

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Abou Bakr Belkaid - Tlemcen -

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

Département d'Ecologie et Environnement

Mémoire en vue de l'obtention d'un diplôme de Master
Option : Ecologie et Environnement

Thème:

*Evaluation de l'accumulation métallique chez une
espèce d'algue verte :*

Enteromorpha linza sur le littoral

de Ghazaouet (W.Tlemcen)

Présenté par:

M^{me} MEKKAOUI Thouria Ep KORTI

Soutenu le : 04/07/2013 devant la commission du jury :

Président : Mme AOUAR. A Professeur - Université de Tlemcen

Encadreur : Mme BENGUEDDA. W M.C.B -Université de Tlemcen

Examineur : Mr BETTIOUI. R M.A.A - Université de Tlemcen

ANNEE 2012/2013

Remerciements

Le travail qui est à l'origine de ce mémoire, a été réalisé au laboratoire de recherche « Valorisation des actions de l'homme pour la protection de l'environnement et application en santé publique », équipe « Dysfonctionnement des zones marines et saumâtres » du département d'Ecologie et environnement, Université de Tlemcen, sous la direction de Mme BENGUEDDA. W (Maître de conférences).

Que Madame BENGUEDDA trouve ici l'expression de mes sincères reconnaissances d'avoir accepté de diriger ce travail. Elle a fait son possible pour me pousser à faire mieux.

J'exprimes mes chaleureux remerciements à Madame AOUAR. A (professeur) pour l'honneur qu'elle m'a fait en président ce jury et pour son aide et ses conseils portés à l'analyse statistique.

Je tiens à remercier vivement Monsieur BETTIOUI. R (Maître assistant) d'avoir accepté d'examiner ce mémoire et de participer à ce jury.

Mes remerciements s'adressent également à Monsieur BOURAK. A Président Directeur Général de la société Alzinc (Ghazaouet) ainsi qu'à ses agents du laboratoire du contrôle de la qualité pour l'analyse de nos échantillons par S.A.A.F.

Je présente mes remerciements à l'équipe du laboratoire de recherche « Valorisation des actions de l'homme pour la protection de l'environnement et application en santé publique » : Mme DAHRAOUI. S, Mme DALI YUCEF. K, et Melle SAHRAOUI. H pour leur aide soutien et gentillesse.

J'adresse aussi mes remerciements à mes collègues de l'Inspection Phytosanitaire (Direction des Services Agricoles de la Wilaya de Tlemcen) pour l'aide et le soutien qu'ils m'ont porté tout au long de ce travail.

Enfin, je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire.

Sommaire

INTRODUCTION.....	3
<u>CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE</u>	
I- Quelques caractéristiques des algues.....	5
I-1 Généralités.....	5
I-2 Ecologie des algues	5
I-3 Classification des algues.....	6
I-4 Reproduction.....	7
I-5 Domaines d'utilisation des algues.....	8
I-6 Aperçu sur l'Enteromorpha.....	9
I-6-1 Description.....	9
I-6-2 Rang taxonomique.....	11
I-6-3 Croissance	11
I-6-4 Reproduction	11
I-6-5 Ecologie et distribution géographique.....	13
I-6-6 Utilisation	13
I-6-7 Bio-indicateur de la pollution des eaux.....	13
II- La bioaccumulation des métaux lourds.....	14
II-1 Notion de bioaccumulation.....	14
II-2 La bioamplification.....	14
II-3 Les métaux lourds.....	15
II-3-1 Définition	15
II-3-2 Origine des métaux lourds.....	16
II-3-3 Utilisation.....	17
II-3-4 Toxicité.....	17
II-3-5 Présentation des métaux étudiés	18
II-3-5-1 Le Cadmium.....	18
II-3-5-2 Le Cuivre.....	19
II-3-5-3 Le Plomb.....	20
II-3-5-4 Zinc.....	21

CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

II-1 SITUATION GEOGRAPHIQUE.....	23
II-2 MILIEU PHYSIQUE.....	24
II-2-1 Hydrologie.....	24
II-2-2 Le climat.....	25
II-2-2-1 Précipitations.....	26
II-2-2-2 La température	26
II-3 COURANTOLOGIE.....	27
II-4 TISSU INDUSTRIEL.....	28
II-4-1 Le complexe ALZINC	28
II-4-2 Les apports du rejet industriel en milieu marin	29
II-5 LE PORT	30

CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES

III-1 L'ECHANTILLONNAGE.....	31
III-1-1 Choix des stations de prélèvement.....	31
III-1-2 Choix des échantillons.....	32
III-1-3 Choix des contaminants.....	32
III-2 METHODES DE PRELEVEMENT ET D'ANALYSE.....	32
III-2-1 Prélèvement.....	32
III-2-2 Analyse.....	32
III-2-2 -1 Minéralisation.....	32
III-2-2 -2 Dosage des métaux.....	33
III-2-2 -3 Calcul des concentrations.....	34
III-2-2 -4 Analyses statistiques.....	34

CHAPITRE IV : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

IV-1 TENEURS METALLIQUES MOYENNES CHEZ <i>ENTEROMORPHA</i> <i>LINZA</i> EXPRIMEES EN POIDS SEC:.....	36
IV - 1-1 Le Cadmium.....	36
IV-1-2 Le Cuivre.....	36
IV-1- 3 Le Plomb.....	37

IV -1- 4 Le Zinc.....	37
IV-2 VARIATIONS TEMPORELLES DES TENEURS EN METAUX CHEZ L'ENTEROMORPHE :.....	39
IV - 2-1 Le Cadmium.....	39
IV - 2-2 Le Cuivre.....	40
IV- 2-3 Le Plomb.....	41
IV- 2-4 Le Zinc.....	42
IV-3 COMPARAISON DES RESULTATS AVEC CEUX DES TRAVAUX ANTERIEURS :.....	43
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	44

Liste des tableaux

CHAPITRE I :

Tableau N°1: Diversité de la flore marine recensée dans la wilaya de Tlemcen.....	06
---	----

CHAPITRE I I:

Tableau N°2 : Moyennes mensuelles des précipitations et des températures Ghazaouet (2004/2011).....	26
---	----

Tableau N° 3: Les principales unités industrielles de la région de Ghazaouet	28
--	----

CHAPITRE III :

Tableau N°4: Conditions d'atomisation des métaux étudiés.....	34
---	----

CHAPITRE IV :

Tableau N° 5 Concentrations mensuelles moyennes du Cadmium chez <i>Enteromorpha linza</i> en mg/kg de poids sec.....	38
--	----

Tableau N°6 Concentrations mensuelles moyennes du Cuivre chez <i>Enteromorpha linza</i> en mg/kg de poids sec.....	38
--	----

Tableau N°7 Concentrations mensuelles moyennes du Plomb chez <i>Enteromorpha linza</i> en mg/kg de poids sec.....	38
---	----

Tableau N°8 Concentrations mensuelles moyennes du Zinc chez <i>Enteromorpha linza</i> en mg/kg de poids sec.....	38
--	----

Tableau N°9 : Comparaison des concentrations moyennes des métaux chez <i>Enteromorpha linza</i> de notre étude avec ceux des travaux antérieurs.....	43
--	----

Liste des figures

CHAPITRE I

Figure.1 : <i>Enteromorpha linza</i>	9
Figure.2 : Schéma du thalle.....	10
Figure.3 : Cycle de reproduction d' <i>Ulva sp.</i> (Algue verte).....	12

CHAPITRE II

Figure.4 Localisation de Ghazaouet.....	23
Figure 5 : La société Algérienne du Zinc (ALZINC) – Ghazaouet.....	29
Figure 06 : Vue générale du port de Ghazaouet.....	30

CHAPITRE III

Figure 7 : Localisation des stations de prélèvement.....	31
Figure 8 : Spectrophotomètre d'absorption atomique.....	33

CHAPITRE IV

Figure 9 : Variations temporelles moyennes des teneurs en Cadmium.....	39
Figure 10 : Variations temporelles moyennes des teneurs en Cuivre.....	40
Figure 11 : Variations temporelles moyennes des teneurs en Plomb.....	41
Figure 12 : Variations temporelles moyennes des teneurs en Zinc.....	42

Introduction

Depuis son existence sur terre, l'homme n'a pas cessé de contribuer à la dégradation de son environnement. Cette dernière qui a pris de l'ampleur avec l'industrialisation mondiale et l'explosion démographique, est connue de nos jours sous le nom de "**Pollution**".

Les polluants émis sur les terres émergées, tout comme dans l'atmosphère, finissent toujours par atteindre les océans (considérés comme poubelle de la planète), par les fleuves et par le ruissellement des eaux.

Dans la région de Tlemcen, comme partout ailleurs dans le pays, le littoral connaît des déversements de déchets urbains et industriels sans traitement préalable menaçant ainsi la survie des organismes marins et par conséquent la santé publique.

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 il nous a été proposé, de contribuer à ces études pour compléter les données acquises sur la pollution métallique et apporter des informations récentes afin d'essayer de limiter l'impact de cette pollution dans l'extrême Ouest Algérien en particulier dans la baie de Ghazaouet.

Cette région a été choisie du fait qu'elle représente un pôle industriel important par son port ouvert aux bateaux de pêche, de marchandises et de voyages et surtout par la présence de l'unité ALZINC suspecté d'être le plus grand responsable de la pollution dans la région.

Notre étude s'intéresse essentiellement à l'accumulation métallique chez une espèce d'algue verte (*Enteromorpha linza*).

Notre objectif est d'évaluer l'accumulation de quatre métaux (le cadmium, le cuivre, le plomb et le zinc) dans les échantillons d'enteromorphe, prélevés 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 est une synthèse bibliographique regroupant des généralités sur l'espèce étudiée, la bioaccumulation métallique et les métaux lourds.
- ❖ Le deuxième chapitre est une présentation de la zone d'étude et de ses caractéristiques.
- ❖ Dans le troisième chapitre nous avons décrit les différentes méthodes de prélèvement, d'échantillonnage et d'analyses (SAAF et 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- QUELQUES CARACTERISTIQUES DES ALGUES

I-1 Généralités:

D'après **REVIERS(1993)**, les « algues » peuvent être définies, à *condition de ne pas les considérer comme un taxon*, comme des organismes généralement inféodés aux zones humides, le plus souvent photosynthétiques et possédant de la chlorophylle *a* (la photosynthèse a pu être perdue secondairement), dont l'appareil végétatif n'a pas la même complexité que celui des embryophytes (c'est un thalle), dont les organes reproducteurs sont des Cystes, regroupés artificiellement sous ce nom...et qui sont traditionnellement étudiés par des phycologues.

Les algues sont appelées thallophytes quand leurs organismes sont pluricellulaires et ne présentent pas d'organes différenciés (racines, tiges ou feuilles). Le thalle étant un appareil végétatif ne présentant pas de tissus conducteurs ou vaisseaux.

I-2 Ecologie des algues :

Les algues sont des organismes chlorophylliens ayant besoin d'eau ou d'humidité, d'air, de lumière et de sels minéraux. Elles prospéreront partout où se trouvent réunies ces conditions ; c'est-à-dire dans les lacs, les étangs, les mares, les tourbières, les marais, les ruisseaux et eaux vives, les eaux thermales, les rochers mouillés ou simplement suintants, les cascades ; elles flottent quelquefois en masse avec des bulles gazeuses. Certaines espèces se récoltent aussi sur la terre, les troncs humides, la neige colorée. (**BOURRELLY, 1972**).

On distingue deux grands groupes d'algues:

*Les unes se trouvant en surface ou en pleine eau, sont **pélagiques**; elles sont dans ce cas essentiellement unicellulaires.

*Les autres étant sur le fond sont **benthiques**. Certaines d'entre elles sont des algues de grande taille. Elles sont distribuées sur les substrats marins selon un schéma précis.

Les algues sont considérées comme producteur primaire de la chaîne alimentaire. Leur limite inférieure de répartition est marquée par la limite de pénétration de la lumière dans l'eau. D'autres facteurs jouent un rôle dans la répartition des différentes espèces: nature du fond, agitation de l'eau, température, salinité (ARZEL et al, 1992).

I-3 Classification des algues:

La classification actuelle des algues est fondée sur des caractéristiques biochimiques et ultrastructurales, tandis que le degré d'organisation du thalle intervient peu, au moins au niveau des embranchements. De plus en plus des caractéristiques non plastidiales sont prises en compte, en particulier la structure de l'appareil flagellaire (ou son absence), l'appareil photorécepteur des cellules flagellées (lorsqu'il en existe un), ainsi que le type de structure péricellulaire (REVIERS, 2002).

La classification biologique des algues se base sur le pigment surnuméraire qui accompagne la chlorophylle.

On distingue ainsi quatre grandes classes, chacune d'entre elles comportant plusieurs familles dont certaines ont un intérêt commercial ou sont bien connues du public:

- Cyanophycées ou algues bleues.
- Rhodophycées ou algues rouges.
- Chlorophycées ou algues vertes.
- Phéophycées ou algues brunes.

Tableau 1: Diversité de la flore marine recensée dans la Wilaya de Tlemcen (A.N.A.T, 2004)

Groupes systématiques	Nombre d'espèces
Algues vertes	16
Algues rouges	81
Algues bleues	1
Algues brunes	41
Total des algues	139

I-4 Reproduction:

I-4- 1 La multiplication avec conservation du génome

Elle peut se faire selon deux moyens : la multiplication végétative et la reproduction asexuée par sporulation directe.

La multiplication végétative se fait à partir d'une fragmentation du thalle ou d'une production d'amas cellulaires spécialisés (propagules) : dans les deux cas, les parties du thalle qui se détachent, se fixent et développent rapidement un nouvel individu.

La reproduction asexuée, elle, met en jeu des cellules spécialisées, les spores souvent qualifiées de spores directes issues d'une transformation totale du contenu d'une cellule appelée sporocyste. Après leur émission, elles germeront pour donner directement de nouveaux individus génétiquement semblables aux thalles parentaux.

(PAYRI, 2008)

I-4- 2 La reproduction sexuée et les cycles biologiques

Ce type de reproduction met en jeu deux types de cellules spécialisées: les gamètes et les spores au comportement fondamentalement différent. Les gamètes issus de la transformation du contenu d'une cellule fertile, le gamétocyste, fusionnent après leur émission pour donner naissance à un œuf ou zygote qui se développera pour donner un nouvel individu génétiquement différent des parents.

Cet individu diploïde, désigné sous le nom de sporophyte produira, dans les sporocystes, par méiose (réduction du nombre de chromosomes par deux), les spores qu'on qualifie de méiospores ou spores méiotiques.

Leur fonction est de germer, pour donner un individu haploïde que l'on désigne sous le nom de gamétophyte car il produira à son tour les gamètes. La descendance d'un individu est une succession de générations où alternent gamétophytes et sporophytes.

(PAYRI, 2008)

I-5 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.

7. *Autres utilisations possibles*: Parmi celles-ci, citons l'extraction et la fabrication de pigments naturels qui peuvent prendre de l'importance dans un proche avenir, par exemple le pigment bleu (phycocyanine) des Spirulines ou le pigment rouge (phycoérythrine) des algues rouges. (F.A.O, 1987).

I-6 Aperçu sur l'Enteromorphe :

I-6-1 Description

Le terme « **enteromorpha** » signifie en grec ancien : « en forme d'intestin ». Enteromorpha (Entéromorphes) est un genre d'algues vertes de la famille des Ulvaceae. Reclassés parmi les Ulves, les entéromorphes 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.1 Enteromorpha linza (Originale)

Les Enteromorpha 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. (BOURRELLY,1972)

Les thalles sont en tube creux (Fig.2), plus ou moins ramifiés, fixés à leur base et atteignant plusieurs décimètres de longueur. Ces thalles sont formés d'une seule assise de cellules polygonales avec un plaste pariétal, urcéolé, ayant au moins un pyrénoides. Les zoospores ont 4 fouets égaux. (BOURRELLY.1972)

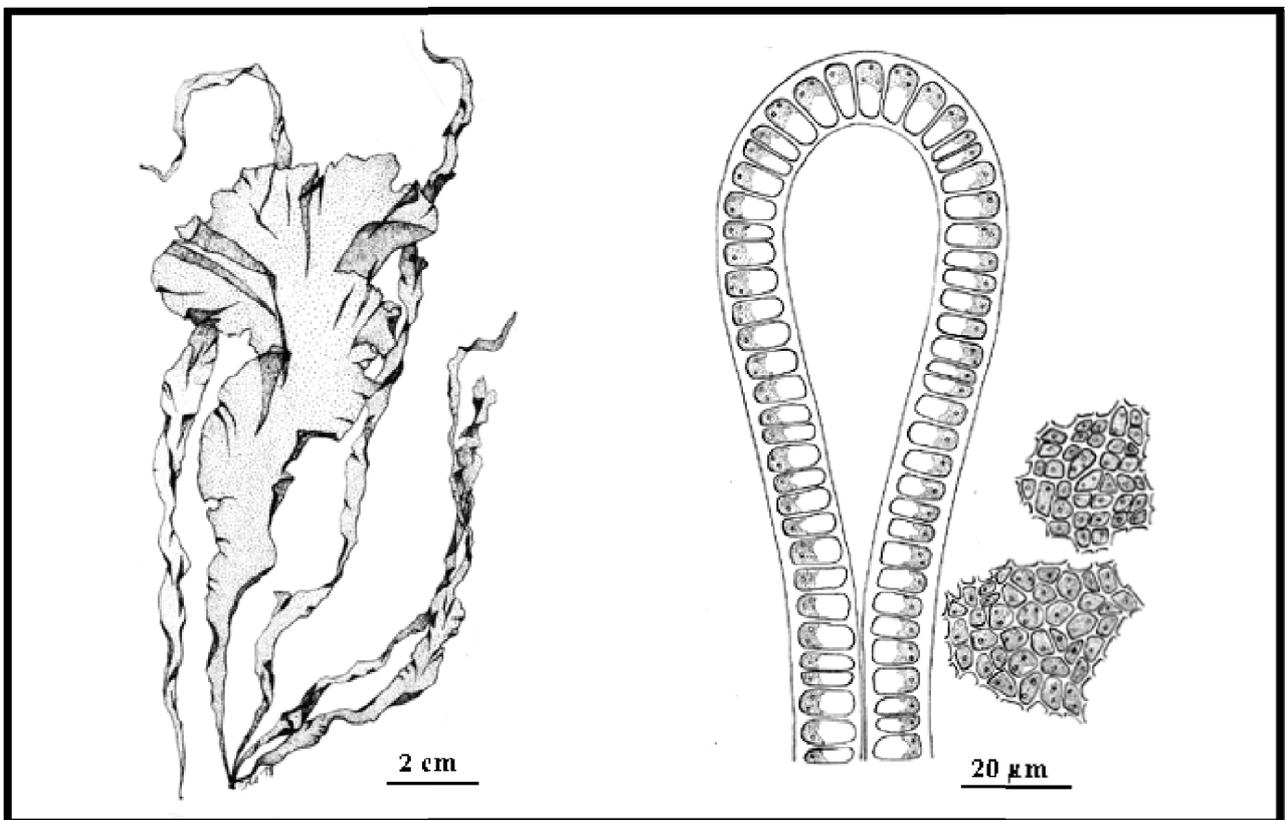


Fig.2 Schéma du thalle (tube creux)

I-6-2- Rang taxonomique:

S. Règne: Thallophytes

Phylum: Chlorophytes

Classe : Chlorophycées

S. classe: Ulothricophycées

Ordre : Ulothricales

Famille: Ulothricacées (ulvacées)

Genre espèce: *Enteromorpha linza*. L

I-6-3-Croissance :

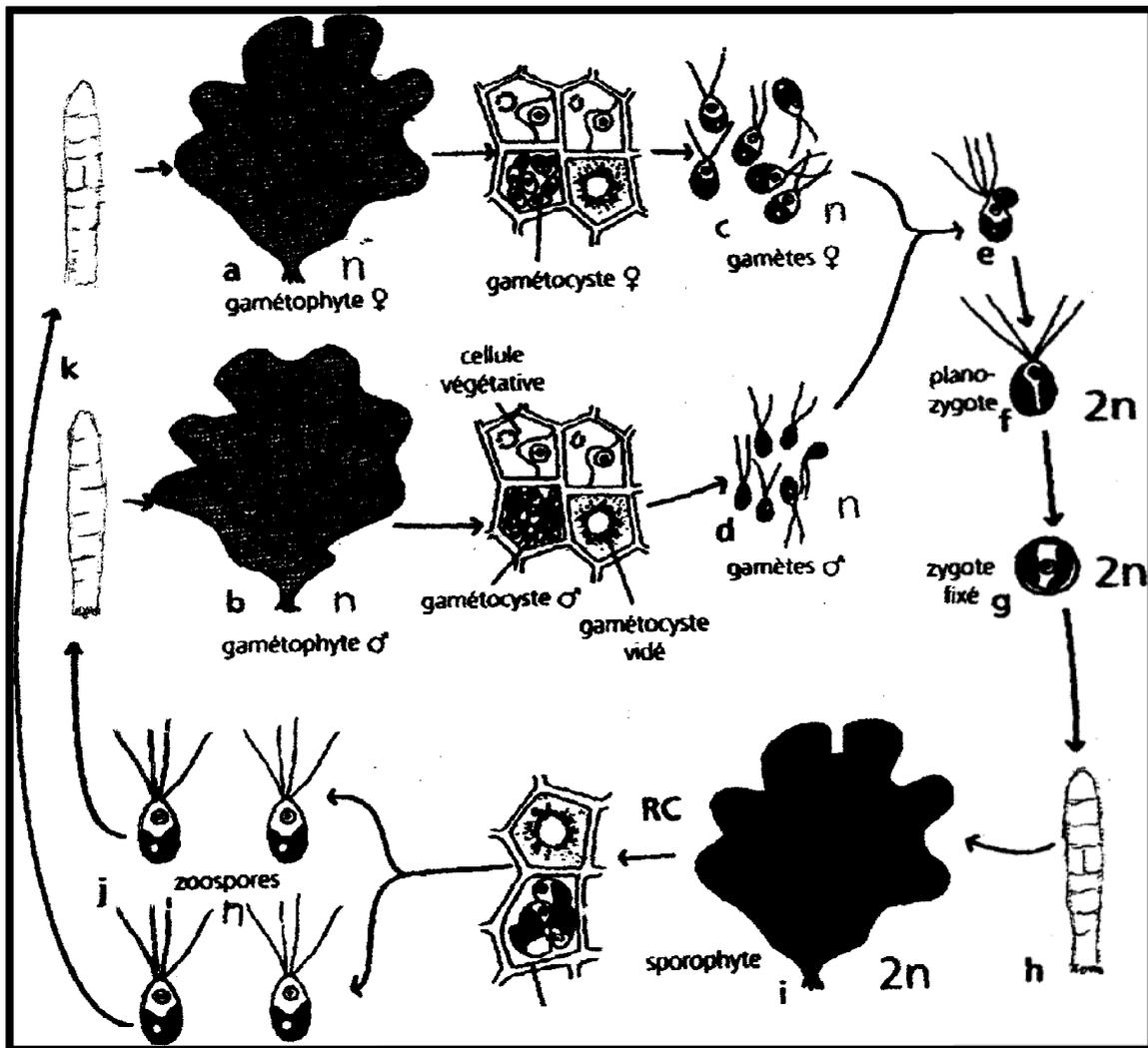
Enteromorpha linza est caractérisée par sa croissance rapide entre l'hiver et le début de l'été où elle apparaît comme un épais tapis vert. (F.A.0, 1987)

I-6-4-Reproduction :

Chez l'Entéromorphe le mode de reproduction sexuée est variable, mais jamais par cystogamie.

La reproduction sexuée se fait par iso ou anisogamie de gamètes biflagellés, ces algues sont hétérothalliques et il y a une alternance de générations isomorphes elles sont digénétiques haplo - diploïde, c'est-à-dire avec alternance régulière de sporophytes diploïdes et de gamétophytes haploïdes. (BOURRELLY, 1972)

La reproduction résulte de la rencontre des gamètes qui sont morphologiquement identiques de structure et de taille (isogamie) (Fig. 3), ceux-ci sont formés dans ces cellules banales transformées en gamétocystes (Spermacystes et Oocystes). (GAYRAL, 1975).



a:

Gametophyte femelle haploïde et détails de quelques cellules marginales différenciées en gamétocystes.

b : Gametophyte mâle et détails de quelques cellules marginales différenciées en gamétocystes.

c : Gamètes femelles biflagellées.

d : Gamètes mâles biflagellées.

e : Copulation. f: Plano zygote diploïde.

g : le zygote perd ses flagelles et se fixe.

h : Germination du zygote.

i : Sporophyte diploïde.

j : Spores haploïdes quadriflagellées.

k : Germination des spores.

RC : Réduction chromatique.

Fig.3: Cycle de reproduction d'*Ulva* sp. (Algue verte) (REVIERS, 2002).

I-6-5-Ecologie et distribution géographique:

Les enteromorphes jouent un rôle primordial dans le milieu, car elles constituent le premier maillon de la chaîne alimentaire qui conditionne l'équilibre biologique (GAYRAL, 1975).

D'après GOYER, (1998) l'enteromorphe est une algue annuelle que l'on rencontre toute l'année avec un maximum au printemps, et présente une caractéristique remarquable qui est sa résistance au dessèchement.

Enfin, les enteromorphes se trouvent dans toutes les latitudes et dans toutes les mers du globe, elles sont particulièrement tolérantes, s'adaptent à une grande variété de conditions écologiques et que l'on qualifie d'ubiquistes, eurythermes et euryhalines (Augier in BELHADJ, 2008).

I-6-6-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.0, 1987).

I-6-7-Bio-indicateur de la pollution des eaux :

Certaines entéromorphes sont considérées comme des **bio indicateurs** : Une abondance anormale, et plus encore une pullulation ("marée verte") de ces entéromorphes est considérée comme un signe de dysfonctionnement écologique. Ces marées vertes sont généralement liées à une eutrophisation ou dystrophisation de l'eau (due à l'apport d'engrais agricoles (nitrates, phosphates), d'effluents urbains...).

II- LA BIOACCUMULATION DES METAUX LOURDS

II-1 Notion de bioaccumulation:

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)

II-2 La bioamplification (ou biomagnification) :

Phénomène par lequel un contaminant présent dans un biotope connaît un accroissement de sa concentration au fur et à mesure qu'il circule vers les maillons supérieurs d'un réseau trophique.

Les métaux lourds présents dans les micro-organismes, les algues, les végétaux, les poissons et les autres animaux sont ingérés et s'accumulent dans l'organisme des animaux puis des hommes à chaque maillon de la chaîne alimentaire. En bout de chaîne, certains métaux, notamment le plomb et surtout le mercure sous forme méthylée, se retrouvent en quantité concentrée dans l'organisme du consommateur final. Les métaux lourds peuvent pénétrer dans l'organisme par ingestion (via la chaîne alimentaire notamment) mais également par inhalation. Les effets toxiques ne se manifestent qu'au-delà de certaines doses.
(MIQUEL, 2001)

II-3 Les métaux lourds :

II-3-1 Définition :

On appelle en général métaux lourds les éléments métalliques naturels, métaux ou dans certains cas métalloïdes (1) caractérisés par une masse volumique élevée, supérieure à 5 grammes par cm³. On retrouve dans certaines publications anciennes l'appellation de « métal pesant ». (MIQUEL, 2001)

Les éléments traces métalliques sont généralement définis comme des métaux lourds. Cependant, la classification en métaux lourds est souvent discutée car certains métaux toxiques ne sont pas particulièrement «lourds» (par exemple le zinc), tandis que certains éléments toxiques ne sont pas des métaux (c'est le cas de l'arsenic qui est un métalloïde). Ce terme générique désigne donc indistinctement des métaux et métalloïdes réputés toxiques. Pour ces différentes raisons, l'appellation «éléments traces métalliques» -**ETM**- ou par extension «éléments traces» est préférable pour certains à celle de métaux lourds.

Selon MIQUEL (2001) parmi les métaux lourds, trois d'entre eux sont principalement distingués : le mercure, le plomb et le cadmium, d'une part en raison de leur affinité avec le soufre qui permettait d'identifier les protéines « qui précipitent lourdement » ou donnent facilement des sels (sels de mercure, sels de plomb...). D'autre part, les trois métaux ont aussi quelques caractéristiques physicochimiques communes :

- Ils se transportent, changent de forme chimique, mais ne se détruisent pas.
- Ils ont une conductivité électrique élevée, qui explique leur utilisation dans de nombreuses industries.
- Mais surtout, ils présentent une certaine toxicité pour l'homme, entraînant notamment des lésions neurologiques plus ou moins graves. Tandis que tous les autres ont une utilité dans le processus biologique.

(1) *Un métalloïde est un élément qui combine certaines caractéristiques du métal et d'autres caractéristiques opposées, l'absence de conductivité électrique par exemple. L'arsenic est un métalloïde.*

II-3-2 Origine des métaux lourds :

II-3-2-1 Source naturelle:

Les métaux lourds sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, mais en général en quantités très faibles. On dit que les métaux sont présents «en traces». Ils sont aussi «la trace» du passé géologique et de l'activité de l'homme. **(MIQUEL, 2001)**

Les métaux sont des composants naturels de l'écorce terrestre dans laquelle on les rencontre généralement sous forme de minerais, associés entre eux et à de nombreux éléments (oxygène et soufre en particulier).

Ils sont donc aussi naturellement présents dans les roches drainées par les eaux de surface et les nappes souterraines, de même que dans les poussières atmosphériques. Par ailleurs, les volcans et les incendies de forêts, constituent aussi des sources naturelles importantes de métaux. **(CHIFFOLEAU et al, 2001).**

II-3-2-2 Source anthropique:

L'exploitation et l'utilisation des métaux par l'homme peuvent exagérément augmenter leur dissémination dans des écosystèmes qui n'y sont pas exposés naturellement. **(INERIS, 2004).**

En dehors de concentration de fond (ou concentration naturelle), il existe trois sources principales de métaux lourds:

- Apports d'origine agricole (amendements organiques, engrais minéraux, pesticides).
- Résidus industriels et urbains.
- Retombées atmosphériques. **(DUCHAUFOR, 1997).**

II-3-3 Utilisation:

Les utilisations des métaux sont multiples et très diversifiées, depuis les additifs de plomb dans les carburants jusqu'aux sels d'argent de l'industrie photographique, au nickel ou au cadmium des batteries d'accumulateurs, au zinc des gouttières ou au chrome des aciers inoxydables, au cuivre de l'industrie électrique ou à l'arsenic des produits phytosanitaires.

II-3-4 Toxicité :

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). **(CHIFFOLEAU 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**)...etc.

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**).

II-3-5 Présentation des métaux étudiés

II-3-5-1 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 minerai est un sulfure, la Greenockite (CdS).

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

(RODIER, 1996).

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 des aciers (revêtements anti-corrosion). Il est également employé pour la décoration des porcelaines, en peinture, en caoutchouterie. (IFREMER, 2001).

c) *Toxicité:*

Le cadmium présente des risques chez le consommateur humain. Même à de faibles 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. (CHIFFOLEAU et al, 2001).

II-3-5-2 Le Cuivre

a) Présentation:

Le cuivre est extrait d'une grande variété de minerais d'une teneur (165) de 0,7 à 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.

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

(**RODIER, 1996**).

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.

Des inhibitions de croissance du phytoplancton se produisent à partir de 4 microgrammes par litre. (**CHIFFOLEAU et al, 2001**).

Selon **GAUJOUS (1995)**, le cuivre diminue l'activité photosynthétique (utilisé comme algicide), provoque une altération des branchies de poissons, retarde la ponte des poissons. Il provoque aussi le verdissement des huîtres.

Le cuivre et les composés cupriques peuvent avoir une action toxique par inhalation, ingestion, voies cutanée et oculaire.

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).**

II-3-5-3 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 minerai de plomb est la galène (PbS), très souvent associée à la blende et la pyrite.

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

(Rodier, 1996)

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).

L'ajout de *l'oxyde* de plomb à du verre forme le cristal et augmente son éclat.

c) Toxicité :

Bien que les seuils toxiques du plomb inorganique en milieu aquatique semblent nettement supérieurs aux concentrations habituellement rencontrées dans l'environnement, on peut cependant observer un retard de croissance chez le phytoplancton à partir de 0,5 microgramme par litre. De plus, les niveaux de bioaccumulation dans les produits marins, mollusques en particulier, sont à prendre en considération pour la santé des consommateurs.

Chez l'homme, les ions Pb^{2+} entrent en compétition avec Ca^{2+} dans la formation des os (saturnisme) et peuvent aussi bloquer plusieurs enzymes. (**CHIFFOLEAU et al, 2001**).

II-3-5-4 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.

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

(RODIER, 1996)

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:

Selon **GAUJOUS (1995)** le zinc est toxique pour les organismes marins à des doses inférieures au mg/l, il détériore l'appareil chlorophyllien, provoque une altération des branchies de poissons, retarde la ponte des poissons.

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. Sa déficience entraîne le nanisme. (**CHIFFOLEAU et al, 2001**).

Chapitre II
PRESENTATION
DE
LA ZONE D'ETUDE

II-1SITUATION GEOGRAPHIQUE:

Ghazaouet, ville côtière de l'extrême ouest Algérien se situe dans la partie septentrionale des monts des Traras. **(Figure.4)**

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 (A.N.A.T, 1995)

En raison de sa position géographique, Ghazaouet et son port ont depuis longtemps constitué un point d'ancrage sur le littoral pour toute la région Nord-Ouest du pays.

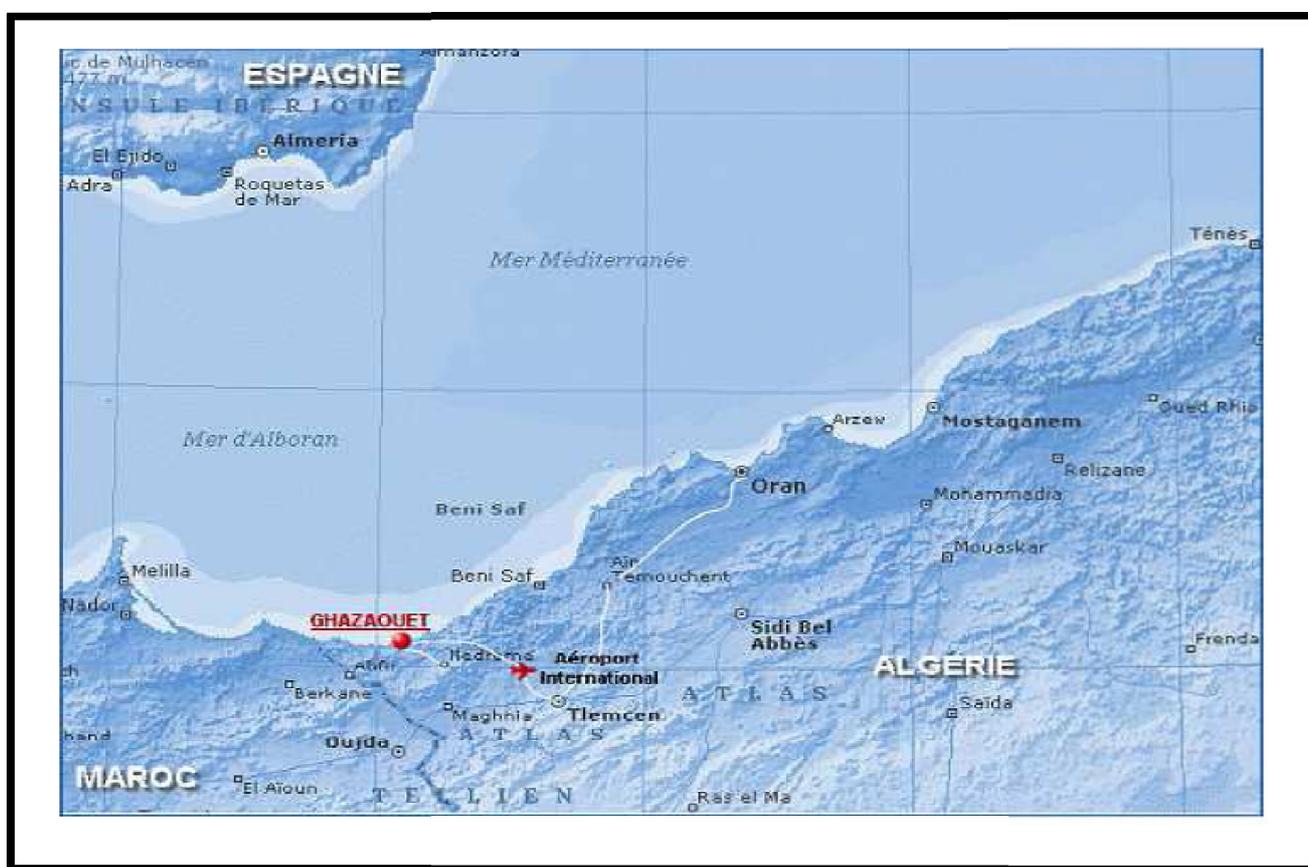


Fig.4 : Localisation de Ghazaouet (échelle 1/25000) (M.A.T.E, 2006)

Couvrant une superficie de 28 km² la ville de Ghazaouet est limitée :

- au Nord par la mer méditerranée ;
- au Sud par la commune de Tient ;
- au Sud -est par la commune de Nedroma ;
- à l'Est par la commune de Dar yaghmoracen;
- à l'Ouest par la commune de Souahlia (Tounane).

Notre zone d'étude s'étend entre l'Oued Abdallah à l'Ouest et la baie Ouest du plateau de Touent, selon les coordonnées géographiques 1°50'20" Ouest et 35°06'07" N à 1° 52'05" Ouest et 35°05'09' Nord. (**L.E.M, 1997**).

II-2MILIEU PHYSIQUE:

La ville de Ghazaouet fait partie du massif des Traras, qui est une chaîne côtière où le relief est faible et tourmenté.

Ce massif apparaît comme un arc montagneux amygdaloïde ceinturé de dépressions périphériques et encastré entre la méditerranée, par sa partie concave, la vallée du Kiss à l'Ouest, la vallée de la Tafna à l'Est et celle de son affluent oued Mouilah au sud par sa partie convexe. (**THINTHOIN, 1960**)

Les traits marquant des Traras sont :

- Le déversement vers le sud ;
- Failles abondantes ;
- Glissement superficiel des unités allochtones sur des pentes faibles qui marquera la fin d'une tectonique récente.

II-2-1 Hydrologie

Trois bassins versants concernent le territoire de la ville de Ghazaouet et ses communes avoisinantes, respectivement et par ordre d'importance sont celui de l'Oued Ghazouana qui couvre 285 km², de l'Oued Abdallah d'une superficie de 15 km² et d'El Kelba qui couvre 7.5 km². (**M.A.T.E, 2007**).

Les cours d'eau qui débouchent sur la côte de Ghazaouet sont principalement:

- ❖ *Oued Ghazouana* (anciennement appelé *Oued El Marsa*), passant au centre de la ville, il est considéré comme le plus grand Oued de la région.
- ❖ *Oued Arkoub* débouchant dans la petite plage du même nom.
- ❖ *Oued Abdellah*, se situe vers l'Ouest, il est presque parallèle à Oued Ghazouana, et qui longe les quartiers Ouest de la ville. Il débouche dans la petite plage dite du «premier ravin».
- ❖ *Oued El Ayadna* en provenance du massif montagneux des Traras, il est plus petit que les autres Oueds. (A.N.A.T, 2000).

II-2-2 Le climat

D'après **SELTZER (1946)** et **THINTHOIN (1948)**, le climat de l'Algérie relève du régime méditerranéen, avec deux saisons bien tranchées, une très sèche, l'autre relativement humide. Ce climat tend vers une aridité de plus en plus accentuée, il se concrétise non seulement par le régime pluviométrique mais aussi par les fortes températures estivales entraînant une intense évaporation.

Le climat de la région de Tlemcen est typiquement méditerranéen. (**QUEZEL; 2000**)

Le climat de notre zone d'étude est influencé par des paramètres propres à la région de Ghazaouet à savoir:

- ❖ son exposition découverte au Nord sur le littoral ;
- ❖ sa position abritée par les monts de Traras au sud ce qui lui confère un contexte bioclimatique semi-aride avec des hivers tempérés à doux (**A.N.A.T, 2000 ; M.E.T.A.P, 2000**).

Pour connaître le climat qui règne dans notre zone d'étude, nous avons pris en considération deux paramètres climatiques : les précipitations et la température. L'interprétation de ces derniers se base sur les données de la station météorologique de Ghazaouet représentant une période de 08 ans qui s'étale de 2004 à 2011 (**Tableau N°2**)

Tableau N°2 Moyennes mensuelles des précipitations et des températures

Ghazaouet (2004/2011)

Mois	J	F	Ms	A	M	J	Jt	At	S	O	N	D
P (mm)	45.2	44	50.2	38.6	28.2	3.7	3.1	3.8	21.2	62.2	71.1	81.5
T (C°)	12.7	13.8	15.3	15.6	20.3	22.4	25.4	25.3	22.5	20.1	17.1	13.4

(O.N.M)

II-2-2-1 Précipitations:

DJEBAÏLI (1978) définit la pluviosité comme le facteur primordial qui permet de déterminer le type du climat.

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

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

En se basant sur les données du Tableau N°2, on constate que le climat de Ghazaouet est marqué par une alternance de deux saisons :

*Une saison pluvieuse longue caractérisée par une irrégularité interannuelle s'étalant sur neuf mois consécutifs allant du mois de Septembre et se prolongeant jusqu'au mois de Mai.

* La saison sèche s'étale sur trois mois du mois de Juin jusqu'au mois d'Août.

Nous constatons que le mois le plus pluvieux est décembre.

Le régime saisonnier (classement des saisons par ordre de pluviosité décroissant) de la région de Ghazaouet est de type HAPE.

II-2-2-2 La température :

Tout comme l'eau, la lumière et l'oxygène, la température est un élément vital et un facteur fondamental pour le déroulement des processus biologiques chez les êtres vivants.

Ce facteur a été défini comme une qualité de l'atmosphère et non une grandeur physique mesurable. **(PEUGY, 1970)**

La caractérisation de la température en un lieu donné se fait généralement à partir de la connaissance de quatre variables au minimum :

- les températures moyennes mensuelles ;
- les températures maximales ;
- les températures minimales ;
- l'écart thermique.

Les températures dans la région de Ghazaouet sont régulées tant en hiver qu'en été, et cela par l'effet régulateur de la mer méditerranée.

Les bulletins météorologiques de l'Algérie montrent que c'est à Ghazaouet que la température est plus douce, et que les écarts thermiques sont moins sensibles. Cette situation climatique privilégiée tient à la position géographique et à la latitude sous la quelle se trouve Ghazaouet. **(D.U.C, 2005)**

Les moyennes mensuelles des températures de la région de Ghazaouet (Tableau N°2) confirment que Janvier est le mois le plus froid avec une température de 12.7°C, alors que Juillet et Août sont les mois les plus chauds avec une température qui dépasse 25°C.

Pour le reste des mois de l'année, les moyennes de température ne descendent pas au dessous de 13°C.

En estimant les écarts thermiques entre les maxima « M » et les minima « m » selon la méthode de **DEBRACH (1953)**, on constate que la région de Ghazaouet est influencée par un climat littoral où $15^{\circ}\text{C} < M-m < 25^{\circ}\text{C}$.

II-3COURANTOLOGIE:

Les courants jouent un rôle primordial dans la circulation des eaux et leur brassage; et par conséquent sur la dispersion de la pollution. **(LACAZE, 1996)**.

MILLOT (1987) affirme que la partie occidentale de la méditerranée présente deux principaux courants: le courant du Nord et le courant algérien.

Les instructions nautiques signalent l'existence d'un courant général au large de vitesse comprise entre 0,5 et 1m/s, se dirigeant d'Ouest vers l'Est, et engendrant un contre courant côtier d'une vitesse moyenne de 0,2 m/s.

Dans la baie de Ghazaouet, le vent soufflant de l'Ouest ainsi que l'étranglement formé par les îlots des deux frères et des deux sœurs et la pointe Ouest, permettent la création d'un courant spécifique.

Ces courants influent sur l'épandage des polluants dans la région. (L.E.M, 1997).

II-4 TISSU INDUSTRIEL:

Le tissu industriel dans la région de Ghazaouet est plus ou moins diversifié représenté par un certain nombre d'entreprises (**Tableau 3**), dont l'unité ALZINC qui occupe une place importante avec les emplois offerts pour la population de la région ainsi que la grande participation dans l'activité portuaire.

Tableau N°3: Les principales unités industrielles de la région de Ghazaouet

Entreprise	Date de mise en service	Localisation	Production		Type de pollution
			Type	Quantité/an	
ALZINC	1974	Ghazaouet	Zinc	40000 T/an	Solide, liquide, Gazeux
CERAMG (ECO)	1978	Ghazaouet	Céramique sanitaire	655000 articles	Solide (casse)
SOBIRT	1975	Tounane	Briques	100000 U/an	/

II-4-1 Le complexe ALZINC :

la société Algérienne du zinc par abréviation ALZINC (**Figure 5**) est une filiale de METANOF, qui est une société par action dénommée, Entreprise Nationale de métallurgie et de la transformation des métaux non ferreux, la production de cette filiale a débuté en 1974.

L'installation a été conçue, initialement pour traiter essentiellement le concentré minier d'El Abed situé à environ 200 Km au Sud-ouest de Ghazaouet (**M.E.T.A.P, 2000**)

La société ALZINC a pour objet:

- *Production de zinc et d'alliages (Zamac, pastille de Zinc...), de l'acide sulfurique et du cuivre cathodique.
- *Distribution locale et exportation de ses produits à travers le monde.



**Figure 5 : La société Algérienne du Zinc (ALZINC) - Ghazaouet
(Originale, Avril 2013)**

II-4-2 Les apports du rejet industriel en milieu marin :

En plus des rejets urbains, le milieu marin de Ghazaouet reçoit les eaux résiduaires industrielles recyclées en provenance de l'unité d'électrolyse de Zinc à raison de 3.5m^3 /heure. Ces rejets chargés des métaux lourds, sont déversés dans le milieu marin et ils ont participé à la contamination de la vase aggravée par le stockage sauvage des déchets de lixiviation de Zinc sur la falaise surplombant la mer et l'usine.

(D.P.R.H.T, 2004)

II-5 LE PORT :

Le port mixte (commerce/pêche/transport de voyageurs) de Ghazaouet (**figure 6**) est situé à une trentaine de kilomètres à vol d'oiseau à l'Est de la frontière Algéro – marocaine et à 45 Km de l'aéroport international MESSALI El Hadj de Tlemcen.

Il s'étend sur 23 Ha de terre-pleins et 25 ha de plan d'eau (dont une petite darse pour les navires de pêche de 01 ha). (**D.U.C, 2005**)

Grâce aux échanges commerciaux (import/export) et au transport des voyageurs, le port de Ghazaouet a pu acquérir une place importante au niveau national et régional.

La pêche avec chalutiers ou artisanale est une autre activité qui se trouve au niveau du port mais son apport économique reste insuffisant. La flotte produit 4 types de poissons : Bleus, blancs, crevettes et crustacés.



Figure 06 : Vue générale du port de Ghazaouet

CHAPITRE III
MATÉRIEL ET MÉTHODES

III-1 L'ECHANTILLONNAGE:

III-1-1 Choix des stations de prélèvement:

Pour effectuer notre étude et afin de couvrir les principaux secteurs potentiellement soumis à des pollutions ou à des perturbations, nous avons retenu trois stations de prélèvements sur le littoral de Ghazaouet. (**Figure 7**)

La station du port «**SP**» permet d'estimer le degré de concentration des éléments métalliques à ce niveau.

La station d'Oued Ghazouana «**SG**», 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.

Par ailleurs, la station retenue à l'embouchure de l'Oued Abdallah «**SA**» se trouve vers l'Ouest de la baie de Ghazaouet plus loin des deux premières stations et permet d'estimer les teneurs métalliques provenant des rejets de la station de dessalement.

La structure semi fermée du port empêche la libre circulation des courants marins, ce qui entraîne une concentration des polluants à l'intérieur de celui-ci.



Figure 7 : Localisation des stations de prélèvement

III-1-2 Choix des échantillons :

La matière vivante végétale « **Algues** » était choisie pour pouvoir quantifier la bioaccumulation métallique.

Le suivi a été réalisé sur la base d'un échantillonnage effectué mensuellement sur une période d'une année allant du mois de Juillet 2010 jusqu'au mois de Juin 2011.

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 le site.

Quatre métaux ont été retenus pour notre étude à savoir : le cadmium, le cuivre, le plomb, et le zinc.

III-2 METHODES DE PRELEVEMENT ET D'ANALYSE:

III-2-1 Prélèvement

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

III-2-2 Analyse

III-2-2-1 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 (trous de tamis = $63\mu\text{m}$), sont pesés (850mg), et mis dans des béchers en téflon.

On ajoute 5 ml d'acide perchlorique (HClO_4 à 60%) et on chauffe à 80°C environ 1H. On retire du feu et on laisse refroidir (acide foncé). Ensuite on évapore à la goutte en remuant sur feu (80°C).

On reprend le résidu par l'eau régale (3ml HCl+1mlHNO₃), on laisse pendant 8H à 80°C Après évaporation et apparition des points noirs au fond du bécher on ajuste à 20 ml avec de l'eau distillée.

La solution est conservée au frais dans des godets pour le dosage (KUT & al, 1999).

III-2-2 -2 Dosage des métaux:

Le dosage des métaux a été réalisé par la spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme (SAAF). Cette analyse était effectuée au niveau du laboratoire du contrôle de la qualité de l'entreprise ALZINC.

L'appareil de mesure utilisé au laboratoire (Alzinc) est de type AURORA AI 1200 (Figure 8)



Figure 8 : Spectrophotomètre d'absorption atomique

(Originale, Avril 2013)

Les conditions d'atomisation des métaux étudiés sont illustrées dans le tableau N°4

Tableau N° 4: Conditions d'atomisation des métaux étudiés

Eléments	Longueurs d'ondes (nm)
Cadmium	228.8
Cuivre	324.7
Plomb	283.3
Zinc	213.9

III-2-2 -3 Calcul des concentrations:

La concentration du métal dans l'échantillon est calculée selon la formule suivante :

C : Concentration finale de l'échantillon en mg/kg

C₁: Concentration de la solution échantillon en mg/l

V : Volume final de la solution de minéralisation en ml.

P : Prise ou masse d'échantillon en g.

$$C = \frac{C_1 \times V}{P}$$

III-2-2 -4 Analyses statistiques:

Pour une meilleur interprétation des résultants et afin d'éviter les écarts entre les moyennes des échantillons produits lors d'échantillonnage, des tests statistiques comme l'analyse des variances (ANOVA), ont été développés.

Cette méthode 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.

Dans notre cas, il s'agit d'étudier l'influence des variables comme la station et mois sur la teneur moyenne en métaux. Pour le faire on a eu recours au test ANOVA1 (à un seul facteur).

Cette analyse consiste à tester l'hypothèse nulle H_0

$$H_0 = M_1 = M_2 = M_3 = \dots = M_n$$

Cela se fait par le calcul de p (probabilité de rejet de H_0)

La lecture du tableau des résultats de l'analyse de la variance permet de vérifier la valeur de F et sa probabilité "p": Si la valeur du F de Fisher présente un seuil de probabilité inférieur à 5 % ($p < 0,05$), l'hypothèse nulle est rejetée, donc la différence entre les moyennes est hautement significative.

CHAPITRE IV

Résultats et discussion

IV-1TENEURS METALLIQUES MOYENNES CHEZ ENTEROMORPHA LINZA EXPRIMEES EN POIDS SEC:

IV - 1-1 Le Cadmium

Les moyennes des teneurs en cadmium obtenues après l'analyse par la SAAF pour les trois stations et durant la période d'étude (juillet 2010-Juin 2011), sont illustrées dans le **tableau N°5**.

On constate une accumulation importante du cadmium au niveau des stations du port (SP) et d'Oued Ghazouana (SG) avec une teneur moyenne de 0,34 mg/kg dépassant la norme admise par l'IAEA-392 (0,0173mg/kg).

Il est à noter, que malgré les teneurs les plus inférieures enregistrées dans la station d'Oued Abdellah, une valeur maximale de 0,97 mg/kg a été observée au mois d'octobre.

L'accumulation du cadmium par l'enteromorphe dans les trois stations se traduit par le gradient de concentration suivant : SA <SG=SP.

L'analyse de variance à un facteur contrôlé « ANOVA 1 » (voir annexe, p1) révèle des résultats significatifs : $p=0,047 < 0,05$

IV-1-2 Le Cuivre

D'après le **tableau N°6** Les teneurs moyennes en cuivre sont inférieures aux normes (23,2mg/kg). Les concentrations moyennes du cuivre enregistrées sont comprises entre 2,04mg/kg et 1,77mg/kg valeurs notées respectivement pour la station du port (SP) et la station d'Oued Ghazouana (SG). La station d'Oued Abdellah présente les teneurs les plus faibles avec un minimum enregistré au mois de Mars (0,084mg/kg).

Le gradient de concentration du cuivre dans les trois stations est de l'ordre suivant : SA <SG < SP.

L'analyse de variance à un facteur contrôlé « ANOVA 1 » (voir annexe, p3) montre que les résultats sont hautement significatifs : $p=0,0043 < 0,05$.

IV-1- 3 Le Plomb

Pour la station de Oued Ghazouana les concentrations du plomb (**tableau N°7**) sont importantes et au dessus de la norme (0,574 mg/kg) à l'exception du mois de janvier où une valeur minimale de 0,46 mg/kg a été enregistrée.

Quant aux deux autres stations, les teneurs n'ont pas dépassé le seuil normatif dans la moitié de la durée de prélèvement.

Le gradient de concentration du plomb dans les trois stations est comme suit :

SA < SP < SG.

L'analyse de variance à un facteur contrôlé « ANOVA 1 » (voir annexe, p5) montre que les résultats sont hautement significatifs : $p = 8,28.10^{-6} < 0,05$

IV -1- 4 Le Zinc

Les concentrations moyennes du zinc les plus élevées (**tableau n°8**) se localisent au niveau de la station du port (SP), ces teneurs qui dépassent la norme admise par l'IAEA-392 (128 mg/kg) sont enregistrées pendant les mois de : Juin, Juillet, Août, Octobre et Novembre atteignant un maximum de 161,16 mg/kg pour ce dernier. Cette accumulation est certainement due aux rejets locaux provenant des activités portuaires aux quels s'additionnent les rejets d'Oued Ghazouana où l'accumulation du Zinc arrive à un taux moyen de 88,14 mg/kg. Par ailleurs, cette accumulation devient moins importante au niveau de la station d'Oued Abdellah avec une valeur moyenne de 27,94 mg/kg. Ce pendant le gradient de concentration du Zinc sera de l'ordre suivant : SA < SG < SP.

L'analyse de variance à un facteur contrôlé « ANOVA 1 » (voir annexe, p7) montre que les résultats sont significatifs : $p = 0,037 < 0,05$.

Tableau N°5 Concentrations mensuelles moyennes du Cadmium chez

Enteromorpha linza en mg/kg de poids sec

Mois Stations	Juillet 2010	Août 2010	Sept 2010	Oct 2010	Nov 2010	Déc 2010	Janv 2011	Fév 2011	Mars 2011	Avril 2011	Mai 2011	Juin 2011	Moyenne
SP	0,64	0,62	0,11	0,36	0,71	0,17	0,17	0,26	0,11	0,12	0,34	0,35	0,33
SG	0,23	0,29	0,31	0,37	0,23	0,17	0,12	0,16	0,84	0,34	0,31	0,40	0,31
SA	0,1	0,074	0,087	0,97	0,1	0,083	0,11	0,071	0,1	0,061	0,093	0,2	0,17

Tableau N°6 Concentrations mensuelles moyennes du Cuivre chez

Enteromorpha linza en mg/kg de poids sec

Mois Stations	Juillet 2010	Août 2010	Sept 2010	Oct 2010	Nov 2010	Déc 2010	Janv 2011	Fév 2011	Mars 2011	Avril 2011	Mai 2011	Juin 2011	Moyenne
SP	3.49	2.88	0.9	2.03	4.92	0.74	0.97	1.53	0.51	1.35	1.89	3.37	2,04
SG	1.54	2.32	1.77	1.73	2.67	1.04	1.34	0.85	1.88	1.8	1.77	2.56	1,77
SA	0.55	0.32	0.43	1.27	0.37	0.36	0.3	0.25	0.084	0.19	0.24	0.83	0,43

Tableau N°7 Concentrations mensuelles moyennes du Plomb chez

Enteromorpha linza en mg/kg de poids sec

Mois Stations	Juillet 2010	Août 2010	Sept 2010	Oct 2010	Nov 2010	Déc 2010	Janv 2011	Fév 2011	Mars 2011	Avril 2011	Mai 2011	Juin 2011	Moyenne
SP	4.78	5.6	1.39	0.74	1.3	0.65	0.41	0.56	0.49	0.42	0.48	0.47	1,44
SG	3.13	5.52	2.46	1.64	0.94	1.09	0.46	0.93	0.62	3.5	2.46	6.84	2,46
SA	1.17	1.35	1.54	1.26	0.7	0.27	0.43	0.42	0.4	0.48	0.18	2.55	0,89

Tableau N°8 Concentrations mensuelles moyennes du Zinc chez

Enteromorpha linza en mg/kg de poids sec

Mois Stations	Juillet 2010	Août 2010	Sept 2010	Oct 2010	Nov 2010	Déc 2010	Janv 2011	Fév 2011	Mars 2011	Avril 2011	Mai 2011	Juin 2011	Moyenne
SP	155.9	154.9	34.84	115.6	161.16	94.74	92.11	83.24	92.04	33.39	95.71	151.75	105,44
SG	101.7	74.43	86.17	78.89	62.82	97.48	66.15	58.16	73.67	113.43	86.17	135.06	86,17
SA	42.16	31.6	47.74	70.24	23.67	34.24	32.3	7.74	7.96	7.83	19.05	60.17	32,05

IV-2 VARIATIONS TEMPORELLES DES TENEURS EN METAUX CHEZ L'ENTEROMORPHE :

IV - 2-1 Le Cadmium

Les moyennes des teneurs en cadmium enregistrées durant la période de prélèvement sont représentées à la (figure 9).

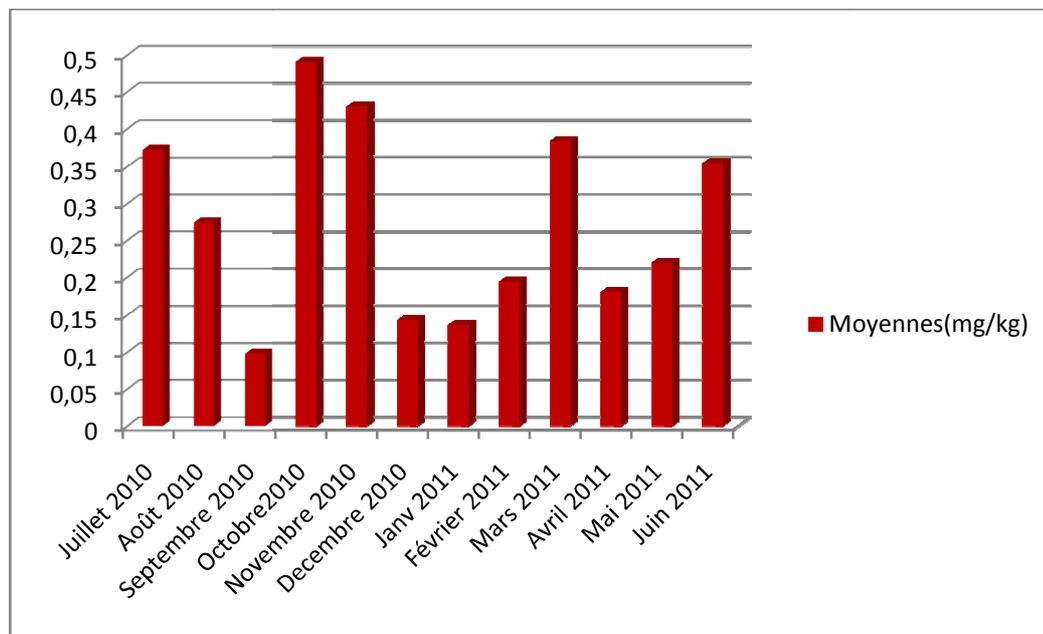


Fig.9 Variations temporelles moyennes des teneurs en Cadmium

Une accumulation élevée du cadmium a été noté durant les mois de : Juillet, Août, Octobre, Novembre (2010) Mars et Juin (2011), avec un maximum de 0,49 mg/kg observé au mois d'Octobre. Les fluctuations mensuelles sont dues à la variation de la charge de contamination dans le milieu et probablement due la dynamique de croissance de l'espèce dans son emplacement. Rappelons, à cet effet, que le cadmium n'a aucun, rôle métabolique connu et ne semble pas biologiquement essentiel ou bénéfique au métabolisme des êtres vivants. (CHIFFOLEAU et al, 1999)

IV -2-2 Le Cuivre

Nous remarquons dans la **figure 10** que la période d'accumulation du cuivre est similaire à celle d'accumulation du cadmium à l'exception du mois de mars. La concentration maximale est observée au mois de Novembre avec une valeur de 3,03 mg/kg suivi respectivement du mois de juin (2,54 mg/kg) et Juillet (2,09 mg/kg).

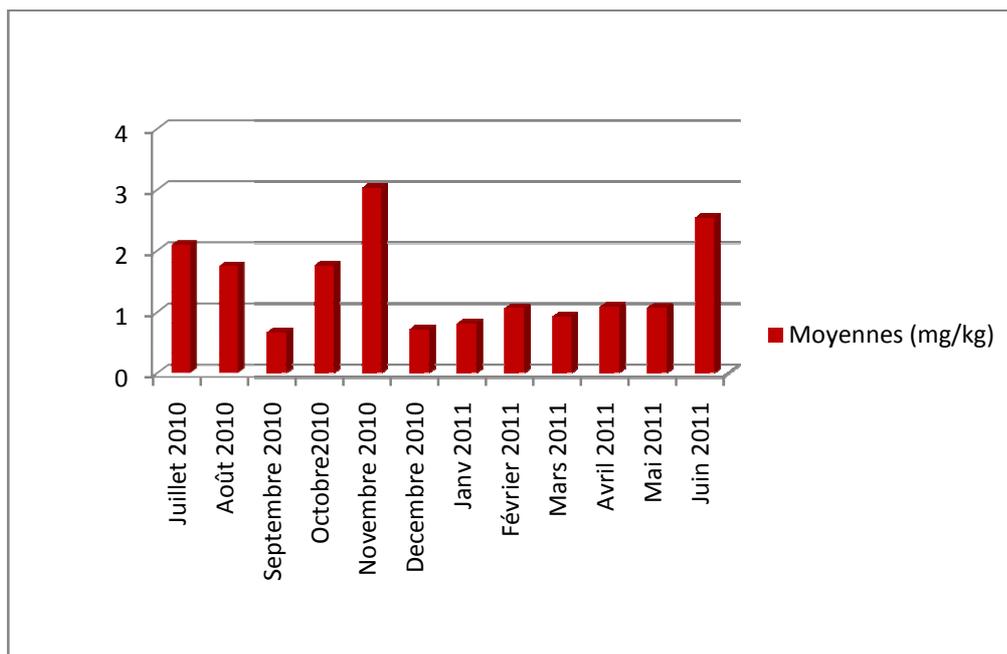


Fig.10 Variations temporelles moyennes des teneurs en Cuivre

Le cuivre est un constituant essentiel d'enzymes intervenant dans plusieurs voies métaboliques (DEVEZ, 2004). Il se peut que ces concentrations soient dues à une prise effectuée par l'enteromorphe en cette période ou à la charge importante du milieu en cuivre.

IV- 2-3 Le Plomb

L'observation de l'évolution du plomb (**figure 11**) a montré que l'accumulation de cet élément s'est limitée à la saison estivale (Juillet, Août 2010 et Juin 2011), atteignant un maximum de 4,14mg /kg au mois d'Août. Le plomb, en fait, n'est pas nécessaire à la vie (**CASAS, 2005**), cette accumulation temporelle est peut être due à la présence importante du plomb dans le milieu.

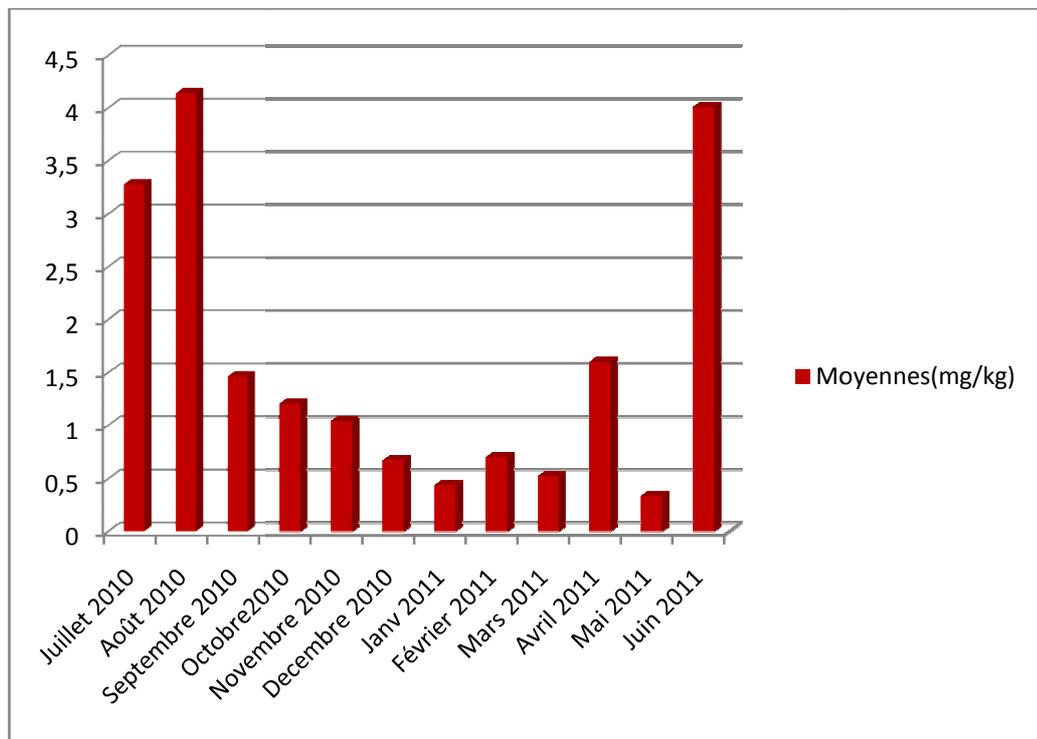


Fig.11 Variations temporelles moyennes des teneurs en Plomb

IV- 2-4 Le Zinc

L'accumulation du Zinc durant la période de prélèvement est considérable (**figure12**). Les concentrations les plus élevées sont notées pendant les saisons estivale et automnale où une valeur maximale de 128,14mg/kg a été enregistrée au mois de Juin. Outre l'existence de source de Zinc dans la région d'étude, l'accumulation du Zinc chez l'enteromorphe peut se traduire par les besoins de l'algue en cet élément en fonction de sa croissance.

Le zinc est essentiel dans le métabolisme des cellules et dans les réactions enzymatiques comme cofacteur. (**DEVEZ ,2004**)

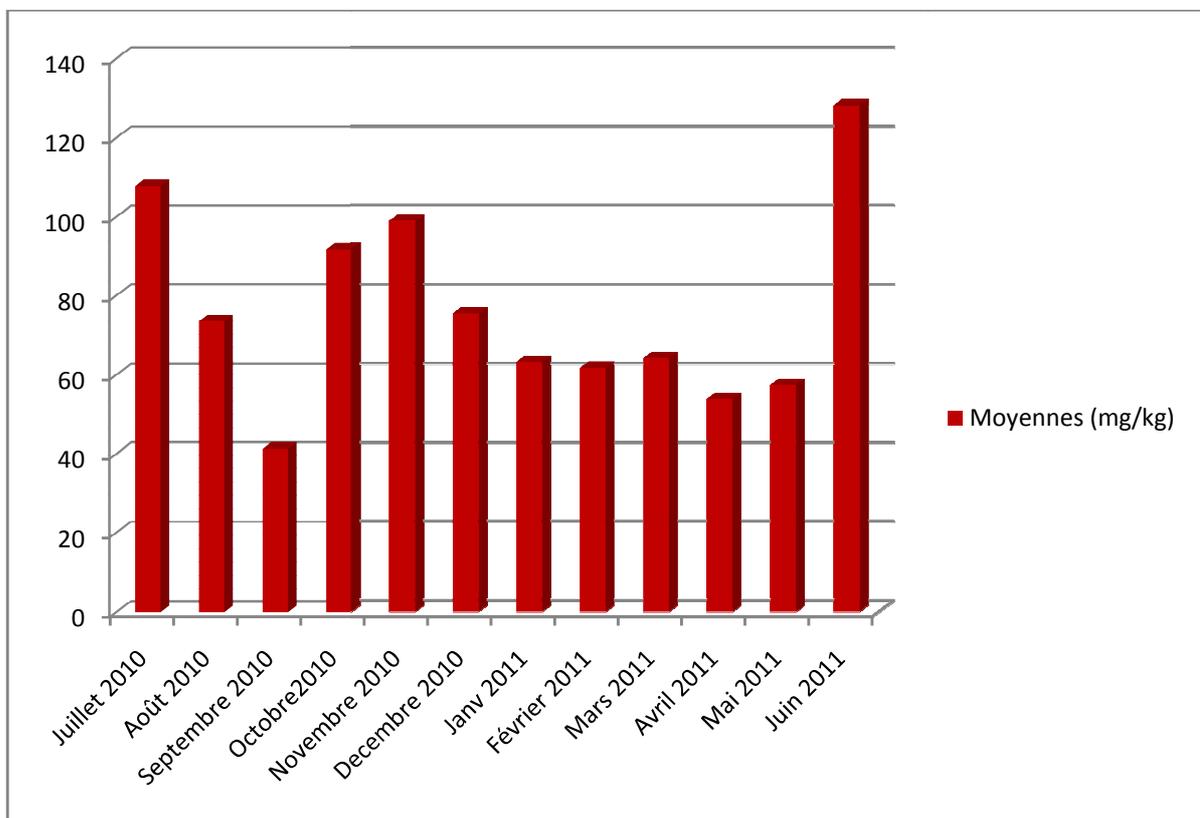


Fig. 12 Variations temporelles moyennes des teneurs en Zinc

IV-3 COMPARAISON DES RESULTATS AVEC CEUX DES TRAVAUX

ANTERIEURS :

Afin d'évaluer nos résultats et d'estimer le niveau de contamination chez l'Enteromorphe, nous avons procédé à une comparaison avec les résultats des études antérieures. (Tableau N°9)

Tableau N°9 : Comparaison des concentrations moyennes des métaux chez *Enteromorpha linza* de notre étude avec ceux des travaux antérieurs

Références	Messaoudi et Bettioui (2002)			Belhadj 2008			Notre étude 2013		
	SP	SG	SA	SP	SG	SA	SP	SG	SA
Cadmium	2.16	2.14	1.23	0.13	0.13	0.02	0.34	0.34	0.13
Cuivre	50.14	37.96	24.85	6.22	7.8	2.97	2.09	1.76	0.36
Plomb	34.39	36.55	15.92	2.28	2.13	0.87	1.27	2.74	0.73
Zinc	403.12	332.54	63.84	105.91	27.46	7.87	107.90	88.14	27.94

En analysant le tableau ci –dessus, on remarque que les taux d'accumulation les plus élevés ont été enregistré en 2002. Une nette diminution des concentrations caractérise l'étude de 2008 et la notre. En comparant ces deux dernières, on constate que l'accumulation du cadmium et du cuivre a connu une légère augmentation dans notre étude. Il s'avère également que tous les métaux accusent des valeurs plus élevées dans la station du port que dans les autres indiquant une contamination importante du milieu.

CONCLUSION

Notre étude qui avait comme objectif de contribuer à connaître l'état actuel de la contamination métallique dans la baie de Ghazaouet, nous a permis de mettre en évidence la présence de quelques métaux dans la zone d'étude et d'évaluer leurs accumulations chez une espèce d'algue verte (*Enteromorpha linza*).

Effectivement, les résultats obtenus indiquent que la contamination du milieu persiste toujours. Ils démontrent d'une manière explicite la variation des teneurs métalliques d'une station à l'autre et d'un mois à un autre avec une accumulation du cadmium et du plomb dépassant les normes admises par l'IAEA. En revanche il ne faut pas négliger les concentrations du zinc observées au niveau de la station du port et d'Oued Ghazouana.

La contamination est plus prononcée dans ces deux stations car elles sont réceptrices des égouts de la ville de Ghazaouet et du complexe ALZINC. Cependant, la station d'embouchure d'oued Abdellah n'est pas exempte de sources de pollution notamment celles issues de la station de dessalement et des apports d'eaux usées provenant des agglomérations avoisinantes charriés par l'oued Abdellah en particulier lors de la période pluvieuse. **(BELHADJ, 2008)**

Il a été nécessaire durant cette étude de développer un test statistique (analyse de variance à un facteur : ANOVA 1) pour s'assurer de nos résultats. Cette analyse a révélé que l'effet station est hautement significatif pour l'ensemble des métaux avec une hiérarchie d'accumulation qui change d'un métal à un autre.

Quant à l'effet temps (mois), il reste moins accentué parfois même négligeable (selon le métal) que l'effet station. La hiérarchie d'accumulation à effet temps est irrégulière d'un métal à un autre et d'un mois à un autre, à l'exception des mois de : Juin, Juillet et Août.

A cet effet, nous suscitons d'autres études pour poursuivre les variations d'accumulation des métaux sur une période plus longue qu'une année.

Ainsi cette étude a besoin d'une suite approfondie sur le plan biologique qui tient compte du cycle et du comportement des algues (bioindicateurs de pollution) vis-à-vis des contaminants.

Pour conclure, 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 et en particulier à Ghazaouet pour l'endiguer, à défaut de l'arrêter. Il est donc impératif aux autorités responsables, notamment celle d'Alzinc, de prendre les mesures nécessaires qui sont en fait multiples et à plusieurs niveaux (eaux usées non traitées, rejets divers d'Alzinc, rejets de la station de dessalement, décharges incontrôlés...), pour limiter l'impact de cette pollution sur l'écosystème marin et par conséquent sur le développement de la flore marine.

Références bibliographiques

A.N.A.T(Agence Nationale d'Aménagement du Territoire), 1995. Etude de la zone franche de Ghazaouet. Tlemcen.

A.N.A.T, 2000. Schéma d'organisation de l'armature urbaine «Nord- Ouest» - Ville de Ghazaouet, Mission 1: Diagnostic et état des lieux. 53p.

A.N.A.T, 2004. Etude de protection et de valorisation du littoral - Bilan écologique (W. Tlemcen - C. Ghazaouet). pp 1-63.

ARZEL P, BAUD J.P, BERTHOU P, 1992. Les algues et invertébrés marins des pêches françaises. 1^{ère} partie. Edt. Ifremer. 115p.

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

BELHADJ H, 2008. Evaluation de la pollution métallique dans l'eau, les sédiments et organismes vivants du littoral de Ghazaouet (extrême Ouest Algérien). Thèse de Magister, Ecologie et Environnement. Univ de Tlemcen, Algérie. 238 p+ Annexe.

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

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

D.P.R.H.T(Direction de la Pêche et des Ressources Halieutiques de la wilaya de Tlemcen), 2004. Le secteur de la pêche et l'état environnemental du littoral de la Wilaya de Tlemcen. 41p.

D.U.C (Direction d'Urbanisme et de Construction de la wilaya de Tlemcen), 2005. Révision du plan directeur d'aménagements urbains de la zone de Ghazaouet (P.D.A.U).

- DEBRACH J, 1953.** Notes sur les climats du Maroc occidental, Maroc méridional. Pp : 32-342 ; 1122-1134.
- DEVEZ A, 2004** Caractérisation des risques induits par les activités agricoles sur les écosystèmes aquatiques. Thèse de Doctorat en Sciences de l'eau. Ecole nationale du génie rural, des eaux et des forêts, Montpellier — France. 239p.
- DJEBAÏLI S, 1978.** Recherches phytoécologiques sur la végétation des hauts plaines steppiques de l'Atlas Saharien Algérien. Thèse Doct. Sc et Tech du Languedoc. Montpellier. 299 p + annexes.
- DUCHAUFOR P, 1997.** Abrégé de pédologie. 5^{ème} édit. Masson.
- 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.
- GAUJOUS D, 1995.** La pollution des milieux aquatiques. Aide -mémoire. Edt. Technique et documentation - Lavoisier. 220p.
- GAYRAL P, 1975.** Les algues: morphologie - cytologie - reproduction - écologie, Doin éditeurs, Paris. 167p.
- GOYER M, 1998.** Cité de la mer. Association Estran (site internet).
- 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.
- INERIS, 2004.** Analyse critique des méthodologies pour la détermination et l'application de normes de qualité environnementale pour les métaux. Rapport de synthèse n° INERIS DRC03-46822-HMa/JL-03.0681. 27p.
- JULIEN J. C, 2007.** Description de *Ulva* (Enteromorpha) spp.
<http://www.mer-littoral.org/53/enteromorpha-spp.php>
- 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.

- LACAZE J.C, 1996.** L'eutrophisation des eaux marines et continentales: causes, manifestations, conséquences et moyens de lutte. Edit. Ellipses. Paris. 191p.
- L.E.M (Laboratoire d'Etudes Maritimes), 1997.** Etude d'impact sur l'environnement du dragage du port de Ghazaouet. Alger. 34p.
- M.A.T.E (Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement), 2006.** Etude de pré investissement pour le HOT SPOT de Ghazaouet (Algérie)- Rapport de Phase I. 67p.
- M.A.T.E, 2007.** Etude de pré investissement pour le HOT SPOT de Ghazaouet (Algérie)- Rapport de Phase II. 217p.
- 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. de Tlemcen. 62p.
- M.E.T.A.P (Mediterranean Environmental Technical Assistance Program), 2000.** Estimation du degré de la pollution atmosphérique occasionnée par l'usine d'électrolyse de Zinc de Ghazaouet en Algérie : son impact et des solutions possibles. Univ. Harvard, Cambridge, MA 02138. Etats-Unis.101p.
- MILLOT C, 1987.** La circulation générale en méditerranée occidentale. Annale de géographie n°549. Marseille. pp 497-515.
- MIQUEL G, 2001.** Rapport sur les effets des métaux lourds sur l'Environnement et la santé. Assemblée Nationale Française, N°2979, Paris, 366 p.
- O.N.M, 2006.** Office National de la Météorologie.
- PAYRI C, 2008.** Quelques particularités biologiques: Les formes et la reproduction des algues. UFP <http://www.com.univ-mrs.fr/IRD/atollpol/ecorecat/algform.htm>
- PEUGY CH P, 1970.** Précis de climatologie. Edi Masson et Cie. Paris.444p.
- PICHARD A, 2005.** Le Cuivre et ses dérivés. Edit. INERIS-DRC-02-25590-02 DF54 version N°1-5.66p.
- QUEZEL P, 2000.** Réflexion sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. Ed. Ibis. Press. Paris. Pp : 13-117.

- RAMADE F, 2000.** Dictionnaire encyclopédique des pollutions - les polluants de l'environnement à l'homme. Edt. Edi science international. Paris. 690p.
- REVIERS B, 1993.** La classification des Algues. *Biosystema* 10 :59-111.
- REVIERS B, 2002.** Biologie et phylogénie des algues. Tome 1. Edt. Belin. 351p.
- RODIER J, 1996.** L'analyse de l'eau. Eaux naturelles - Eaux résiduaires - Eaux de mer. 8^{ème} édit. Dunod. 1383p.
- SELTZER P, 1946.** Le climat d'Algérie. Inst. Météo. Phys. Géol. Univ. Alger, 219p.
- THINTHOIN R, 1948.** Les paysages géographiques de l'Oranie, 58Fasc, Bull, Soc. Géogr. Arch. Oran. 280p.
- THINTHOIN, 1960.** Les Traras, étude d'une région musulmane d'Algérie, Bull, Soc. Géogr. Arch. Oran. 309p.

Annexes

Annexe-1

Analyse de la variance à un facteur pour le Cadmium

-Effet temps (mois)-

<i>Groupes</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>
Juillet 2010	7	2.61	0.372857143	0.06999048
Août 2010	6	1.649	0.274833333	0.05878417
Septembre 2010	2	0.197	0.0985	0.0002645
Octobre 2010	5	2.45	0.49	0.07995
Novembre 2010	6	2.58	0.43	0.11524
Décembre 2010	6	0.857	0.142833333	0.00313537
Janvier 2011	8	1.09	0.13625	0.00185536
Février 2011	7	1.361	0.194428571	0.00658729
Mars 2011	8	3.07	0.38375	0.1479125
Avril 2011	8	1.445	0.180625	0.01821055
Mai 2011	6	1.32	0.22	0.01976
Juin 2011	6	2.12	0.353333333	0.01158667

ANALYSE DE
VARIANCE

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Entre Groupes	1.02950204	11	0.093591095	1.96678256	0.047119001	1.944211821
A l'intérieur des groupes	2.997910946	63	0.047585888			
Total	4.027412987	74				

Annexe-2**Analyse de la variance à un facteur pour le Cadmium****-Effet station-**

<i>Groupes</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>
SP	28	9.52	0.34	0.0510444
SG	24	8.17	0.340416667	0.0527607
SA	23	3.059	0.133	0.034143

ANALYSE DE VARIANCE

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Entre Groupes	0.684571153	2	0.342285577	7.3723385	0.00122244	3.123907449
A l'intérieur des groupes	3.342841833	72	0.046428359			
Total	4.027412987	74				

Annexe-3

Analyse de la variance à un facteur pour le Cuivre

-Effet temps (mois)-

<i>Groupes</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>
Juillet 2010	7	14.67	2.095714286	1.89512857
Août 2010	6	10.5	1.75	1.81796
Sept 2010	2	1.33	0.665	0.11045
Octobre 2010	5	8.8	1.76	0.10645
Novembre 2010	6	18.19	3.031666667	6.55237667
Décembre 2010	6	4.29	0.715	0.19287
Janvier 2011	8	6.51	0.81375	0.3603125
Février 2011	7	7.43	1.061428571	0.37174762
Mars 2011	8	7.379	0.922375	0.7262257
Avril 2011	8	8.7	1.0875	0.67059286
Mai 2011	6	6.43	1.071666667	0.84469667
Juin 2011	6	15.25	2.541666667	0.97325667

ANALYSE DE VARIANCE

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Entre Groupes	38.9988746	11	3.545352237	2.8510084	0.00431707	1.944211821
A l'intérieur des groupes	78.34322452	63	1.243543246			
Total	117.3420991	74				

Annexe-4**Analyse de la variance à un facteur pour le Cuivre****-Effet station-**

<i>Groupes</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>
SP	28	58.79	2.099642857	2.3475888
SG	24	42.28	1.761666667	0.4927536
SA	23	8.409	0.365608696	0.0653128

ANALYSE DE VARIANCE

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Entre Groupes	41.18698788	2	20.59349394	19.469889	1.74111E-07	3.123907449
A l'intérieur des groupes	76.15511124	72	1.057709878			
Total	117.3420991	74				

Annexe-5

Analyse de la variance à un facteur pour le Plomb

-Effet temps (mois)-

<i>Groupes</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>
Juillet 2010	7	22.96	3.28	3.2893
Août 2010	6	24.86	4.143333333	7.415426667
Septembre 2010	2	2.93	1.465	0.01125
Octobre2010	5	6.02	1.204	0.20958
Novembre 2010	6	6.25	1.041666667	0.146536667
Décembre 2010	6	4.02	0.67	0.15268
Janvier 2011	8	3.48	0.435	0.0054
Février 2011	7	4.91	0.701428571	0.074914286
Mars 2011	8	4.17	0.52125	0.012726786
Avril 2011	8	12.79	1.59875	5.177355357
Mai 2011	6	2	0.333333333	0.039546667
Juin 2011	6	24.03	4.005	10.59427

**ANALYSE DE
VARIANCE**

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Entre Groupes	136.565384	11	12.4150349	5.244187977	8.28545E-06	1.944211821
A l'intérieur des groupes	149.1455307	63	2.367389376			
Total	285.7109147	74				

Annexe-6**Analyse de la variance à un facteur pour le Plomb****-Effet station-**

<i>Groupes</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>
SP	28	35.7	1.275	2.6395815
SG	24	65.85	2.74375	6.738381
SA	23	16.87	0.733478261	0.3577055

ANALYSE DE VARIANCE

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Entre Groupes	51.58993043	2	25.79496521	7.9328109	0.00077	3.123907449
A l'intérieur des groupes	234.1209842	72	3.251680337			
Total	285.7109147	74				

Annexe-7**Analyse de la variance à un facteur pour le Zinc****-Effet temps (mois)-**

<i>Groupes</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>
Juillet 2010	7	755.43	107.9185714	2618.34435
Août 2010	6	441.4	73.56666667	2208.13359
Sept 2010	2	82.58	41.29	83.205
Octobre2010	5	459.23	91.846	492.20558
Novembre 2010	6	593.67	98.945	4915.74479
Décembre 2010	6	452.92	75.48666667	1074.67007
Janvier 2011	8	505.55	63.19375	856.206255
Février 2011	7	431.95	61.70714286	763.90629
Mars 2011	8	513.07	64.13375	1413.98517
Avril 2011	8	430.58	53.8225	2555.59179
Mai 2011	6	344.3	57.38333333	1774.92459
Juin 2011	6	768.87	128.145	1196.81855

ANALYSE DE VARIANCE

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Entre Groupes	40105.46669	11	3645.951518	2.05126033	0.03768557	1.944211821
A l'intérieur des groupes	111977.4716	63	1777.420184			
Total	152082.9383	74				

Annexe-8**Analyse de la variance à un facteur pour le Zinc****-Effet station-**

<i>Groupes</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>
SP	28	3021.27	107.9025	1656.066
SG	24	2115.56	88.14833333	682.52151
SA	23	642.72	27.94434783	300.04871

ANALYSE DE VARIANCE

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Entre Groupes	85070.08944	2	42535.04472	45.700538	1.53742E-13	3.123907449
A l'intérieur des groupes	67012.84882	72	930.7340114			
Total	152082.9383	74				

Evaluation de l'accumulation métallique chez une espèce d'algue verte (*Enteromorpha linza*) sur le littoral de Ghazaouet

Résumé

Le littoral de Ghazaouet connaît un accroissement du volume des rejets urbains et industriels et par conséquent une accumulation progressive des polluants dans le milieu, menaçant aussi bien la survie des organismes marins que la santé publique.

De tous les polluants nous nous sommes intéressés aux métaux lourds « éléments traces métalliques » du fait qu'ils sont persistants avec une importante bioaccumulation le long de la chaîne trophique.

L'objet de notre étude est d'évaluer l'accumulation de quatre métaux lourds (Cd, Cu, Pb, Zn) chez une espèce d'algue verte (*Enteromorpha linza*).

Les échantillons prélevés dans trois stations (Port Ghazaouet, Oued Ghazouana et Oued Abdellah) durant douze mois (Juillet 2010- Juin 2011) ont été minéralisés puis analysés par spectrophotométrie d'absorption atomique.

Les résultats obtenus indiquent que l'accumulation est plus prononcée dans les stations du port et d'Oued Ghazouana avec des concentrations moyennes du cadmium et du plomb dépassant les normes admises par l'IAEA, ainsi les concentrations du zinc ne sont pas négligeables. Notre étude confirme que la contamination du milieu persiste toujours.

Mots clés :

Ghazaouet, *Enteromorpha linza*, métaux lourds, accumulation, analyse, SAAF.