

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب
Université –Ain Temouchent- Belhadj Bouchaib
Faculté des Sciences et de Technologie
Département Sciences de la Nature et de la Vie



Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du diplôme de Master en : Microbiologie Appliquée
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Biologiques
Spécialité : Biochimie
Thème

**Recherché de quelques métaux lourds chez les
algues marines des cotes d'Ain Temouchent**

Présenté Par :

- 1) M Benni Walid Abdenacer
- 2) M Mebkhout Nour Eddine

Devant le jury composé de :

Dr Bouamera M	M C A	UAT.B.B (Ain Temouchent)	Président
Dr Brixi N	MCB	UAT.B.B (Ain Temouchent)	Examineur
Dr Derrag Z	M C A	UAT.B.B (Ain Temouchent)	Encadrant

Année Universitaire 2020/2021



Remerciements

En tout premier lieu, nous tenons à remercier infiniment et profondément notre Dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté, la santé et surtout la patience durant d'études pour achever ce travail.

En premier lieu, nous remercions de tout notre cœur **Mme DERRAG**, pour avoir accepté de nous encadrer et diriger ce travail par excellence. Aussi bien pour ces conseils judicieux, sa disponibilité tout au long de ce travail

Nous remercions aussi bien M. BOUAMERA maitre de conférence classe A (MCA) de universitER d'Ain T'émouchent qui a accepté de présider ce jury, Mme BRIXI maitre de conférence classe B (MCB) d'avoir bien voulu examiner ce travail.

Nous tenons à remercier tous nos enseignants pour leurs efforts, leurs savoirs, leurs acquis scientifiques durant toute la durée de nos études.

A tous nos proches et tout ce qui de près ou de loin, nous ont apporté leur soutien pour accomplir ce travail.

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail

Aux être les plus chères au monde mes parents

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitte jamais assez. Puisse Dieu, le très haut, vous accorde santé, bonheur et longue vie

A mes deux frères et ma chère sœur *d'avoir* toujours étés présents à mes cotés, pour votre soutien votre motivation et d'avoir cru en moi et d'être des

A ma grand-mère pour ses prières et ses bénédictions

A mon cher Encadrant **Mme Derrag Z** qui a été toujours avec nous

WALID

DEDICACE

Tous les mots que je puisse dire ne peuvent être suffisants pour exprimer ma gratitude et mes remerciements à tous ceux qui m'ont aidé et assisté au cours de mon projet fin d'études et mon parcours d'étudiant.

Je dédie ce mémoire à :

- *Mes chers parents qui ont sacrifié leur vie afin de me voir réussir dans mes études et devenir ce que je suis aujourd'hui*
- *Mes frères ,mes sœurs , et mes cousines qui ont été patientes et intuitives à tous mes besoins.*
- *Mon binôme et sa famille qui m'ont accueilli en toute générosité.*
- *Mes amis et tous ceux qui me sont très chers qui m'ont supporté dans tous mon travail de près et de loin. En brefs mots je vous aime tous.*

Nour eddine

SOMMAIRE

remercement	
dedicase	
introduction	1
CHAPITRE I	
I- La pollution marine	2
I-1-Pollution marine en méditerranée	2
I-1-1- La pollution marine en Algérie	2
I-2-Les métaux lourds	3
I-2-1-Généralité sur les métaux lourds	4
I-2-2-Les principaux métaux étudiés	4
I-2-2-1-Le cadmium (Cd)	4
I-2-2-2-Le cuivre (Cu)	6
I-2-2-3-Le fer (Fe)	7
I-2-2-4-Le nickel (Ni)	9
I-2-2-5-Le plomb (Pb)	10
I-2-2-6-Le zinc (Zn)	11
I-3-Les transferts de contamination dans le milieu marins	12
I-3-1-La bioaccumulation	12
I-3-2 La bioconcentration	13
I-3-3-La biodisponibilité	13
I-4-Biologie et écologie des algues	13
I-4-1-Characterisation des algues	14
I-4-2-Classifications des algues	14
I-4-3-Croissance	15
I-4-4-Domains d'utilisation des algues	16
CHAPITRE II	
II- Etude de la zone	16
II-2-Le site de Chatt El-Hillal	17
II-1-Le site de terga	18
CHAPITRE III	
III-1 Prélèvements traitements et minéralisations des échantillons	20
III-1-1 Choix des stations de prélèvement	20
III.1.2. Choix d'espèces	22

III.3. Choix des métaux lourds à analyser	22
III-2 Méthode de prélèvement	22
III-2-1 Prélèvement	22
III-2-2 Minéralisation	23
III-4- Dosages des métaux	25
CHAPITRE IV: Résultats Et Discussions	26
IV-1- Plage de Terga	26
IV-2- Plage de Chatt El-Hillal	28
IV-3-La comparaison entre les stations pour Corralina officinalis	30
IV-4- Le facteur de bioaccumulation BSAF	32
IV-5 Comparaison avec la littérature	33
Conclusion général	34
Bibliographies	

Liste des figures

<i>liste des figure</i>	<i>page</i>
<i>Figure 1 : Le site de Chatt El-Hillal</i>	<i>18</i>
<i>Figure 2 : Localisation du site Terga</i>	<i>19</i>
<i>Figure 3 : Plage Terga</i>	<i>20</i>
<i>Figure 4 : Plage Chatt El-Hillal</i>	<i>21</i>
<i>Figure 5 : Broyage des algues</i>	<i>22</i>
<i>Figure 6 : Minéralisation des algues</i>	<i>23</i>
<i>Figure 7 : Protocole de minéralisation</i>	<i>24</i>
<i>Figure 8 : Variations des teneurs métalliques (Cr, Zn, Cu, Fe, Pb et Cd) en mg/kg chez l'ulve du plage de Terga</i>	<i>26</i>
<i>Figure 9 : Variations des teneurs métalliques (Cr, Zn, Cu, Fe, Pb et Cd) en mg/kg chez l'algue rouge de la plage de Chatt El-Hillal</i>	<i>28</i>
<i>Figure 10 : Comparaison des teneurs métalliques moyennes chez l'enteromorphe des deux stations de prélèvements</i>	<i>30</i>
<i>Figure 11 : Les facteurs de bioaccumulation (BSAF) chez les algues rouges dans les deux plages (Chatt El-Hillal et Terga).</i>	<i>32</i>

Introduction général

Introduction général

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 et des vents.

Le littoral algérien est pratiquement touché par diverses pollutions. On constate une densité urbaine et industrielle importante sur la côte et constitue de ce fait, le réceptacle de quantités importantes de substances d'origine naturelles ou anthropiques dont un grand nombre possède des propriétés toxiques.

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.

Les métaux sont des contaminants potentiellement toxiques, bioconcentrés par des organismes et peuvent poser des problèmes de santé aux humains par l'intermédiaire de la chaîne alimentaire (**Daby, 2006**).

Depuis plusieurs années, des études montrent que des métaux lourds se retrouvent en concentration non négligeable dans les algues.

Pour cela nous nous sommes proposés, de contribuer à cette étude pour l'évaluation du niveau de contamination des eaux de mer dans les deux sites de la plage de Chatt El Hillal et la plage terga à Ain Témouchent.

La démarche adoptée dans ce travail se résume en trois points essentiels traités successivement après une introduction :

Partie I : présente une synthèse bibliographique des généralités concernant les métaux lourds et les processus de transferts des contaminants dans le milieu marin ; ainsi qu'un aperçu sur la biologie et l'écologie des espèces biologiques étudiées.

Partie II : présentation de la zone d'étude ces caractéristiques et la stratégie expérimentale pour laquelle nous avons optées compte tenu des objectifs de l'étude. La présentation et le traitement (minéralisation) des échantillons biologiques (algues).

Partie III : regroupe les résultats obtenus des teneurs métalliques dans les algues, et argumentés par des discussions. A la fin, une conclusion et des perspectives générales

Chapitre I

Synthèse Bibliographique

I- La pollution marine

La pollution marine résulte de “l’introduction par l’homme, directement ou indirectement, de substances ou d’énergie dans l’environnement marin pouvant entraîner des effets délétères tels que dommages aux ressources biologiques, dangers pour la santé humaine, entraves aux activités maritimes (Pêche). Diminution de la qualité de l’eau de mer de point de vue son utilisation et réduction des possibilités offertes dans le domaine des loisirs. (La Commission Océanographique Internationale **l’UNESCO (1999)**).

Dans le milieu marin, les polluants peuvent suivre différents trajets, plus ou moins longs, certains polluants sont dégradés très rapidement par des réactions chimiques, sous l’effet de la lumière, ou encore grâce à l’intervention des microorganismes (biodégradation). D’autres polluants comme les métaux lourds (le Mercure, le Cadmium, le Chrome et d’autres produits chimiques toxiques) sont persistants et contaminent durablement le milieu marin, soit en restant dans l’eau, surtout dans les sédiments, soit en passant dans les organismes vivants et dans certains cas, en s’accumulant dans les différentes chaînes alimentaires, provoquant des effets toxiques à court et/ou à long terme. Ils peuvent affecter le système nerveux, les fonctions rénales, hépatiques, respiratoires ou autres (**Bouhadiba, 2011**).

I-1-Pollution marine en méditerranée

La civilisation moderne et l’activité de l’homme sont indéniablement les causes principales de la contamination de l’hydrosphère (**Jaquet et Weber, 2002**).

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**).

On distingue la pollution générée par les substances chimiques et celle produite par les déchets aquatiques. Les déchets aquatiques comprennent tout solide ménager, industriel, naturel qui se retrouve dans l’environnement maritime et côtier. Ils peuvent être de nature très variée : déchets flottants en surface ou dans la colonne d’eau, déchets déposés dans les fonds, déchets échoués sur les plages et sur le littoral.

I-1-1- La pollution marine en Algérie

La mer Méditerranée est l’une des mers les plus polluées au monde, une pollution due avant tout aux déchets plastiques et aux plastiques à usage unique. Dans le cadre du Plan régional sur la gestion des déchets marins en Méditerranée, adopté par les Parties contractantes à la

convention de Barcelone, l'Algérie elle aussi s'attaque à ce problème grandissant. En effet, ce plan impose aux pays de la Méditerranée d'inclure des mesures de lutte contre la pollution marine dans leurs plans d'actions nationaux respectifs. Ainsi, l'Algérie a déjà mis en œuvre plusieurs mesures pilotes dans ses ports et dans différentes zones pilotes. **(Ruiz-Pino et al., 1990 ; 1991).**

Les premières mesures fiables d'éléments traces, réalisées en 1983, ont montré des profils verticaux très différents en Méditerranée, ces métaux traces sont plus concentrés dans les couches supérieures que dans les couches inférieures où ils restent en quantité relativement stable.

Cette caractéristique a permis aux chercheurs d'analyser avec plus de facilité l'évolution de la concentration des métaux traces (Mercure, Cadmium, Plomb, Cuivre et Zinc) provenant de l'atmosphère et des rivières: dus pour l'essentiel aux activités humaines peuvent venir de régions extérieures au bassin versant: Europe du Nord et régions sahariennes. **(Ruiz-Pino et al., 1990 ; 1991).**

I-2-Les métaux lourds

Les métaux lourds sont généralement définis comme des éléments métalliques naturels dont la masse volumique est supérieure à 5000kg/m^3 . Ils sont présents naturellement dans notre environnement et utilisés massivement dans l'industrie. Généralement émis sous forme de très fines particules, ils sont transportés par le vent et se disséminent dans les sols et les milieux aquatiques, contaminant ainsi la flore et la faune, et se retrouvant dans la chaîne alimentaire. **(Shotyk W, Krachler M, Chen B.,2006).**

Les forces de liaisons des métaux aux particules et par conséquent leur capacité à être dissociés des sédiments, peuvent aussi affecter la biodisponibilité des métaux vis-à-vis des organismes. **(Duquesne, 1992)**

Certains métaux sont essentiels à l'organisme, d'autres n'ont aucune fonction biologique. Mais même indispensables, ils peuvent s'avérer toxiques à forte concentration ; mais leur toxicité ne dépend pas seulement de cette concentration, elle est aussi fonction de leur spéciation, c'est-à-dire de la forme chimique sous laquelle ils sont présents dans notre environnement. **(Shotyk W, Krachler M, Chen B.,2006)**

I-2-1-Généralité sur les métaux lourds

les éléments métalliques ayant une masse volumique supérieure à 5000kg/m^3 , mais ce seuil est parfois ramené à 4000kg/m^3 . Selon la définition historique, il n'existe que trois métaux lourds : le mercure, le plomb et le cadmium. La classification périodique des éléments permet aussi d'identifier comme métaux lourds tous les éléments compris entre le cuivre (Cu) et le plomb (Pb). Enfin, certains les définissent comme tous les éléments métalliques à partir de la

quatrième période de la classification périodique. (**Choe S-Y, Kim S-J, Kim H-G, 2003**)

I-2-2-Les principaux métaux étudiés

I-2-2-1-Le cadmium (Cd)

a) Propriétés fondamentales

Le Cadmium est un élément rencontré en milieu aquatique sous diverses formes physiques (dissoutes, colloïdales, particulières) et chimiques (minérales ou organiques). Un ensemble de variables physicochimiques du milieu (salinité, pH, potentiel redox, caractéristiques sédimentologiques, nature géochimique des particules, concentration en Chlorures) gouvernent les transformations du Cadmium dans l'environnement (**Gonzalez et al., 1999**).

Le Cadmium a une grande résistance à la corrosion ; son point de fusion est bas ; il a une bonne conductivité de l'électricité, ses produits dérivés ont une bonne résistance aux fortes températures, et il présente des caractéristiques chimiques proches de celles du Calcium, en particulier le rayon ionique, facilitant ainsi sa pénétration dans les organismes (**Chiffolleau et al., 2001**).

b) Cycle et sources naturelles et anthropiques

Le Cadmium rejeté dans l'atmosphère provient de sources naturelles et anthropiques. Le cadmium présent dans la croûte terrestre peut être dispersé dans l'air par entraînement de particules provenant du sol et par les éruptions volcaniques. Cependant, les activités industrielles telles que le raffinage des métaux non ferreux, la combustion du charbon et des produits pétroliers, les incinérateurs d'ordures ménagères et la métallurgie de l'acier constituent les principales sources de rejet atmosphérique. Dans l'eau, le Cadmium provient de l'érosion naturelle, du lessivage des sols (engrais phosphatés), ainsi que des décharges industrielles et du traitement des effluents industriels et des mines (**Ramade, 1992**).

c) Utilisations

Le Cadmium est naturellement présent à l'état de traces dans les roches superficielles de l'écorce terrestre, ce qui en fait un élément plus rare que le Mercure et le zinc.

Les usages de Cadmium se situent principalement en électricité (accumulateurs), en électronique, en métallurgie (traitement des surfaces par cadmiage) et dans l'industrie des matières plastiques (stabilisateur de polymères) (**Ramade, 1992**).

d) Propriétés biologiques et toxicité

Contrairement à de nombreux métaux, le Cadmium n'a aucun rôle métabolique connu et ne semble pas biologiquement essentiel ou bénéfique au métabolisme des êtres vivants. Il remplace parfois le Zn dans des systèmes enzymatiques carencés en Zn chez le plancton (Price et Morel, 1990).

Le Cadmium présente des risques chez le consommateur. 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.

Les signes majeurs de cette intoxication ont été décrits par W.H.O (1994) et se manifestent par :

-une atteinte rénale caractérisée par des néphrites (altération des tubules rénaux ont été confirmée) (Nicholson *et al.*, 1983); et une excrétion abusive d'urine.

-Risque de développement d'un cancer des poumons et de la prostate chez les fumeurs exposés à d'autres métaux, en particulier l'Arsenic et le Nickel (Gesamp, 1984).

-L'intoxication se manifeste aussi par des troubles digestifs, hypertension artérielle, altérations osseuses (déformation du squelette : maladie d'ITAI-ITAI au Japon en 1955) (W.H.O. 1994).

Il a un large éventail d'effets toxiques : la néphrotoxicité, le risque cancérigène, la tératogénicité, la toxicité endocrinienne et la toxicité de l'appareil reproductif peut également infecter le système immunitaire (Lazou *et al.*, 2002).

I-2-2-2-Le cuivre (Cu)

a) Propriétés fondamentales

Avec l'or, le cuivre est le seul métal naturellement coloré et le meilleur conducteur d'électricité et de la chaleur après l'argent. La présence moyenne dans l'ensemble de l'écorce terrestre est de 55 g à la tonne. Sa présence dans les organismes vivants est de 1 à 10 milligrammes par kg.

Le cuivre a des propriétés remarquables extrêmement nombreuses. Celles-ci ne sont pas forcément exigées par l'utilisateur systématiquement en même temps. La grande majorité des applications du cuivre se réfère à l'une des 2 propriétés dominantes : sa conductibilité électrique et thermique d'une part et sa résistance à la corrosion d'autre part. À ces deux propriétés de base, il faut souvent ajouter des propriétés de résistance mécanique, d'aptitude à la mise en œuvre ou à l'usinage, que le cuivre ne possède pas ou insuffisamment. On fait alors appel aux alliages de cuivre. Partant des deux propriétés dominantes qui demeurent souvent les préoccupations principales, le prescripteur doit chercher ensuite dans le large éventail des additions possibles celle qui lui permettra, avec des caractéristiques mécaniques renforcées et/ou une bonne aptitude à l'usinage, d'obtenir le meilleur compromis entre toutes les autres exigences. (Chiffolleau *et al.*, 2001).

b) Cycle et sources naturelles et anthropiques

Naturellement présent dans la croûte terrestre, le cuivre est essentiel au développement de la vie sur Terre. Il s'agit du plus ancien métal utilisé par l'homme (traces de fusion du cuivre dans des fours datant d'il y a 7000 ans). **(Chiffolleau et al., 2001).**

Le cuivre peut être relâché dans l'environnement par des sources naturelles et par les activités humaines. On peut citer quelques exemples de sources naturelles: poussières soufflées par le vent, pourrissement de la végétation, feu de forêt, et dispersion de gouttelettes d'eau de mer. Quelques exemples d'activité humaine contribuant à la dispersion du cuivre ont déjà été donnés, on peut citer d'autres exemples: l'exploitation minière, la production de métaux, la production de bois et la production de fertilisants aux phosphates. **(Chiffolleau et al., 2001).**

98% du cuivre est utilisé sous forme du corps simple métallique ou en alliage, généralement grâce à ses propriétés physiques : malléabilité, ductilité, conductivité et résistance à la corrosion. **(Chiffolleau et al., 2001).**

c) Utilisations

Le cuivre utilisé dans la fabrication des radiateurs pour ordinateurs, des tubes à vide, des tubes à rayons cathodiques. Le cuivre utilisé dans le domaine de l'architecture intérieure et de la décoration est généralement le cuivre Cu-b (désignation ISO: DHP) d'une teneur minimale garantie en cuivre de 99,90%. Ce cuivre a connu au cours de son processus de fabrication un traitement de désoxydation au phosphore qui a pour effet de lui donner une bonne soudabilité. Ce traitement diminue sensiblement sa conductivité électrique, ce qui est sans inconvénient pour les applications considérées. **(Chiffolleau et al., 2001).**

d) Propriétés biologiques et toxicité

Le cuivre pénètre dans l'air principalement lors de la combustion de combustibles fossiles. Il reste dans l'air pendant une période assez longue avant de se déposer lorsqu'il pleut. Les fleuves déposent sur leur rives des boues contaminées par du cuivre, du fait du rejet d'eaux usées. Il se retrouve alors essentiellement dans le sol. Par conséquent, les sols peuvent contenir une grande quantité de cuivre après que le cuivre de l'air se soit déposé. **(Chiffolleau et al., 2001).**

Quand le sol des terres agricoles est pollué par du cuivre, les animaux absorbent des concentrations importantes leur causant des problèmes de santé.

Le cuivre peu toxique envers les animaux, toxique envers les plantes et les algues à des niveaux modérés **(Sparks, 1998; Ewers et Schilpkoter, 1991; Ineris, 2005).**

I-2-2-3-Le fer (Fe)

a) Propriétés fondamentales

Le fer est l'élément chimique métallique de numéro atomique 26, de symbole Fe. Dans la classification périodique, il se place dans la première série de transition entre le manganèse et le cobalt. Ses propriétés chimiques sont voisines de celles du cobalt. **Nas/ Nrc ;1898)**

C'est un oligo-élément indispensable à tous les êtres vivants, intervient dans les constitutions de molécule d'hémoglobine des hématies et des myoglobines des muscles. **(Gaujous, 1995).**

b) Cycle et sources naturelles et anthropiques

Naturellement le fer est fréquent dans les eaux souterraines, abondant dans les roches sous forme de silicates, d'oxydes et d'hydroxydes, il est présent aussi dans les plantes et le sang. Il provient essentiellement des industries métallurgiques et minières (Gaujous, 1995).

Il est impossible pour le corps d'en fabriquer, c'est pourquoi il est essentiel de s'en procurer par l'alimentation. La meilleure source de fer est le foie, mais on en retrouve également dans les huîtres, les fruits de mer, les rognons, le coeur, la viande rouge, la volaille, les poissons, les graines et noix, les légumes verts, le blé entier, les légumineuses, le jus de pruneaux et les fruits secs. **.(Nas/ Nrc ;1898)**

c) Utilisations

Le fer a de nombreux usages. C'est notamment en tant que matériau de base dans les alliages qu'il est le plus utile. Voici les alliages principaux à base de fer et leurs utilisations :

- L'acier : Fer + Carbone (moins de 2,2 %) + autres éléments (moins de 5 %). C'est l'alliage de fer le plus utilisé pour sa solidité. Il est notamment choisi dans le domaine de la construction, de la charpente métallique et de la ferronnerie.
- L'inox : Fer + Carbone (moins de 1,2 %) + Chrome (plus de 10,5 %). Il est idéal pour les structures en extérieur. Il résiste à la corrosion, à la rouille et à la chaleur. Il est très utilisé dans la construction, dans l'agro-alimentaire et dans l'armement.
- La fonte : Fer + Carbone (jusqu'à 6,6 %). C'est l'alliage le plus facile à couler, mais il est plus cassant que l'acier. La fonte est principalement utilisée dans l'industrie automobile et dans les réseaux urbains.

d) Propriétés biologiques et toxicité

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-2-2-4-Le nickel (Ni)

a) Propriétés fondamentales

Le nickel, le 5ème élément le plus courant, est un métal gris argenté dur, résistant, malléable et flexible. Les caractéristiques du nickel, telles que la résistance à la corrosion, la stabilité à

haute température, la résistance, la flexibilité, la ténacité, la recyclabilité, ainsi que les propriétés catalytiques et électromagnétiques, contribuent à la création de produits et de technologies durables. Le nickel sous ses différentes formes joue des centaines de rôles dans des milliers de produits et d'applications que nous utilisons chaque jour. (Nas/ Nrc ;1898

b) Cycle et sources naturelles et anthropiques

Dans l'environnement, le nickel existe sous forme inorganique, c'est un métal mobile dans les eaux naturelles et soluble surtout à des valeurs de pH élevées (Mance et Yates, 1984, Usphs, 2000). Le nickel n'existe qu'en faible proportion sur l'écorce terrestre, peu toxique à l'état naturel (Sabra, 1998).

c) Utilisations

Les sels de nickel sont utilisés dans différentes industries telles que l'électronique, l'industrie chimique, la galvanoplastie. Le nickel est aussi utilisé pour la cathode des piles alcalines Ni-MnO, et des accumulateurs alcalins Ni-Cd, Ni-MH, et Ni-Zn. Le nickel de Raney, forme finement divisée du métal, obtenue par attaque alcaline d'un alliage Al-Ni est un catalyseur industriel d'hydrogénation : l'hexaméthylènediamine employée pour la préparation du nylon-6,6 est obtenu par hydrogénation catalytique de l'adiponitile –(astruc ;2001)

Enfin, bien que non reconnu jusqu'aux années 70, le nickel joue un rôle important en biologie des micro-organismes et des plantes. L'uréase (une enzyme qui catalyse l'hydrolyse de l'urée) contient du nickel ; la NiFe-hydrogénase contient du nickel en plus des agrégats fer-soufre. Le coenzyme F430 qui comporte du nickel est présent dans la méthyl-coenzyme M réductase des archéobactéries méthanogènes . (astruc ;2001)

d) Propriétés biologiques et toxicité

Principaux effets associés au nickel sont les maladies respiratoires, asthme, malformation congénitales, cancérigène (Ineris, 2005).

La toxicité du nickel pour les organismes marins est considérée comme faible. Une toxicité pour des doses de 1 mg/l est enregistrée chez les algues et les poissons (Gaujous, 1995).

I-2-2-5-Le plomb (Pb)

a) Propriétés fondamentales

Fait partie des ETM (Elément en Traces Métalliques) non essentiels (Miquel, 2001 ; Turkmen et al., 2005). Le Plomb existe sous trois formes essentielles: le Plomb dissous, le Plomb colloïdal et le Plomb particulaire (chiffolleau et al,2001).

b) Cycle et sources naturelles et anthropiques

La dispersion du Plomb dans l'environnement par l'activité humaine existe depuis plus de 5 000 ans. Dans les conditions naturelles, le plomb est émis dans l'atmosphère principalement

par volcanisme (16.10^3 tonnes/an) et dans une moindre mesure par l'érosion éolienne (5.10^3 tonnes/an) (**Ramade, 2000**). Les sources industrielles essentielles de plomb sont les fumées de fonderies et d'incinérateurs les canalisations d'eau, peinture, bacs de batteries, additifs pour essence, eaux de ruissellement des voies de circulation, industries pharmaceutiques, ateliers photographiques.

c) Utilisations

Le Plomb est très souvent associé au Zinc dans les minerais, mais aussi à de nombreux autres éléments: Fe, Cu, Cd, Bi, Sb, Ge, As, Ag, Au qui sont, en grande partie, (sauf Fe) récupérés lors des opérations métallurgiques. Les minerais mixtes Pb- Zn représentent 70 % de la production minière de Plomb, les minerais de Plomb en représentent 20 %, et 10 % de la production de Plomb proviennent d'une coproduction lors du traitement du minerai de Cuivre, de Zinc ou d'autres métaux. Le principal minerai du Plomb est la Galène (PbS) très souvent associé à la Blende et à la Pyrite (**Chiffolleau et al., 2001**).

d) Propriétés biologiques et toxicité

Les doses létales du Plomb, sous la forme de sel minéral, sont souvent supérieures à sa limite de solubilité dans l'eau de mer, c'est à dire 4 mg.l^{-1} . Le Plomb inorganique peut donc être considéré comme toxique (concentration létale de 1 à 10 mg.l^{-1}) ou modérément toxique (concentration létale de 10 à 100 mg.l^{-1}). (**Chiffolleau et al,2001**).

Il agit sur la croissance des organismes, chez les poissons, le plomb s'accumule le plus fortement dans les os et les dents. Provoque des troubles du système nerveux et cardiovasculaire, fatigue cancérigène, affection du foie et des reins (**Frank, 1992 ; Sparks, 1998; Ewers et Schilpkoter, 1991; Ineris, 2005**).

I-2-2-6-Le zinc (Zn)

a) Propriétés fondamentales

Le zinc est indispensable au métabolisme des êtres vivants (oligo-éléments), en particulier comme coenzyme (**Casas, 2005**). Il assure le bon fonctionnement de plus de 200 enzymes de l'organisme.

b) Cycle et sources naturelles et anthropiques

Le zinc principalement sous forme de sulfure (Blende) est assez uniformément distribué dans les roches magmatiques (40 à 120 mg.kg^{-1}). Sa concentration est un peu plus élevée dans les sédiments argileux (80 à 120 mg.kg^{-1}) et les schistes alors qu'elle est plus faible dans les roches mères sableuses (**Astruc, 2001**).

Il entre naturellement dans l'atmosphère à partir du transport par le vent de particules du sol, des éruptions volcaniques, des feux de forêts et d'émission d'aérosols marins.

c) Utilisations

Le Zinc est principalement utilisé pour les revêtements de protection des métaux contre la corrosion (galvanoplastie, métallisation, traitement par immersion). Il entre dans la composition de divers alliages (laiton, bronze, alliages légers). Il est utilisé dans la construction immobilière, les équipements pour l'automobile, les chemins de Fer et dans la fabrication de produits laminés ou formés. Il constitue un intermédiaire dans la fabrication d'autres composés et sert d'agent réducteur en chimie organique et de réactif en chimie analytique (Nas/Nrc, 1989).

d) Propriétés biologiques et toxicité

Comme le Cuivre, le Zinc est un métal essentiel et nécessaire à la vie des organismes. Le Zinc est l'un des oligo-éléments les plus abondants chez l'homme (besoins 15 mg.jour⁻¹). Il intervient au niveau de la croissance, du développement osseux et cérébral, de la reproduction, du développement fœtal, du goût et de l'odorat, des fonctions immunitaires et de la cicatrisation des blessures (Nas/Nrc, 1989).

Le mode d'action du Zinc est toxique pour les organismes marins à partir de quelques mg/l. En agriculture le Zinc se concentre dans les sols, perturbe la croissance des végétaux par détérioration de l'appareil chlorophyllien (Gaujous, 1995). A de fortes concentrations, il devient toxique pour les végétaux et les animaux et constitue un contaminant majeur pour le milieu terrestre et aquatique et perturbation de la croissance des végétaux par détérioration de l'appareil chlorophyllien (Gaujous, 1995).

I-3-Les transferts de contamination dans le milieu marins

I-3-1-La bioaccumulation

Phénomène par lequel une substance, présente dans un biotope, pénètre dans un organisme, même si elle n'a aucun rôle métabolique (Ramade, 2000)

La bioaccumulation est le processus d'assimilation et de concentration des métaux lourds dans l'organisme. Le processus se déroule en trois temps :

- l'assimilation,
- la bioaccumulation par l'individu, ou bioconcentration,
- la bioaccumulation entre individus, ou bioamplification. (chiffolleau et al,2001)

a) L'assimilation

Il existe deux voies principales d'exposition aux polluants : la voie externe, par contact (par l'air ou l'eau...) qui provoque un phénomène d'**adsorption** (la substance toxique reste à la surface), et la voie interne par assimilation ou **absorption**.

b) La bioaccumulation par l'individu : La bioconcentration

Ce processus d'accumulation s'exprime par un ratio entre la concentration du composé étudié (plomb/mercure) dans le milieu (eau/sol) et la concentration dans l'organisme. Ce ratio porte le nom de « facteur de bioconcentration » - BCF. Il existe d'importantes différences selon les espèces et les métaux. Les organismes vivants concentrent les métaux beaucoup plus que l'eau et l'air. (Chiffolleau et al,2001).

I-3-2 La bioconcentration

Certains organismes peuvent, en effet, absorber des polluants présents dans le milieu, comme les métaux lourds, et les accumuler dans certains tissus ou certains organes, à des concentrations parfois bien supérieures à celles observées dans le milieu extérieur. Les organismes ayant concentré des polluants entrent ensuite dans la chaîne trophique. Si le produit n'est pas dégradé ou éliminé, il va se concentrer de plus en plus à chaque niveau de la chaîne trophique

I-3-3-La biodisponibilité

La biodisponibilité a été définie comme la fraction de la quantité de l'élément chimique présent dans le sol/sédiment et l'eau (interstitielle) qui peut potentiellement être prise pendant la durée de vie de l'organisme dans ses tissus (excluant le tube digestif). (Ron Van Der Oost, 2003).

I-4-Biologie et écologie des algues

Les côtes marines ainsi que les océans possèdent les plus grandes richesses sur cette terre parmi lesquelles les algues. Elles peuvent se développer dans l'eau ou dans des milieux très humides. Pour survivre et se développer les algues ont besoin de lumière afin de réaliser la photosynthèse, d'eau pour leur nutrition ainsi que leur reproduction sexuée, d'éléments nutritifs, du dioxyde de carbone, de l'azote, du phosphate ainsi que du fer. Les algues sont caractérisées par leur thalle, qui est un appareil végétatif uni- ou pluricellulaire, ne possédant ni racine, ni tige et ni feuille.

On distingue donc les macros et les micros algues. Elles possèdent généralement un appareil végétatif clairement distinguable à l'œil nu et sont fixées sur un substrat rocheux à travers des crampons qui sont souvent recouverts de sécrétions riches en polysaccharides, Ces macroalgues peuvent, elles-même, constituer un substrat pour de nombreuses communautés animales. Les microalgues vivent dans des milieux fortement aqueux, la plupart d'entre elles peuvent posséder un ou plusieurs flagelles lui conférant ainsi une mobilité flagellaire., Elles peuvent aussi former une fine pellicule gluante ou biofilm, constitué par des algues, des sécrétions adhésives et des microorganismes..(Reinjenders M. 2014) (Faller H. 2011)

I-4-1-Characterisation des algues

Les algues sont très diversifiées et constituent un ensemble hétérogène dans la mesure où elles n'appartiennent pas toutes à une même voie d'évolution mais à des groupes phylogénétiques très différents. (Cabioc'H J. 1992)

Cette diversification est illustrée par les variations importantes dans leurs physiologie et métabolisme, reflet d'une grande diversité génétique. (Floc'h J. Y. 2010)

De ce fait, on distingue les organismes eucaryotes uni- ou pluricellulaires avec une pigmentation rouge relative aux algues rouges, une pigmentation jaune relative aux algues brunes, les algues vertes à pigmentation verte et les organismes procaryotes à savoir les bactéries bleues ou cyanobactéries communément appelées algues bleues.

Seulement 3 types de pigments donnent aux algues leurs couleurs : les chlorophylles, les caroténoïdes et les phycobiliprotéines.(Floc'h J. Y. 2010; Garon-Lardiere S. 2004)

I-4-2-Classifications des algues

La classification des algues se fait selon des caractéristiques spécifiques telles que les composantes de la paroi cellulaire, les pigments présents, le cycle de vie et le type de composés utilisés pour l'entreposage de la nourriture (Memory, 2006).

Les algues marines sont réparties en trois grandes divisions et leurs pigments correspondants (Davis et al., 2003) :

- Les algues vertes

Les algues vertes ou ulvophytes sont un ensemble d'algues dont les pigments essentiels à la photosynthèse sont les chlorophylles a et b. Les plastes de ces algues sont colorés en vert par ces pigments, auxquels des caroténoïdes sont quelquefois associés. Elles regroupent des organismes variés n'appartenant pas à un même groupe évolutif. Elles sont présentes en majorité dans les eaux douces et dans les mers et les océans cependant quelques espèces peuvent être retrouvées sur terre. Les algues vertes sont très riches en calcium et en protéines, possèdent un pouvoir nutritionnel élevé en plus de la présence de vitamines et d'antioxydants.

Elles possèdent aussi un pouvoir gélifiant important.(**Garon-Lardiere S. 2004; Laplace C. 2015**)

-Les algues rouges

Appelées aussi Rhodophytes, ces algues sont colorées en rouge du fait de la présence dans leurs plastes d'un pigment appelé la phycoérythrine. Ce pigment s'associe à d'autres pigments comme la chlorophylle a « le centre réactionnel de la photosynthèse », la phycocyanine et l'allophycocyanine. (**Cabioc'H J. 1992; Perez R. 1997**)

La pigmentation est aussi fonction de la longueur d'onde de la lumière absorbée par l'algue. Ainsi, l'abondance des algues rouges en profondeur est expliquée par la capacité de la phycoérythrine à absorber la lumière à cette profondeur. Ces algues sont riches en substances gélifiantes telles que les carraghénanes largement utilisés dans l'industrie.(**Floc'h J. Y. 2010**).

-Les algues brunes

Elles sont aussi nommées Phaeophyceae ou Phéophycées. Il existe 1500 espèces différentes d'algues brunes; ce sont les algues marines les plus abondantes. On les retrouve surtout au niveau des côtes rocheuses à faible profondeur.

Elles possèdent toutes une structure pluricellulaire et leur couleur jaunâtre à brune est due à l'abondance de la xanthophylle et de la fucoxanthine, qui dominent les autres pigments comme la chlorophylle a et c. Elles sont riches en alginates et en phlorotannins à propriétés antioxydantes.(**Garon-Lardiere S. 2004; Wijesinghe W.A.J.P. 2011**).

I-4-3-Croissance

Généralement les algues caractérisées par sa croissance rapide entre l'hiver et le début de l'été où elle apparaît comme un épais tapis. (**F.A.0, 1987**).

I-4-4-Domains d'utilisation des algues

Dans l'industrie textile et agroalimentaire : Les alginates sont employés depuis le milieu des années 60 dans l'impression des tissus (**miquel ;2001**). Les phycocolloïdes sont des substances extraites d'algues ayant des propriétés gélifiante, épaississante et stabilisante (**Borvon, 2007**).

En médecine : De nombreuses spécialités pharmaceutiques intègrent dans leur formulation des colloïdes algaux comme excipients (sirops, enrobage des pilules et dragées). L'usage des algues en tant que principe actif est plus restreint: (**miquel ;2001**).

En agriculture : les algues sont utilisées directement sur les sols pour les l'enrichir en sels minéraux, ou utilisées en extraits comme bio engrais (**Dabouineau, 2004**)

En cosmétique: Les extraits d'algues présentent également des propriétés anti-UV et antioxydantes qui sont utilisés dans différentes crèmes pour la peau (**Poirier, 2012**).

Dans le traitement des eaux usées : Les algues brunes de type Laminaires sont séchées à l'air libre puis empaquetées dans des bombonnes qui servent au recyclage des eaux usées: ces algues sont capables de fixer les métaux lourds (plomb, mercure) et l'iode dans l'eau. **(Miquel , 2001).**

CHAPITRE II

Matériel et Méthodes

Le littoral algérien, qui s'étend sur plus de 1 200 km, recèle des zones humides d'une grande valeur écologique. Ces dernières sont des pôles de biodiversité qui englobent plusieurs types d'écosystèmes : marais, îles, lagunes, deltas, dunes, etc. Les différents bilans dressés sur ces zones, entre 2000 et 2014, par le ministère de l'Environnement algérien, mettent en exergue les spécificités géomorphologiques, paysagères et écologiques mais aussi leur grande fragilité. Malgré ce constat, les éléments de réponse sur les causes réelles des déséquilibres environnementaux qui affectent un nombre important de zones demeurent limités. Ainsi, les mesures de protection adoptées restent inefficaces et décalées par rapport aux enjeux locaux. Depuis quelques années diverses études locales menées sur des sites littoraux algériens variés ont tenté de dresser un bilan écologique précis de ces espaces, de déterminer la nature des menaces ainsi que les défaillances dans les modes de gestion appliqués. Dans ce cadre, on peut citer à titre d'exemple les travaux de GHODBANI sur les marais de Macta (2013), de LARID sur les lacs de Réghaïa (2008), de TOUBAL et al. sur Guèrbes Senhaj (2014) ou bien encore de DAHOU et al. sur les lagunes d'El Kala et leur zone maritime (2011).

Le cas de Terga et de sa grande dune illustre bien cette situation alarmante. Jusqu'au début des années 2000, les travaux disponibles sur ce segment côtier très dynamique se sont limités à quelques études académiques et divers rapports techniques dressés par des bureaux d'études liés aux activités minières de l'entreprise publique communale de Terga. Ce n'est qu'après le lancement de la deuxième génération des Projets nationaux de recherche en 2011 qu'un ensemble de mémoires d'étudiants, de rapports d'expertises et d'enquêtes de terrain ont été réalisés.

II-1-Le site de Chatt El-Hillal

La commune de Oueled El Kihel, ou se situe plage El Hilal se localise au nord-ouest du territoire national et est limité par la mer méditerranéenne au nord. La commune Ouled El Kihel, ou se situe plage el Hilal s'étend sur une superficie de 54,86km² et possède une cote de 19km de long.



Figure 1 : Le site de Chatt El-Hillal

II-2-Le site de terga

Elle se situe à 7 kilomètres de terga, 29 kilometres d'Ain Témouchent, 80 kilomètres d'Oran, 87 kilomètres de Sidi Bel Abbes et 90 kilometres de Tlemcen

Elle mesure plus de 750 mètres de long et 50 mètres de large . Son sable est fin.

La plage est traversée par l'Oued El Maleh sur son flanc est. Ce même oued désigne la frontière entre la commune de Terga (anciennement Turgot) et celle de Ouled Boudjemma.

Plage terga marque une richesse floristique, il s'agit d'une grande diversité des sédiments et des espèces d'algues.

L'eau de mer de la plage terga est polluée par des eaux usées rejetés directement en mer.

Le type de pollution est biologiquement d'origine urbaine, particulièrement fécale, une pollution d'origine agricole et industrielle, et des pollutions d'origine ménagère.

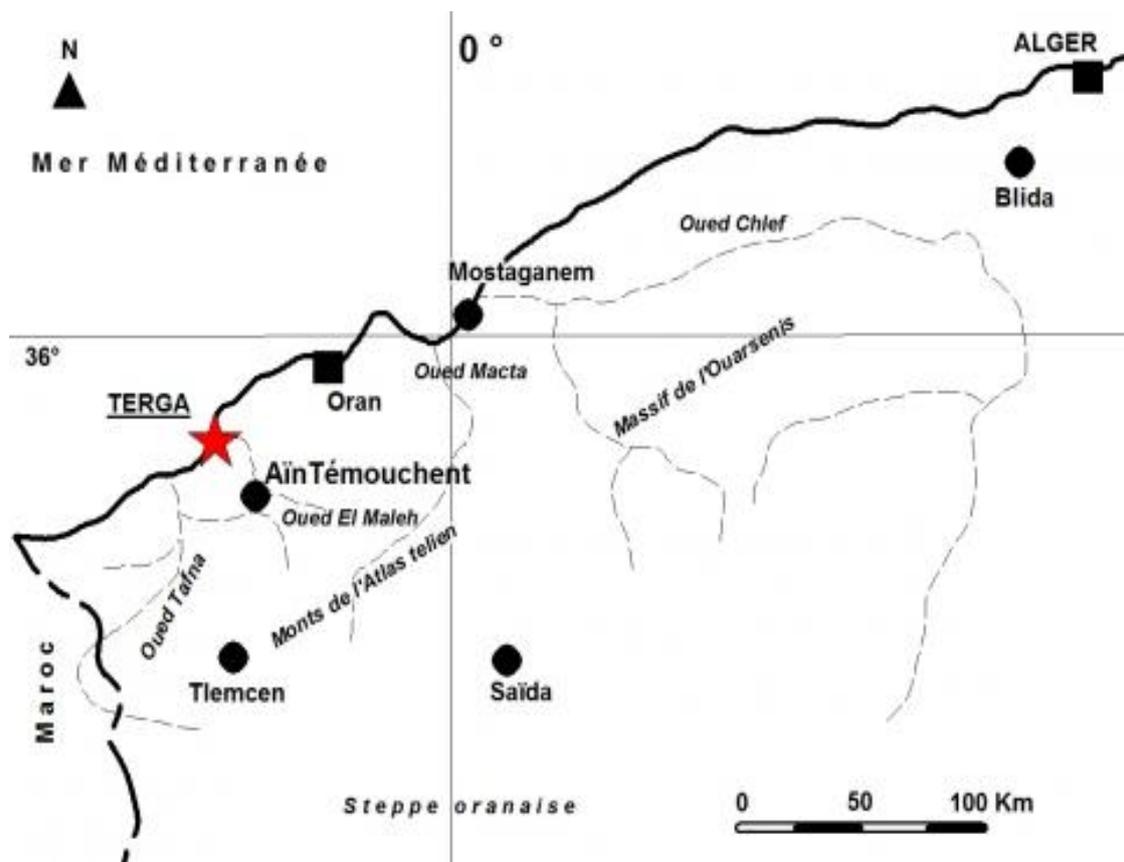


Figure 2 : Localisation du site Terga

CHAPITRE III
partie pratiques

III-1 Prélèvements traitements et minéralisations des échantillons

III-1-1 Choix des stations de prélèvement

Dans le cadre du suivi de l'état de contamination métallique des eaux marines côtières de la Wilaya de Ain Temouchent, le choix des stations est basé sur la présence des algues sur la proximité et afin de couvrir les principaux secteurs potentiellement soumis à des pollutions ou à des perturbations.

Deux stations de prélèvement ont été retenues sur le littoral de Ain Temouchent (la plage de Chatt El-Hillal et la plage de Terga).



Figure 3 : Plage Terga



Figure 4 : Plage Chatt El-Hillal

III.1.2. Choix d'espèces

La matière vivante végétale (Les algues) ont été choisie pour pouvoir quantifier la bioaccumulation métallique, le choix s'est porté sur l'algue Rouge: *Corallina officinalis*.

III.3. Choix des métaux lourds à analyser

Le choix des contaminants s'est basé sur la probabilité de leur présence. Le cuivre et le zinc sont considérés comme oligo-éléments et sont indispensables au déroulement des processus biologiques, dans le métabolisme et ne deviennent toxiques qu'au-delà d'un certain seuil (Casas, 2005). Ils ne sont pas toujours éliminés par des processus naturels mais sont accumulés dans la faune, la flore et les sédiments. Le cadmium et le plomb sont choisis à cause de leurs fortes toxicités pour l'homme et les organismes vivants (Picot, 2003).

III-2 Méthode de prélèvement

III-2-1 Prélèvement

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



Figure 5 : Broyage des algues

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.

Dès l'arrivée des échantillons au laboratoire, les algues ont été rincés par l'eau de robinet puis l'eau distillée, ensuite elles sont misent à sécher à l'air libre ensuite broyées pour obtenir une poudre fine qui sera utilisée ultérieurement.



Figure 6 : Minéralisation des algues

Les étapes de la minéralisation par voie sèche sont comme la suite :

Tout d'abord, on pèse 1g d'algue rouge dans un bécher en téflon et 1 g d'algue verte pour un autre, à l'aide d'une balance analytique. Ensuite sous une hôte, nous ajoutons 3 ml d'acide chlorhydrique (HCl) et 1 ml d'acide nitrique (HNO₃) et on laisse pendant 5 min. Après nous chauffons l'ensemble sur une plaque à 100°C pendant 20 à 30 min, Cette réaction répétée 3 à 4 fois jusqu'à l'apparition de couleur marron ou noir. Enfin nous ajoutons 25 ml d'eau bi distillées afin de solubiliser les métaux ; puis réchauffons l'ensemble pendant 7 minutes, après laissons refroidir pendant 5 min et filtrons avec du papier filtre 130 mm de porosité, transvasons le filtrat dans une fiole jaugée de 20 ml puis conservons dans des tubes étiquetés à basse température en attendant l'analyse au spectrophotomètre d'absorption atomique (SAA).

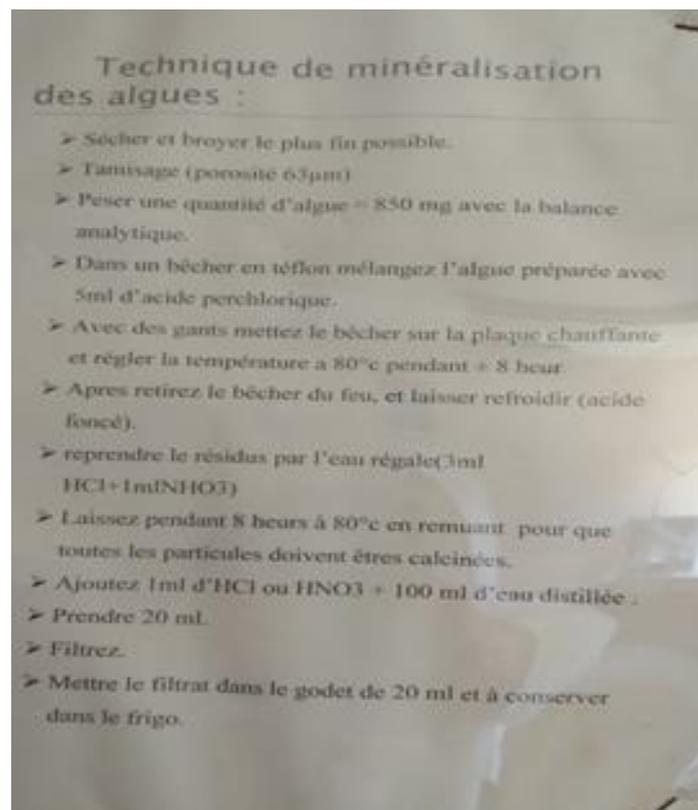


Figure 7 : Protocole de minéralisation

III-4- Dosages des métaux

L'appareil utilisé est un spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme de type AURORA ai. 1200. C'est une méthode d'analyse élémentaire qui s'applique à l'analyse des métaux lourds à l'état de traces. Les éléments absorbent les radiations dont la longueur d'onde correspond à celle émises lors du retour à l'état fondamental de l'atome (**Janin et Schnitzer, 1996**).

-Principe

Proposée par **WALSH en 1955**, la spectrophotométrie d'absorption atomique est une méthode d'analyse quantitative s'adressant essentiellement aux métaux. Elle 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 de l'élément sous forme de combinaisons chimiques, la vapeur est alors exposé à une radiation produite par un élément identique à celui à analyser. L'absorption est liée à la concentration de l'élément par la relation de Beer-Lambert.

IV-1- Plage de Terga

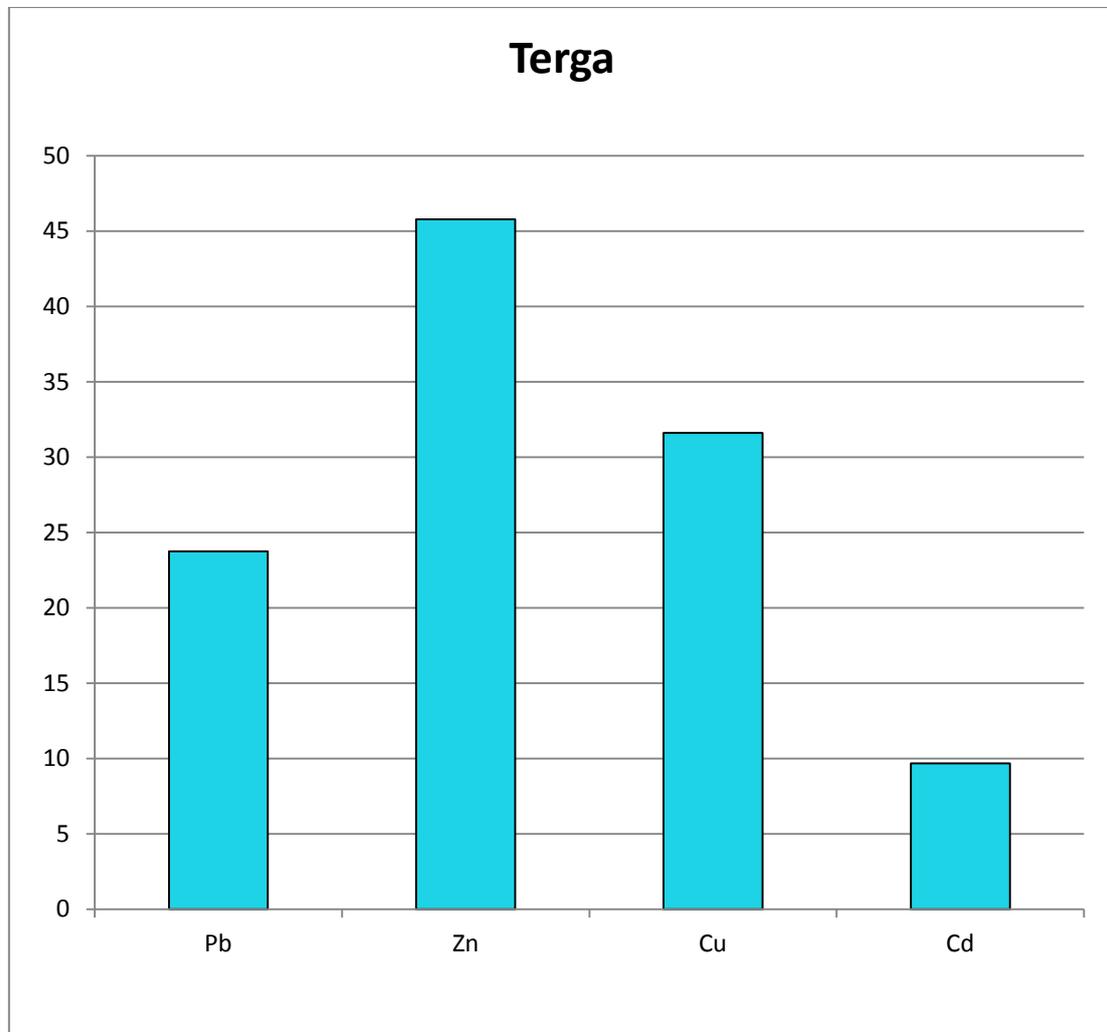


Figure 8 : Variations des teneurs métalliques (Cr, Zn, Cu, Fe, Pb et Cd) en mg/kg chez l'ulve du plage de Terga

Selon les résultats obtenus de la figure 8, l'accumulation du zinc est la plus importante avec une valeur de 45.7 mg/kg, qui ne dépasse pas la valeur guide admise par AIEA qui est de l'ordre de 128 mg / kg.

Les concentrations du cadmium et du plomb marquées chez *Corrallina officinalis* dépassent la dose maximale admissible respectivement (0,1 mg/kg et 0,5 mg/kg).

Les teneurs enregistrées en cuivre sont supérieures à la teneur de référence recommandées par l'AIEA (23,2 mg/kg).

Les gradients de concentrations se présentent comme suit :

Plage terga: $Zn > Cu > Pb > Cd$

Nos résultats concorde avec ceux enregistrés par (**kaimoussi et al., 2004 ; Ah-peng, 2003 ; Ater et al., 2006**), signalant que le Zn s'accumule plus que les autres métaux lourds tels que le Cu et le Pb. Notons que l'algue rouge, *Corrallina officinallis*, a accumulé plus du Zinc que du (Plomb, Cadmium et du Cuivre).

L'étude de (**Strezov et Nonova, 2005**) a montré que le Plomb est également corrélé avec tous les ions métalliques dans *Enteromorpha* et *Ulva*.

Les concentrations élevées peuvent s'expliquer en fonction des eaux de l'Oued Terga qui se jettent directement dans la mer, au niveau de la plage de Terga qui a été étudiée. Cet Oued subit et continue à subir d'importantes dégradations et pollution en raison des rejets et des déversements directs d'eau usées domestiques.

IV-2- Plage de Chatt El-Hillal

Nous présentons sur la figure 9, les variations des teneurs métalliques Cu, Zn, Pb et Cd (mg/kg) dans la plage de Chatt El-Hillal .

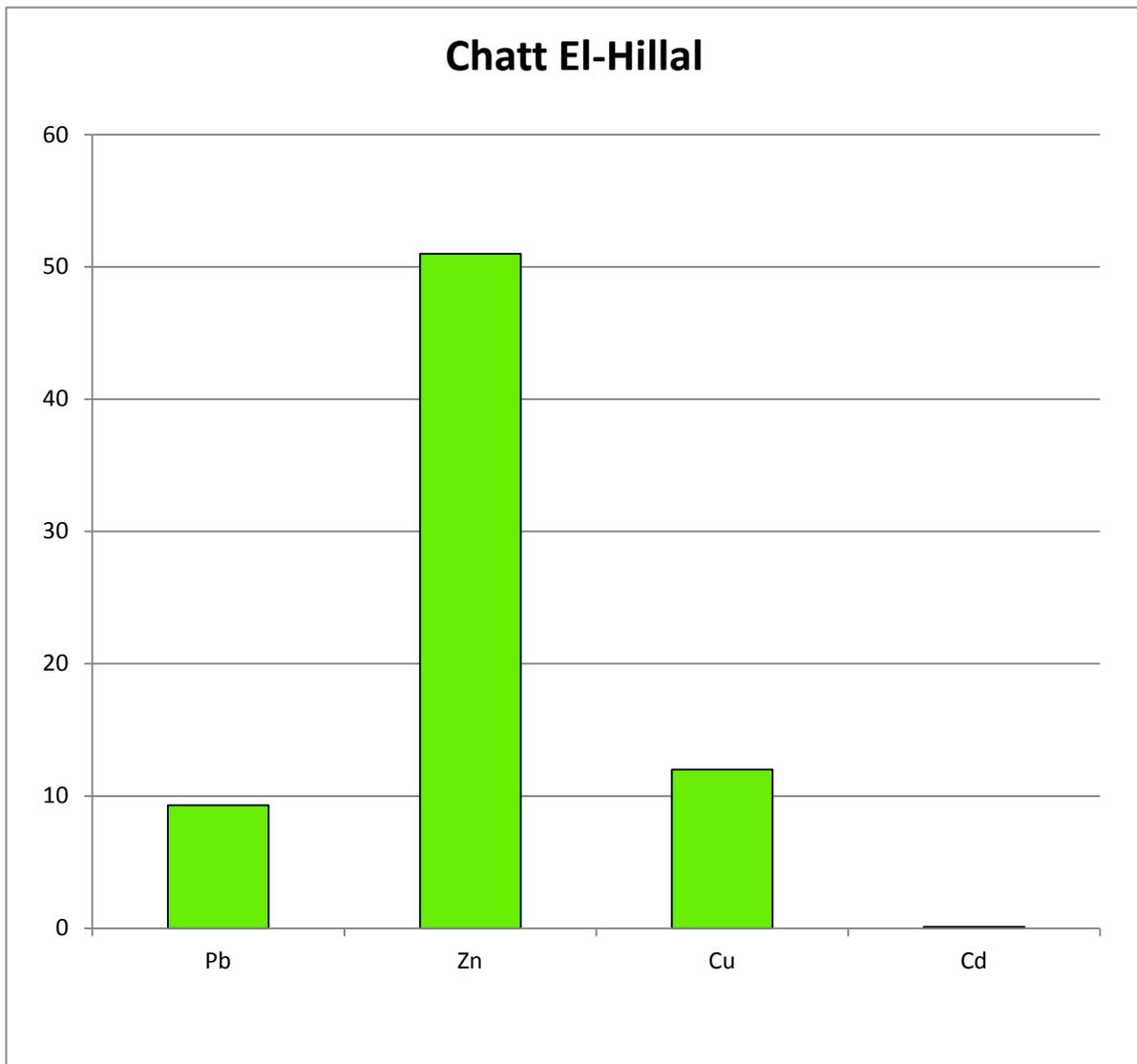


Figure 9 : Variations des teneurs métalliques (Cr, Zn, Cu, Fe, Pb et Cd) en mg/kg chez l'algue rouge de la plage de Chatt El-Hillal

D'après la figure, nous remarquons que les teneurs en cadmium et en plomb sont supérieures à la valeur de référence (0,1 mg/kg et 0,5 mg/kg) respectivement.

Dans cette étude, les teneurs en cuivre et en zinc ne dépassent pas la valeur moyenne de référence fixée par (l'AIEA, 2005) (23.2 mg/kg et 128 mg/kg) respectivement.

La teneur en Zinc peut s'expliquer par la remise en suspension du Zinc déposé sur les sédiments lors des événements climatiques, des peintures antisalissure dans la protection des bateaux ainsi que des différentes opérations de réparations navales. Le Zn s'accumule plus rapidement que les autres métaux lourds tels que le Cu et le Pb (**Ater et al., 2006**).

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

Le gradient d'accumulation : $Zn > Cu > Pb > Cd$

Les concentrations des métaux varient en relation avec l'âge des tissus, le cycle de vie, les concentrations ambiantes des métaux et d'autres conditions environnementales (**Benkdad et al., 2011**).

Les teneurs élevées des éléments métalliques, dans la plage de Chatt El-Hillal peuvent s'expliquer en fonction des déchets domestiques des villages d'origines urbaines rejetés dans les plages, sans oublier l'utilisation excessive des insecticides et des fongicides dans l'agriculture, aussi bien que la situation très proche de station de dessalement de Chatt El Hilal qui jettent leur déchets directement dans la mer.

IV-3-La comparaison entre les stations pour *Corrallina officinalis*

La figure 10 montre les variations spatiales des teneurs métalliques (Cu, Zn, Pb et Cd) chez une espèce d'algue rouge *Corrallina officinalis* dans les deux plages (Terga et Chatt El-Hillal).

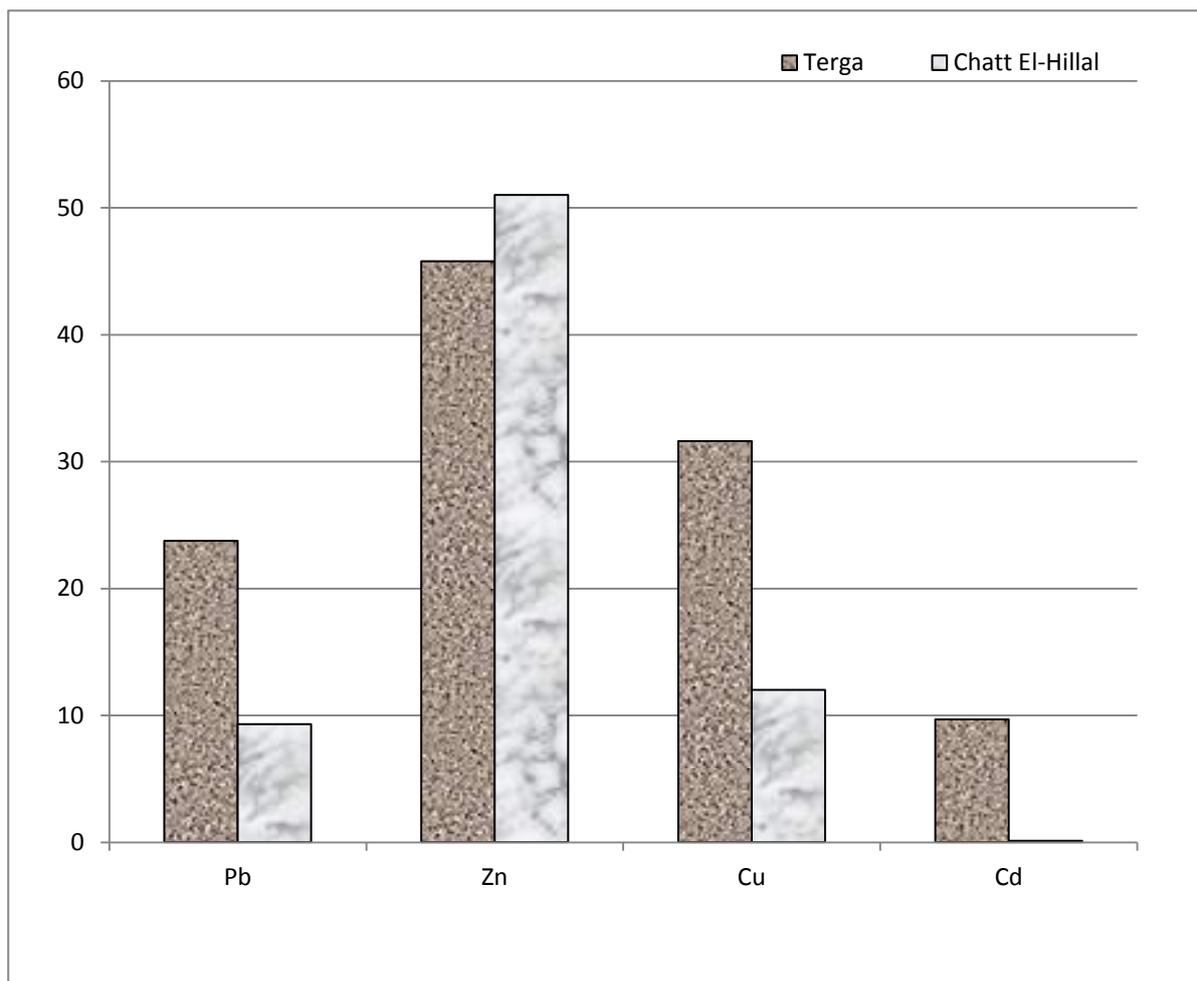


Figure 10 : Comparaison des teneurs métalliques moyennes chez l'enteromorphe des deux stations de prélèvements

D'après la figure, nous constatons que la valeur de zinc la plus élevée a été enregistrée chez *Corrallina officinalis* est de 51 mg/kg dans Chatt El-Hillal, alors que la plus faible et notée chez *Corrallina officinalis* 45.7 mg/kg dans la plage de Terga. Ces valeurs restent toutefois bien inférieurs à celles recommandées par l'AIEA (128 mg / kg) pour l'accumulation des Zinc par les algues.

Toutes les teneurs en cuivre observées durant la période d'étude restent inférieures à la valeur de référence selon l'AIEA (23.2 mg / kg) dans Chatt El-Hillal. Une concentration maximale de l'ordre de 31.6 mg/kg est relevée dans la station Terga contre un minimum de 12 mg/kg noté au niveau de Chatt El-Hillal.

Selon les résultats obtenus, les concentrations obtenues pour le plomb sont moins importante dans Chatt El-Hillal avec une valeur de 9.3 mg/kg, alors que la plus élevée et notée chez *Corrallina officinalis* 9.3 mg/kg dans Terga. Ces valeurs sont nettement supérieures aux valeurs recommandées par l'AIEA (0,574 mg/kg).

Il ressort de la figure, que le Cadmium est le métal le moins bio accumulé chez *Corrallina officinalis*. 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 (**Chiffolleau et al., 1999**).

Selon (**Benkdad et al., 2011**) les concentrations des métaux varient, non seulement parmi les espèces d'algues, mais aussi au sein de la même espèce provenant de différentes sites. Cela est dû aux facteurs abiotiques ou biotiques, des facteurs anthropiques et de la distribution hétérogène des métaux dans l'écosystème.

IV-4- Le facteur de bioaccumulation BSAF

Nous présentons sur la figure 11 le facteur de bioaccumulation chez les algues rouges des deux sites d'étude.

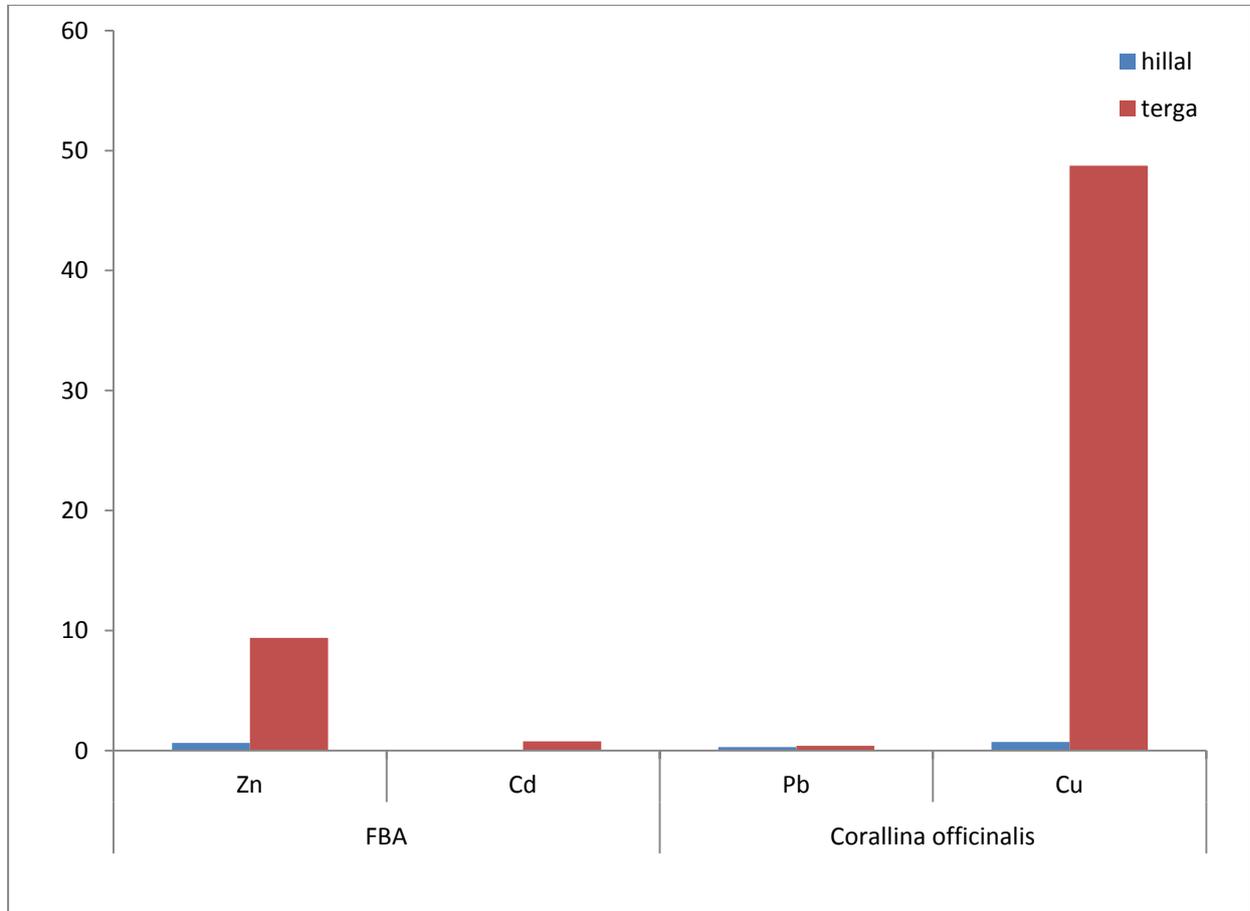


Figure 11 : Les facteurs de bioaccumulation (BSAF) chez les algues rouges dans les deux plages (Chatt El-Hillal et Terga).

Les facteurs de bioaccumulation (FBA) ont été calculés pour les quatre métaux pour les deux stations en divisant les concentrations moyennes des éléments enregistrées chez les algues par les concentrations moyennes obtenues dans les sédiments de la même station.

D'après la figure, nous constatons que les algues rouges ont présenté un BSAF supérieur à 1 pour le cuivre dans la plage Terga, cela signifie que ces algues subissent une bioaccumulation importante par Cu.

IV-5 Comparaison avec la littérature

Sur le tableau 1 nous présentons les concentrations moyennes des métaux lourds obtenus et nous les comparons avec ceux de la littérature en (mg /kg).

Tableau 1 : comparaison des concentrations moyennes chez les algues

La région étudiée	Cu	Pb	Cd	Zn	Référence
Jijel		4.67		84.30	MESSAI, 2014
Honaine	49.19	79.33	5.41	39.54	SELKA, 2015
Bejaia	14.89	0.011	0.4	67.41	BOUGUENOUNE (2018)
Ghazaouet	14,61	2,28	0,13	105,91	Belhaj (2008)
Béni-Saf	89.24	79.90	2.34	415.75	Goual (2000)

Plusieurs études ont été réalisées sur les algues marines et plus précisément sur la contamination des métaux lourds dans littoral Ouest Algérien.

Le tableau expose les résultats des concentrations moyennes en métaux lourds (Pb, Cu, Cd, Zn) exprimé en (mg/kg P.S). La comparaison aux différents travaux réalisés sur les algues marines en Algérie nous permet de conclure que les différentes concentrations obtenues dans cette étude pour (Pb, Cd et Cu) sont plus proches que celles de la littérature et supérieurs à la dose maximale admissible.

Nos valeurs de zinc sont inférieures à celles de la station de Béni-Saf (**Goual, 2000**) et semblables à celles trouvées dans d'autres études (tableau 1). En générale nos résultats sont dans les normes.

CONCLUSION

CONCLUSION

Conclusion général

Les résultats obtenus par notre étude fondée sur l'utilisation de bioindicateurs biologiques (les algues), permettent une évaluation de l'état de contamination des eaux de mer de la plage de Terga et Chatt El-Hillal par des métaux lourds (Pb, Cu, Cd et Zn), par la technique de spectrophomètre d'absorption atomique ; est une quantification de l'impact des apports d'anthropiques en métaux sur le milieu marin.

Les résultats ont montré que Les concentrations du cadmium et du plomb marquées chez *Corrallina officinalis* dépassent la dose maximale admissible.

Les teneurs métalliques moyennes obtenues pour le Cuivre et le zinc restent inférieur aux valeurs de références.

Le facteur de bioaccumulation BSAF montre supérieur à 1 pour le cuivre dans la plage Terga cela signifie que ces algues subissent une bioaccumulation importante par Cu.

Ce travail a permis également de faire des recommandations pour des perspectives futures: Elargir la zone d'étude et le suivie de la bioaccumulation métallique dans l'Ouest Algérien. Sensibiliser les populations.

Elargir la gamme des contaminants organiques et inorganique.

Bibliographies

Bibliographie

AIEA ,2005.International Atomic Energy Agency,2005,reference sheet.Trace,minor and major Elements in algae.IAEA-392.

Ater, M., Aït Ali, N. et Kasmi, H., 2006 - Tolérance et accumulation du cuivre et du chrome chez deux espèces de lentilles d'eau : Lemnaminor L. et Lemnagibba L. Journal of Water Science, 19(1), 57-67p.

AH-Peng, C., 2003 - Mise au point d'un outil diagnostic basé sur l'utilisation de la mousse aquatique Fontinalis antipyretica Hedw en culture pour European Scientific Journal January 2015 edition vol.11, No.3 ISSN: 1857 – 7881 (Print) - ISSN 1857- 7431 172

AIEA., 2005 - International Atomic Energy Agency,2005, reference sheet.Trace, minor and major Elements in algae. IAEA-392.

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.

Benklad A., Laissaoui, A., Tornero M., Benmansour M., Garrido I.M., Moreno J.B., 2011. Trace metals and radionuclides in macroalgae from Moroccan coastal waters. Environ monitassess, 182: 317-324.

Kaimoussi, A., Mouzdahir, A., Saih, A., 2004. Valorisations saisonnières des teneurs en métaux (Cd, Cu, Fe, Mn et Zn) chez l'algue Ulva lactuca prélevée au niveau du littoral de la ville d'El Jadida (Maroc). Biologie et pathologie végétales/plant biology and pathology.C.r.Biologie 327.361-369.

RESUME

Le présent travail est une étude synthétique qui consiste à évaluer la contamination métallique côtière de l'extrême ouest algérien par le baie de l'indicateur biologique *Corrallina officinalis*.

L'intérêt de ce travail est d'évaluer le niveau de contamination par les métaux lourds (Zn,Pb,Cd,Cu) dans deux sites de littoral de l'extrême ouest algérien (Chatt El-Hillal et Terga)

Les concentrations du cadmium et du plomb marquées avec des teneurs alarmantes dépassant les normes admises par l'AIEA, ainsi les concentrations du Cuivre et le zinc restent inférieur aux valeurs de références.

De plus l'algue rouge prètent être un bon indicateur de la pollution métallique. surtout pour le plomb.

Notre synthèse confirme que le littoral de l'extrême ouest algérien est sérieusement perturbé par les divers rejets domestiques, portuaires, industriels et agricoles

Mots clés : Contamination métallique, *Corrallina officinalis*, (Zn,Pb,Cd,Cu), l'extrême ouest algérien, Chatt El-Hillal , Terga.

Abstract :

The present work is a synthetic study which consists in evaluating the coastal metallic contamination of the extreme west of Algeria by the bay of the biological indicator *Corrallina officinalis*.

The value of this work is to assess the level of heavy metal contamination (Zn,Pb,Cd,Cu) at two coastal sites in the extreme west of Algeria (Chatt El-Hillal and Terga)

The concentrations of cadmium and lead marked with alarming levels exceeding the IAEA standards, thus the concentrations of copper and zinc remain below the reference values.

Moreover the red algae lend to be a good indicator of metal pollution. especially for lead.

Our summary confirms that the coastline of the extreme west of Algeria is seriously disturbed by the various domestic, port, industrial and agricultural discharges

Keywords: Metallic contamination, *Corrallina officinalis*, (Zn,Pb,Cd,Cu), extreme western Algeria, Chatt El-Hillal , Terga.

ملخص الدراسة

والعمل الحالي هو دراسة اصطناعية تتمثل في تقييم التلوث المعدني الساحلي لأقصى غرب الجزائر من خلال خليج المؤشر البيولوجي *Corrallina ocinalis*.

وتتلخص قيمة هذا العمل في تقييم مستوى التلوث بالمعادن الثقيلة (Zn, Pb, Cd, Cu) في موقعين ساحليين في أقصى الغرب الجزائري (شاطئ الهلال ، تارفة).

وتركيزات الكاديوم والرصاص التي تتسم بمستويات مقلقة تتجاوز معايير الوكالة الدولية للطاقة الذرية ، وبالتالي فإن تركيزات النحاس والزنك تظل دون القيم المرجعية.

وعلاوة على ذلك ، فإن الطحالب الحمراء تشكل مؤشرا جيدا للتلوث المعدني. لا سيما للرصاص.

ويؤكد ملخصنا أن الساحل الواقع في أقصى الغرب الجزائري منزعج بشدة من مختلف التصريفات المحلية والمينائية والصناعية والزراعية.

الكلمات الرئيسية: التلوث المعدني، شاطئ الهلال ، تارفة