

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 : écologie végétale et
environnement
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences écologie et environnement
Spécialité : écologie végétale et environnement
Thème

**Evaluation de l'accumulation métallique chez l'algue
Enteromorpha au niveau de la plage de Terga W. Ain
Temouchent**

Présenté Par :

1) Melle Medjahed Asma

Devant le jury composé de :

Dr Iliyas F

M C A UAT.B.B (Ain Temouchent)

Président

Dr Tabti L

MCB UAT.B.B (Ain Temouchent)

Examineur

Dr Derrag Z

M C A UAT.B.B (Ain Temouchent)

Encadrant

Année Universitaire 2020/2021

Remerciements :

Avant tout, nous remercions Allah, le tout puissant de nous avoir accordé la santé, le courage et la patience pour passer tous les moments difficiles pour accomplir ce travail et de pouvoir le mettre entre vos main aujourd'hui.

*Nous avons l'honneur et le plaisir de présenté notre profonde gratitude et nos plus sincères remerciements à notre encadreur **Mme DERRAG** qui a bien voulu assurer notre encadrement, ainsi que pour le temps et l'attention qu'elle a bien voulu consacrer au bon déroulement de notre travail, pour sa compréhension, sa grande contribution, sa disponibilité et ses précieux conseils et orientations.*

*Nous remercions aussi bien **Mme ILIYAS** maitre de conférence classe A (MCA) de centre universitaire d'Ain Témouchent qui a accepté de présider ce jury, **Mme TABTI** maitre de conférence classe B (MCB) d'avoir bien voulu examiner ce travail.*

Nos remerciements s'adressent également aux techniciens de laboratoire d'e
Centre Universitaire d'Ain Témouchent.

*Le personnel de laboratoire de recherche d'université **Aboubakr Belkaid** –*
Tlemcen

Et Finalement, nous remercions vivement tous les enseignants du département des sciences de la vie et de la nature de centre universitaire Ain Témouchent et tous ceux et celles qui ont participés de près ou de loin, à la réussite de ce travail.

Dédicace :

Je dédie ce modeste travail avec tout mon affection a :

Mes parents

***Ma mère**, honorable, aimable qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.*

***Mon père**, Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime,*

Le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous;

Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

A mes chers frères et ma petite sœur : Mohammed el arbi, Abd el azize et Amel.

*A mes proches amies : **Fatima, Sihem**, et mes cousines **Amina, marouwa, et Sara** .*

Et

A toute ma famille merci beaucoup.

A tous mes camarades de promotion.

A tous ceux que j'aime.

ASMA

LISTE DES FIGURES

Figure 1: La situation géographique de la wilaya d'Ain Temouchent.....	14
Figure 2 : Localisation du site Terga.....	16
Figure 3 : Plage de Terga.....	17
Figure 4 : Oued Terga	18
Figure 5 : Algue verte.....	20
Figure 6 : Séchage des sédiments.....	21
Figure 7 : Broyage des sédiments.....	22
Figure 8 : Tamisage des sédiments.....	22
Figure 9 : Broyage des algues.....	23
Figure 10 : Tamisage des algues.....	23
Figure 11 : Minéralisation des sédiments.....	25
Figure 12 : Filtration des sédiments.....	25
Figure 13: Minéralisation des algues.....	26
Figure 14 : Filtration des algues.....	27
Figure 15 : Spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme.....	28
Figure 16 : Variations spatiales des teneurs métalliques Cu, Zn, Pb et Cd) (mg/kg) dans les sédiments.....	29
Figure 17 : Indice de pollution de deux sites étudiés.....	32
Figure 18 : Variations des teneurs métalliques moyennes chez <i>Enteromorpha</i> de la plage de Terga.....	33
Figure 19 : Facteur de bioaccumulation (BSAF) chez l'algue dans la plage (Terga).....	35

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction 01

I-Synthèse bibliographique

I-1-La pollution marine.....02

I-1-1-Définition de la pollution.....02

I-1-2-Les différents types de pollution.....03

I.2.Les métaux lourds.....04

I.2.1. Origine des métaux lourds.....04

I.2.2. La toxicité des métaux lourds dans le milieu marin.....05

I.2.3. Les transferts de contamination dans le milieu marins.....05

I-3- les sédiments.....06

I-3-1- Définition des sédiments.....06

I-3-2- L'origine des sédiments.....06

I-3-3- Constitution des sédiments.....07

I-3-4- Interaction entre les métaux lourds et les sédiments.....07

I-4- présentation du matériel biologique.....08

I-4-1- Notions fondamentales sur les algues.....08

I-4-2- Définition des algues08

I-4-3- Classification des algues.....09

I-4-4- Facteurs de répartition et habitat des algues.....10

I-4-5- Reproduction des algues	11
I-4-6- Domaine d'utilisation des algues.....	11
II- PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE.....	14
II-1- présentation de la zone d'étude de W.Ain Temouchent	14
II-2- Situation géographique de plage Terga	15
II-3- Climatologie.....	15
II-4- L'action anthropique	16
III- Matériel et méthodes	17
III-1- Prélèvements des échantillons.....	17
III-1-1- Choix des stations de prélèvement.....	17
III-1-2- Choix du matériel sédimentaire.....	19
III-1-3- Choix du matériel biologique.....	19
III-1-4- Choix des contaminants.....	19
III-2- Méthode de prélèvement.....	20
III-2-1-Sédiments.....	20
III-2-2-Algues.....	20
III-3- Minéralisation.....	24
III-3-1- Minéralisation des sédiments.....	24
III-3-2- Minéralisation des algues.....	26
III-4- Dosages des métaux.....	27
IV. Résultat et discussion.....	29
IV-1-Variations spatiales des teneurs métalliques dans les sédiments	29
IV-2- Indice de Pollution	31
IV-3-Variations des teneurs métallique moyenne exprimés en (mg /kg P.S) des quatre métaux	

(Cd, Pb, Cu, Zn) chez <i>Enteromorpha</i> (Algue verte) de la plage de Terga	33
IV-4-Le facteur de bioaccumulation BSAF.....	35
Conclusion	37
Références bibliographiques	39
Annexe	

INTRODUCTION

Ces dernières décennies, la pollution des océans à travers le monde, est devenue un sujet de préoccupation croissante à l'échelle internationale.

La pollution marine est un fait inévitable qui se produit depuis plusieurs années. Elle résulte surtout des déchets organiques et toxiques rejetés dans l'environnement suite à des différentes activités et quelquefois suite à certaines catastrophes naturelles.

Les ressources vivantes et la biodiversité sont menacées par les pressions anthropiques en termes d'aménagement du milieu côtier, de pollution et d'exploitation. **(Farmer et al, 1993).**

Le littoral algérien est pratiquement touché par diverses pollutions. On constate une densité urbaine importante sur la côte, qui déverse ses rejets dans les eaux marines et des usines, qui rejettent leurs déchets industriels et contribuent à polluer le milieu sous l'effet des substances toxiques et corrosives.

Les métaux lourds s'accumulent dans les sédiments, où ils peuvent atteindre des concentrations élevées. En parallèle, certains organismes aquatiques sont de bons indicateurs de pollution de l'environnement car ils sont relatifs de la chaîne alimentaire dans l'écosystème **(Jones et Walker, 1979 ; Reddy et al., 2001).**

L'objectif de la présente étude est d'évaluer le niveau de la contamination par quelques métaux lourds (Cd, Cu, Pb, Zn,) dans les sédiments et chez les algues dans les eaux de mer de la plage de Terga, et apporter des résultats récents pour une meilleure approche et de meilleures solutions, qui aideront à limiter l'impact de la pollution.

Ce mémoire comporte quatre chapitres :

Le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique sur la pollution marine par les métaux et l'étude du matériel biologique.

Dans le deuxième chapitre nous présentons la zone d'étude.

Le troisième chapitre concentre sur matériel et les méthodes utilisées.

Dans le quatrième chapitre nous présentons les résultats et la discussion. Nous terminons par une conclusion générale et des perspectives.

I-Synthèse bibliographique

I-1-La pollution marine :

La pollution marine est définie, selon **GESAMP (1989, 1991)**, comme étant l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, de substances ou d'énergie dans le milieu marin (y compris les estuaires) entraînant des effets néfastes tels que dommages aux ressources biologiques, dangers pour la santé humaine, entraves aux activités marines (y compris- la pêche), une altération de la qualité de l'eau de mer du point de vue de son utilisation et une réduction de la valeur d'agrément du milieu marin. En effet, un polluant ou contaminant est une substance naturelle ou d'origine anthropogénique que l'homme introduit dans un biotope donné dont elle était absente ou encore dont il modifie et augmente la teneur lorsqu'elle y est spontanément présente (**Ramade, 2002**).

Les activités anthropiques engendrent l'introduction d'une quantité considérable de produits chimiques dans l'écosystème côtier marin qui peuvent présenter des propriétés toxiques susceptibles de causer des dommages multiples au niveau des organismes, des populations et des écosystèmes (**Nordberg et al. 2007, Amiard, 2011**). Il en ressort que la notion d'origine anthropique est importante. L'eau devient polluée lorsque des substances étrangères, quelle qu'en soit la raison, pénètrent dans l'environnement et sont transportées dans le cycle de l'eau. Ces substances, connues sous le nom de polluants, contaminent l'eau et sont parfois nuisibles aux personnes et à l'environnement. Par conséquent, la pollution de l'eau est tout changement dans l'eau qui le rend nuisible aux organismes (**National Oceanic and Atmospheric Administration report 2003**).

I-1-1-Définition de la pollution :

Selon le dictionnaire encyclopédique des pollutions ; «Le terme de pollution recouvre bien des acceptions et qualifie une multitude d'actions qui dégradent l'environnement, ce vocable désigne sans aucune ambiguïté les effets de l'ensemble des composés toxiques libérés par l'homme dans la biosphère.

-La définition la plus générale du terme de pollution a été donnée par le premier rapport du conseil sur la qualité de l'environnement de la maison blanche (1965) « la pollution c'est une modification défavorable du milieu naturel qui apparait en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaine, au travers des effets directes ou indirects altérants les critères de réparation des flux de l'énergie des niveaux de radiation, de la constitution physico-chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes.

Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou au travers des ressources agricoles, en eau et en produits biologiques. Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'il possède ou les possibilités récréatives du milieu »

Par conséquent, une définition plus restrictive de ce terme a été donnée : « constitue une pollution toute modification du flux de l'énergie, de l'intensité des rayonnements, de la concentration des constituants chimiques naturels ou encore l'introduction dans la biosphère de substances chimiques artificielles produites par l'homme » (**Ramade, 2000**)

On distingue souvent selon la nature de l'altérage plusieurs types de pollution :

- La pollution physique.
- La pollution biologique.
- La pollution chimique.
- La pollution radioactive.

I-1-2-Les différents types de pollution :

• **Pollution physique** : Elle est causée par divers éléments solides transportés par les déchets ménagers et industriels. Nous distinguons :

• **Pollution solide** : particules solides apportées par l'eau Eaux industrielles et eaux de ruissellement des décharges Le ciel ouvert.

• **Pollution thermique** : généralement causée par l'eau dans le circuit de chauffage. L'usine se refroidit, en effet tout changement de température de l'eau aura L'équilibre écologique du milieu aquatique naturel et Survie des organismes.

• **pollution radioactive** : avec des éléments radioactifs des installations et Centrales nucléaires et usines de traitement des déchets radioactifs (**Pérès, et al 1976**).

Les problèmes posés par la pollution radioactive du milieu marin révèlent à l'heure actuelle une importance particulière en raison de la demande croissante en énergie et des développements attendus dans la construction des centrales nucléaires et des usines de traitement de combustible irradiés.

La radioactivité en milieu marin, comme en milieu continentale a deux origines : Origine naturel due aux rayons cosmiques et à la présence dans le milieu de radionucléides qui font partie des éléments constitutifs du globe. Origine artificiel : il s'agit l'apport de radionucléides liés à l'utilisation de l'énergie atomique. Ce sont ces apports qui constituent la pollution radioactive en milieu marin. **(Pérès, et al 1976).**

•**Pollution chimique** : Ceci est causé par des polluants chimiques de nature organique et minérale différentes activités humaines. Ce type de pollution comprend les solvants, les métaux (Zn, Pb, Cd,...), hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), polychlorobiphényles (PCB), médicaments, pesticides, sels etc...

•**Pollution microbiologie** : Il provient de plusieurs sources, telles que les hôpitaux, l'agriculture et évacuation des eaux usées. L'eau contient alors des micro-organismes pathogènes (bactéries, virus, parasites) peuvent être dangereux pour l'environnement et la santé humaine **(Benkaddour, 2018).**

I.2. Les métaux lourds :

Un métal est un élément chimique dont la masse volumique dépasse 5 g/cm³. Ils ont une excellente conductivité de la chaleur et de l'électricité **(GEFFARD, 2001)**. Les métaux suivants sont présents le plus souvent dans l'environnement sous forme de traces plomb, cadmium, cuivre, zinc, le fer, etc... Les plus toxiques d'entre eux sont le plomb et le cadmium.

Ces éléments sont présents naturellement dans les roches et les sols, mais les niveaux de concentration actuels résultent pour la plupart de diverses activités humaines (sidérurgie, tannerie, transport routier, effluents agricoles...) **(chalon et al, 2006)**.

I.2.1. Origine des métaux lourds :

I.2.1.1 Les sources naturelles :

Les métaux se trouvent dans tous les écosystèmes naturels et à tous les niveaux, ils sont présents naturellement dans les roches, et chez la communauté animale et végétal, ils sont libérés lors de l'altération de celles-ci pour constituer le fond géochimique **(BOURRELIER et BERTHELIN, 1998)**.

Parmi les importantes sources naturelles, citons l'activité volcanique, l'altération des continents et les incendies de forêts. La contribution des volcans peut se présenter sous forme d'émissions volumineuses dues à une activité explosive, ou d'émissions continues de faible volume, résultant notamment de l'activité géothermique et du dégazage du magma (AFNOR, 1988).

I.2.1.1 Les sources anthropiques :

Parmi les activités qui contribuent à l'apport des concentrations des métaux lourds dans l'environnement : les activités pétrochimiques, l'utilisation de combustibles, le transport, l'incinération des déchets, les déchets urbains, agricoles et industriels, l'activité minière (Monna, 2008).

I.2.2. La toxicité des métaux lourds dans le milieu marin :

Les éléments traces métalliques sont particulièrement toxiques pour l'environnement et l'homme. Une des principales conséquences de la présence des métaux dans l'eau de mer est leur passage et transfert dans la biomasse. ou indirectement qui sont liées à l'accumulation progressive de ces métaux par les organismes (Ramade, 2000).

Généralement, ils sont séparés en deux catégories selon leur caractère essentiel ou non pour les êtres vivants. les métaux (oligo-éléments) sont souvent indispensables au métabolisme des êtres vivants, nombreux d'entre eux sont cependant toxiques lorsque leur concentration dépasse un seuil. Dans le cas contraire, une carence ou un excès de ces éléments essentiels peut induire des effets délétères. D'autres ne sont pas nécessaires à la vie, et peuvent être même préjudiciables comme le mercure, le plomb, le cadmium et l'antimoine (Casas, 2005).

I.2.3. Les transferts de contamination dans le milieu marins :

L'ensemble des contaminants chimiques atteint le milieu marin en transitant par les voies fluviales, les vents, les pluies ou en étant directement rejeté dans les océans. Certains sont également transportés via l'atmosphère à des distances très éloignées de leur source d'émission.

Les contaminants chimiques présents dans l'eau de mer ou le sédiment pénètrent dans les organismes via la chaîne alimentaire ou le simple contact. Ils évoluent du bas vers le haut de la chaîne trophique par bioaccumulation et biotransformation dans les tissus et organes des organismes vivants.

Les organismes marins accumulent les contaminants, à de très fortes concentrations, dans leurs différents organes, par des processus d'accumulation. Ces derniers dépendent des taux d'assimilation, d'excrétion et de stockage de chaque élément (**Rainbow et Philips, 1993**).

Une contamination durant l'ensemble du cycle de vie induit des altérations cellulaires et porte atteinte à l'ADN. Ces effets précoces peuvent ensuite provoquer à terme l'altération fonctionnelle des grandes fonctions physiologiques : la reproduction, la croissance et les défenses immunitaires.

I-3- les sédiments

I-3-1- Définition des sédiments :

C'est ensemble d'éléments déposés par l'eau, le vent, la glace qui provient de l'usure des continents, c'est à dire de la destruction de roches ou d'être vivants. La destruction se fait par des mécanismes physiques produisant la fragmentation des matériaux et des réactions chimiques donnant des solutions de lessivage (altération chimique). Les éléments solides sont déplacés sous l'effet de la gravité, souvent par l'intermédiaire d'un fluide transporteur (eau, glace), et sous l'effet des variations de pression atmosphérique qui produisent les vents. Les éléments en solution sont transportés par l'eau. Une partie des produits de destruction peut s'accumuler momentanément sur place, sans être transportée, et constitue alors une couche d'altération ou éluvion. les débris, dans leur majeure partie, sont déplacés puis déposés, généralement dans l'eau, pour former un sédiment détritique (alluvions au sens large). Les éléments en solution qui précipitent, sous avec intervention des êtres vivants, forment un sédiment d'origine chimique ou biochimique. (**Jacques Beauchamp ,2013**).

A cause de leur rôle important dans l'accumulation et la mobilisation des éléments métalliques, les sédiments aquatiques sont de plus en plus reconnus comme des indicateurs de la pollution anthropique (**Salomons et Stigliani, 1995 ; Calamano et Forstenr, 1996 ; Maanan, 2003**)

I-3-2- L'origine des sédiments :

Les sédiments proviennent de l'érosion des roches et des sols, Les activités organiques (accumulation de La sédimentation d'origine éolienne augmente avec l'aridification et la désertification.

Les sédiments transportés par le vent, sont des minéraux issus de l'érosion des sols et des roches, des volcans, des embruns, des incendies. ... L'érosion des sols dégradés par l'agriculture et le lessivage des sols urbains sont une source croissante de sédiments dans les canaux (**Alain Foucault et al., 2014**).

I-3-3- Constitution des sédiments

Le sédiment présente principalement 3 composantes :

- L'eau interstitielle :

Correspond à l'eau qui occupe l'espace entre les particules sédimentaires et représente une fraction importante du sédiment (**Forstner, 1987**).

- La phase minérale ou inorganique :

Il est composé de particules produites par l'érosion de la croûte terrestre et de fragments minéraux produits par des organismes (comme des coquillages). Ses principaux composés sont le carbonate, le silicate (et l'argile), l'oxyde de fer, le phosphate et le sulfure (**Hakanson et Jansson, 1983 ; Ramade, 1998**).

- La phase organique :

La matière organique est issue d'êtres vivants (plancton, végétaux, animaux, etc.). Composée pour l'essentiel de carbone, d'hydrogène, d'azote et d'oxygène, elle forme ce que l'on appelle « la biomasse ». Cette biomasse est généralement détruite par des bactéries mais une faible partie (moins de 1 %) se dépose au fond de milieux aquatiques.

I-3-4- Interaction entre les métaux lourds et les sédiments

Dans les phénomènes de pollution des eaux et des sédiments par les métaux lourds, les interactions sédiments-cations métalliques jouent un rôle clé qui règle le comportement de ces métaux, leur distribution dans la phase solide et leur transfert dans l'eau. Ces interactions font intervenir plusieurs types de phénomènes de surface ; précipitation (sous formes oxydées, réduites), Co précipitation et adsorption (par plusieurs mécanismes) sur des composés minéraux et organiques (**SK3G et ai, 1992**).

Les processus d'échange des métaux lourds à l'interface eau-sédiments, en relation en particulier avec les équilibres d'adsorption et de désorption, sont fonction d'un certain nombre de paramètres de l'eau (température, pH, force ionique). L'effet du pH sur l'adsorption des métaux a été particulièrement étudié (**BALISTRIERI et MURRAY, 1984 ; TESSIER et ai, 1989 ; TADA et SUZUKI, 1982 ; DHILLON et ai, 1985 ; BASTA et TABATABAI, 1992a, b ; ZHU et ALVA, 1993**).

I-4- présentation du matériel biologique

I-4-1- Notions fondamentale sur les algues :

Les algues sont les végétaux les plus primitifs qui présentent un appareil végétatif peu évolué (sans racine, ni tige, ni feuille) ils sont aquatiques. (**Garon-Lardiere, 2004**).

Les algues regroupent un ensemble de végétaux photosynthétiques très divers et dont l'appareil végétatif relativement simple est appelé « thalle », elles ont des formes et des dimensions très variables. (**Ramade, 2009 ; Ainane, 2011**).

Elles appartiennent au règne végétal mais elles ne constituent pas un ensemble homogène. Elles se répartissent entre un certain nombre de voies évolutives indépendantes les unes des autres (**Cabioc'h J et al., 1992**).

Ces organismes se reproduisent par voie non sexuée et présentent une croissance rapide par division cellulaire (**Pelczar, 1993**). Leur taille varie du micron à la centaine de microns, elles se trouvent en abondance dans les milieux aquatiques (océans, rivières, lacs, etc.) (**Baya, 2012**)

De plus, la structure particulière de leurs parois cellulaires donne la capacité de lier et d'accumuler des micropolluants présents dans leur environnement aquatique, reflétant l'impact de la perturbation anthropique et ils peuvent être de bons indicateurs de micropollution (**Levine, 1984; Vasquez et Guerra, 1996; Sekabira et al., 2011; Gopinath et al., 2011**).

Les polysaccharides de la paroi cellulaire des algues sont souvent identifiés comme étant la cause du phénomène de sorption (**Gloaguen et Morvan, 1997 ; Gaballah et al., 1997 ; Salehizadeh et Shojaosadati, 2003**).

I-4-2- Définition des algues

Les algues sont un groupe diversifié d'organismes. Elles peuvent être largement divisées en macro-algues (algues macroscopiques) et micro-algues (algues microscopiques) (**Singh et al., 2005**).

Les macro algues occupent la zone littorale, qui comprend les algues vertes, les algues brunes et les algues rouges. Les micro algues se retrouvent dans les habitats benthiques et littoraux ainsi que dans les eaux océaniques sous forme de phytoplancton (**Garson, 1989**).

Le phytoplancton comprend des organismes tels que les diatomées (bacillariophyta), les dinoflagellés (dinophyta), les flagellas verts et jaune-brun (Chlorophyta, prasino-phyta, prymnesiophyta, cryptophyta, chrysophyta et raphidiodiophyta) et les algues bleu-vert (cyanophyta). En tant qu'organes photosynthétiques, ce groupe joue un rôle clé dans la productivité des océans et constitue la base de la chaîne alimentaire marine (**Bold et Wynne, 1985; Hillison, 1977**).

En outre, les macro algues sont utilisées dans les tests de bioaccumulation, tandis que les micro algues eucaryotes et procaryotes sont utilisées plus largement pour les tests éco toxicologiques (**Rai et al., 1981**)

Les algues vertes peuvent être trouvées dans l'eau de mer, eau douce et dans les sols humides. Les algues rouges et brunes se trouvent presque exclusivement dans le milieu marin (FAO, 1976).

I-4-3- Classifications des algues :

Les algues peuvent néanmoins être classées en une dizaine d'embranchements selon des critères basés sur leurs compositions pigmentaires, leurs polysaccharides de réserve ou des caractéristiques structurales (**Ruiz, 2005**).

C'est ainsi, suivant la pigmentation, les algues sont classées en trois grands groupes : les algues brunes (Phéophytes), les algues vertes (Chlorophytes), les algues bleues (Cyanobactéries) et les algues rouges (Rhodophytes). (**Chapman, 1980; Darcy-Vrillon, 1993**).

Les Rhodophycées sont l'un des phylums du règne végétal, divisé en deux groupes : celui des Bangiophycées (qualifiées de primitives) et celui des Floridéophycées (plus complexe). Ces deux classes (Bangiophycées et Floridéophycées) ont été acceptées par la plupart des taxonomistes d'algues rouges pendant plusieurs décennies. Les Bangiophycées et les Floridéophycées ont été également étudiées en utilisant les données d'**Oliveira & Bhattacharya (2000) et Müller et al. (2001)**.

•Les algues vertes (Chlorophycées) :

Les algues vertes, sont dominées par la chlorophylle a et b, dont l'ulvane étant la principale composante polysaccharidique (**Robic et al, 2009**).

Par ailleurs, la couleur verte caractéristique des algues vertes est due principalement à la présence de chlorophylles a et b dans la même proportion que les grandes plantes (**Bold et Wynne, 1985**). Elles jouent un rôle important dans l'oxygénation des eaux, favorisant ainsi la vie animale (**Garon-Lardiere, 2004**).

Toutefois, l'exposition prolongée aux fortes intensités lumineuses provoque la synthèse de pigments photoprotectants (caroténoïdes) et les thalles deviennent de couleur orangée à jaunâtre. Les algues vertes sont présentes dans tous les systèmes aquatiques (milieux marins et eaux douces) (**Ainane, 2011**).

●Les algues brunes (Phéophycées) :

Les algues brunes sont principalement brunes en raison de la présence de la caroténoïde fucoxanthine et les principaux polysaccharides présents qui comprennent l'alginate, laminarines, fucanes et de la cellulose (**Goni, et al 2002; Haugan et Liaaenjenen, 1994**). La couleur brune de ces algues qui provient de la domination des pigments de xanthophylle et la fucoxanthine masque les autres pigments, chloro-phyllé a et c, b-carotènes et autres xanthophylles (**Bold et Wynne, 1985**). La grande majorité des algues brunes sont marines (**Garon-Lardiere, 2004**).

●Les algues rouges (Rhodophycées) :

Communément appelées algues rouges et représentées par l'unique classe des Rhodophycées, elles sont souvent filamenteuses, largement distribuées dans les mers et se réduisent, en eau douce, à quelques genres (**Bourrelly, 1972**). Elles se distinguent généralement par leur cycle de reproduction particulièrement complexe (**Garon- Lardiere, 2004**).

Les principaux pigments trouvés dans les Rhodophycées, ou algues rouges, sont la phycoérythrine et la phycocyanine et les polysaccharides primaires sont les agars et les carraghénanes (**McHugh, 2003**). En outre, La couleur rouge de ces algues résulte de la domination des pigments phycoérythrine et phycocyanine, ce qui masque les autres pigments, la chlorophylle a (pas de chlorophylle b), le b-carotène et un certain nombre de xanthophylles uniques (**Bold et Wynne, 1985**).

I-4-4- Facteurs de répartition et habitat des algues :

La vie et la répartition des algues sur les rivages marins dépendent de tout un ensemble de facteurs qui sont très différents de ceux qui conditionnent l'existence des végétaux terrestres. On les regroupe en (**Sbai, 1998**):

- Facteurs physiques : substrat, température et lumière.
- Facteurs chimiques : salinité, pH, oxygène et sels nutritifs.
- Facteurs dynamiques : agitation de l'eau et émergence.
- Facteurs biotiques : association avec d'autres espèces (algues épiphytes ou épizoïques).

I-4-5- Reproduction des algues :

Dans de très nombreux cas, la reproduction des algues s'effectue par multiplication végétative. Il s'agit d'une multiplication asexuée qui consiste soit en la division d'une cellule isolée (cas des algues bleues), soit en une fragmentation de thalle aboutissant à la formation de plusieurs organismes identiques. Elle est souvent réalisée par la formation de cellules spécialisées : les spores. Les algues eucaryotes réalisent en plus une reproduction sexuée au cours de laquelle l'union de deux cellules reproductrices, ou gamètes, produit un œuf, ou zygote. **(Melo et al., 2002).**

La reproduction des algues se déroule ainsi selon une alternance de phases de reproduction asexuée assurée par les thalles (sporophytes), et de phases de reproduction sexuée, assurée par des thalles producteurs de gamètes (gamétophytes). Aux cycles d'alternance de génération plus ou moins variés caractérisant leur reproduction, se superpose également une alternance de phases (de n à $2n$ chromosomes). **(Zablackis et Santos, 1986).**

I-4-6- Domaine d'utilisation des algues

Les algues sont utilisées depuis la nuit des temps puisque l'on parle de certaines utilisations effectuées par les Egyptiens il y a plus de 3 500 ans. Actuellement les principales utilisations industrielles se font autour des substances gélifiantes. On utilise les phycocolloïdes extraits des algues tels que les alginates (algues brunes), les carraghénanes et l'agar (algues rouges) pour leur extraordinaire pouvoir gélifiant **(Goulard, 2017).**

***Dans l'alimentation humaine**

Dans la consommation humaine, les algues marines ont été racontées depuis 600 avant Jésus Christ **(Aguilera-Morales et al., 2005)**. Les pays du Sud et du Sud-est asiatique utilisent cette ressource pour différents buts tel que la nourriture, alimentation, fourrage...etc **(Dhargalkar & Verlecar, 2008).**

Brunes, rouges ou vertes, les algues offrent une grande diversité gustative et olfactive. Leur consommation comme légume d'accompagnement reste marginale en Occident. Ce sont leurs propriétés nutritionnelles qui sont exploitées sous forme de compléments alimentaires. Riches à la fois en minéraux, fibres, protéines, vitamines et acides gras essentiels. Elles apportent des macroéléments et des oligoéléments, leur richesse en iode et en calcium est intéressante étant donné l'importance des carences en ces éléments au sein de la population mondiale.

Le contenu protéique des algues marines est variable. Certaines espèces d'algues rouges ont des teneurs équivalentes à celles des légumineuses (30 à 40 % du poids sec), notons les cas de *Palmaria palmata* (la Dulse) et *Porphyra tenera*, qui en sont les plus riches avec 35 à 47% du poids sec. Néanmoins, celles des brunes n'excèdent pas 5 à 11 %. **(Melo, 1998)**

La composition vitaminique des algues varie selon les saisons. L'intérêt principal réside dans les teneurs en provitamine A (algues rouges), vitamine C (brunes et vertes) et E (brunes) et la présence de vitamine B12 (contrairement aux plantes terrestres).

Les algues sont pauvres en lipides (1 à 3 % du poids sec) mais présentent un taux en acides gras essentiels supérieur à celui des autres végétaux : acide oléique et α -linoléique (algues vertes) et aussi d'importantes teneurs en acides ω 3 (EPA) et arachidonique (rouges).

Enfin, les fibres alimentaires représentent 32 à 50 % de la matière sèche, et plus de la moitié sont solubles (jusqu'à 87 % dans les algues brunes) **(Marinho-Soriano & Bourret, 2003)**

* Dans le domaine pharmaceutique et médical :

De nombreuses spécialités pharmaceutiques intègrent dans leur formulation des colloïdes algaux comme excipients (sirops, enrobage des pilules et dragées). **(Person, 2010)**.

Les algues contiennent des immunostimulants, des agents antiviraux et antibactériens, des agents anticancéreux ou anti proliférateurs, des agents anticoagulants et anti-inflammatoires, ainsi que des antioxydants puissants et des antis radicalaires **(Marfaing et Lerat, 2007)**

L'algue rouge *Porphyra* présente un effet hypotenseur important. Des pistes prometteuses de développement, notamment dans les domaines des anticoagulants, voire des antis tumoraux et des antiviraux à plus long terme **(Goulard, 2017)**.

* Dans la biotechnologie :

Le processus biotechnologique des macro-algues marines a trois éléments : La cellule et le développement de culture cellulaire, la conception de photobioréacteur et l'identification des stratégies pour obtenir la biosynthèse de métabolites secondaires (synthèse biomimétique) **(Rorrer et Cheney, 2004)**. L'ingénierie biotechnologique (biomoléculaire) des macro-algues marines pour la production de ces composés est un domaine nouveau émergeant de la biotechnologie marine. Les Rhodophycées contiennent une protéine particulière appelée phycoérythrine (PE) qui est déjà utilisée dans les applications biotechnologiques comme colorant ou teinture dans des réactions d'immunofluorescence **(Fleurence, 1999)**.

* Dans le traitement des eaux usées :

Les algues brunes de type Laminaires sont séchées à l'air libre puis emballées dans des bombes qui servent au recyclage des eaux usées.

Ces algues sont capables de fixer les métaux lourds (plomb, mercure) et l'iode dans l'eau **(Goulard, 2017)**.

Les algues peuvent également servir à piéger les métaux lourds contenus dans les rejets industriels. Les algues vont absorber naturellement les métaux lourds et ils sont par la suite traités dans des installations spécialisées, afin d'en protéger l'environnement. **(Patrick ; Paquette, 2012)**.

* Dans la Cosmétique :

Les extraits d'algues présentent également des propriétés anti- oxydantes qui sont utilisées dans des crèmes solaires et anti-âge, des savons, des shampoings...ect **(Goulard, 2017)**

II- PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

II-1- La situation géographique de la ville d'Ain Témouchent

Notre étude s'est déroulée à la wilaya d'Ain Témouchent, c'est une ville littorale était dénommée « Ain Diba » placée à environ 504km de la capitale Alger à l'ouest du pays. La ville occupe une situation privilégiée en raison de sa proximité de trois grandes villes de l'ouest de l'Algérie : Oran, Sidi Bel Abbas et Tlemcen. La ville est limitée au Nord par la commune de Sidi ben Adda, de Chentouf par le Sud, à l'est Terga et El Maleh, ainsi que Chabat, à l'ouest par la commune d'Ain Kihel. La ville d'Ain-Temouchent s'étend sur une superficie de 78,93 km.

La wilaya est limitée par la mer méditerranée au Nord ; la wilaya de Tlemcen au Sud-est; la wilaya d'Oran à l'Ouest ; la wilaya de Sidi Bel Abbas au Sud (**Andi, 2013**).

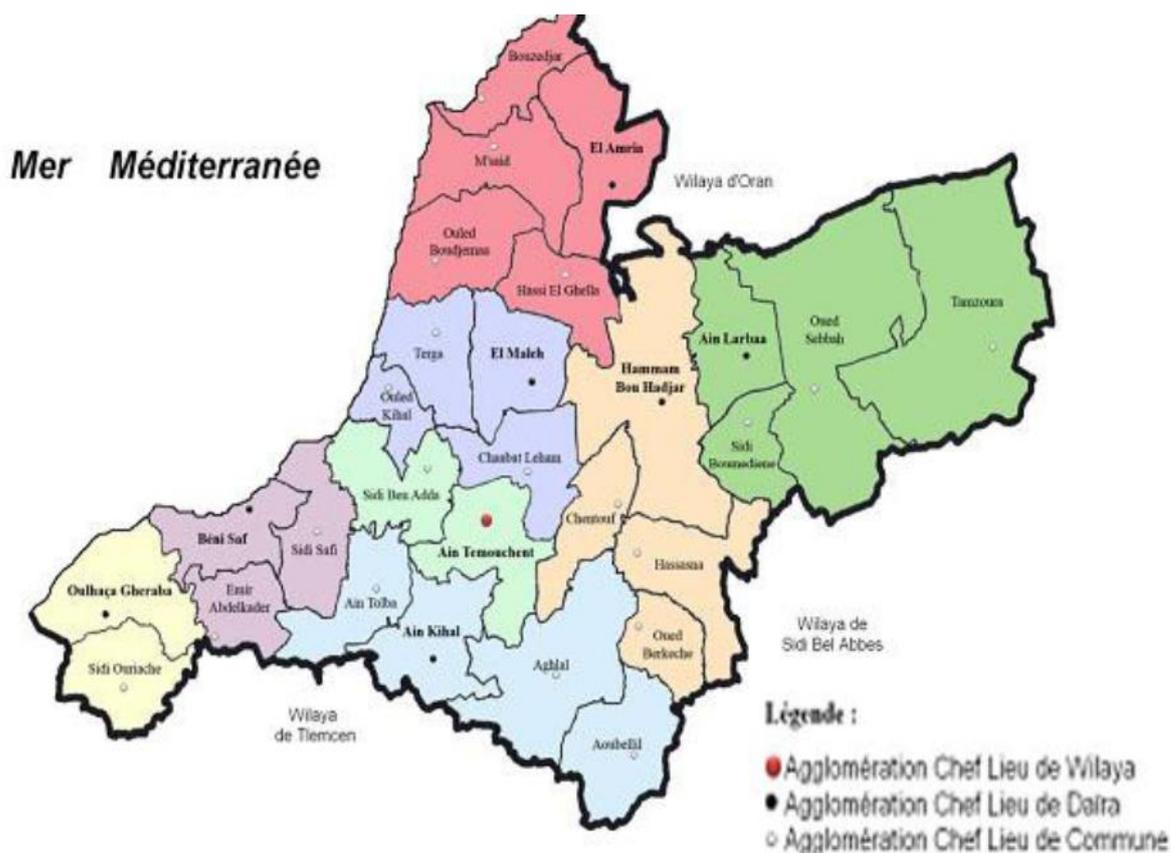


Figure 1: La situation géographique de la wilaya d'Ain Temouchent.

(Agence nationale de développement et d'investissement ,2013)

II-2- Situation géographique de plage terga :

Elle est l'unique plage de la commune. Elle se situe à 7 kilomètres de terga, 29 kilomètres d'Ain Témouchent, 80 kilomètres d'Oran, 87 kilomètres de Sidi Bel Abbes et 90 kilomètres 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.

La plage est dotée de plusieurs parkings, d'un poste de gendarmerie, d'un poste de la protection civile, d'un dispensaire, d'un bureau d'Algérie poste, de plusieurs commerces (épiceries, cafétérias, restaurants, crèmeries, etc...). Elle n'est habitée que pendant la saison estivale. et tous les commerces sont saisonniers. Un complexe touristique se trouve même au bord de la plage, et deux autres sont en cours de construction.

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

II-3- Climatologie :

Plage de Terga possède un climat méditerranéen chaud avec été sec (Csa) selon la classification de Köppen-Geiger.

La température moyenne en mai à Plage de Terga est de 20°C et les précipitations sont en moyenne de 19 mm.

La nuit les températures chutent à 16°C et la journée elles peuvent atteindre 22°C.

En résumé, le climat en mai est Très favorable, c'est un bon mois pour voyager à Plage de Terga.

Les meilleurs mois pour visiter Plage de Terga sont Mars Avril Mai Juin Juillet Août Septembre Octobre Novembre Décembre.

À titre de comparaison en mai à Alger, la température moyenne de ce mois est de 19.8°C et les précipitations sont en moyenne de 50.6 mm.

II-4- L'action anthropique :

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.

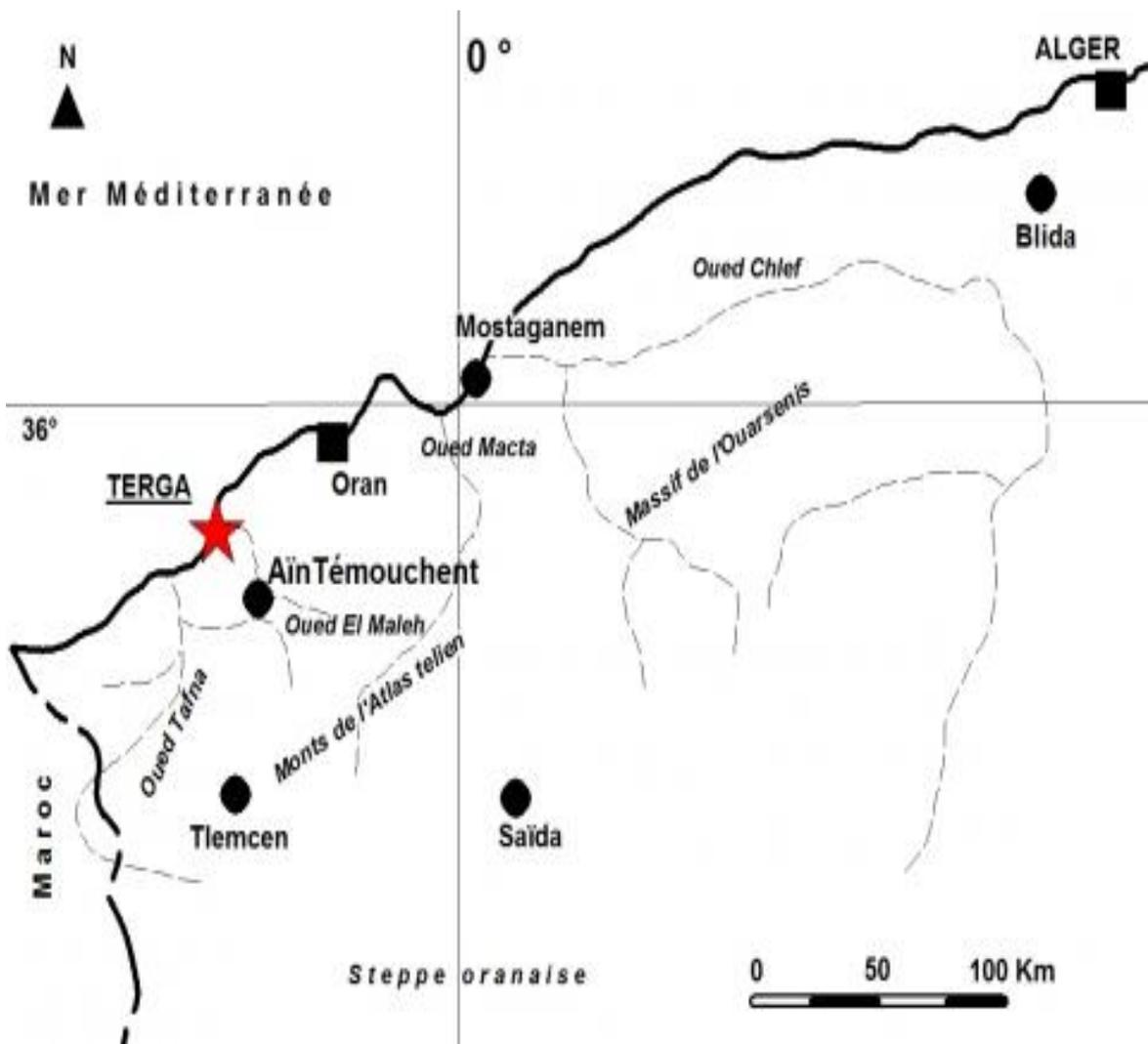


Figure 2 : Localisation du site Terga

III- Matériel et méthode

III-1- Prélèvements des échantillons

III-1-1- Choix des stations de prélèvement

Nous avons choisi de travailler sur la plage de Tergua, le choix de la station est basé sur l'accès facile par piste et la présence des algues.



Figure 3 : Plage de Terga



Figure 4 : Oued Terga

III-1-2- Choix du matériel sédimentaire

Les sédiments sont souvent utilisés dans le domaine d'écotoxicologie afin d'évaluer la qualité de l'environnement, car les métaux lourds peuvent être fixés sur les particules minérales et les particules organiques.

Les sédiments représentent d'excellents réservoirs ou puits de polluants chimiques, en particulier les métaux lourds (**Forstner et Wittmann, 1981 ; Boucheseiche et al., 2002**).

Pour les sédiments, nous avons élargi la zone de prélèvements pour suivre l'origine de la pollution. Nous avons rajouté oued qui déverse dans la plage de Terga.

III-1-3- Choix du matériel biologique

Ce choix a été justifié par son abondance dans notre site d'étude. Son importance et sa disponibilité.

Ces espèces sont indicatrices de pollution. Elles sont présentes tout le long de l'année dans la plage où elles se développent et elles présentent des tailles suffisantes pour offrir une quantité adéquate de tissus pour les analyses.

III-1-4- Choix des contaminants

Les métaux ont été choisis selon leur probable présence sur le site et selon la disponibilité des lampes du spectrophotomètre.

Nous avons analysé six métaux à savoir le cadmium, le fer, le cuivre, le plomb, le zinc et le nickel.

III-2- Méthode de prélèvement

III-2-1-Sédiments

Les sédiments superficiels (cinq premiers centimètres) ont été prélevés par raclage à l'aide d'une pelle. Pour chaque point, trois ou quatre prises par ouvrage ont été réalisées, afin d'obtenir un échantillon global représentatif du point. Puis, les échantillons ont été stockés dans des sacs en plastique transparents étiquetés et transportés dans une glacière jusqu'au laboratoire.

III-2-2-Algues

Les algues ont été récoltées à la main sur le site de prélèvement, débarrassée de tous leurs épiphytes et les débris adhérant à leurs talles, rincées sur place à l'eau de mer, puis placées dans des sacs en Plastique.



Figure 5 : Algue verte

●Séchage, tamisage

-Matériel sédimentaire

Les sédiments ont été séchés à l'air ambiant pendant plusieurs jours, broyés à l'aide d'un mortier en porcelaine, puis tamisée ($< 63 \mu\text{m}$) et enfin stockés jusqu'à la minéralisation. La fraction fine inférieure à $63 \mu\text{m}$ a été retenue, car elle est considérée dans la littérature comme la plus réactive vis-à-vis des métaux qui s'associent le plus à cette fraction (**Dassenakis et al., 2003 ; Probst et al., 1999**). Ainsi, de très nombreuses études ont été faites pour cette fraction (**Quevauviller et al., 1997 ; Morillo et al., 2004**). De plus **Ongley et al., (1982)** et **Lick, (1982)**.



Figure 6 : Séchage des sédiments



Figure 7 : Broyage des sédiments



Figure 8 : Tamisage des sédiments

-Les algues

Les algues ont été nettoyées à l'eau distillée pour éliminer les sels, séchées à l'air libre, broyées, tamisées et enfin pesées pour procéder à l'étape de minéralisation.



Figure 9 : Broyage des algues



Figure 10 : Tamisage des algues

III-3- Minéralisation

La minéralisation a pour but la décomposition de la partie organique.

III-3-1- Minéralisation des sédiments

Les sédiments de surface ont subi une attaque totale détruisant la matière organique pour déterminer les concentrations totales des métaux lourds. La technique de digestion acide envisagée a été développée à partir de la littérature (**Kingstonn et Jassie, 1988 ; Loring et Rantala, 1992**). Afin de déterminer la teneur totale en métaux des sédiments, ces derniers ont été attaqués par l'eau régale qui est un mélange d'acide chlorhydrique et d'acide nitrique concentrés dans le rapport (3/1). Dans un bécher en téflon, à 1g de sédiment sec ($< 63\mu\text{m}$) a été ajouté 6 ml d'acide chlorhydrique et 2 ml d'acide nitrique. Le mélange a été chauffé sur une plaque à 80°C environ pendant huit heures. Le chauffage se poursuit jusqu'à disparition totale des vapeurs nitreuses et apparition d'un résidu noir. Ensuite, nous avons évaporé l'échantillon à sec, nous avons introduit quelques gouttes d'eau bidistillée sur les parois du téflon afin de solubiliser les métaux, puis de nouveau nous avons évaporé l'excès d'acide comme précédemment.

Enfin, nous avons introduit 20 ml d'eau bidistillée puis nous avons filtré en utilisant une membrane en cellulose de porosité $0,45\ \mu\text{m}$. Le filtrat obtenu a été conservé à 4°C jusqu'à l'analyse par un spectrophotomètre d'absorption atomique (SAAF).



Figure 11 : Minéralisation des sédiments



Figure 12 : Filtration des sediments

III-3-2- Minéralisation des algues

la minéralisation des algues effectuée par la voie sèche, dans un bécher en téflon on pèse 1 g d'algue verte, 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 13: Minéralisation des algues



Figure 14 : Filtration des algues

III-4- Dosages des métaux

Le dosage de nos échantillons a été réalisé au niveau du laboratoire de Chimie de l'Université de Tlemcen. L'appareil utilisé est un spectrophotomètre d'absorption atomique. C'est une méthode spectrale qui permet la détection de faibles teneurs de métaux et éléments minéraux dans les solutions.



Figure 15 : Spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme de type AURORA ai.1200

Cette méthode est basée sur la propriété des atomes de l'élément qui peuvent absorber des radiations de longueur d'onde déterminée. La solution de l'élément à analyser est nébulisée dans une flamme, ce qui provoque successivement l'évaporation du solvant, la vaporisation d'élément sous forme de combinaisons chimiques, la vapeur est alors exposée à une radiation produite par un élément identique à celui à analyser. L'absorption de la radiation est proportionnelle à la concentration de la vapeur (Selka, 2015).

IV. Résultat et discussion :

Notre étude est une contribution à l'étude de la contamination métallique par quatre métaux lourds (Pb, Cd, Cu, Zn) dans les sédiments et chez l'algue verte (*Enteromorpha*) récoltées dans la plage de Terga.

IV-1-Variations spatiales des teneurs métalliques dans les sédiments :

Nous présentons sur la figure 16, les variations spatiales des teneurs métalliques Cu, Zn, Pb et Cd (mg/kg) dans les sédiments.

La ligne horizontale indique la valeur moyenne de référence pour chaque élément d'après **Turekian and Wedepohl (1961)**

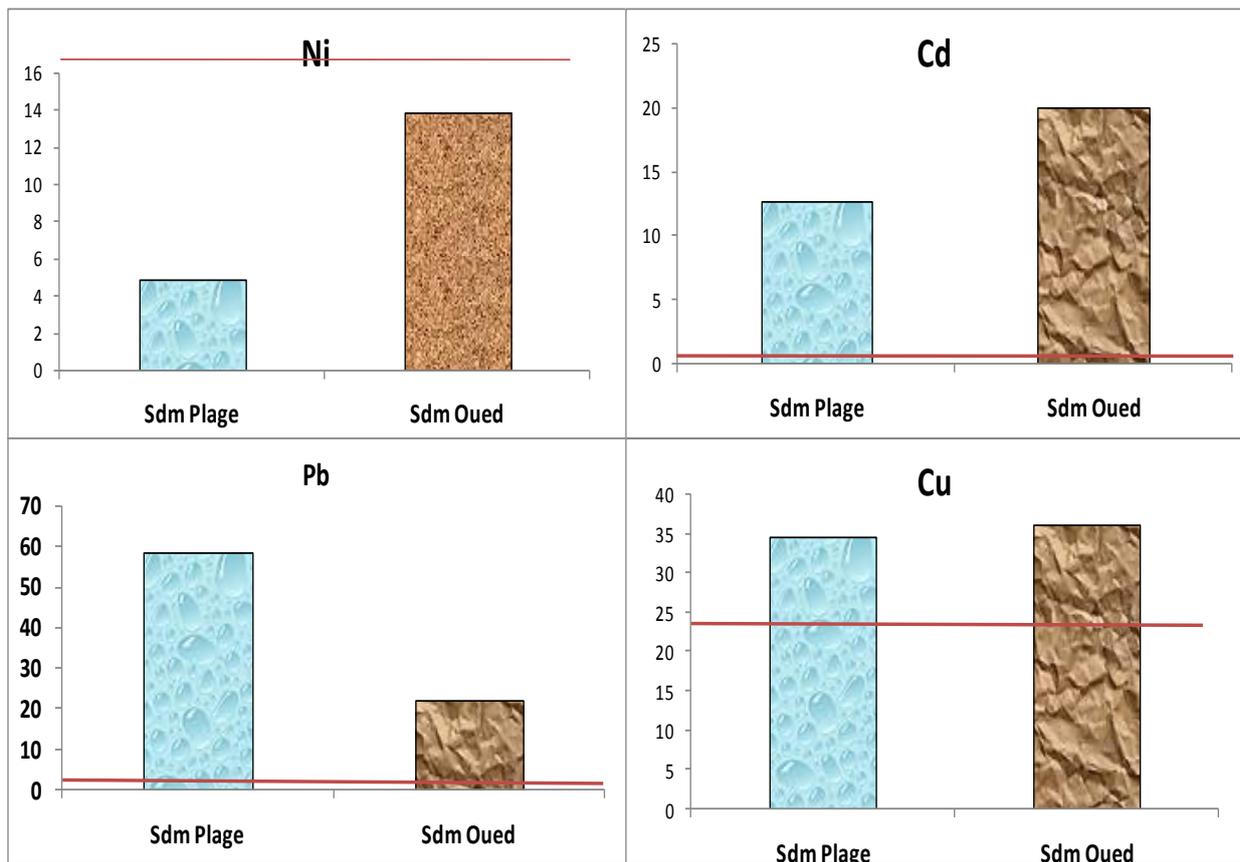


Figure 16 : Variations spatiales des teneurs métalliques Cu, Zn, Pb et Cd) (mg/kg) dans les sédiments.

Résultat et discussion

Les analyses des résultats obtenus montrent que les quatre métaux sont présents à des concentrations variables d'un point de prélèvement à un autre. La globalité des résultats révèle que le site de prélèvement la plage de Terga présente des concentrations plus faible pour les métaux étudiées (Pb, Zn et Cd).

Les résultats du suivi de la concentration des éléments métalliques dans les sédiments superficiels montrent que certaines concentrations sont supérieures à la teneur de référence.

Depuis les pressions anthropiques et l'implantation de différentes activités industrielles, économiques et touristiques, l'Oued Terga constituant le principal cours d'eau de la région, subit et continue à subir d'importantes dégradations en raison des rejets bruts et des déversements directs d'eau usées domestiques. Les eaux de cet Oued se jettent directement dans la mer, au niveau de la plage de Terga.

Dans cette étude, les teneurs en **plomb** enregistrées dans les deux sites dépassent la valeur moyenne de référence (20 mg/kg) selon **Turekian et Wedepohl, (1961)**. Les teneurs du plomb les plus élevées sont notées dans oued Terga. Ces concentrations semblent être liées en grande partie par le trafic routier qui contribue au dépôt du plomb dans les sédiments par les retombés atmosphériques (**Maanan, 2003**).

Le plomb est un élément réputé peu mobile par rapport à d'autres métaux en traces tels que le cadmium. Le plomb tend à former des complexes particulièrement stables, en conséquence, il va être stocké en grande partie dans le sol (**Bourrelier et Berthelin, 1998**).

Les teneurs en **cuivre** dépassent la valeur de référence estimée à 45 mg/kg d'après **Turekian et Wedepohl (1961)**. Le maximum relevé dans la plage de Terga est de 36.07 mg/kg et le minimum est de 34.6 mg/kg enregistré dans Oued.

Pour le **cadmium**, les teneurs les plus élevées sont notées dans l'oued avec une valeur de 20.05 mg/kg. Les faibles teneurs sont enregistrées dans les sédiments de la plage est de 12.7 mg/kg. Les teneurs en cadmium dépassent la dose maximale admissible (0,3 mg/kg). Cette contamination serait peut-être liée à l'activité agricole utilisant des composés phosphatés contenant d'importantes quantités de cadmium (**Ben Bouih et al., 2005**).

Les résultats des teneurs moyennes obtenues pour le **zinc** ne dépassent pas la norme permise par **Turekian et Wedepohl (1961)** au niveau de l'oued et la plage de terga. Les teneurs maximales sont observées dans les sédiments de l'oued est les valeurs faibles sont enregistrées dans les sédiments de la plage.

La caractérisation du contenu en éléments métalliques des sédiments est essentielle. Le dosage des métaux lourds dans les sédiments revêt un aspect quantitatif. En effet, l'appréciation du degré de pollution devrait faire la part de ce qui provient effectivement des rejets, mais aussi de la disponibilité de ces métaux vis-à-vis des autres composantes du milieu aquatique (**Arnoux et al., 1981**).

De nombreux auteurs ont montré les relations existantes entre la teneur en élément métallique et la granulométrie du sédiment, les valeurs les plus élevées se rencontrent en général dans la fraction la plus fine des sédiments (**Baier et Healy, 1977 ; Griggs et Jahanson, 1978 ; Mikulic et al., 2008**).

IV-2- Indice de Pollution :

L'appréciation de la pollution, au moyen de la seule détermination des teneurs métalliques dans les sédiments est une approche qui mérite d'être complétée. C'est ainsi que (**Boust et al., 1980 ; Belamie et al., 1982 ; Robbe, 1981**) expriment la contamination métallique à l'aide de l'indice de contamination IP. Concentration de référence selon (**Turekian and Wedepohl, 1961**).

$$\text{IP} = \text{concentration mesurée} / \text{Concentration de référence}$$

A partir de cet indice (IP) trois classes ont été définies :

IP < 3 : situation normale ; 3 < IP < 9 : situation suspecte ; IP > 9 : pollution certaine.

Le seuil 3 est habituellement utilisé dans les études de sédiments mais ce choix reste discutable (**André et Lascombe, 1987**).

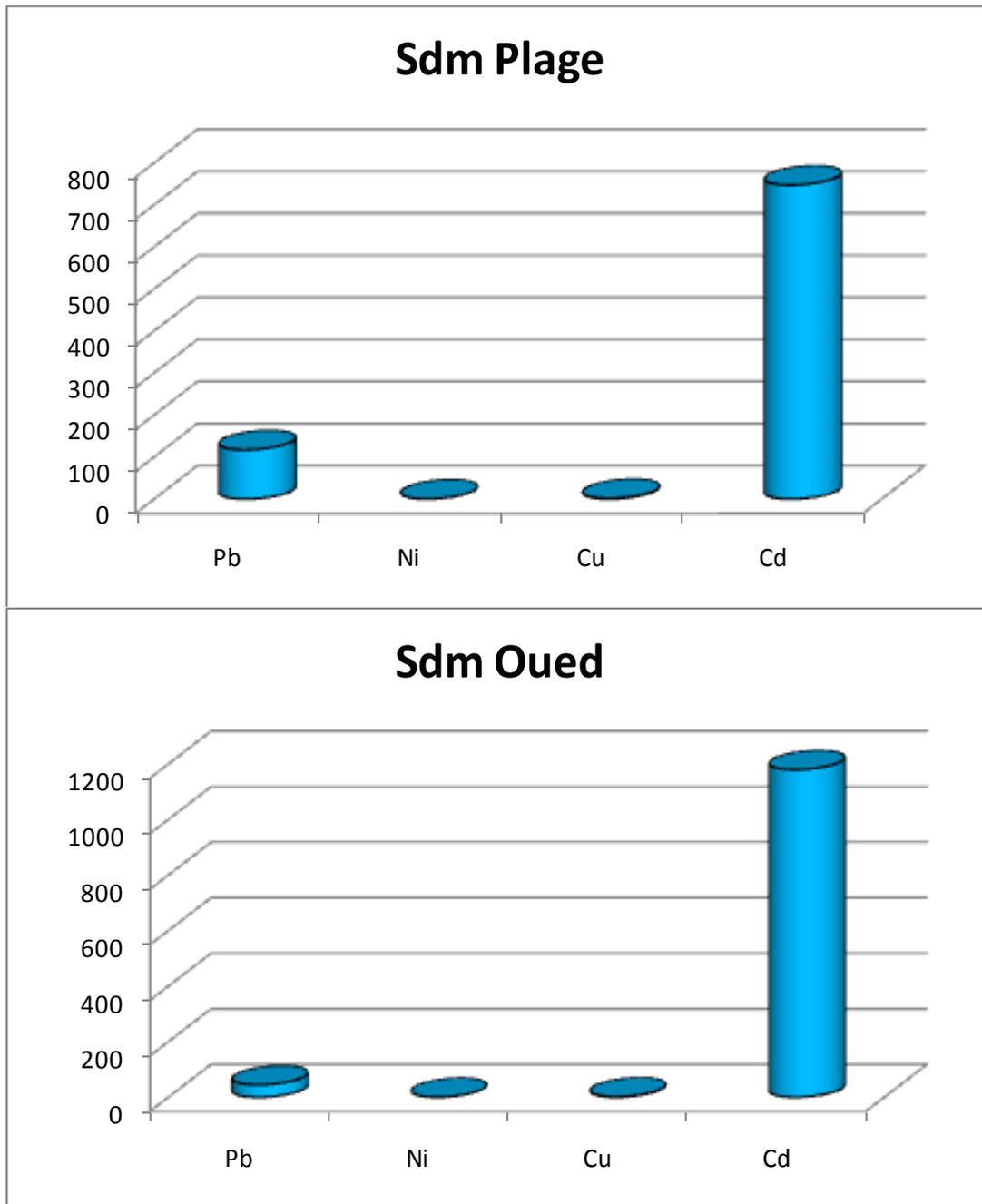


Figure 17 : Indice de pollution de deux sites étudiés.

D'après la figure, nous constatons que l'Indice de pollution (IP) montre une contamination par le plomb et le cadmium dans le site de Terga par rapport aux valeurs de référence de Turekian et Wedepohl 1961.

IV-3-Variations des teneurs métallique moyenne exprimés en (mg /kg P.S) des quatre métaux (Cd, Pb, Cu, Zn) chez *Enteromorpha* (Algue verte) de la plage de Terga :

Les valeurs obtenues dans des métaux (Zn, Pb, Cu, Cd) mesurées dans les échantillons prélevés à la plage Terga sont représentées dans la figure 18.

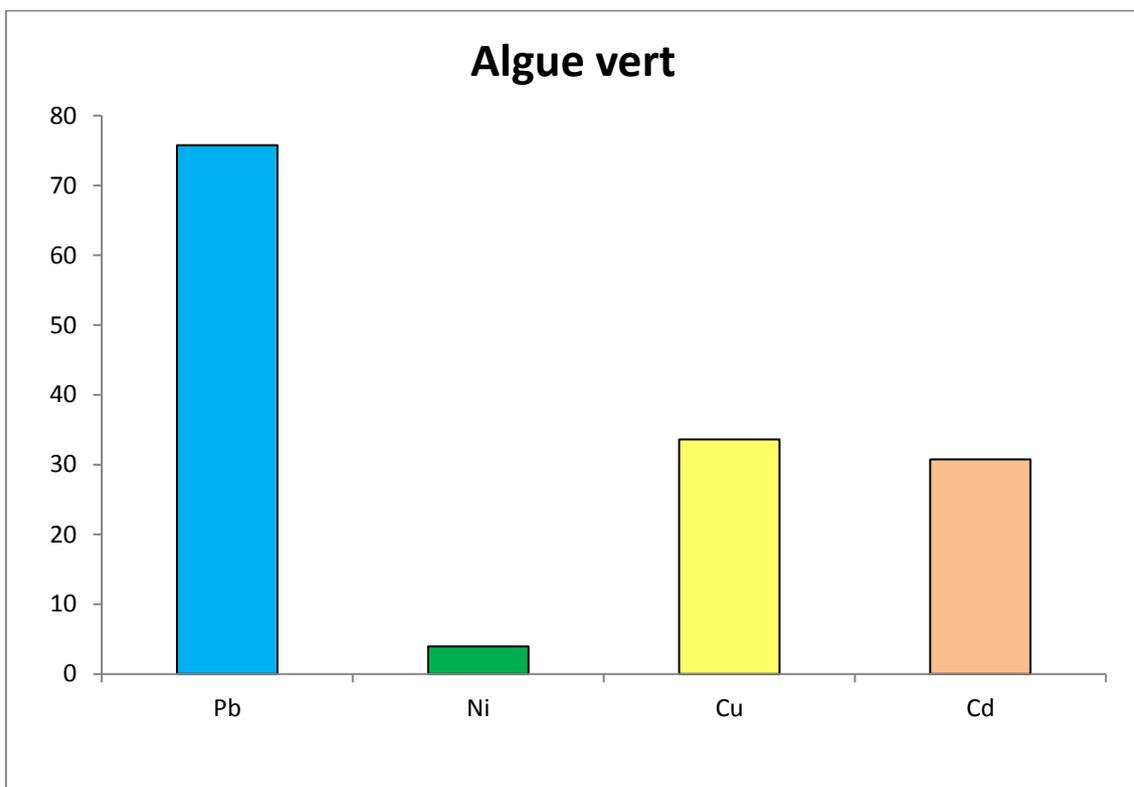


Figure 18 : Variations des teneurs métalliques moyennes chez *Enteromorpha* de la plage de Terga.

A l'issue des résultats, la bioaccumulation des métaux analysés paraît différente chez l'espèce d'algues étudiée.

La comparaison de nos résultats aux normes internationales nous permet de conclure que les différentes concentrations obtenues dans cette étude pour (Pb, et Cd) dépassent les doses maximales admissibles de métaux lourds dans les algues fixées par la (AIEA, 2005). Sauf les concentrations obtenues pour le Cuivre et le nickel restent inférieures aux valeurs de références.

L'accumulation des métaux se fait préférentiellement, chez les algues par rapport à la forme disponible des métaux, à la taille des organismes, leur écologie et morphologie, la période d'immersion et d'exposition des algues (Benbrahim et al., 1998).

La contamination métallique de l'environnement marin est le plus souvent d'origine humaine, plus rarement d'origine naturelle (Berrahou, 2006).

D'après les différentes analyses, les teneurs enregistrées pour le Plomb sont assez importantes par rapport aux autres métaux étudiés. Ce métal accompagne l'usage de peintures protégeant la coque des bateaux contre les algues et coquillages.

Certains métaux lourds comme le zinc et le cuivre sont essentiels au métabolisme normal des organismes aquatiques en faibles concentrations (Clark, 2001), tandis que le cadmium, le plomb et le mercure sont non essentiels sans rôle reconnu dans les systèmes biologiques (Canli et al., 2003). La présence de ces éléments métalliques dans les espèces d'algues examinées signifie que la station (la plage de Terga) subit une pollution par le Cadmium et le plomb.

Les données obtenues pour le Cuivre et le nickel, ont montré des valeurs faibles par rapport à la dose maximale admise par l'AIEA dans l'espèce étudiée. Les métaux essentiels pourraient être toxiques pour les activités biologiques des organismes en forte concentration (Kucuksezgin et al., 2006).

IV-4-Le facteur de bioaccumulation BSAF :

Nous présentons sur la figure 19. Le facteur de bioaccumulation chez les algues dans le site d'étude.

Le facteur d'accumulation biote-sédiment (BSAF) a été déterminé pour chaque métal et pour chaque site en divisant les concentrations des métaux enregistrées chez les algues par les concentrations trouvées dans les sédiments environnants (**Idardare et al., 2013**).

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

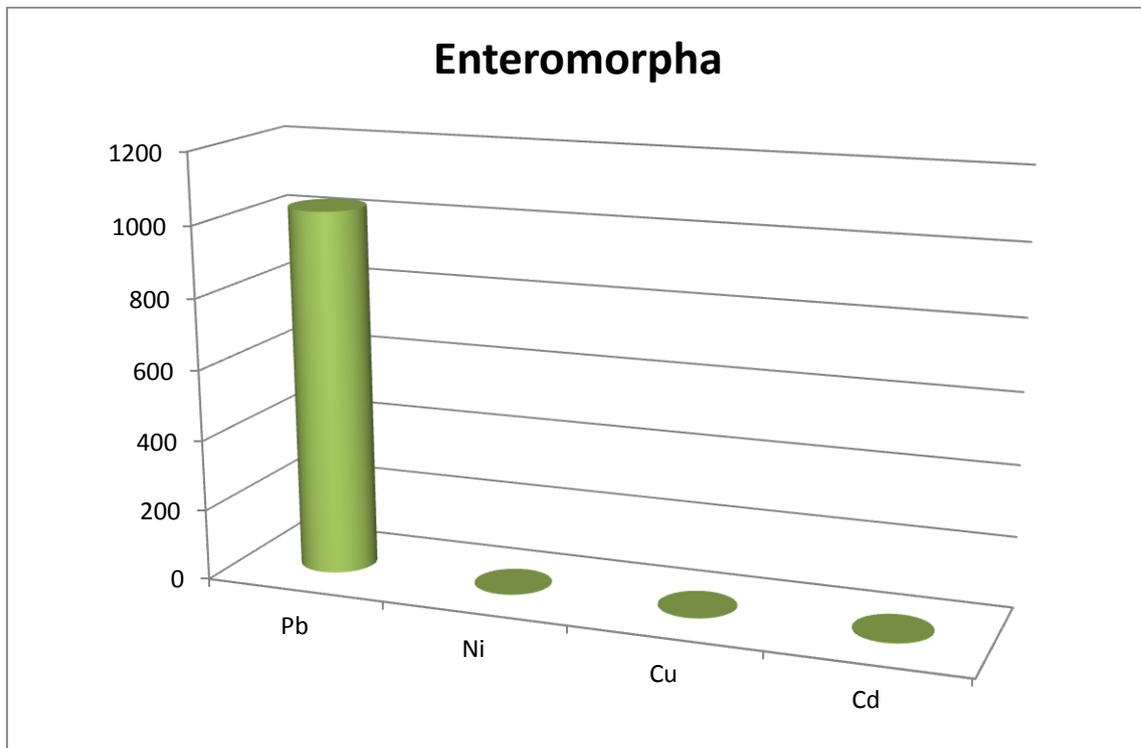


Figure 19 : Facteur de bioaccumulation (BSAF) chez l'algue dans la plage (Terga).

Résultat et discussion

Nous remarquons d'après la figure que les enteromorphes ont présenté un BSAF supérieur à 1 pour le plomb dans la plage Terga, cela signifie que les algues vertes subissent une bioaccumulation par Pb.

Conclusion

Conclusion

Dans notre étude nous nous sommes intéressés à évaluer le degré de contamination des sédiments et des algues marines des eaux de mer de la plage de Terga par les métaux lourds.

Notre étude est basée sur les analyses de quatre éléments métalliques (le Plomb, le Cadmium, le Zinc et le Cuivre) au niveau des sédiments de la plage et de l'Oued Terga et de l'espèce d'algue Verte.

D'après les différentes analyses par spectrophotomètre les résultats obtenus montrent la présence de ces métaux lourds dans les sédiments avec des concentrations dépassent les normes. Les teneurs en nickel sont largement inférieures aux valeurs de référence.

La globalité des résultats révèle que le site de prélèvement la plage de Terga présente des concentrations plus faible pour les métaux étudiées (Pb, Zn et Cd). Les teneurs maximales sont observées dans les sédiments de l'oued est les valeurs faibles sont enregistrées dans les sédiments de la plage.

Les résultats de calcul de l'Indice de pollution (IP) montrent une contamination par le plomb et le cadmium dans le site de Terga.

Les résultats de cette étude ont montrés que les teneurs moyennes de cadmium et plomb enregistrées chez les algues dépassent les doses maximales admissibles. Ces concentrations proviennent majoritairement des eaux usées, des rejets urbains qui déversent dans oued Terga. Les eaux de cet Oued se jettent directement dans la mer, au niveau de la plage de Terga.

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

Le facteur de bioaccumulation BSAF montre que l'algue verte présente une plus grande capacité à accumuler le plomb (BSAF supérieur à 1) par rapport aux autres éléments métalliques.

Conclusion

Au terme de ce travail, nous espérons avoir apporté des éléments nouveaux permettant une continuité dans ce domaine et élargir le domaine pour d'autres métaux et pour d'autres espèces et d'autres stations d'étude.

Pour faire face aux graves problèmes de pollution que subit l'écosystème marin et trouver des solutions adéquates pour limiter l'impact de cette pollution dont les conséquences seront catastrophiques sur l'environnement et la santé publique.

Résumé

Ce travail est une contribution à l'étude de la bioaccumulation métallique dans les différents substrats du littoral de l'ouest algérien qui est la plage de Terga (Wilaya de Ain Temouchent). Les échantillons ont subi une minéralisation, une filtration ensuite une analyse par spectrométrie d'absorption atomique (SAA).

Les résultats obtenus ont montré que les teneurs en cadmium, plomb et le cuivre sont élevées dans les sédiments marins et dépassent les valeurs de références selon (Turekian et Wedepohl. 1961).

Les résultats chez les algues obtenus montrent que les teneurs en cadmium et plomb sont élevées dépassent les doses maximales admissibles de métaux lourds dans les algues fixées par la (FAO, 1987). Le facteur de bioaccumulation (BSAF) montre une contamination par le plomb chez Enteromorpha.

Mots-clés : contamination métallique, métaux lourds, algues vertes, sédiments, spectroscopie d'absorption atomique. Oued, Terga.

Summary

This work is a contribution to the study of metal bioaccumulation in the different substrates of the west Algerian coast which is the beach of Terga (Wilaya de Ain Temouche). The samples were mineralized, filtered and analyzed by atomic absorption spectrometry (AAS).

The results obtained showed that cadmium, lead and copper levels are high in marine sediments and exceed the reference values according to (Turekian and Wedepohl. 1961).

Results in algae showed that cadmium and lead levels exceeded the maximum allowable heavy metal levels in algae set by the FAO (FAO, 1987). The bioaccumulation factor (BSAF) shows lead contamination in Enteromorpha.

Keywords: metal contamination, heavy metals, green algae, sediments, atomic absorption spectroscopy. Oued, Terga.

المخلص

و يمثل هذا العمل مساهمة في دراسة التراكم الأحيائي المعدني في مختلف المناطق الساحلية الغربية الجزائرية التي هي شاطئ تارقة في ولاية عين تموشنت . وخضعت العينات إلى ترنين ثم تحلل بالمطياف الطيفي للامتصاص الذري. وقد أظهرت النتائج أن مستويات الكاديوم والرصاص والنحاس مرتفعة في الرواسب البحرية وتتجاوز القيم المرجعية في الرواسب. (Turekian and Wedepohl). (1961). وتظهر نتائج الطحالب التي تم الحصول عليها أن مستويات الكاديوم والرصاص مرتفعة فوق المستويات القصوى المسموح بها من المعدن الثقيلة في الطحالب التي حددتها منظمة الأغذية والزراعة (الفاو). (1987) ويبين عامل التراكم الأحيائي (BSAF) وجود تلوث بالرصاص في شركة Enteromorpha. **الكلمات الرئيسية :** تلوث معدني وفلزات ثقيلة وطحالب خضراء ورواسب وسبيكتروغراف لامتصاص الذرة. وادي تارقة

Références bibliographiques

A

Alain Foucault et Jean-François Raoult, *Dictionnaire de Géologie*, [Dunod](#), 2014.

Ainane, 2011, petites proliférations sur le bord ou un peu en dessus du sommet de la tige.

Aguilera-Morales et al. / Journal of Food Composition and Analysis 18 (2005) 79-8880.2.3. chemical analyses.

Andi, 2013, Décret executive N 13-207 du 5 juin 2013 fixant les conditions et les modalités de calcul et d'octroi d'avantages d'exploitation aux investissements au titre du régime general de l'investissement. Journal officiel N 30/2013 www.joradp.dz.

André et Lascombe, 1987), et des guides techniques relatives à leur utilisation en surveillance sont disponible. (Agences de l'Eau 1998).

B

BOURRELIER, J.BERTHELIN J. I PEDRO G I ACADEMIE DES SCIENCES Edité par EDITIONS TEC ET DOC – LAVOISIER. PARIS-1998.

BP Statistical Review of World Energy, juin 2014).

BALISTRIERI et MURRAY, 1984 ; TESSIER et ai, 1989 ; TADA et SUZUKI, 1982 ; DHILLON et ai,

1985 ; BASTA et TABATABAI, 1992a, b ; ZHU et ALVA, 1993).

Dehenould Tresor Baya, Thierry Tabou Tangou, Kokoh Rose Effebi,... à la surface des microalgues (Sukenik et al., 1984 ;El Halouani, 1990 ; Baya, 2012).

Bold et Wynne, 1985; Hillison, 1977. The true origins of compounds found in ..1977, the blue-Green algae, *Lyngbya majuscula* was recog-

Bold, H.C. and Wynne,M.J., 1985: Introduction to the algae .Structure and Reproduction.

Bourrelly P, 1972. Les algues d'eau douce (tome1) .paris.pp 255-256

Boust et al., 1980 ; Bellamie et al., 1982 ; Robbe, (1981) also reported metals levels in the seine River network sediments.

C

Casas S., 2005. Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *Mytilus galloprovincialis*, en milieu méditerranéen. *Thèse de doctorat* :Océanologie biologique, Environnement marin. Université, Toulon. 314 P.

CABIOCH J et al., 1992- Guide des algues mers ..

Chapman, 1980; Darcy-Vrillon,1993. Utilization of algae has increased ..

D

d'Oliveira & Bhattacharya (2000) et Müller et al. (2001).Molecular systematic studies

Dhargalkar;VK;Verlecar,XN...In Handbook of Prebiotics, 1st ed; CRC Group: Boca Raton, FL, USA,2008; pp.1-11.

F

Forstner et keresten, 1987. M. keresten,U. Forestner. Cadmium associations in freshwater and marine sidiment.

Fleurence, J.(1999).The journal of Seaweed Proteins Biochemical, Nutritional Aspects and Potential Uses.

G

Geffard O. (2001). Toxicité potentielle des sédiments marins et estuariens contaminés : évaluation chimique et biologique, biodisponibilité des contaminants sédimentaires. Thèse, Bordeaux: *Bordeaux I*.

Garon-lardiere S., 2004 : Etude structurale des polysaccharides parietaux de l'algue rouge *Asparagopsisarmata* (Bonnemaisoniales). *Thèse de doctorat*. Université de Bretagne occidentale école doctorale des sciences de la matière, de l'information et du vivant. 332p.

Gloaguen et Morvan, 1997 ; Gaballah et al., 1997 ; Salehizadeh et Shojaosadati, 2003).

Goni, et al 2002; Haugan et Liaaenjenen, 1994).

H

Håkanson L. et Jansson M. (1993).Principles of lake sedimentology. Berlin, DEU: Springer-Verlag.

I

Idardare Z., Moukrim A., Chiffolleau J-F., Ait alla A., Auger D et Roluel E., 2013. Evaluation de la contamination métallique dans deux lagunes marocaines: Khnifiss et Oualidia. Rev. mar. Sci. agro. Vét. 2, 58-67.

J

Jacques Beauchamp/ SEDIMENTOLOGIE ,(2013).La série sédimentaire en Ethiopie centrale. Stratigraphie .

M

maison blanche,(1965). Bureau de la porte-parole washington, D.C., le 13 mai 2018 Les états-Unis condamnent fermement.

Monna, F. (2008). Cycles biogéochimiques des éléments traces métalliques aux interfaces de l'environnement. Thèse de doctorat : Sciences de la terre et de l'environnement : université de Bourgogne, 181 p.

McHugh, D.J. (2003). A Guide to the seaweed Industry. FAO Fisheries Technical paper 441, Rome, 105p.

Melo, M.R.S., Feitosa, J.P.A., Freitas, A.L.P. & de Paula, R.C.M. (2002).

Marinho-Soriano E. & Bourret. E. (2003). Effects of season on the yield and quality of agar from *Gracilaria* species 90 : 329-333.

Marfaing H. et Lerat Y. (2007). Les algues ont-elles une place en nutrition ?
Phytothérapie, Numéro Hors-série : HS2-HS5

N

Nordberg et al. 2007, Amiard, 2011).

National Oceanic and Atmospheric Administration report 2003).

Nos-rubriques/Etat-du-milieu/Contaminants, 23 mai 2019).

P

Pérez R., 1976. Ces algues qui nous entourent. Conception actuelle, rôle dans la biosphère, utilisation, culture. *IFREMER*. France. 272 p.

Pelczar, M.J., Chan, E.C.S., & Krieg, N.R. (1993). Microbiology : Concepts and applications.

Pearson, TH. A. et ROSENBER, R., 1978. Macrobenthic successions in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and marine biology. Rev.* 16, 229-311p.

Patrick ; Paquette, 2012

Picot, A., 2003 - Intoxication de l'organisme par les métaux lourds et autres toxiques. Le mercure, le plomb et le cadmium trois métaux traces toxiques. Conférence ADNO, Paris. 98p.

R

Ramade, F.,2002. Dictionnaire encyclopédique des pollutions, les polluants de l'environnement à l'homme. Ediscience international, paris, 50-186pp.

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

Rainbow et Philips, 1993. Dictionnaire encyclopédique des éléments de l'écologie des sciences de l'environnement. Ed.Science Internationale. 822 pages.

Ramade, 2009 ; Ainane, 2011).

Rai et al., 1981. Microalgae are known to sequester heavy metals.

Ruiz-Barba JL, et al.(2005) Small-scale total DNA extraction from bacteria and yeast for PCR..

Robic A. (2009).Etude de la variabilité chimique, physico-chimique et rhéologique des ulvanes, polysaccharides des parois cellulaires d'algues marines vertes de la famille des Ulves (Ulvales, Chlorophytes). Doctorat Biotechnologies végétales, Université de Nantes. 175 p.

Rorrer ,G.L., et Cheney, D.P. 2004."Bioprocess Engineering of Cell and Tissue Cultures for Marine.

S

Salomons W., Stigliani W.M., 1995. Biogéodynamique des polluants dans les sols et les sédiments. Berlin, Allemagne, pp 352.

(SK3G et ai, 1992).Les processus d'échange des métaux lourds à l'interface eau-sédiments,.

Singh, B. ; Chaudhary, J.L.; Rajora, N.K., 2005.Nutritive evaluation of soybean straw in sheep and goats .

T

TUREKIAN KK, WEDEPOHL KH., 1961. Distribution of the elements in some major units of Earth's crust. Bull Geol Soc Am 72: 175-192.

Z

Zablackis, E.&Santos, G.A.1986; reported the presence of.. by lyophilisation as described by Adam et al.(1988).

Annexes

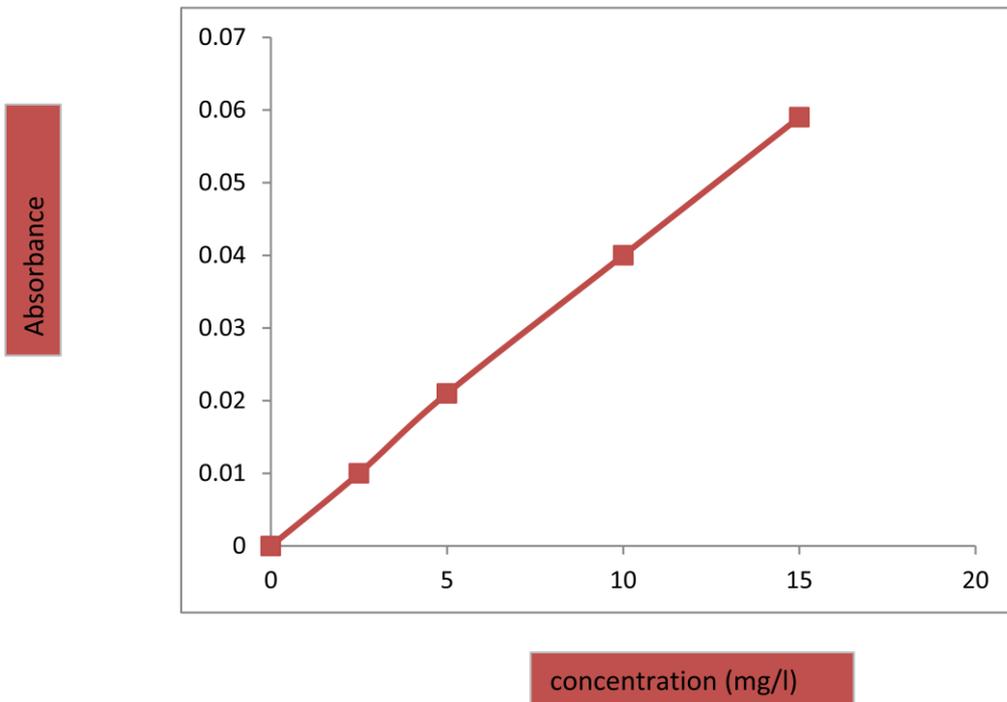
Matériels utilisés :

- Béchers en téflons.
- Balance analytique.
- Plaque chauffons.
- Tamis (63 μm).
- Papier filtre (133 mm).
- Fiole jaugée.
- Mortier et pilon.
- Eprouvette graduée.
- Verre a montre.
- Spatule.
- Bécher.
- Flacons des acides (HNO_3 , HCl).

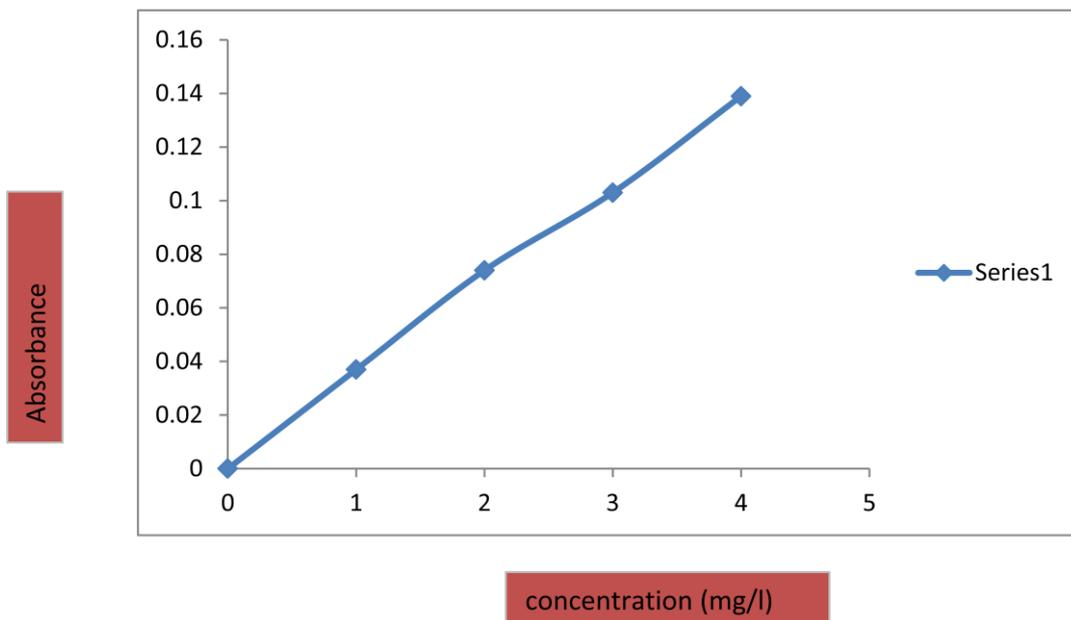
Réactifs utilisés :

- Acide chlorhydrique (HCl).
- Acide nitrique (HNO_3).

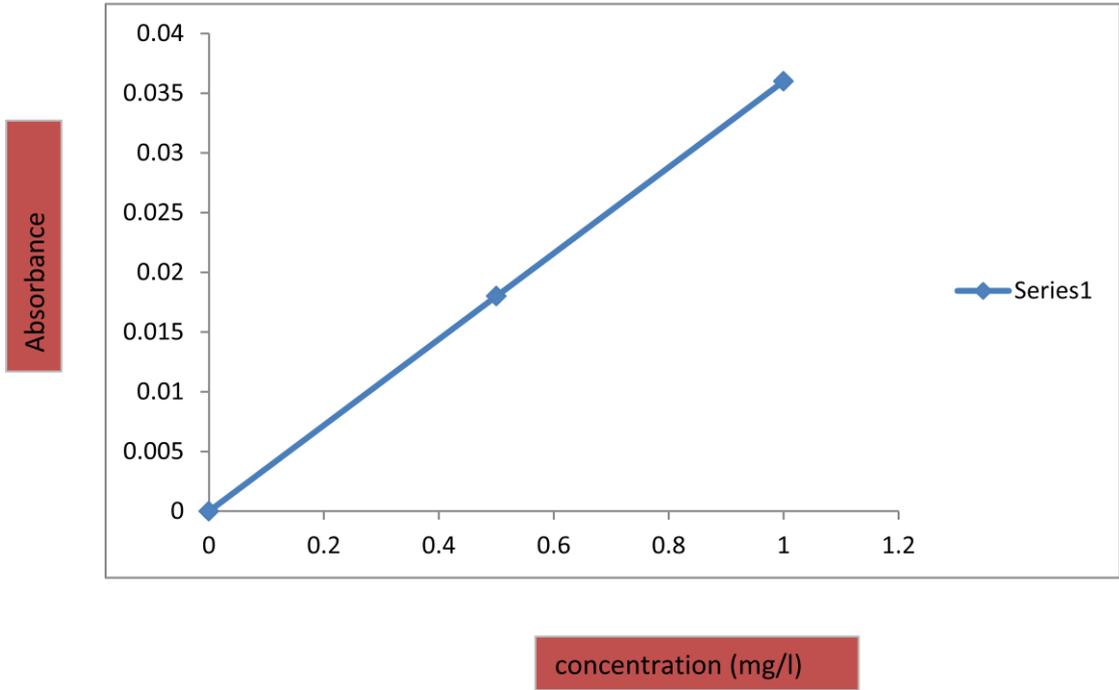
Courbe d'étallonnage de Pb



Courbe d'étallonnage de Cu



Courbe d'étallonnage de Cd



Courbe d'étallonnage de Zn

