Analyse multifactorielle ACP

L'analyse multifactorielle ACP est appliquée dans plusieurs études environnementales. C'est une méthode de base d'analyse de tableaux de données, comportant des individus et des variables quantitatives associées. Un individu est une unité expérimentale, il s'agit de l'objet sur lequel des observations ou des mesures sont effectuées. Dans notre étude, les individus correspondent aux différentes stations et les variables sont les mesures concernant les différents métaux lourds : chrome, zinc, cuivre, fer, plomb et cadmium, p variables quantitatives sont observées sur n individus.

L'intérêt de l'Analyse en Composantes Principales :

- ✓ Visualisation d'un maximum d'informations synthétiques.
- ✓ Séparation des différentes sources de variabilité
- ✓ Hiérarchisation des différentes sources de variabilité.

La figure VI-7 montre le plan factoriel engendré par les deux par les deux premiers axes de l'ACP calculés à partir des teneurs métalliques moyennes des différentes stations

Résultats et discussion

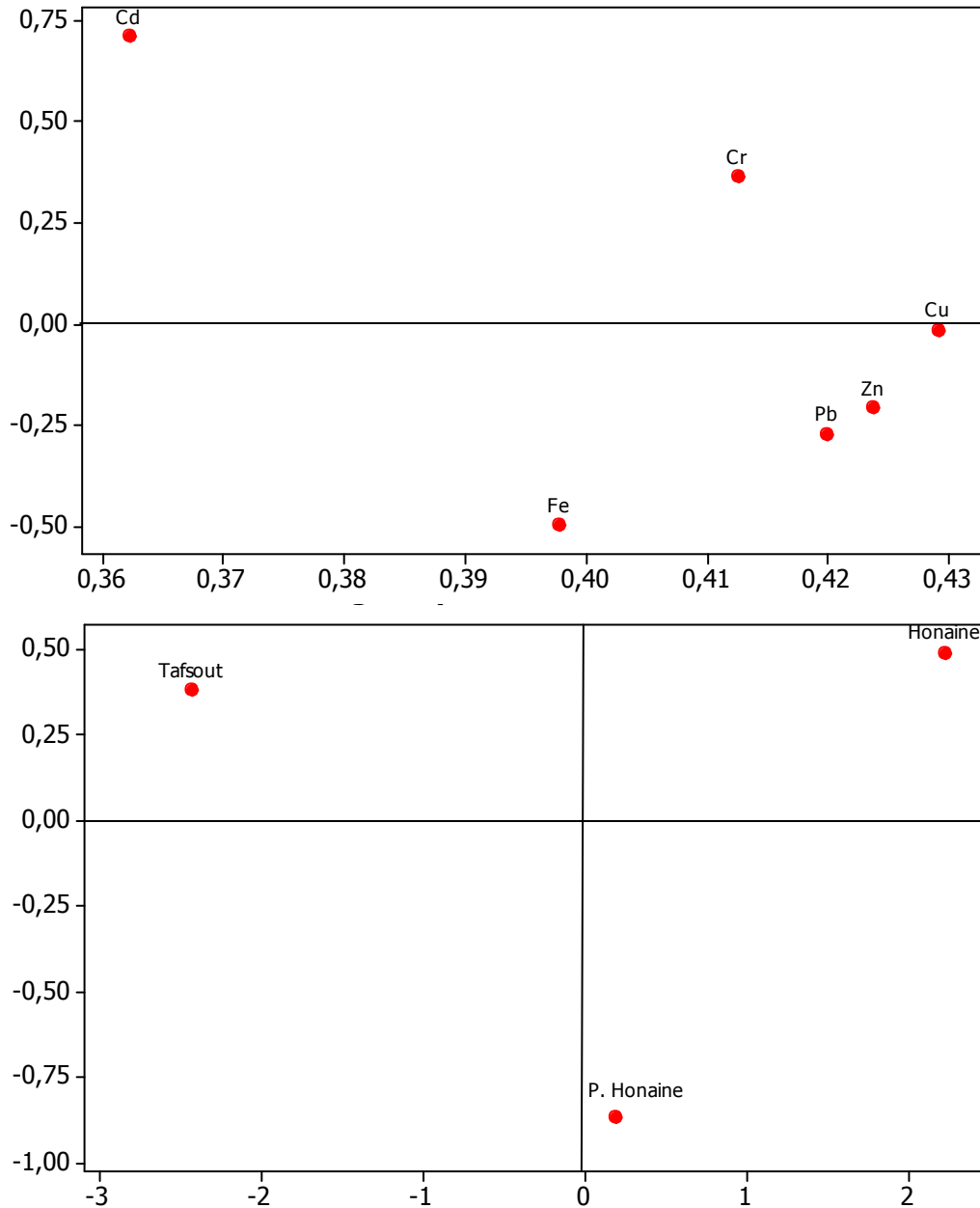


Figure IV -7 : Plan factoriel engendré par les deux premiers axes de l'ACP calculés à partir des teneurs métalliques moyennes des différentes stations

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 six colonnes (Cr, Zn, Cu, Fe, Pb et Cd) et de trois lignes qui correspondent aux stations (figure IV-7).

Résultats et discussion

Les valeurs propres (5,428 et 0,571) ont permis de retenir deux inerties respectives 90,5 % et 9,5 %. Le plan de cette analyse totalise 100 % d'information.

Les contributions relatives des points colonnes qui construisent l'axe 1 sont les métaux (Cr, Zn, Cu, Fe, Pb et Cd) de coordonnées positives.

Les points lignes qui construisent cet axe présentés, par les stations « Honaine et le port de Honaine » sont de coordonnées positives et par la station « Tafsout » sont de coordonnées négatives.

Les concentrations des métaux enregistrées dans les stations de Honaine et de son port sont importantes et ceci est en accord avec les résultats trouvés par absorption atomique.

IV-7 Comparaison avec la littérature

Sur le tableau IV-2 nous présentons les concentrations moyennes des métaux lourds obtenus et nous les comparons avec ceux de la littérature en (mg/kg).

Tableau de comparaison des concentrations moyennes chez les algues

Espèce	Cu	Zn	Fe	Cd	Pb	Station	Références
Ulva lactuca	0.79	0.118	50.55	0.21	58.55	Rachgoun	Dahaoui L., 2003
Ulva lactuca	20.40	152.01	19.1	10.02	56.03	Béni Saf	ABI-AYAD, 2009
Ulva lactuca	46.33	32.65	50.61	0.59	63.98	Port de Honaine	Notre étude 2014/2015
Enteromorpha linza	89.24	415.75	/	2.34	79.90	Béni saf	Goual et al ,2000
Enteromorpha linza	10.58	41.3	0.696	/	/	Espagne Côte nord Ouest	Villard et al., 2001
Enteromorpha linza	14.61	105.91	0.133	0.733	14.26	El Mex-Alexandrie Egypte	Mohamed et khaled, 2004
Enteromorpha linza	6.22	105.91	0.1335	0.13	2.28	Ghazaouet	Belhadj H., 2008
Enteromorpha linza	42.47	16.19	32.62	0.42	18.02	Plage de Honaine	Notre étude 2014/2015

Résultats et discussion

le tableau ci-dessus nous révèle que dans les environs des côtes de Honaine l'algue verte «*Ulva lactuca*» et «*l'enteromorphelinza* » accumule d'avantage de métaux en 2010 et 2011, ce dernier nous a permis aussi de situer le niveau d'accumulation des polluants métalliques chez l'ulve et l'enteromorphe qui se trouvent dans les environs de ces zones côtières.

Les résultats des interprétations concernant les algues vertes nous amènent à déceler qu'à un niveau de la côte de Honaine, ces algues se trouvent très menacées par la pollution d'origine métallique.

Les effets des déchets d'origines urbaines rejetés dans le port et la plage ,représentent des risques la contamination métallique dans cette région.

Les résultats observés concernant l'ulve, signalent également que cette espèce peut disparaître à l'avenir dans ces milieux (Port-plage).

.

Références bibliographiques

A

A.E.E ; 1998.(Agence Européenne pour l'Environnement) .problèmes prioritaires pour L'environnement méditerranéen

B

BELHADJ., 1996-Evaluation des teneurs en métaux lourds (pb, Hg, Cd, Cu, Cr) chez les mollusques et dans les sidiment de la cote atlantique marocaine.Mémoire d'ingénieur en CQA.Univ de tlemcen : 1-24 p.

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

Bontoux I., 1993 - Introduction à l'échelle des eaux douces, eaux naturelles des eaux usées, eaux de boisson, CEBEDOC, Ed. Vol. 169 : plø-26.

Bourrelly P, 1972. Les algues d'eau douce (tome 1). Paris. pp 255-256.

C

CASAS S, 2005. Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb. Et Zn) en milieu méditerranéen. Thèse du Doctorat en Océanologie biologique, Environnement marin. Univ. du Sud ToulonVar. 301 p.

Chiffolleau J.F et al, 2001. La contamination métallique. Edt. Ifremer.39p

(Chouikhi et al., 1992). Circulation des eaux et pollution des cotes Méditerranéenne des pays du MAGHREB. Edit. INOC, Izmir-Turquie. 307P

D

Duchaufour P, 1997. Abrégé de pédologie. 5ème édit. Masson

F

F.A.O (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture), 1987.

Fiches d'identification des espèces pour les besoins de la pêche - méditerranée et mer noire, zone de pêche 37. Révision I. Volume I. 760p.

G

Gaujous d, 1995. La pollution des milieux aquatiques. Aide -mémoire. Edt. Technique et documentation - Lavoisier. 220p.

Grousset F., et Donnard O., 1989 - Les métaux lourds dans les sédiments In le courrier du C.N.R.S., N°12., Dossier scientifiques : pp 35-36.

I

Ifremer, 2001. Evaluation de la qualité des eaux basée sur l'utilisation de stations artificielles de moules en Méditerranée: résultats de la campagne 2000 - Réseau Intégrateurs Biologiques (RINBIO). 93p.

J

Julien J. C, 2007. Description de *Ulva* (Enteromorpha) spp.

<http://www.mer-littoral.org/53/enteromorpha-spp.php>

K

Kut D, Topcuog LU S, ESEN N, Küçükcezzar R. and GÜVEN K. C,1999. Trace metals in marine algae and sediment samples from the Bosphorus (Turkey).Water, Air, and Soil Pollution 118. 2000. pp 27-33.

L

Lacaze J.C, 1996. L'eutrophisation des eaux marines et continentales: causes manifestations, conséquences et moyens de lutte. Edit. Ellipses. Paris. 191p.

Linnaeus C., 1758 - Systema Naturae, X (Systema naturae per. Regna tria. Naturae secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis. Synonymis. Locis. Tomus I. Halmiae, systema, Nat. Ed. 1- 824.

M

Miquel G, 2001. Rapport sur les effets des métaux lourds sur l'Environnement et la santé. Assemblée Nationale Française, N°2979, Paris, 366 p .

P

Pichard A, 2005. Le Cuivre et ses dérivés. Edit. INERIS-DRC-02-25590-02 DF54 version N°1-5.66p.

PNUE/FAO/OMS/AIEA, 1990. Evaluation de l'état de la pollution de la mer Méditerranée par les composés organohalogénés. MAP Tech. Rep. Ser., (39):105–216

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.

K

Kut D, Topcuog LU S, ESEN N, Küçükcezzar R. and GÜVEN K. C,1999. Trace metals in marine algae and sediment samples from the Bosphorus (Turkey). *Water, Air, and Soil Pollution* 118. 2000. pp 27-33.

R

Ramade F., 2000. - Dictionnaire encyclopédique des polluants: les polluants de l'environnement à l'homme. Ed. International., Paris : 690 p.

Rodier J, 1996. L'analyse de l'eau. Eaux naturelles - Eaux résiduaires – Eaux de mer. 8ème édit. Dunod. 1383p.

V

Viala A., 1998 - Eléments de Toxicologie. Techniques et documentation, Ed. Lavoisier., Paris:pp 117-319

Voile 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

Conclusion

Notre étude, nous a permis d'évaluer la bioaccumulation métallique en utilisant deux espèces d'algue verte (*Enteromorpha linza* et *ulva lactuca*) dans les trois stations de la baie de Honaine.

En se basant sur l'analyse des attaques totales des algues, nous avons réussi à rassembler un nombre important de résultats d'analyse de métaux lourds (Cr, Zn, Cu, Fe, Pb, Cd).

Les résultats obtenus montrent la présence des métaux lourds dans les trois stations d'étude. Ces métaux sont présents avec des teneurs élevées chez l'enteromorphe dans la station de Honaine.

Durant cette étude, nous avons hiérarchisé les taux d'accumulations des six métaux étudiés. Le gradient d'accumulation des métaux pour les deux stations, la plage de Honaine et de son port est comme suit: $Pb > Fe > Cu > Zn > Cd$.

Le gradient d'accumulation est similaire dans les deux stations car ils sont reliés entre eux. Les teneurs en plomb sont élevées (l'oued déverse dans le port, la plage et le port sont tous les deux exposés aux rejets urbains).

Le gradient d'accumulation de la plage de Tafsout est comme suit : $Cu > Fe > Pb > Zn > Cr > Cd$.

Nos résultats montrent que l'enteromorphe est l'algue qui accumule les teneurs métalliques les plus élevées que l'Ulve. Ceci est en accord avec les résultats de la littérature.

L'ANOVA 1 testé pour comparer entre l'accumulation des métaux chez les algues, pour les différents mois a donné des différences hautement significatives pour les six métaux pour la plage de Honaine et pour le Cu, Pb, Cd pour la station de Tafsout chez l'enteromorphe. Pour l'ulve dans le port de Honaine les différences sont significatives pour le Cr et Pb.

Le test de student montre qu'il n'y a pas de variabilité inter algues.

L'ACP a permis de retenir deux inerties respectives 90,5 % et 9,5 %. Le plan de cette analyse totalise 100 % d'informations. Les concentrations des métaux enregistrées dans les stations de Honaine et de son port sont importantes et ceci est en accord avec les résultats trouvés par absorption atomique.

En conclusion, nous pouvons clarifier à la lumière de nos résultats et interprétations que l'*Ulva lactuca*, *enteromorpha linza* représentent d'excellents bio indicateurs de pollution marine.

Il est impératif devant cette situation de prendre en compte l'intérêt de ces espèces dans l'équilibre de la chaîne alimentaire marine, dans la préservation des écosystèmes marins et dans la prévention de la santé de l'homme.

Nous espérons que ce modeste travail a pu enrichir la banque des données sur ce sujet. Il apparaît primordial de contrôler la pollution dans les zones marines.