

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Science biologique de l'environnement  
Spécialité Biodiversité et sécurité alimentaire



Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle  
En vue de l'obtention du diplôme

## **MASTER**

### *Thème*

**Recherche de quelques métaux lourds dans  
quelques algues marines des côtes du Bejaia**

Présenté par :

**BOUGUENOUNE Samia & AMIRAT Hania**

Soutenu le : **20 Juin 2018**

Devant le jury composé de :

Mme MEZIANI	MCB	Président
Mme ZEBBOUDJ	Professeur	Encadreur
Mme DJOUAD	MAA	Examinatrice
Mme BETATACHE	Doctorante	Co-promotrice

**Année universitaire : 2017 / 2018**



## *Dédicace*

*Tout d'abord, Dieu merci qui m'a aidée à réaliser ce  
modeste travail*

*A maman chérie*

*A mon père a qui je souhaite une longue vie*

*A mes frères et mes soeurs*

*A Madani Safa Ishak Yakoub et le petite Ousama*

*A toute ma famille.*

*A ma chère copine de chambre Linda*

*A mon binôme samia*

*Hania*



## *Dédicace*

*Je dédie ce travail*

*À Mon adorable mère pour ses sacrifice, ses soutiens et ses  
encouragements : Merci maman*

*Mon cher père pour leur générosité et ses sacrifices*

*À mon époux Nabil pour son soutien et ses encouragements*

*À mes sœurs uniques Rachida, Fazia et Hanan*

*À mes beaux frères et a toute la famille Bouguenoune et Amzal*

*À mon binôme Hania*

*À Tous mes proches, mes amis et camarades de promotion*

*À tous ceux que j'aime*

*Samia*



## *Remerciements*

*Nous remercions Dieu, le tout puissant de nous avoir accordé la santé et le courage pour accomplir ce travail.*

*Nous remercions notre promotrice Mme Zebboudj, pour le temps et l'attention qu'elle a bien voulu consacrer au bon déroulement de notre travail.*

*Nous avons l'honneur et le plaisir de présenter notre profonde gratitude et nos plus sincères remerciements à notre Copromotrice Mme Bétatache pour sa compréhension, sa grande contribution, sa disponibilité et ses précieux conseils et orientations.*

*Nos remerciements sont également exprimés aux membres de jury : Mme Meziani présidente, et Mme Djouad examinatrice d'avoir accepté de juger notre travail.*

*Nous remercions Monsieur Mahdeb Amokrane qui nous aide de faire la minéralisation au niveau de l'laboratoire INRRA Oued Ghir – Bejaïa et merci à tous qui ont participé, de près ou de loin, à la réussite de ce travail.*



# SOMMAIRE

---

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

**Introduction .....1**

## **Partie I : Synthèse bibliographique**

I. Généralité sur les métaux lourds.....3

I.1.La pollution marine.....3

I.2.Les métaux lourds.....3

I.2.1.Les sources des métaux lourds dans l'environnement.....4

I.2.2.La Classification biologique des métaux lourds.....6

I.2.3.La toxicité des métaux lourds dans le milieu marin.....6

I.3. Les transferts de contamination dans le milieu marins.....8

I.3.1. La bioaccumulation.....8

I.3.2. La bioconcentration.....8

I.3.3.La bioamplification.....9

II. Caractérisation des algues.....9

II.1. Classification.....10

II.2.Ecologie des algues marines.....10

# SOMMAIRE

---

II.3.La répartition des algues.....	10
-------------------------------------	----

## Partie II : Matériels et méthodes

III.1. Présentation de la zone d'étude.....	12
III.1. Prélèvement des échantillons.....	13
III.1.1.Choix des stations de prélèvement.....	13
III.1.2. Choix d'espèces.....	14
III.1.3. Choix des contaminants.....	17
III.2. Prélèvement et traitement des échantillons d'algues.....	17
III.3.La minéralisation.....	19
IV. Préparations des solutions d'étalonnages.....	20
IV.1. Préparations des solutions mères.....	20
IV.2. Préparations des solutions étalon.....	20
V. Dosage des métaux lourds.....	20
VI. Traitements statistique des résultats.....	21

# SOMMAIRE

---

## Partie III : Résultats et discussions

VII. Résultats.....	22
VII.1 Teneurs métalliques moyennes exprimés en (mg/kg P.S) des quatre métaux (Pb, Cd, Cu, Zn) chez <i>Enteromorpha (sp1)</i> , <i>Enteromorpha (sp2)</i> et <i>Corrallina officinalis</i> de la station I «les Aiguades».....	22
VII.2. Teneurs métalliques moyennes exprimé en (mg/kg P.S) des deux métaux (Pb et Cd) chez <i>Enteromorpha (sp1)</i> et <i>Porphyra umbilicalis</i> de la station II « l’Embouchure de l’Oued Soummam ».....	26
VII.3.Comparaisons des teneurs métalliques moyennes (Pb, Cd, Cu, Zn) chez <i>Enteromorpha (sp1)</i> dans les deux stations étudiées.....	28
VIII. Discussion.....	30
VIII.1.Comparaison des teneurs métalliques accumulées par <i>Enteromorpha (sp1)</i> des deux stations.....	32
VIII.2. Comparaisons des données obtenues avec les normes internationales admis par (AIEA, 2005).....	32
VIII.3. Comparaisons des résultats avec les données bibliographiques .....	33
Conclusion.....	36

## Liste des figures

<b>Figure 1</b> : Carte géographique du Golfe de Bejaia .....	<b>12</b>
<b>Figure 2</b> : La station I les Aiguades.....	<b>13</b>
<b>Figure 3</b> : La station II l'Embouchure de l'Oued Soummam.....	<b>14</b>
<b>Figure 4</b> : <i>Enteromorpha</i> .....	<b>15</b>
<b>Figure 5</b> : <i>Corrallina officinalis</i> .....	<b>16</b>
<b>Figure 6</b> : <i>Porphyra umbilicalis</i> .....	<b>16</b>
<b>Figure 7</b> : Protocole de préparation des poudres d'Algues.....	<b>18</b>
<b>Figure 8</b> : Minéralisateur .....	<b>19</b>
<b>Figure 9</b> : Spectrophotomètre d'absorption atomique (Photo original).....	<b>20</b>
<b>Figure 10</b> : Teneurs métalliques moyenne du Plomb exprimés en (mg/kg P.S) chez <i>Enteromorpha (sp1)</i> , <i>Enteromorpha (sp2)</i> et <i>Corrallina officinalis</i> .....	<b>22</b>
<b>Figure 11</b> : Teneurs métalliques moyennes du Cadmium exprimé en (mg/kg P.S) chez <i>Enteromorpha (sp1)</i> , <i>Enteromorpha (sp2)</i> et <i>Corrallina officinalis</i> .....	<b>23</b>
<b>Figure 12</b> : Teneurs métalliques moyennes du Cuivre exprimé en (mg/kg P.S) chez <i>Enteromorpha (sp1)</i> , <i>Enteromorpha (sp2)</i> et <i>Corrallina officinalis</i> .....	<b>24</b>
<b>Figure 13</b> : Teneurs métalliques moyennes du Zinc exprimé en (mg/kg P.S) chez <i>Enteromorpha (sp1)</i> , <i>Enteromorpha (sp2)</i> et <i>Corrallina officinalis</i> .....	<b>25</b>
<b>Figure 14</b> : Teneurs métalliques moyennes du Plomb exprimé en (mg/kg P.S) chez <i>Enteromorpha (sp1)</i> et <i>Porphyra umbilicalis</i> .....	<b>26</b>
<b>Figure 15</b> : Teneurs métalliques moyennes du Cadmium exprimé en (mg/kg P.S) chez <i>Enteromorpha (sp1)</i> et <i>Porphyra umbilicalis</i> .....	<b>27</b>

**Figure 16 :** Teneurs métalliques moyennes du (Pb, Cd, Cu et Zn) exprimé en (mg/kg P.S)  
chez *Enteromorpha (sp1)* dans la station I et II.....**28**

## Liste des Tableaux

**Tableau 1 :** Comparaisons des valeurs obtenues avec les valeurs limite « Normes International admis par (AIEA,2005) ».....**33**

**Tableau 2 :** Concentration moyennes en élément trace métalliques exprimé en (mg/kg P.S) dans les algues marine le long du littoral Algérien.....**33**

## Liste des abréviations

**%** : Pourcentage

**°C** : Degré Celsius

**AIEA**: International atomic energy agency

**BCF** : Facteur de bioconcentration

**CGDD** : Commissariat général au développement durable

**Cm** : Centimètre

**CMA** : Concentration maximale admissible

**DMA** : Dose Maximale Admissible

**DPRH** : Direction de la pêche et des ressources halieutiques de Bejaïa

**ETM** : Elément traces métalliques

**EX** : Exemple

**FAO** : Food and agriculture organisation

**g.cm<sup>2</sup>** : Gramme centimètre carré

**HgCH<sub>3</sub>** : Monométhylmercure

**HNO<sub>3</sub>** : Acide nitrique

**Km** : Kilomètre

**Km<sup>2</sup>** : Kilomètre carre

**M** : Mètre

**Mg /kg** : Milligramme par kilogramme

**Mg /l** : Milligramme par litre

**Min** : Minute

**mm /an** : Millimètre par année

**P.S** : Poids sec

**PH** : Potentiel d'Hydrogène

**Ppm** : Partie par million

**SAA** : Spectrophotométrie d'absorption atomique

## Introduction générale

---

Le milieu marin représente un enjeu considérable, en termes de développement socio-économique. Ces dernières décennies, la pollution des océans à travers le monde, est devenue un sujet de préoccupation croissante à l'échelle internationale (**Lambert et al, 1981**). La zone méditerranéenne a été classée par le **PNUE (1990)** comme l'une des cinq régions du monde où les problèmes environnementaux sont les plus graves, alors que la mer méditerranée est classée parmi les sept mers les plus menacées par la pollution marin.

La zone littorale du plateau continental correspond à un espace d'intenses activités économiques (industrielles, agricoles, domestiques etc....) 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 (**Benguedda-Rahal, 2012**).

La contamination du milieu naturel par les métaux lourds, représente un danger plus important que celui des rejets d'hydrocarbures, ou même d'éléments radioactifs. (**Grousset et Donard, 1989**). Sont des polluants dont la nocivité est liée à leur rémanence et à leur spéciation. Les métaux lourds sont peu métabolisés ils peuvent donc être transférés dans le réseau trophique et s'accumuler dans la matière vivante (**Duquesne, 1992**)

Face à cette situation inquiétante, des études ont été menées afin de connaître la qualité de ces rejets et ont pu mettre en évidence la présence des contaminants dangereux tels que les métaux lourds dans les organismes marins tels que les algues qui jouent un rôle important dans le fonctionnement et l'équilibre de tous les écosystèmes aquatiques.

Pour cela nous nous sommes proposés, de contribuer à cette étude pour compléter les études qui concernent la contamination côtière de l'extrême ouest algérien dans les cinq sites : Ghazaouet, Béni-Saf, Honaine, Marsat Ben M'hidi et littoral ouest de la région de Jijel. Traités par l'utilisation des algues marines comme bio indicateurs de la pollution métalliques (**Benguedda-Rahal, 2012**).

Notre étude s'intéresse essentiellement à l'accumulation métallique chez trois espèces d'algues marine « *L'Enteromorpha*, *Corallina officinalis* et *Porphyra umbilicalis* » et aussi pour bien évaluer le degré d'accumulation de quatre métaux (le Cadmium, le Zinc, le Cuivre et le Plomb), durant le mois de Mars 2018. Ces derniers ont subi une minéralisation puis une analyse par spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme (SAAF). Les études réalisées ont concernés les deux stations les Aiguades et l'Embouchure de l'Oued Soummam.

## Introduction générale

---

L'intérêt de ce travail est d'évaluer le niveau de contamination métallique de quelques algues dans la côte de Bejaia, et apporter des résultats récents pour une meilleure approche et de meilleures solutions, qui aideront à limiter l'impact de la pollution par les métaux lourds.

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

**Partie I :** présent 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 et des interprétations biologiques, écologiques, et environnementales.

A la fin, une conclusion et des perspectives générales permettront de dresser un bilan de l'état de santé du littoral de Bejaïa, en matière de pollution métallique engendrée par les différents apports anthropiques

**I. Généralités****I.1. La pollution marine**

Le terme « pollution » peut être défini par les modifications défavorables du milieu naturel qui apparaît en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaine, à travers des effets directs ou indirects des niveaux de radiation, de la composition physico-chimique du milieu naturel, et de l'abondance des espèces vivantes (**Koller, 2004**).

Les trois matrices marines (eau, sédiment et biote) sont concernées par la pollution. Les polluants les plus néfastes pour l'équilibre fragile de la vie marine ne sont pas les plus visibles, bien au contraire, ce sont celles qui se voient le moins. Cette pollution est causée par les rejets d'origine naturelle ou anthropique arrivant en mer par les fleuves, l'air, le drainage des territoires littoraux ou par rejets direct en mer (**CGDD, 2011**).

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.2. Les métaux lourds**

Les métaux lourds sont des éléments de la classification périodique formant des cations en solutions, d'un point de vue purement chimique. Le terme « métaux lourds » désigne les éléments métalliques naturels, métaux ou dans certains cas métalloïdes (environ 65 éléments), caractérisés par une forte masse volumique supérieure à  $5 \text{ g/cm}^3$ , d'un point de vue physique (**Adriano, 2001**).

Les métaux lourds sont des polluants particulièrement toxiques pour la santé humaine. Ils sont présents dans l'environnement marin sous différentes formes chimiques, qui résultent d'équilibres entre les ions métalliques et les complexes organiques et ioniques (**Duquesne, 1994**).

**I.2.1. Les sources des métaux lourds dans l'environnement**

Les métaux lourds sont naturellement présents dans la croûte terrestre. Le développement industriel, agricole et urbain est à l'origine d'une augmentation des éléments traces métalliques dans l'atmosphère (**Le Goff et Bonnomet, 2004**). Ces derniers peuvent provenir de plusieurs sources d'origine naturelles ou anthropiques :

**a) Les sources naturelles**

Les métaux lourds se trouvent dans tous les écosystèmes naturels et à tous les niveaux, dans le milieu aquatique, dans les roches et chez la communauté animale et végétale. Parmi les importantes sources naturelles : les activités sismiques et volcaniques, l'érosion, les incendies de forêts, les rivières et fleuves, le lessivage des sols et l'altération des continents (**Selka, 2015**).

**b) 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. Classification biologique des métaux lourds**

La plupart des scientifiques préfèrent l'appellation des métaux lourds par «Eléments traces Métalliques » (ETM), ou par éléments traces (**Miquel, 2001**).

Certains métaux (les oligo-éléments) sont indispensables aux organismes vivants, d'autres, par contre, ne sont pas essentiels (**Rousselet, 1991**).

**➤ Les éléments traces essentiels**

Indispensables au déroulement des processus biologiques mais à de très faibles quantités et deviennent toxiques à fortes concentrations. C'est le cas du fer (Fe), cuivre (Cu), zinc (Zn), cobalt (Co), manganèse (Mn), chrome (Cr), molybdène (Mo), sélénium (Se), nickel (Ni), vanadium (V), titane (Ti) (**Bensaid et Sait, 2015**).

➤ **Les éléments traces non essentiels**

Certains métaux ne participent à aucun processus vital ou physiologique et sont connus seulement pour leurs effets purement toxiques sur l'organisme (Ex : Le Mercure, Plomb, Cadmium, Arsenic) (**Namour, 1992**).

### **I.2.3. La toxicité des métaux lourds dans le milieu marin**

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

Les composées métalliques ont une toxicité variable selon leur nature et leur voie de pénétration (ingestion, respiration, contact avec la peau) (**Chiffolleau, 2001**). Par ailleurs si les métaux sont souvent indispensables au métabolisme des êtres vivants (oligoéléments), nombreux d'entre eux sont cependant toxiques lorsque leur concentration dépasse un seuil, lui-même fonction de l'état physico-chimique de l'élément considéré. C'est le cas du fer (Fe) du cuivre (Cu), du zinc (Zn), du nickel (Ni), du cobalt (Co), du molybdène (Mo), du manganèse (Mn), du chrome (Cr), du titane (Ti) (**Casas, 2005**). Les métaux lourds les plus souvent impliqués dans l'environnement de l'homme sont : le plomb, le mercure, l'arsenic et le cadmium.

#### **a) La toxicité du cadmium**

Le cadmium est caractérisé par une longue demi-vie biologique (approximativement 20-30 ans), un faible taux d'excrétion par l'organisme, et un stockage prédominant dans les tissus mous (surtout le foie et les reins). 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**).

Les effets de ce métal sont corrélés à une anomalie des réponses humorales ou cellulaires, bien que les données disponibles sont rares et dans une certaine mesure controversées (**Koller, 1998**).

### b) La toxicité du plomb

Grâce à sa large utilisation, les humains sont exposés au plomb et ces dérivés quotidiennement par l'ingestion des aliments, de l'eau et de l'inhalation (**Florea et Dietrich, 2006**). Le plomb peut endommager les systèmes neurologiques (le système aminergique dans le cortex cérébral, le cervelet et l'hippocampe ; et peut contribuer à la déficience cognitive et comportementale (**Devi et al., 2005**). En plus, l'intoxication par le plomb tétra éthyle pourra être aigue ou subaiguë pour le système nerveux central (**Landrigan, 1994**).

### c) La toxicité du cuivre

C'est un métal de couleur rougeâtre, malléable et ductile, moyennement abondant dans la croûte terrestre. Il possède une conductivité thermique et électrique exceptionnelles à température ambiante après l'argent (**Chaoui, 2013**). Sa concentration moyenne dans la croûte terrestre serait comprise entre 45 et 70mg/kg selon les auteurs (**Tizaoui, 2013**).

Le cuivre à des effets toxiques qui sont :

- Altération des branchies et retardement de la ponte des poissons (**Gaujous, 1995**).
- Perturbation de la croissance des végétaux à fortes doses (**Gaujous, 1995**).
- Sur la santé humaine intoxication aiguë : Une gastro-entérite hémorragique avec diarrhée, anémie hémolytique aiguë, effets locaux et cutanés (eczéma), effets sur les tissus sanguins, endocriniens et hépatiques (hépatomégalie) (**Kazouit et Hamadache, 1975**).

### d) La toxicité du Zinc

Le Zinc est un métal dit essentiel, il est impliqué dans de nombreux processus physiologiques et est donc indispensable à la vie d'un grand nombre d'organismes. 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**). Il exerce une action toxique sur un vaste spectre d'organismes terrestres et aquatiques à partir de faible concentrations (à quelques ppm), il inhibe la photosynthèse des plantes vertes, du phytoplancton et des algues macrophytes. Il provoque diverse lésion tissulaires, en particulier chez les invertébrés aquatiques et chez les poissons, il retarde également la croissance et perturbe la reproduction (**Ramade, 2000**).

### **I.3. Les transferts de contamination dans le milieu marin**

Beaucoup d'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**).

#### **I.3.1. La bioaccumulation**

La bioaccumulation est le processus par lequel un organisme vivant absorbe une substance à une vitesse plus grande que celle avec laquelle il l'excrète ou la métabolise. Elle désigne donc la somme des absorptions d'un élément par voie directe et alimentaire par les espèces animales aquatiques ou terrestres (**Casas, 2005**).

Les organismes vont absorber ces contaminants et les composés les plus hydrophobes seront stockés dans des tissus riches en lipides où ils auront tendance à s'accumuler en raison de leur caractère persistant. Si les contaminants sont lentement métabolisés, ils vont également pouvoir s'accumuler à chaque niveau de transfert entre proie et prédateur (**Bendada et Boulakradeche, 2011**).

#### **I.3.2. La bioconcentration**

La bioconcentration est un cas particulier de la bioaccumulation. Elle est définie comme le processus par lequel une substance se trouve présente dans un organisme vivant à une concentration supérieure à celle de son milieu environnant. C'est donc l'accroissement direct de la concentration d'un contaminant lorsqu'il passe de l'eau à un organisme aquatique. Le facteur de bioconcentration (BCF) d'un produit chimique est le ratio de ses concentrations dans l'organisme et dans l'eau pendant l'état stable ou l'équilibre (**Ron Van Der Oost et al., 2003**).

#### **I.3.3. La bioamplification**

La bioamplification est une concentration d'un toxique après consommation de plus petits organismes de la chaîne par les plus grands individus ; il s'agit dans ce cas de la possibilité pour un toxique d'être cumulé dans la chaîne trophique, si le toxique n'est pas dégradé ou éliminé, il risque de s'accumuler de plus en plus au niveau de chaque maillon de la chaîne alimentaire (**Boutiba, 2004**).

### ❖ Le bio indicateur de pollution

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

## II. Caractérisation des 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. Pendant leur évolution, les algues ont formés un groupe très diversifié d'organismes dont les origines appartenant au groupe des cryptogames (**Garon-Lardiere, 2004**).

Le terme « algue » s'applique à la fois aux algues pluricellulaires et à un grand nombre de formes unicellulaires (algues phytoplanctonique). Les algues puisent leur nourriture directement dans l'eau et ne pas dans le sol. Des crampons ou des disques de fixation leur permettent de s'attacher fortement aux rochers. Comme les plantes, elles réalisent la photosynthèse en utilisant l'énergie lumineuse pour produire de la matière organique et de l'oxygène (**Marwa, 2014**).

Les algues présentent une grande diversité de couleur et de taille. Elles peuvent être unicellulaires ou pluricellulaires, la couleur de l'algue dépend principalement de la présence des pigments photosynthétiques (**Selka, 2015**).

### II.1. Classification

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**).

A partir de ces critères, les algues marines sont réparties en trois grandes divisions et leurs pigments correspondants (**Davis et al., 2003**)

- **Chlorophyta (algues vertes)** : Chlorophylle a, b ;  $\alpha$ -,  $\beta$ - et  $\gamma$ -carotènes et plusieurs xanthophylles.

- **Phaeophyta (algues brunes)** : Chlorophylle a, b ;  $\beta$ -carotène et fucoxanthine et plusieurs autres xanthophylles.
- **Rhodophyta (algue rouge)** : Chlorophylle a (quelques Florideophyceae) ; R-phycoyanine et C-phycoyanine, allophycoyanine ; R- et B-phycoérythrine.  $\alpha$ - et  $\beta$ -carotène et plusieurs xanthophylles.

## II.2. Ecologie des algues marines

Les algues constituent une part importante de l'écologie aquatique et adoptent des modes de vie très divers. Bien qu'elles soient toutes pourvues de chlorophylle, elles peuvent se développer dans tous les milieux humides : eaux douces, saumâtres ou salées, troncs d'arbre, etc. On les retrouve même dans les milieux désertiques. La diversité des algues et la variété des habitats qu'elles occupent sont liées (**Reviere, 2003**).

## II.3. La répartition des algues

La répartition des algues le long des côtes est dépendante d'un certain nombre de facteurs écologiques que l'on peut grouper en :

- Facteurs physiques (le substrat, la température et la lumière).
- Facteurs chimiques (la salinité, le pH, l'oxygène et les sels nutritifs).
- Facteurs dynamiques (l'agitation de l'eau et l'émersion).
- Facteurs biotiques (l'association avec d'autres espèces «algues épiphytes ou épizootiques»).

### ❖ Domaines d'utilisation des algues :

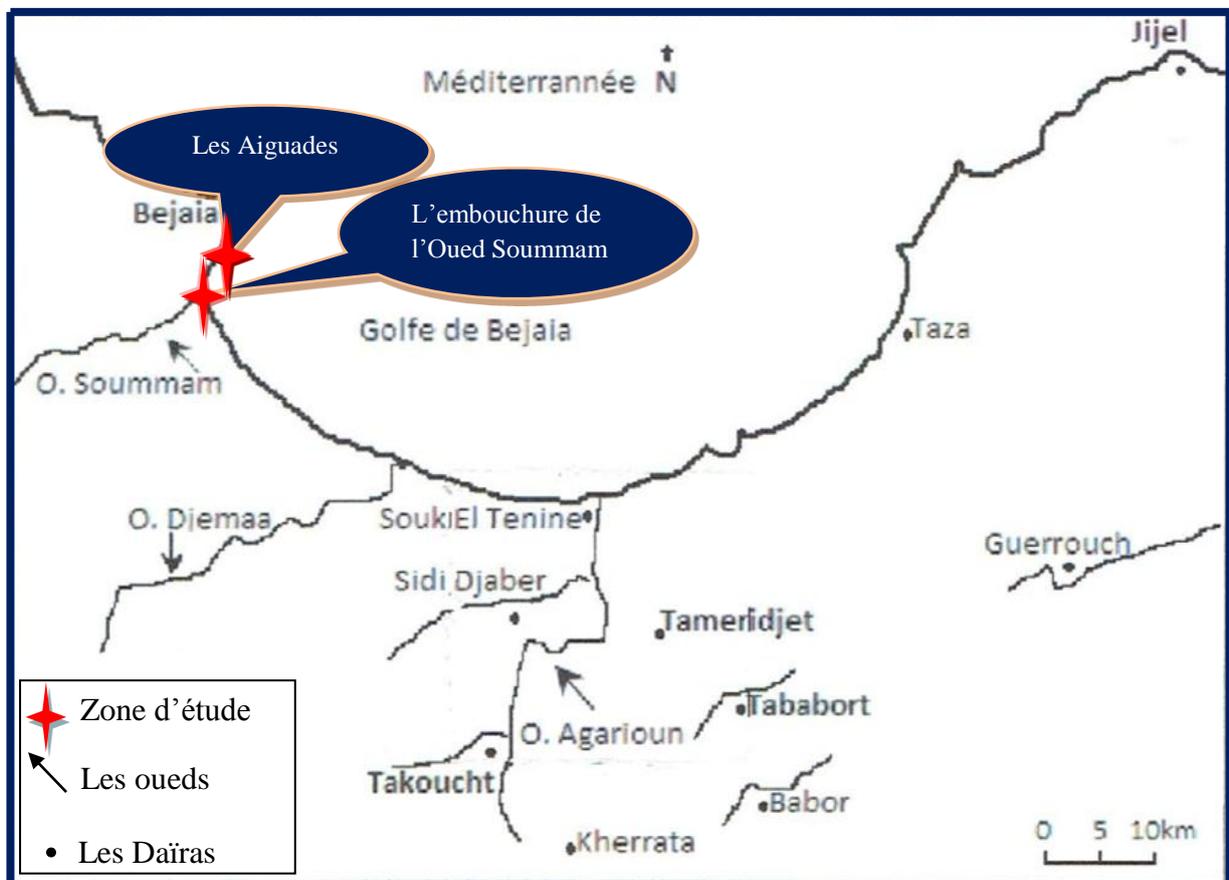
- **En industrie agroalimentaire**: les phycocolloïdes sont des substances extraites d'algues ayant des propriétés gélifiantes, épaississantes et stabilisantes (**Borvon, 2007**).
- **En pharmaceutique et en cosmétique**: de nombreuses spécialités pharmaceutiques intègrent dans leur formulation des colloïdes algaux comme excipients (sirops, enrobage des pilules et dragées) (**Person, 2010**). Les extraits d'algues présentent également des propriétés anti-UV et antioxydantes qui sont utilisés dans différentes crèmes pour la peau (**Poirier, 2012**).
- **En agriculture et en alimentation**: les algues sont utilisées directement sur les sols pour les enrichir en sels minéraux, ou utilisées en extraits comme bio engrais (**Dabouineau, 2004**).

- **En bio indication:** En milieu aquatique, les algues sont connues pour leur capacité à fixer et accumuler les éléments naturellement présents dans l'eau de mer, mais aussi les polluants tels que les métaux lourds. Plusieurs études ont montré que la bioaccumulation des métaux lourds par les algues peut être un moyen de contrôle de la pollution et de traitement des eaux usées (**Philips, 1997**).
- **Autres utilisations:** les algues sont utilisées dans différents domaines: fabrication des colles, peintures, isolants thermiques et biocarburants (**Bastide, 2006**).



### III. Présentation de la zone d'étude

Notre étude s'est déroulée au Golfe de Bejaïa (Fig ;1), se singularise par sa morphologie très particulière avec un plateau continental peu étendu, et un talus continental festonné par d'imposantes «criques» (Cap Aokas, Béni- Segoual) d'où partent des vallées sous-marines et un littoral sablonneux (dunes) qui borde le pied des falaises (**Leclaire, 1972**). La profondeur maximale du golfe est d'environ 1000 m avec une largeur moyenne de 1,5 km (**DPRH, 2018**). la région d'étude englobe deux sites (les Aiguades et l'Embouchure de l'Oued Soummam). Les Aiguades sont situées dans le périmètre du Parc National de Gouraya, est situé sur la côte orientale de la Kabylie dans la Wilaya de Bejaïa à 230 km d'Alger, au bord de la Méditerranée (**PNG, 2008**). L'embouchure de l'Oued Soummam sur le pont qui ouvre la route nationale n°9 à Bejaïa, constitue un réseau hydrographique dense et bien fourni, son bassin versant couvre une superficie de 9200 km<sup>2</sup> étalée sur quatre wilayas : Bouira, Bordj Bou Arréridj, Sétif et Bejaïa. La Soummam est l'un des plus grands cours d'eau d'Algérie (**Coyne et Bellier, 1973**).



**Figure 1** : Carte géographique du Golfe de Bejaïa (**DPRH, 2018**).

### III.1. Prélèvement 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 Bejaia, le choix des stations est basé sur la présence des algues et sur la proximité des rejets d'effluent. Deux stations de prélèvement ont été retenues sur le littoral de Bejaia (les Aiguades et l'Embouchure de l'Oued Soummam).

- **Station 1:** Les Aiguades (Fig ; 2) marque une richesse floristique et faunistique, il s'agit d'une grande diversité d'espèce d'algues.



**Figure 2 :** La station I les Aiguades.

- **Station 2 :** l'Embouchure de l'Oued Soummam (Fig ; 3) a été choisie pour la mise en évidence de ces dégradations importantes sur les écosystèmes, suite aux déversements des déchets industriels ainsi qu'à l'augmentation observée jour après jour des points de déversement des eaux usées domestiques.



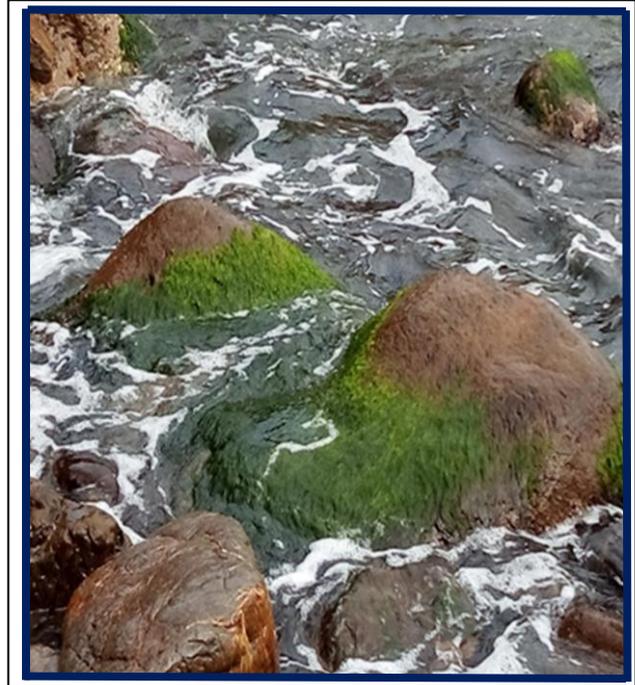
**Figure 3** : La station II L'Embouchure de l'Oued Soummam.

### III.1.2. Choix d'espèces

Les algues ont été choisies pour pouvoir quantifier la bioaccumulation métallique, le choix s'est porté sur deux algues Vertes et deux algues Rouges: *Enteromorpha* (sp1), *Enteromorpha* (sp2), *Corallina officinalis* et *Porphyra umbilicalis*.

#### a) *Enteromorpha*

Le terme « *Enteromorpha* » (Fig ; 4) signifie en grec ancien « en forme d'intestin » *Enteromorpha* est un genre d'algues vertes de la famille des Ulvaceae. Sont des algues annuelles très communes qui se développent généralement en quantité très importantes, sur les rochers, et dans des cuvettes au niveau des étages médio- et infra –littoral. Leurs frondes de couleur vert pâle à vert foncé peuvent atteindre de 25 à 30 cm et plus selon les espèces (Julien, 2007).

**La Systématique :****Embranchement :** Chlorophytae**Classe :** Chlorophyceae**Ordre :** Ulotrichales**Famille :** Ulvaceae**Genre :** *Enteromorpha* (Linné et al, 1788).**Figure 4 :** *Enteromorpha*.**b) *Corallina officinalis***

La *corralline* c'est une algue rouge, elle ne contient que de la chlorophylle a et d'autres pigments. Elle est principalement marine qui se trouvent sur les bords de mer, forme des ceintures au bord des cuvettes du bas de l'estran roche. *Corallina officinalis* (Fig ; 5) est une algue calcifiée qui pousse dans les zones basses et moyennes littorales, sur les côtes rocheuses. Les frondes de *Corallina officinalis* poussent en touffes qui se développent à partir d'une base. Ils sont segmentés, et ramifiés pour fournir la flexibilité dans l'eau de mer. Cette algue ne tolère pas l'effet desséchant de l'air et devient blanche en s'exposant au soleil (Gayral, 1975).

**La Systématique :****Embranchement :** *Rhodophyta***Classe :** *Rhodophyceae***Ordre :** *Corallinales***Famille :** *Corallinaceae***Genre :** *Corallina***Espèce :** *Corallina officinalis***(Linné et al, 1788).****Figure 5 :** *Corallina officinalis***c) *Porphyra umbilicalis***

*Porphyra umbilicalis* (Fig ; 6) c'est une algue rouge probablement la plus commune et la plus abondante. Forme des lames souvent grandes (jusqu'à 60cm de long) et lobées. Couleur sombre violacée, verte parfois brunâtre. Elle vit sur l'estran, typiquement entre la zone intertidale supérieure et l'étage supra littoral des mers froides et tempérées, notamment près des lisses de haute mer où elle est capable de supporter de longues émergences (Lohmann, 1995).

**La Systématique****Embranchement :** *Rhodophyta***Classe :** *Bangiophyceae***Ordre :** *Bangiales***Famille :** *Bangiaceae***Genre :** *porphyra***Espèce :** *Porphyra umbilicalis***(Agardh, 1824).****Figure 6 :** *Porphyra umbilicalis*.

**III.1.3. Choix des contaminants**

Le choix des contaminants s'est basé sur la probabilité de leur présence suivant les travaux effectués préalablement sur les sites, quatre métaux ont été retenus pour notre étude : le Plomb, le Cadmium, Cuivre et le Zinc.

**III.2. La stratégie d'échantillonnage**

Les échantillons d'algues ont été effectués en cours du mois de Mars 2018, le prélèvement a été réalisé par des pêcheurs et nous.

Le prélèvement effectué dans la station I (Aiguades) pour les échantillons: *Enteromorpha* (sp1), *Enteromorpha* (sp2) et *Corrallina officinalis*.

Les algues recueillies manuellement, débarrassée de tous leurs épiphytes et les débris adhérent à leurs talles, rincées sur place à l'eau de mer, puis placées dans des sacs en Plastique.

Le prélèvement effectués par les pêcheurs dans la station II (l'Embouchure de l'Oued Soummam) nous a permis de récolter : *Enteromorpha* (sp1) et *Porphyra umbilicalis*.

Dès l'arrivée des échantillons au laboratoire, les algues ont été triées selon l'espèce, rincées par l'eau de robinet puis l'eau distillée, ensuite elles sont mises à sécher à l'air libre pendant 24h puis placées dans l'étuve à 40° pendant 24h. Les algues séchées sont ensuite broyées pour obtenir une poudre fine qui sera utilisée ultérieurement.

Protocole (Fig ; 7) de préparation des poudres d'algues présenté ci-dessous :

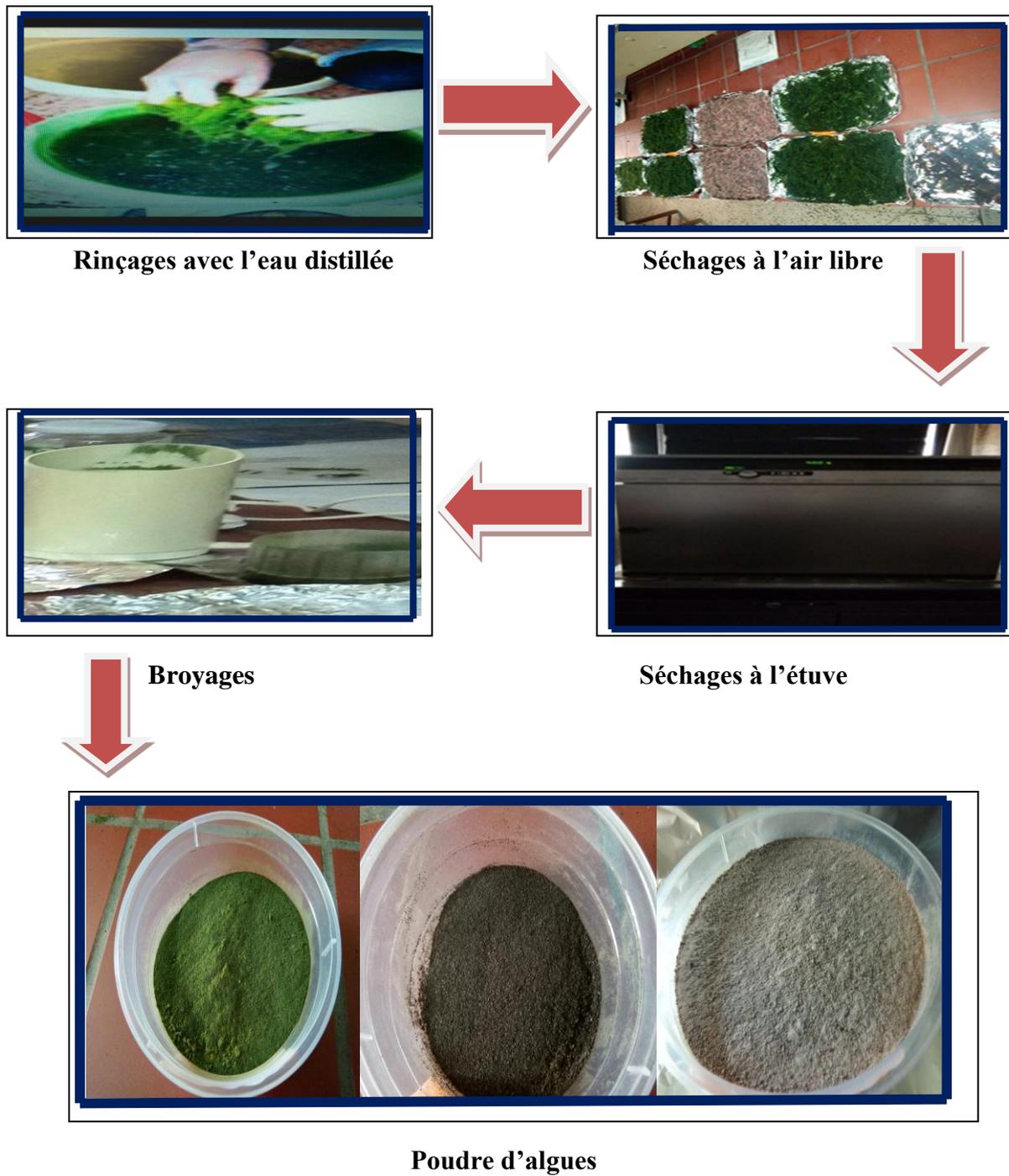
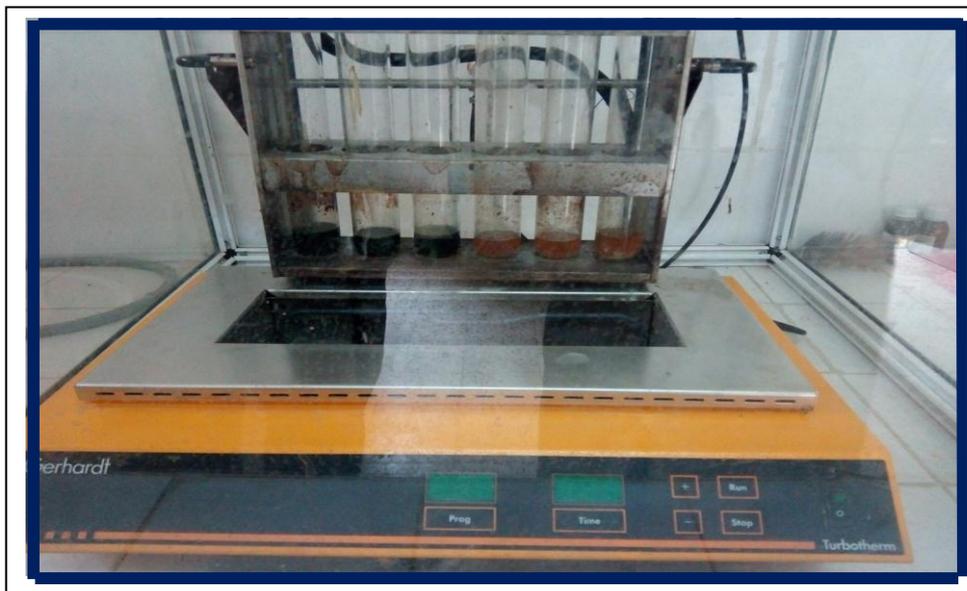


Figure 7 : Protocole de préparation des poudres d'algues.

### III.3. La minéralisation

La minéralisation est une étape importante pour la détermination d'éléments traces, elle permet de détruire la matière organique et obtenir des solutions minérale contenant la teneur totale des éléments présents dans la prise d'essai. Cependant, l'extraction doit être réalisée d'une telle manière que l'analyte est séparé de sa matrice sans perte ni contamination, ni destruction de la structure moléculaire de l'analyte. Toute recherche d'un toxique minérale fixé dans les organismes, exige une minéralisation qui aboutit à une dégradation complète de la matière de la matière organique. Il existe plusieurs méthodes de minéralisation comme la minéralisation par voie sèche ou par voie humide (Amiard et al, 1987).

Pour cette étude, on a opté pour la méthode de minéralisation par voie sèche (Fig ;8).



**Figure 8 : Minéralisateur.**

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

- Peser 2 g de l'échantillon (poudre) ;
- Ajouter 1ml d'acide nitrique  $\text{HNO}_3$  à 69% ;
- Ajouter 30 ml de l'eau distillée ;
- Le matras est mis dans un nid chauffant à  $100^\circ$  pendant 10 à 20 min (le refroidissement de l'installation est assuré par une pompe d'eau) ;

- Assuré le refroidissement du minéralisateur par une pompe d'eau ;
- Récupérer le minéralisât puis compléter avec 15 ml de l'eau distillée ;

Le minéralisât obtenu est filtré à l'aide d'un papier filtre et mis dans des tubes étiquetés puis conservés à basse température en attendant l'analyse au Spectrophotomètre d'Absorption Atomique (SAA).

#### IV. Préparation des solutions d'étalonnage

##### IV.1. Préparation des solutions mères

Pour chaque métal à analyser, les solutions d'étalons sont préparées avant l'analyse à partir des solutions mères de 1g/l, ces solutions sont de l'ordre (1000 ppm).

##### IV.2. Préparation des solutions étalon

A partir de la solution mère 1000ppm (1g/l), les solutions sont préparées selon les gammes bien déterminées pour chaque élément.

#### V. Dosage des métaux lourds

Le dosage de nos échantillons a été réalisé au niveau du laboratoire de Chimie Industriel du Faculté Génie des Porcidé de l'Université de Bejaïa. L'appareil utilisé est un spectrophotomètre d'absorption atomique « ICE 3000 SERIES » (Fig ; 9). C'est une méthode spectrale qui permet la détection de faibles teneurs de métaux et éléments minéraux dans les solutions.



Figure 9 : Spectrophotomètre d'absorption atomique.

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).

### **V.I. Traitement statistique des résultats**

Le traitement statistique des résultats a été effectué en utilisant le logiciel Excel stat, version 2007. Pour comparer des concentrations (moyennes  $\pm$  intervalle de confiance) de métaux lourds. Le test de l'ANOVA à un facteur indépendant. Ce test est appliqué pour estimer l'importance des différences entre les concentrations de polluants métalliques soit par espèce, soit par station. Cette différence est considérée comme significative avec une probabilité ( $p$ ) inférieure à 5% ( $p < 0,05$ ).

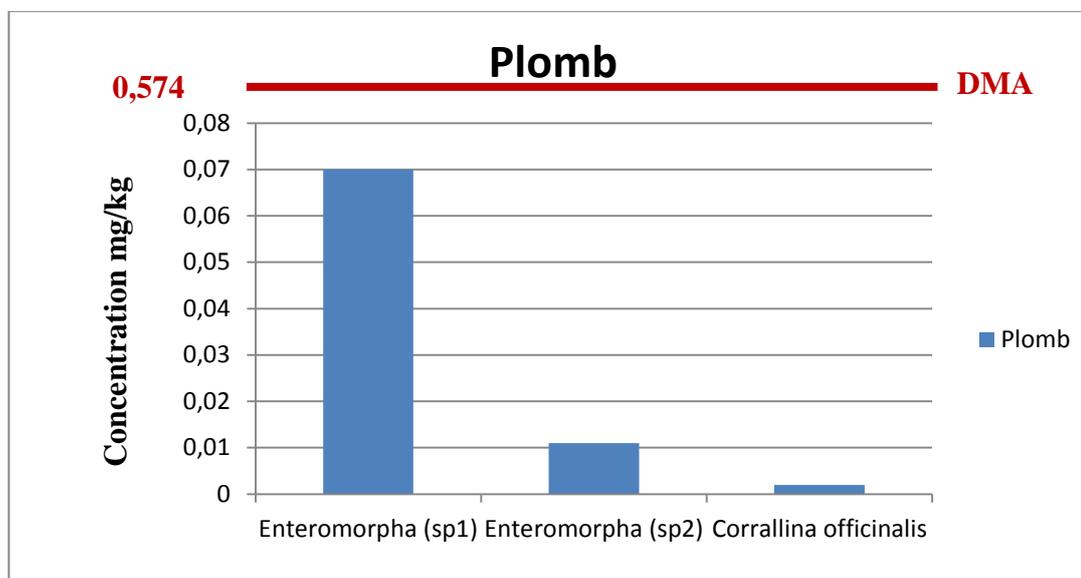
## VII. Résultats

Notre étude est une contribution à l'étude de la contamination métallique par quatre métaux lourds (Pb, Cd, Cu, Zn) chez quatre espèces d'algues (*Enteromorpha (sp1)*, *Enteromorpha (sp2)*, *Corrllina officinalis* et *Porphyra umbilicalis*), récoltées dans deux sites du Golfe de Bejaia, les Aiguades et l'Embouchure de l'Oued Soummam durant le mois de Mars 2018.

### VII.1. Teneurs métallique moyenne exprimés en (mg /kg P.S) des quatre métaux (Cd, Pb, Cu, Zn) chez *Enteromorpha (sp1)* et *Enteromorpha (sp2)* et *corrallina officinalis* de la station I « les Aiguades ».

- Cas du Plomb

Les valeurs obtenues dans (Tableau 1, Annexes) du plomb mesurées dans les échantillons prélevés aux Aiguades sont représentées dans la Figure 10.



**Figure 10 :** Teneurs métalliques moyenne du Plomb exprimés en (mg/kg P.S) chez *Enteromorpha (sp1)*, *Enteromorpha (sp2)* et *Corrallina officinalis*

Les résultats obtenus montrent une différence hautement pour les teneurs moyennes du Plomb des trois espèces d'algues. On constate une accumulation en Plomb chez *Enteromorpha (sp1)* soit de l'ordre de  $(0,07 \pm 0,02)$  mg/kg P.S, plus importante que chez les deux autres espèces, où enregistre une valeur intermédiaire par *Enteromorpha (sp2)*

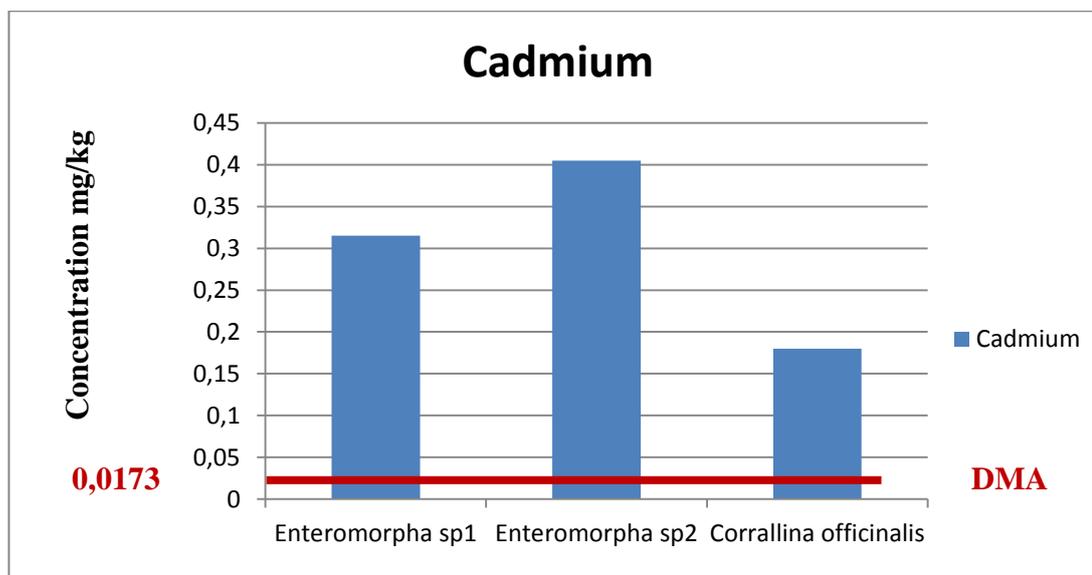
(0,011±0,04) mg/kg P.S, et une valeur faible chez *Corrallina officinalis* (0,002±0,002)mg/kg P.S. Ces valeurs restent toute fois bien inférieures à celles recommandées par l'AIEA (0,574) mg/kg P.S pour l'accumulation du Plomb par les algues (AIEA, 2005).

➤ **Le gradient d'accumulation du Plomb chez les trois espèces de la station Ise présente comme suit :**

*Enteromorpha (sp1) > Enteromorpha (sp2) > Corrallina officinalis.*

- **Cas du Cadmium**

Les valeurs obtenues dans (Tableau 1, Annexes) du Cadmium mesurées dans les échantillons prélevés aux Aiguades sont représentées dans la Figure 11.



**Figure 11:** Teneurs métalliques moyenne du Cadmium exprimés en (mg/kg P.S) chez *Enteromorpha (sp1)*, *Enteromorpha (sp2)* et *Corrallina officinalis*.

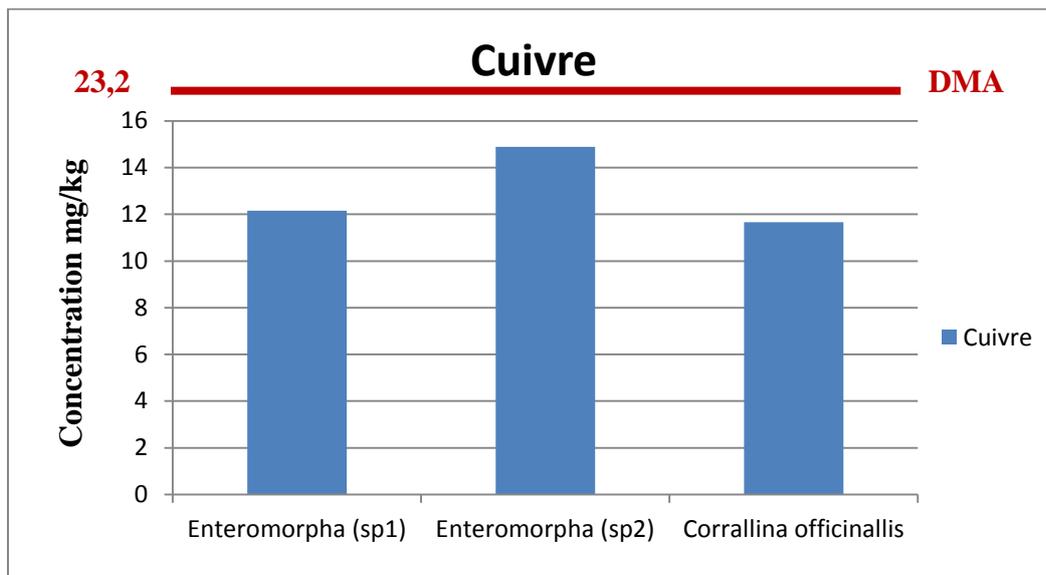
Les résultats des teneurs métalliques en cadmium varient d'une espèce à une autre, nous constatons qu'*Enteromorpha (sp2)* présente les plus fortes teneurs moyennes en Cadmium avec une valeur de (0,405±0,021) mg/kg P.S, suivie par *Enteromorpha (sp1)* et *Corrallina officinalis* qui enregistrent respectivement (0,315±0,045) mg/kg P.S et (0,18±0,045) mg/kgP.S. Ces valeurs sont nettement supérieures aux valeurs recommandées par l'AIEA (0,0173) mg/kg P.S (AIEA, 2005).

- Le gradient d'accumulation du Cadmium chez les trois espèces de la station I se présente comme suit :

$$Enteromorpha (sp2) > Enteromorpha (sp1) > Corallina officinalis.$$

- Cas du Cuivre

Les valeurs obtenues dans (Tableau 1, Annexes) du cuivre mesurées dans les échantillons prélevés aux Aiguades sont représentées dans la Figure 12.



**Figure 12 :** Teneurs métalliques moyennes du Cuivre exprimés en (mg/kg P.S) chez *Enteromorpha (sp1)*, *Enteromorpha (sp2)* et *Corallina officinalis*.

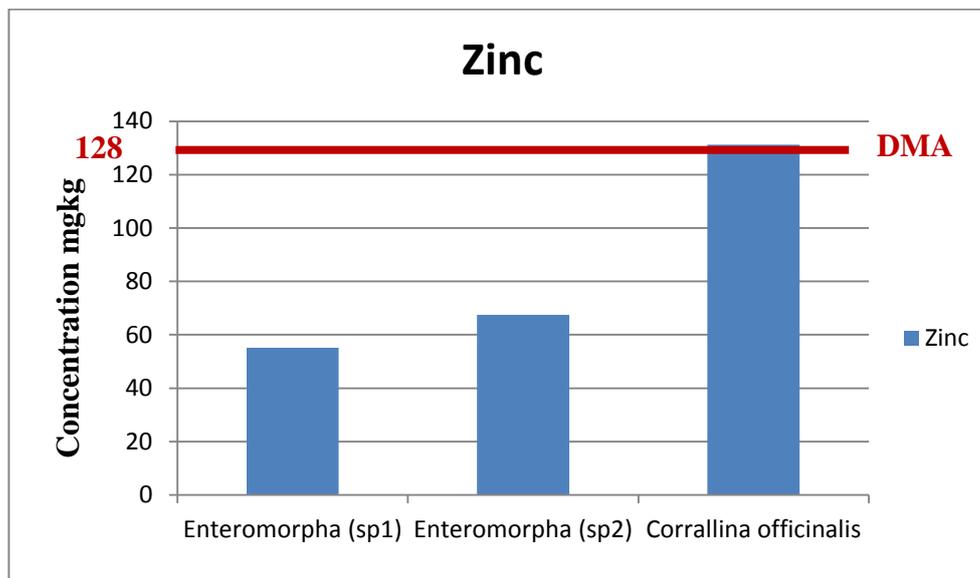
Les résultats des teneurs moyennes obtenues pour le Cuivre ne présentent pas une différence hautement entre *Entéromopha (sp1)*, *Entéromopha (sp2)* et *Corallina officinalis*, qui sont respectivement de l'ordre de (12,15±2,02) mg/kg P.S, (14,895±0,35) mg/kg P.S et (11,655±0,210) mg/kg P.S). Nous remarquons que ces valeurs restent toutefois bien inférieures à celles recommandées (23,2) mg/kg P.S, par l'AIEA pour l'accumulation du Cuivre par les algues (AIEA, 2005).

- Le gradient d'accumulation du Cuivre chez les trois espèces de la station Ise présente comme suit :

$$Enteromorpha (sp2) > Enteromorpha (sp1) > Corallina officinalis.$$

- Cas du Zinc

Les valeurs obtenues dans (Tableau 1, Annexes) du Zinc mesurées dans les échantillons prélevés aux Aiguades sont représentées dans la Figure 13.



**Figure 13 :** Teneurs métalliques moyennes du Zinc exprimés en (mg/kg P.S) chez *Enteromorpha(sp1)*, *Enteromorpha(2)* et *Corralina officinalis*.

On remarque qu'il existe une différence hautement entre les teneurs moyennes du Zn des trois espèces d'algues, elles sont nettement plus élevées chez *Corralina officinalis* avec une valeur de (131,175±4,12) mg/kg P.S, qui dépasse la valeur guide admise par AIEA qui est de l'ordre de 128 mg/kg P.S (AIEA, 2005), suivie par *Enteromorpha (sp2)* et *Enteromorpha (sp1)* avec des valeurs en dessous du seuil qui sont respectivement de l'ordre de (67,41±2,05) mg/kg P.S et (55,125±1,15) mg/kg P.S.

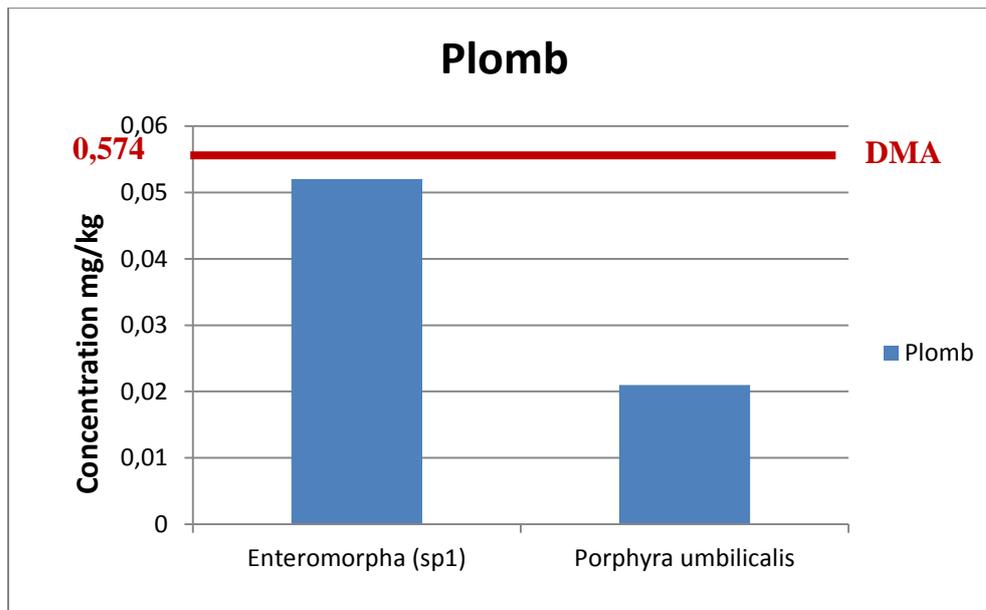
➤ **Le gradient d'accumulation du Zinc chez les trois espèces de la station I se présente comme suit :**

$$\text{Corralina officinalis} > \text{Enteromorpha (sp2)} > \text{Enteromorpha (sp1)}.$$

**VII.2. Teneurs métalliques moyennes exprimés en (mg/kg P.S) des deux métaux (Pb et Cd) chez *Enteromorpha (sp1)* et *Porphyra umbilicalis* de la station II « l'Embouchure de l'Oued Soummam ».**

- **Cas du Plomb**

Les valeurs obtenues dans (Tableau 1, Annexes) du Plomb mesurées dans les échantillons prélevés au l'Embouchure de l'Oued Soummam sont représentées dans la Figure 14.



**Figure 14 :** Teneurs métallique moyenne du Plomb exprimés en (mg/kg P.S) chez *Enteromorpha (sp1)* et *Porphyra umbilicalis*

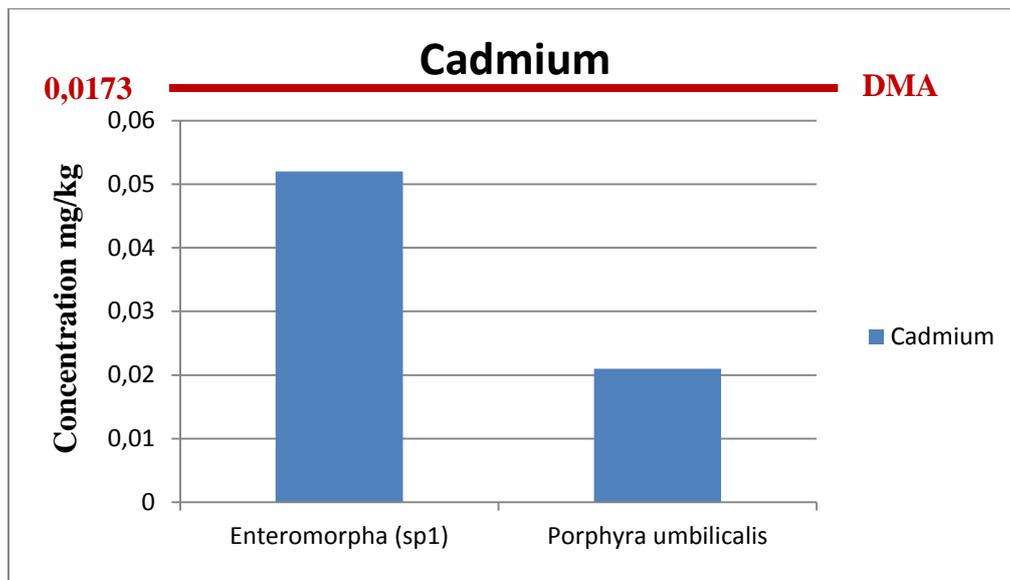
Les teneurs moyennes en Plomb obtenus sont différentes chez les deux espèces où en note la valeur maximale chez *l'Enteromorpha (sp1)* (0,052±0,005) et la valeur minimale (0,021±0,003) en mg/kg P.S chez *Porphyra umbilicalis*. Les deux valeurs sont en dessous de la norme autorisée par l'AIEA (0,0574) mg/kg P.S pour les algues marines.

➤ **Le gradient d'accumulation du Plomb chez *Enteromorpha (sp1)* et *Porphyra umbilicalis* de la station II se présente comme suit :**

$$Enteromorpha (sp1) > Porphyra umbilicalis$$

- **Cas du Cadmium**

Les valeurs obtenues dans (Tableau 1, Annexes) du Cadmium mesurées dans les échantillons prélevés aux l'Embouchure de l'Oued Soummam sont représentées dans la Figure 15.



**Figure 15 :** Teneurs métalliques moyenne du Cadmium exprimés en (mg/kg P.S) chez *Enteromorpha (sp1)* et *Porphyra umbilicalis*.

Pour l'espèce *Porphyra umbilicalis*, nous n'avons réalisé que deux analyses de deux métaux lourds (Pb et Cd) car la quantité des solutions obtenues après filtration était insuffisante pour l'analyse des autres métaux (Cu et Zn).

Les teneurs métalliques moyennes en Cadmium chez les deux espèces sont hautement différence. *Enteromorpha (sp1)* avec une valeur de  $(3,433 \pm 0,013)$  mg/kg P.S. Alor que chez *Porphyra umbilicalis* est  $(0,297 \pm 0,01)$  mg/kg P.S.

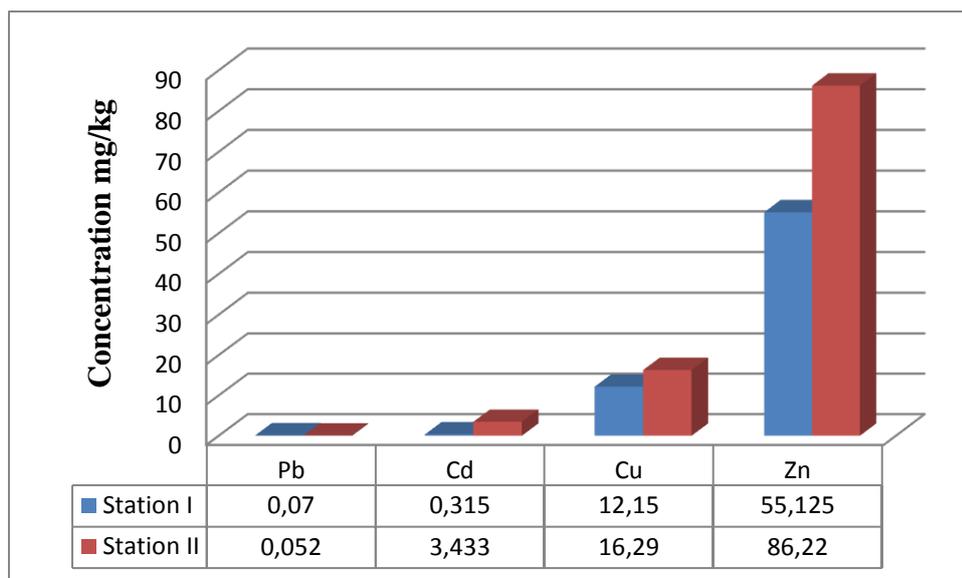
Les deux valeurs marquées sont dépassés la norme internationale recommandée par l'AIEA pour les algues marines

➤ **Le gradient d'accumulation du Cadmium chez *Enteromorpha (sp1)* et *Porphyra umbilicalis* de la station II se présente comme suit :**

$$Enteromorpha (sp1) > Porphyra umbilicalis$$

### VII.3. Comparaisons des teneurs métalliques moyennes (Pb, Cd, Cu, Zn) chez *Enteromorpha (sp1)* dans les deux stations étudiées

Les valeurs obtenues dans (Tableau 2, Annexes) du (Pb, Cd, Cu, Zn,) mesurées chez *Enteromorpha (sp1)* prélevés dans les deux stations sont représentées dans la Figure 16.



**Figure 16 :** Teneurs métallique moyenne du (Pb, Cd, Cu et Zn) exprimées (mg/kg P.S) chez *Enteromorpha (sp1)* dans La stations I et II.

- **Cas du plomb :**

Il y a une différence entre l'accumulation du Pb par *Enteromorpha (sp1)* des deux stations, où la teneur moyenne enregistrée chez *Enteromorpha (sp1)* dans la station I est de l'ordre de  $(0,07 \pm 0,02)$  mg/kg P.S et celle de la station II est de l'ordre de  $(0,052 \pm 0,05)$  mg/kg P.S.

Les deux valeurs sont en dessous de la norme fixée par (l'AIEA, 2005) qui est de l'ordre de  $(0,574)$  mg/kg P.S.

- **Cas du Cadmium**

On note une différence hautement entre l'accumulation du Cd dans les algues des deux stations, on distingue que *Enteromorpha (sp1)* de la station II accumule plus de Cadmium  $(3,433)$  mg/kg P.S que *Enteromorpha (sp1)* de la station I  $(0,315 \pm 0,045)$  mg/kg P.S.

Les deux teneurs enregistrées par les deux espèces algales dépassent de loin la norme autorisée  $(0,0173)$  mg/kg P.S par (AIEA, 2005) pour les algues marines.

- **Cas du cuivre**

Il y a une différence entre l'accumulation du Cu par les deux algues des deux stations; en effet *Enteromorpha (sp1)* de la station I a enregistré une valeur de  $(12,15 \pm 2,02)$  mg/kg P.S et *Enteromorpha (sp1)* de la station II, une concentration de  $(16,29 \pm 1,03)$  mg/kg P.S).

Les deux concentrations sont en dessous de la norme fixée par (AIEA, 2005) qui est de l'ordre de (23,2) mg/kg P.S.

- **Cas du Zinc**

Il y a une différence hautement entre l'accumulation du Zn par les deux algues des deux stations. Pour *Enteromorpha (sp1)* de la station I nous avons obtenu une valeur de (55,125±1,15) mg/kg P.S) et pour celles de la station II, une valeur de (86,22±3,012) mg/kg P.S.

Les deux concentrations restent en dessous de la norme admissible par (AIEA, 2005) qui est de l'ordre de (128) mg/kg P.S.

➤ **Le gradient d'accumulation du (Pb, Cd, Cu et Zn) chez *Enteromorpha (sp1)* de la station I et II :**

- ✓ Plomb : Station I > Station II
- ✓ Cadmium : Station I < Station II
- ✓ Cuivre : Station I < Station II
- ✓ Zinc : Station I < Station II

### **VIII. Discussion**

A l'issue des résultats, la bioaccumulation des métaux analysés paraît différente chez les quatre espèces d'algues étudiées, d'une région à une autre de la côte de Bejaia.

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).

Depuis les pressions anthropiques et l'implantation de différentes activités industrielles, économiques et touristiques, l'Oued Soummam constituant le principal cours d'eau de la région de Bejaïa, subit et continue à subir d'importantes dégradations en raison des rejets industriels bruts et des déversements directs d'eau usées domestiques. Les eaux de cet Oued se jettent directement dans la mer, au niveau de la station II (Embouchure de l'Oued Soummam) qui a été étudiée.

Ces dégradations se sont répercutées sur la répartition des éléments métalliques dans les algues étudiées. En effet, d'après les résultats obtenus au cours de ce travail, l'affinité aux

différents métaux traces n'est pas la même au niveau des algues soit l'algue verte ou l'algue rouge. L'accumulation diffère également d'une station à l'autre.

D'après les différentes analyses, les teneurs enregistrées pour le Zinc sont assez importantes par rapport aux autres métaux étudiés. 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. Ce résultat a déjà été montré par différents auteurs et pour différentes espèces. Le Zn s'accumule plus rapidement que les autres métaux lourds tels que le Cu et le Pb (Ater et al., 2006).

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 algue rouge, *Corrallina officinallis*, a accumulé plus du Zinc que du (Plomb, Cadmium et du Cuivre).

Ce résultat pourrait nous permettre d'utiliser *Corrallina officinallis* comme bio indicatrice de référence de la contamination par le zinc du littoral de Bejaia.

Les résultats d'analyses du Plomb donnent de faibles valeurs inférieures à celle recommandée par l'AIEA. Ce métal accompagne l'usage de peintures protégeant la coque des bateaux contre les algues et coquillages ; ceci peut expliquer sa présence dans les tissus des algues. Nous constatons également que le Plomb est moins accumulé par ces algues marines par rapport aux autres métaux. Certains auteurs attribuent ce fait à la fixation du plomb par le sol. Le plomb est un élément réputé peu mobile par rapport à d'autres métaux en traces tels que le cadmium. Son cycle biogéochimique dépend des caractéristiques physico-chimiques du sol. 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 données obtenues pour le Cuivre, ont montré des valeurs très faibles par rapport à la dose maximale admise par l'AIEA dans toutes les espèces étudiées. Pour expliquer ces résultats, certaines théories sont avancées, premièrement, que le Cuivre étant un métal indispensable à l'organisme, il est donc naturellement présent dans les organismes vivants, ainsi, nous l'avons détecté dans les espèces étudiées. En plus, Il ne peut présenter des effets toxiques qu'à partir d'un certain seuil de concentrations (Ifremer, 2006).

Les analyses des résultats obtenus montrent que le Cadmium est l'élément qui est le plus accumulé chez toutes les espèces étudiées avec des concentrations qui dépassent la

norme autorisée par (AIEA, 2005). 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, 2001). Sa présence dans toutes les espèces d'algues examinées signifie que les deux stations (Les Aiguades et l'Embouchure de l'Oued Soummam) subissent une pollution par le Cadmium.

On compare les teneurs des métaux chez les trois espèces de la station I (*Enteromorpha (sp1)*, *Enteromorpha (sp2)* et *Corrallina officinalis*), on observe que les teneurs des quatre métaux (Pb, Cd, Cu et Zn) sont élevées chez *Enteromorpha (sp1)* et *(sp2)* à l'exception de Zn qui note des valeurs très élevées et qui est dépassé la norme de AIEA chez *Corrallina officinalis* par rapport à *Enteromorpha (sp1)* et *Enteromorpha (sp2)*. On trouve que les concentrations des métaux dans différentes espèces d'algues de même biotope montrent une différence. Et la présence dans l'organisme vivant de quantités élevées de métaux lourds, qui existent à l'état de trace dans la nature, sont révélatrices de la pollution du milieu marin.

Et dans la station II (l'Embouchure de l'Oued Soummam) on trouve que les teneurs en Plomb et Cadmium sont élevées chez *Enteromorpha (sp1)* surtout dans le cas du Cadmium qui dépasse la norme d'AIEA par rapport à *Porphyra umbilicalis* de la même station.

D'une manière générale, ces résultats ont permis de démontrer que la bioaccumulation métallique diffère d'une espèce à une autre, d'une station à une autre et d'une région à une autre comme c'est le cas de *Enteromorpha*.

### VIII.1. Comparaison des teneurs métalliques accumulées par *Enteromorpha (sp1)* des deux stations

Dans le souci d'avoir un effet de station dans l'accumulation des métaux par les algues *Enteromorpha (sp1)*, nous avons fait des prélèvements dans les deux stations. Les résultats obtenus montrent qu'il y a des effets de station pour les quatre métaux. À travers ces résultats, on remarque des teneurs alarmantes en Cadmium chez *Enteromorpha (sp1)* au niveau de l'Embouchure de l'Oued Soummam et par rapport à *Enteromorpha (sp1)* au niveau des Aiguades. Sachant que toutes les valeurs enregistrées sont supérieures à celles admises par (AIEA, 2005).

Ces valeurs alarmantes en Cadmium peuvent s'expliquer en fonction de l'aspect industriel qui caractérise le littoral de Bejaïa, qui rejette leurs déchets industriels et contribue à polluer le milieu marin.

*Enteromorpha* peut être utilisée comme bio indicatrice de référence de la contamination par le Plomb, le Cadmium, le Zinc et le Cuivre par rapport aux autres algues.

## VII.2. Comparaison des données obtenues avec les normes internationales admise par (AIEA, 2005)

La comparaison de nos résultats aux normes internationales nous permet de conclure que les différentes concentrations obtenues dans cette étude pour (Pb, Cu et Zn) ne dépassent pas les doses maximales admissibles de métaux lourds dans les algues fixées par la (FAO, 1987). Sauf les concentrations obtenues pour le Cadmium. Le tableau suivant montre ces valeurs.

**Tableau 3** : Comparaison des valeurs obtenues avec les valeurs limitent « Normes Internationales admis par (AIEA, 2005) ».

		Plomb	Cadmium	Cuivre	Zinc
<b>Valeurs obtenues dans la station I</b>	<i>Enteromorpha</i> (sp1)	0,07	0,315	12,15	55,125
	<i>Enteromorpha</i> (sp2)	0,011	0,405	14,895	67,41
	<i>Corrallina officinalis</i>	0,002	0,18	11,655	131,175
<b>Valeurs obtenues dans la station II</b>	<i>Enteromorpha</i> (sp1)	0,052	3,433	–	–
	<i>Porphyra umbilicalis</i>	0,021	0,297	–	–
<b>Normes de (AIEA, 2005).</b>	Les algues	0,574	0,0173	23,2	128

## VIII.3. Comparaison des résultats avec les données bibliographiques

On compare de nos résultats avec les différents résultats réalisés sur les algues marines en Algérie. Le tableau suivant montre ces résultats.

**Tableau 4** : Concentrations moyennes en éléments traces métallique exprimés en (mg/kg P.S) dans les algues marine le long du littoral Algérien.

Auteurs	La région étudiée	Métaux	L'espèce étudiée			
			<i>Eteromorhpe</i>	<i>Corralla officinalis</i>	<i>Porphyra umbilicalis</i>	<i>Ulva lactuca</i>
Goual et Nassour(2000)	Béni-Saf	Pb	79,90	–	–	–
		Cd	2,34	–	–	–
		Cu	89,24	–	–	–
		Zn	415,75	–	–	–
Belhaj (2008)	Ghazaouet	Pb	2,28	–	–	–
		Cd	0,13	–	–	–
		Cu	14,61	–	–	–
		Zn	105,91	–	–	–
Abi-Ayad(2009)	Béni Saf	Pb	–	–	–	56,03
		Cd	–	–	–	10,02
		Cu	–	–	–	20,40
		Zn	–	–	–	152,01
Benguedda-Rahal (2012)	Ghazaouet	Pb	28,818	52,37	–	–
		Cd	0,218	0,32	–	–
		Cu	3,87	0,81	–	–
		Zn	38,12	8,58	–	–
	Béni-Saf	Pb	44,32	19,43	–	–
		Cd	0,368	0,08	–	–
		Cu	18,535	7,3	–	–
		Zn	44,32	27,5	–	–
Selka(2015)	Honaine	Pb	18,02	–	–	63,98
		Cd	0,42	–	–	0,59
		Cu	42,47	–	–	46,33

		Zn	16,19	–	–	32,65
Abbas (2016),	Marsa Ben M'hidi	Pb	–	–	–	–
		Cd	0,0005	–	–	0,0353
		Cu	0,238	–	–	0,238
		Zn	0,975	–	–	3,534
Notre étude (2018).	Les Aiguades	Pb	0,04	0,002	–	–
		Cd	0,36	0,18	–	–
		Cu	13,522	11,655	–	–
		Zn	61,267	131,175	–	–
	L'Embouchure de l'Oued Soummam	Pb	0,052	–	0,021	–
		Cd	3,433	–	0,297	–
		Cu	16,29	–	–	–
		Zn	86,22	–	–	–

Plusieurs études ont été réalisées sur les algues marines et plus précisément sur la contamination des métaux lourds dans littoral Ouest Algérien. Cependant, les études sur cette problématique dans le secteur Est du littoral Algérien restent quasiment absentes, et plus particulièrement dans le golfe de Bejaia.

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, Cu et Zn) ne sont pas alarmantes par rapport à ceux d'autres régions. Par contre, la concentration obtenue pour le Cadmium enregistre une valeur hautement élevée par rapport aux autre espèces et régions d'études.

Ces différents résultats entre les espèces d'algues peuvent être influencés par plusieurs facteurs. Il est prouvé que ces espèces ont des capacités différentes pour l'accumulation des métaux, bien qu'elles soient exposées à des concentrations ambiantes semblables. Ceci pourrait être lié au mécanisme de transfert du métal de l'eau de mer à l'algue qui dépend, entre autres, des divers poly-anions présents dans les parois cellulaires et dans l'espace intercellulaire des algues (**Eide et al., 1980**).



## Conclusion générale

---

Dans ce travail nous sommes consacrées à évaluer le degré de contamination de quelles algues marins du Golf de Bejaïa 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 de deux espèces d'algues Verte (*Enteromorpha (sp1)* et *Enteromorpha (sp2)*) et deux espèces d'algues Rouge (*Corrallina officinalis* et *Porphyra umbilicalis*). Le choix de ces espèces s'est porté sur leurs présences dans les deux sites d'étude (les Aiguades et l'Embouchure de l'Oued Soummam), dans le but d'avoir l'effet de ces stations sur la cumulation métallique des algues marin.

D'après les différentes analyses par spectrophotomètre les résultats obtenus montrent la présence de ces métaux lourds dans les algues des deux stations étudiées. L'ANOVA testé pour comparer entre l'accumulation des métaux chez les algues, pour les deux stations a donné des différences pour les quatre métaux dans chaque espèce.

Les résultats montrés que la contamination par les deux métaux (Plomb, Cuivre) n'atteint pas des niveaux préoccupants et sont semblés bien inférieurs aux doses maximales admises par l'AIEA dans les deux stations. Le Cadmium et le Zinc avaient enregistré des teneurs qui dépassent largement les limites de références. Le Cadmium enregistre une valeur maximale (3,433) mg/kg P.S. marquée chez *Enteromorpha (sp1)* de l'Embouchure de l'Oued Soummam, pour le Zinc et majoritairement pour *Corrallina officinalis* de la station I (les Aiguades). Cela a été expliqué probablement par le fait que les deux stations sont considérées comme des réceptrices des rejets de la région de Bejaïa. Les résultats concernant les concentrations du Plomb, montrent une différence significative entre les différentes espèces d'algues, mais avec des valeurs inférieures à celles recommandées.

Nos résultats concernant les concentrations du Cuivre et du Zinc traduisent l'importance de ces deux métaux dans le fonctionnement de l'organisme. Tous deux naturellement présents dans l'environnement, ce qui explique leur forte concentration chez les algues.

Durant cette étude, nous avons hiérarchisé les taux d'accumulations des quatre métaux étudiés. Le gradient d'accumulation des métaux pour les deux stations (station I et station II) est comme suit:  $Zn > Cu > Cd > Pb$ .

Les résultats de cette étude ont montrés que les teneurs moyennes des quatre métaux varient assez largement chez les quatre espèces d'algues ainsi qu'entre les deux sites d'études, notant un effet de station avec des teneurs élevées dans la station II que la station I.

## Conclusion générale

---

*Corrallina officinalis*, concentre majoritairement le Zinc, alors qu'*Enteromorpha* (sp1) et (sp2) concentrent presque les mêmes taux de métaux dans les deux stations, à l'exception du Cadmium concentré majoritairement par *Enteromorpha* (sp1) dans la station II. D'autre coté, *Porphyra umbilicalis* dans la station II présente des concentrations les plus faibles en Cadmium.

Ces conclusions nous permettent de tirer des enseignements pratiques en matière de suivi de la contamination du Golf de Bejaïa par les métaux lourds :

- Le Golf de Bejaïa révèle une contamination avec les éléments traces métalliques ; le Plomb, le Cadmium, le Cuivre et le Zinc
- Les algues sont les espèces les plus représentatives du milieu pour le suivi de la pollution métallique
- *Enteromorpha* peut être utilisée comme bio indicatrice de référence de la contamination par le Plomb, le Cadmium, Cuivre, par contre *Corrallina officinalis* elle est plus favorable pour le Zinc.
- *Porphyra umbilicalis* elle n'est plus favorable pour le Cadmium.

Ce travail a permis également de faire des recommandations pour des perspectives futures :

- Elargir l'étude de la contamination des métaux lourds dans littoral Est Algérien, et plus particulièrement dans le Golf de Bejaïa.
- Il faut inclure d'autres contaminants chimiques et organiques et élargir la liste des éléments en traces métalliques recherchés
- L'analyse des teneurs en métaux traces dans les masses d'eau paraît nécessaire vu son importance par rapport aux autres sources.
- L'étude qualitative et quantitative des effluents des usines de Bejaïa doit être réalisée et suivie pour suggérer une solution raisonnable et définitive pour le traitement de ses eaux usées.
- La sensibilisation du grand public et des professionnels de la mer sur la valeur des milieux maritimes pour les générations actuelles et futures.

## Références bibliographiques

---

- Ababsa, A., 2016** - Recherche de métaux lourds sur le littoral de Marsa Ben M'hidi. Cas d'une algue verte. *Mémoire master*. Université, de Tlemcen, 31-33 p.
- Abi-ayed L, 2009** - Etude de la biodisponibilité des métaux lourds dans les sédiments et chez quelques espèces marines du littoral de l'extrême Ouest Algérien (Béni Saf). *Thèse de Magister*. Université de Tlemcen, 186 p.
- Adriano, D.C., 2001** -Trace éléments in terrestrial environments. Biochemistrys, bioavailability and risks of metals. Springer-verlag, new yourk
- Agardh, J.G., 1824** - Algae maris Mediterranei et Adriatici, observationes in diagnosin specierum et disposition emgenerum. Apud Fortin. Parie. 1-164 p.
- 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.
- Amiard, J.C., Pinneau, A., Boiteau, H.L., Metayer, C. et Amiard-Triquet, C., 1987** - Application de la Spectrophotométrie d'absorption atomique Zeeman eu dosage de 8 éléments traces (Hg, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, Se) dans les matières biologique solides. *Waters* 21(6), 693-697 p.
- 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.
- Bastide,T.A., 2006** -Savoir-faire anciens et exploitation des algues en Bretagne. Ed : FRCIVAM. Bretagne .17p.
- Benbbrahim, S., Taha, S., Cabon, J. et Dorange, G., 1998** – Elimination des cations métalliques divalents : complication par l'algénate de sodium et ultrafiltration. *Rev. Sci. Eau* 4 : 497-516 p.
- Bendada, K., Boulakradeche, M., 2011** -Optimisation des conditions de dosage par spectroscopie d'absorption atomique (SAAF et SAAET) : Application à la

## Références bibliographiques

---

- détermination de la pollution et de la bioaccumulation des métaux lourds. Mémoire de Master. Université, Houwari Boumediene (U.S.T.H.B) : 23 p.
- Benguedd-Raha, W., 2012** - Contribution à l'étude de la bioaccumulation métallique dans les sédiments et différents maillons de la chaîne trophique du littoral extrême ouest algérien. *Thèse Doctorat*. Université de Telemcen, 44-54 p.
- Bensaid, D et Sait, B., 2015** – Evaluation de la qualité écologique du golfe de Béjaia : le merlu bioaccumulation, *Mémoire de mastereII*. Université de Béjaia, 3 p.
- Bergasa, O., 2009** -Study of metals concentrations levels in *Patella piperata* through the Canary Islands, Spain. *Fresenius Environmental Bulletin*. Issue 15:1234- 1240. biosorption by brown algae .*Water Research* 37 :4311-4330 .
- Borvon, G., 2007** - Les algues hier et aujourd'hui. Une industrie chimique en Bretagne. *Publier par le centre régional pédagogique de Bretagne*, 30 p.
- Bouhadiba, S., 2011**- Evaluation de la concentration des quatre métaux lourds (Pb, Cd, Cu, Zn) chez le mullet (*Mugil cephalus* L. 1758) pêché dans les baies d'Oran et Béni saf. *Mémoire de magister*, université d'Oran, 125 p.
- Bourrelier P et J Berthelin 1998** - Contamination des sols par les éléments traces : les risques et leur gestion. Rapport de l'Académie des sciences Ed. Lavoisier, Paris.
- Boutiba, Z., 2004** - Guide de l'environnement marin, Edit : DAR EL GHARB : 273 p.
- 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. 314 p.
- CGDD., 2011** - Commissariat général au développement durable Service de l'observation et des statistiques- Environnement littoral et marin. France.
- Chaoui, M., 2013** -Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et métallique des eaux de surface (Oued Moulouya/ Barrage Hassan II) au voisinage de la mine abandonnée Zeïda (Haute Moulouya). Mém. Mast. en Eau et Environnement. Université Cadi Ayyad, Marrakech, 86 p.

## Références bibliographiques

---

- Chiffolleau, J.F., 2001**- La contamination métallique, Programme Scientifique Seine-Aval. Editions Ifremer, 39 p.
- Coyne et Bellier., 1973** - Etude de la régulation de la Soummam, Bureau d'ingénieur Paris.
- Dabouineau, L., 2004** - Un autre regard sur les algues marines. Les algues non toxiques sont utiliser en alimentation directe (légumes, consommé cru ou cuit). *Le rale d'eau*. Vol 118: 1-4 p.
- Davis, T.A., Volesky, B. et Mucci, A., 2003** - Areview of the biochemistry of heavy metal Rbiosorption by brown algae. Master Research. 37(18): 43011-43030.
- Devi, C.B., Reddy, G.H., Prasanthi, R.P., Chetty, C.S. et Reddy. F., 2005** - Developmental lead exposure alters mitochondrial oxidase and synaptosomalcatechlamine levels in rat brain. Int J Dev Neurosci., 23 : 375-381
- DPRH., 2018** - Direction de la pêche et des ressources halieutiques de Bejaïa.
- Duquesne, S., 1994** - Bioaccumulation méétallique et biomarqueurs : les métallothioneines. Analisis Magazine. Volume 22, n°1. France. 20-23 p.
- Eide, I., Myklestad, S., Melsom, S., 1980** - Long-termuptake and release of heavy et mer noire, zone de pêche 37. Révision I. Volume I. 760 p.
- FAO., 1987** - Fiches d'identification des espèces pour les besoins de la pêche méditerranée et mer **noire**, zonedepêche37. RévisionI. Volumel. 760 p.
- Florea, A.M. et Dietrich, B., 2006** - Occurrence, use and potential toxic effects of metals and metal compounds. BioMetals. ,19 :419-427.
- Garon-Lardiere, S., 2004** - Etude structurale des polysaccharides pariétaux de l'algue rouge *Asparagopsisarmata* (Bonnemaisoniales). *Thèse de doctorat en chimie*. Université de bretagne occidentale école doctorale des sciences de la matière, de l'information et du vivant, 226 p.
- Gaujous, D., 1995** - *La pollution des milieux aquatiques : Aide mémoire*. 2<sup>ème</sup> édition : TEC & DOC. Paris. 220 p.
- Gayral, P., 1975** - Les algues (morphologie, cytologie, reproduction et écologie). Ed. Dom. Paris.: 194 p.

## Références bibliographiques

---

- Ifremer, 2006** -Résultats de la surveillance de la qualité du milieu marin littoral –Bulletins régionaux de la surveillance, <http://www.ifremer.fr/envlit>.
- Julien, J.C., 2007** - Description de *Ulva* (Enteromorpha) spp. <http://www.mer-littoral.org/53/enteromorpha-spp.php>
- Kaimoussi, A., Mouzdahir, A., Abdelkbir, S., 2004** - Variations 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). *Plant biology and pathology*. 327 ,361–369
- Kazouit, S., Hamadache, L., 2006** - Inventaire et étude de l'impact des activités industrielles sur l'environnement à Bejaïa. Mém. Ing. en pathologie des écosystèmes. Université A.MIRA, Bejaïa, 88p.
- Koller, E., 2004** -Traitement des pollutions industrielles. Dunod. Paris. 4-6-7 p.
- Koller, L.D., 1998** - Cadmium. *Immunotoxicology of Environmental and Occupational Metals*. 41-61p.
- Landrigan, P.J., 1994** -Lead. *Textbook of Clinical Occupational and Environmental Medicine* .In : Rosen stock I. Cullen MR, eds . philadelphia : Saunders Company
- Lazou, B., Henge-Napoli, M.H., Minaro, L., Mirto, H., Barrouillet, M.P.et Cambar, J., 2002** -Effects of cadmium and uranium on same in vitro targets. *Cell Biology and Toxicology*.18 : 329-340.
- Le Goff, F. et Bonnomet, V., 2004** - Devenir et comportement des métaux dans l'eau. Biodisponibilité et modèles BLM. Rapport technique, Ministère de l'écologie et du Développement Durable Direction de l'Eau, paris.
- Leclaire, L., 1972** - la sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Balares (précontinent Algérien). Tome XXIV. Edition de Muséum, paris, France, 391p
- Linné, C.V., Gmelin, J.F., Metcalf, C 1788** - Caroli a Linné. *Systematurae per regna trianaturae : secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis*. Lipsiae : impensis Georg. Emanuel.Beer
- Lohmann, M., 1995** – Flore et faune du littoral p 32, Chantecler, (ISBN 2-8034-2778-8) accessible sur <http://fr.m.wikipedia.org/wiki/Porphyra-umbilicalis>

## Références bibliographiques

---

- Marwa, B., 2014** – Etude de la pollution maritime par les métaux lourds (Cd, Cr) dans la côte de Jijel. *Mémoire de mastère II*. Université de Constantine1, 15-16 p.
- Mémory, T., 2006** - Biologie. Module 1, diversité des algues et des plantes, 45 p.
- Miquel, G., 2001** - Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport Office Parlementaire d'évaluation des choix scientifique et technologiques (Dir.). Rapport Sénat n°261 : 360
- Monna F ; 2008** - Cycles biogéochimique 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
- Namour, P., 1992** : « Les mono-oxygénases de poissons, un outil pour la caractérisation des pollutions chroniques ». Etudes du CEMAGREF, série Ressources en Eau, N° 6, P 232.
- Person, J., 2010** -Algues, filières du futur livre turquoise. Ed: Adebitech, Romainville.p160.
- Philips, D.J.H., 1997** - The use of Biological indicator organisms to monitor trace metal pollution in marine and estuarine environments. *AREvironpolut1977*, IFREMER 1997, pp 272. 13: 281-317
- PNG (Parc National de Gouraya) (2008)**. Plan de gestion du Parc National de Gouraya. Bejaia. 153p.
- Poirier, R., 2012** -Des données disponibles relatives aux dangers et à l'exploitation éventuelle liée à la baignade et la consommation touchées par des proliférations d'algues vertes. Ed: Anses. France .45.105-216p.
- Rainbow, P.S., Phillips, D.J.H., 1993** - Biomonitoring of trace aquatic contaminants. Environmental management series, Alden Press LTD,Oxford: 371 p.
- Ramade, F., 2000** -Dictionnaire encyclopédique des polluants: les polluants de l'environnement à l'homme. Ed. International, Paris. 690 p.
- Reviere, B., 2003** -Biologie et phylogénie des algues. Tome2. Edition Belin.
- Riadi, H., 1998** - Etude nationale sur la biodiversité, biodiversité des algues des algues marine. GEF/6105-92, direction de l'observation des études et de la coordination, faculté des sciences, Tétouane, Maroc, 96 p.

## Références bibliographiques

---

- Ron VAN Der Oost, A., Jonny Beyer, B., Nico, P.E., Vermeulen, C., 2003** - Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 13. *Elsevier LTD.* 57-149 p.
- Rousselet., 1991** -Edité : Moussaoul. AA et Benbellil.S, 1999 : « Contribution à l'étude de l'accumulation de métaux lourds (Zn, Cu, Pd et Cd) par la Sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1972), du golfe de Béjaia », mémoire de fin d'étude en biologie et physiologie animale, Université Abderrahman Mira de Béjaia. 2-6 p.
- Selka, F.Z., 2015** - Contribution à l'évaluation de la pollution marine par les métaux lourds chez les algues de la baie de Honaine. *Mémoire de Master.* Université de Tlemcen. 6-25 p.
- Tizaoui, K., 2013** - Elimination des métaux lourds en solution aqueuse par des argiles algériennes. *Mémoire de magister.* Université de Tlemcen, 22 p.

## Annexes

**Tableau 1 : Les résultats obtenue au cours des analyses du la SAA (Pb, Cd, Cu et Zn) chez les espèces étudié :**

	Les Aiguade				L'Embouchure de l'Oued Sommam			
	Pb	Cd	Cu	Zn	Pb	Cd	Cu	Zn
<i>Enteromorpha (a)</i>	0,07 ±0,02	0,315 ±0,045	12,15 ±2,02	55,125 ±1,15	0,052 ±0,05	3,433 ±0,013	16,29 ±1,03	86,22 ±3,012
<i>Enteromorpha (b)</i>	0,011 ±0,04	0,405 ±0,021	14,895 ±0,35	67,41 ±2,05				
<i>Corallina officinalis</i>	0,002 ±0,002	0,18 ±0,34	11,655 ±0,210	131,175 ±4,12				
<i>Porphyra umbilicalis</i>					0,021 ±0,05	0,297 ±0,01		

**Tableau 2 : La comparaison des teneurs métalliques moyennes du (Pb, Cd, Cu et Zn) chez *Enteromorpha (a)* dans deux stations étudié :**

		Plomb	Cadmium	Cuivre	Zinc
<i>Enteromorpha (a)</i>	Station I	0,07±0,02	0,315±0,045	12,15±2,02	55,125±1,15
	Station II	0,052±0,05	3,433±0,013	16,29±1,03	86,22±0,12

## Résumé

Le présent travail est une étude synthétique qui consiste à évaluer la contamination de quelques algues (*Enteromorpha*, *Corrallina officinalis* et *Porphyra umbilicalis*) par certains éléments traces métallique (Pb, Cd, Cu, Zn) dans deux station du Golfe de Béjaïa. Pour l'analyse, les échantillons d'algues ont subi une minéralisation puis un dosage par spectrophotométrie d'absorption atomique.

Les valeurs enregistrées dans le cadre de notre travail, démontrent que les trois algues accumulent tous les micropolluants métalliques analysés. Les teneurs les plus fortes sont celles relevées sur le Cadmium et le Zinc, La présence du Plomb et du Cuivre ont été également enregistrées. Le Cadmium a des concentrations critiques et qui dépassent même les normes recommandés.

Les résultats obtenus montrent une contamination métallique plus prononcée dans la station II (l'Embouchure de l'Oued Soummam) surtout par le Cadmium avec des teneurs alarmante chez *Entéromorphe*. *Corrallina officinalis* présente une préférence d'accumulation en Zn dans La station I (les Aiguades). Ces données dévoilent que *Entéromorphe* est parmi les meilleures bio-indicateur de la pollution marine du Golfe de Béjaïa.

**Mots clés :** Métaux lourds, Contamination, *Entéromorphe*, *Corrallina officinalis*, *Porphyra umbilicalis*, Golf de Béjaïa.

## Summary

The present work is a synthetic study which consists of evaluating the contamination of some algae (*Enteromorpha*, *Corrallina officinalis* and *Porphyra umbilicalis*) by certain trace metals (Pb, Cd, Cu, Zn) in two stations of the Bay of Béjaïa. For the analysis, the algae samples were mineralized and then assayed by atomic absorption spectrophotometry.

The values recorded as part of our work, show that the three algae accumulate all the metallic micropollutants analyzed. The highest levels are those found on Cadmium and Zinc, the presence of Lead and Copper were also recorded. Cadmium has critical concentrations and exceeds recommended standards.

The results obtained show a more pronounced metallic contamination in the station II (the mouth of the Wadi Soummam) especially by the Cadmium with alarming contents in *Enteromorph*. *Corrallina officinalis* has a Zn accumulation preference in Station I (Aiguades). These data reveal that Enteromorph is among the best bioindicators of marine pollution in the Bay of Béjaïa.

**Key words:** Heavy metals, Contamination, *Enteromorph*, *Corrallina officinalis*, *Porphyra umbilicalis*, Bejaia Golf.