

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 محمد الصديق بن يحيى – جيجل

Université Mohammed el-Seddik Benyahia-Jijel

Faculté des sciences de la nature et de vie
Département des sciences de l'environnement
et des sciences agronomiques



كلية علوم الطبيعة و الحياة
قسم علوم البيئة و العلوم الفلاحية

Mémoire de fin d'études

En vue d'obtention de diplôme : Master Académique en biologie

Filière : Hydrobiologie marine et continentale

Option : Ecosystèmes aquatiques

Thème

**Evaluation de la contamination métallique des algues
marines du littoral Jijilien**

Présenté par :

BOUROUROU Radja

GUIDOUM Sarra

Devant le jury composé de :

Président : Mr. KRIKA Abderezzak. MCA Université de Jijel

Encadreur : M^{me}. MEKIRCHA Fatiha. MCB Université de Jijel

Examineur : M^{me} AMIRA Widad. MCB Université de Jijel

Numéro d'ordre : /

Session : Septembre 2021

Merci 

Merci 

REMERCIEMENTS

Avant tout, nous remercions Allah, le tout puissant, de nous avoir donnés, la santé, la volonté et la patience pour mener à terme ce travail.

En guise de reconnaissance, nous voulons remercier toutes les personnes qui, par leurs conseils, leur collaboration ou leur soutien moral et leur amitié, ont contribué à la réalisation et à l'achèvement de ce travail.

Nous tenons à remercier profondément notre encadreur Mme mekircha fatiha, qui nous a donnés la chance de travailler sous sa direction, dont les encouragements et les conseils nous ont permis de réaliser ce travail ; nous ne pouvons, Madame, que sincèrement vous exprimer notre respect et notre gratitude.

Nous tenons à remercier les membres du jury Dr. krika et Mme Amira qui nous a fait l'honneur d'accepté de juger ce travail et d'assister à la soutenance.

Nos remerciements vont plus particulièrement à notre famille qui a su nous soutenir, nous encourager, nous aider et nous supporter.

Nos remerciements vont également à nos enseignants qui nous ont accompagnés pendant notre cursus universitaire.



Dédicace



Je dédie ce modeste travail accompagné d'un
profond amour :

- A** celle qui m'arrosé de tendresse et d'espoirs, à la source
d'amour incessible, qui ma bénie a ces prières ... ma mère.
- A** mon support dans ma vie, qui m'a appris m'a supporté et
ma dirigé vers la gloire ... mon père.
- A** mon adorable petite sœur « Hadjer », qui sait toujours
comment procurer la joie pour toute la famille.
- A** la source de mon bonheur dans la vie e la joie de notre
famille ... Mon beau petit frère « Mounir ».
- A** mon binôme « sarra » pour son soutien morale, sa patience
et sa compréhension tout au long de ce projet.
- A** mes grands-mères, mes oncles et mes tantes. Que dieu leur
donne une longue et joyeuse vie.
- A** tous mes cousins et amies, merci pour leurs amours et
leurs encouragement.
- A** mes grands-parents décédés « Abdelmadjid Bourourou »
et « Hamlaoui Lahouati » dieu les bénisse... qu'ils
m'encouragent à atteindre les plus hauts niveaux.

Radja



Dédicace

Un grand merci c'est à dieu le très haut qui m'a aidé
de réaliser ce travail

A mes deux adorables et agréables parents, mon

Guide dans ma vie, le symbole de tendresse

Ma chère mère

Quoi je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se
doit, ton

affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés
a toujours

été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

Mon cher père

Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager pour
que je puisse atteindre mes objectifs.

Mon très chère frère **Issam** pour son entent, sa sympathie et soutenez-
moi dans tous les moments.

Ma plus belle étoile qui peut exister dans l'univers : ma chérie sœur

Rania

A mes deux grands-mères **Sayade Mesaouda** et **Taoutaou Zeghouda**
pour leur prières, que dieu les gardes et les protèges

A mon binôme **Radja** qui a partagé avec moi les bons et les durs
moments

Sarra

Sommaire

Liste des tableaux	i
Liste des figures	ii
Liste des abréviations	iii
Introduction générale -----	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique	
I. Les éléments traces métalliques -----	2
I.1 Définition-----	2
I.2 Classification -----	2
I.2.1 Métaux essentiels (oligo-éléments)-----	3
I.2.2 Métaux toxiques -----	3
I.3 Les ETM dans l'écosystème aquatique -----	3
I.4 Sources des ETM -----	4
I.5 Caractéristiques des ETM -----	5
I.5.1 Toxicité des ETM -----	5
I.5.2 Propriétés physico-chimiques -----	6
I.6 Bioaccumulation, bioamplification et bioconcentration-----	6
I.7 Biodisponibilité -----	7
I.8 Les ETM étudiés -----	7
II. Présentation du matériel biologique-----	8
II.1 Définition-----	8
II.2 Classification des algues -----	8
II.3 Écologie et la répartition -----	10
II.4 Facteurs de répartition des algues-----	11
II.5 Reproduction des algues -----	11
II.6 L'utilisation des macroalgues -----	12

II.7	Les algues comme bio-indicateurs-----	13
II.8	Accumulation des éléments traces métalliques par les algues : -----	14
II.9	Facteurs influençant l'accumulation des métaux lourds-----	15

Chapitre II : Matériel et méthodes

I.	Présentation des sites d'étude -----	17
I.1	Situation géographique de la willaya de Jijel -----	17
I.2	Climat-----	17
II.	Prélèvement des échantillons -----	18
II.1	Choix des stations de prélèvement-----	18
II.2	Choix des espèces d'étude -----	21
II.3	Choix des contaminants -----	23
II.4	Stratégie d'échantillonnage -----	23
II.5	Préparation des échantillons biologiques -----	23
II.6	La minéralisation -----	23
II.7	Dosage des métaux lourds -----	26

Chapitre III : Interprétation des résultats et discussions

I.	Résultats et interprétations -----	28
II.	Discussions -----	34
	Conclusion générale et perspectives -----	36

Liste des tableaux

<i>Tableau 2 : Sources industrielles et agricoles des métaux présents dans l'environnement.</i>	<i>__ 5</i>
<i>Tableau 3 : Moyennes mensuelle des précipitations en mm [2019_2020].</i>	<i>_____ 18</i>
<i>Tableau 4 : Moyennes mensuelle de la température [2019_2020].</i>	<i>_____ 18</i>
<i>Tableau 5 : Tableau récapitulatif présentant les teneurs en éléments traces métalliques (Pb ; Cd, Zn, Cu) exprimées en ppm ou en µg/g dans les algues brunes et les algues vertes dans les trois stations.</i>	<i>_____ 28</i>
<i>Tableau 6 : Comparaison des données obtenues avec les normes internationales admise par (AIEA, 2005)</i>	<i>_____ 33</i>

Liste des figures

Figure 1 : Photo d'algues vertes (Ulvales, Chlorophyta) formant une marée verte _____	9
Figure 2 : Photo d'un champ d'algues brunes (<i>Laminaria digitata</i>) émergé à marée basse ____	9
Figure 3 : Photo d'algues rouges _____	10
Figure 4 : La répartition des macroalgues. _____	11
Figure 5 : Reproduction d'une algue verte (<i>Ulva lactuca</i>) _____	12
Figure 6 : localisation de la wilaya de Jijel _____	17
Figure 7 : Localisation de la plage Ouled Bounar _____	19
Figure 8 : Localisation de la plage Troisième kilomètre _____	20
Figure 9 : Localisation de la plage el Aouana _____	20
Figure 10 : <i>Ulva lactuca</i> _____	21
Figure 11 : <i>Ulva intestinalis</i> _____	22
Figure 12 : <i>Padina pavonica</i> _____	22
Photo 13 : Le minéralisateur _____	24
Photo 14 : Protocole de la minéralisation _____	25
Photo 15 : Spectromètre d'absorption atomique _____	26
Figure 16 : Teneurs métalliques exprimées en ($\mu\text{g} / \text{g}$) des quatre métaux (Cd, Pb, Cu, Zn) chez <i>Padina pavonica</i> , <i>Ulva lactuca</i> et <i>Ulva intestinalis</i> de la station « Ouled Bounar ». ____	29
Figure 17 : Teneurs métalliques exprimées en ($\mu\text{g} / \text{g}$) des quatre métaux (Cd, Pb, Cu, Zn) chez <i>Padina pavonica</i> et <i>Ulva lactuca</i> de la station « Troisième kilomètre ». _____	30
Figure 18 : Teneurs métalliques exprimés en ($\mu\text{g} / \text{g}$) des quatre métaux (Cd, Pb, Cu, Zn) chez <i>Padina pavonica</i> et <i>Ulva intestinalis</i> de la station «Aouana». _____	32

Liste des abréviations

AIEA : Agence internationale de l'énergie atomique

Al : Aluminium

As : Arsenic

Cd : Cadmium

Cr : Chrome

Cu : Cuivre

ETM : Eléments traces métalliques

Fe : Fer

g : gramme

g/Cm³ : gramme par centimètre cube

Hg : Mercure

HNO₃ : acide nitrique

H₂SO₄ : acide sulfurique

H₂O₂ : eau oxygénée

Km : kilomètre

L : litre

m : mètre

ml : millilitre

Mn : manganèse

µg/g : micro gramme par gramme

µg/l : micro gramme par litre

Ni : Nickel

ONM : organisation nationale de météorologie

Pb : Plomb

PH : Potentiel d'Hydrogène

Ppm : Partie Par Million

SAA : Spectrophotométrie d'Absorption Atomique

Sn : Etain

T : température

Zn : zinc

Introduction générale

Dans les écosystèmes aquatiques naturels, les métaux se trouvent à de faibles concentrations, généralement de l'ordre du nano-gramme ou du microgramme par litre. Ces derniers temps, cependant, la présence de métaux lourds contaminants, et spécialement de métaux lourds à des concentrations supérieures aux charges naturelles, est devenue un problème de plus en plus préoccupant. Il faut en imputer la rapide croissance démographique, une urbanisation accrue, l'expansion des activités industrielles, de la prospection et de l'exploitation des ressources naturelles, l'extension de l'irrigation et la propagation d'autres pratiques agricoles modernes, ainsi que l'absence de réglementations concernant l'environnement.

Les milieux littoraux correspondent à des interfaces très riches en termes faunistiques et floristiques. Ils sont particulièrement vulnérables aux pollutions, qu'elles soient de type physique (température, radioactivité, matières en suspension, déchets), chimique (composés inorganiques et organiques) ou biologique (bactéries, virus...) (**Calamari, D, Naeve, H, 1994**).

Les algues marines sont utilisées comme bio-indicateurs de la contamination métallique à cause de leur capacité d'accumuler ces contaminants.

Notre étude est basée essentiellement sur l'accumulation des éléments traces métalliques chez trois espèces des macro-algues : l'algue brune *Padina pavonica*, et deux Algues vertes *Ulva lactuca* et *Ulva intestinalis*.

L'objectif de travail est d'évaluer la contamination métallique chez trois espèces d'algues, L'étude réalisée a concerné les stations de l'Aouana où l'*Ulva lactuca* a été absente, d'Ouled Bounar et la plage Aouka (troisième plage) où l'*Ulva intestinalis* a été introuvable. Les macroalgues sont minéralisées, puis analysées par spectrométrie d'absorption atomique(SAA), pour évaluer et estimer leur contamination par quatre métaux lourds le plomb, le cadmium, le zinc et le cuivre dans chaque site.

Le travail se résume en trois points essentiels traités successivement après une introduction générale :

- Le premier chapitre est une synthèse bibliographique qui comprend des généralités sur les éléments traces métalliques et le matériel biologique étudié (les algues).
- Le deuxième chapitre est une présentation des trois sites d'échantillonnage, des méthodes de prélèvement et de minéralisations des espèces algales.
- Le troisième et le dernier chapitre comprend les résultats obtenus et leurs discussion.

Enfin, nous finissons par une conclusion générale et des perspectives futures qui termineront ce travail.

Chapitre I :

Synthèse bibliographique

I. Les éléments traces métalliques

I.1 Définition

Le métal est un matériau généralement dérivé du minerai ou d'un autre métal. Il possède un éclat particulier, de bons conducteurs thermiques et électriques, une dureté et une ductilité, il est donc facile à combiner avec d'autres éléments pour former des alliages utilisables dans l'industrie (Gérard M, 2001).

On désigne généralement les éléments traces métalliques comme des éléments métalliques naturels d'une densité supérieure à 5 g / cm³, et tout métal ayant un numéro atomique élevé (généralement supérieur au numéro atomique du sodium) (Z = 11). Les métaux lourds indiqués dans le tableau 1 sont présents dans tous les compartiments environnementaux, mais sont généralement présents en très faibles quantités sous forme de traces. Ce sont des éléments de transition avec des orbitales insaturées, en plus du scandium, du titane et de l'yttrium, ils comprennent également des lanthanides et des actinides (blocs d et f de Mendeleev). De même, parmi les métaux lourds, l'élément central ayant la plus faible électronégativité du bloc p est classé, parmi lesquels le plomb et l'étain (Fourest E, 1993).

Bloc S		<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="width: 15px; height: 15px; background-color: #cccccc; margin-right: 5px;"></div> Métaux lourds de densité > 5 </div>										Bloc p					
H												B	C	N	O	F	He
Li	Be	Al	Si	P	S	Cl	Ar										
Na	Mg	Bloc d										Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Te	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	Ti	Pb	Bi	Po	At	Rn
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Bloc f					
Fr	Ra	Ac															
Lanthanides		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
Transuraniens		Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Cf	Bk	Es	Fm	Md	No	Lr		

I.2 Classification

On peut classer les métaux lourds en deux types : métaux non essentiels à l'organisme et toxiques à faibles doses (métaux toxiques), et éléments métalliques indispensables au fonctionnement de l'organisme appelés oligo-éléments (métaux essentiels).

I.2.1 Métaux essentiels (oligo-éléments)

Sont essentiels au fonctionnement des organismes et plus précisément à la participation aux réactions biochimiques, ils sont appelées « oligo-éléments » (**Huynh, 2009**).

I.2.2 Métaux toxiques

Ces métaux ne sont pas essentiels au fonctionnement de l'organisme mais ils perturbent le fonctionnement des processus métaboliques, et sont préjudiciables dans tous les cas comme le plomb (Pb), le cadmium (Cd) et l'antimoine (Sb) (**Casas, 2005**).

I.3 Les ETM dans l'écosystème aquatique

Dans les écosystèmes aquatiques, les métaux sont divisés en cinq compartiments :

Eau de mer, sédiments, eau interstitielle, solides en suspension et biotope.

Les métaux dans les milieux aquatiques peuvent exister sous forme de complexes, de particules ou de solutions (**Duquesne, 1992**).

Les principaux processus de contrôle de la distribution et de la distribution des métaux lourds sont la dilution, la convection, la dispersion, la sédimentation et l'adsorption / désorption. Cependant, certains processus chimiques peuvent également se produire. Par conséquent, les espèces formées selon diverses formes solubles sont régies par les constantes d'instabilité de divers complexes et les propriétés physiques et chimiques de l'eau (pH, ions dissous, Eh et température) (**Calamari .D, Naeve. H ,1994**).

L'adsorption pourrait être la première étape du processus d'élimination définitive des métaux de l'eau. Au cours de leur distribution dans le milieu, le stockage permanent ou temporaire des métaux se fait dans les sédiments, aussi bien dans les environnements marins que dans les eaux douces. L'activité microbienne et les processus de réduction par oxydation peuvent modifier les propriétés des sédiments et influencer la composition de l'eau interstitielle. Après quoi, les oxydes de fer et de manganèse peuvent être transformés en carbonates ou en sulfures, ce qui entraîne une diminution de la capacité d'adsorption des sédiments. Le retravaillage des sédiments par des organismes ramènera aussi des sédiments en surface, où une fraction appréciable du métal sera libérée (**Calamari .D, Naeve. H ,1994**).

Dans l'environnement aquatique, les métaux lourds subissent de nombreuses transformations : réduction par processus biochimique interposé, méthylation, déméthylation et oxydation d'espèces de métaux isolées. Des réactions redox peuvent aussi faciliter certaines transformations. Les processus biochimiques sont effectués par des micro-organismes et par

des algues. D'après **Jernelöv (1975)**, la méthylation du mercure se produit quand des micro-organismes arrivent en contact avec des ions mercure alors qu'ils consomment des substances organiques. Cela vaut peut-être aussi pour As, Sn et Pb.

Les métaux lourds sont absorbés tant par la faune que par la flore. Cette absorption pourrait provoquer une augmentation de la concentration du métal dans l'organisme. Si la phase d'excrétion est lente, il peut en résulter un phénomène d'accumulation biologique. Il a été démontré que quelques métaux, comme le mercure, subissent une amplification biologique au cours de leur progression dans la chaîne alimentaire (**Calamari .D, Naeve. H ,1994**).

1.4 Sources des ETM

Les métaux lourds dans l'environnement aquatique proviennent de sources naturelles et de sources anthropogènes. Ils peuvent être entrés soit de déversements directe dans les écosystèmes marins et dans les eaux douces, soit d'un indirectement dans le cas des décharges sèches et humides et du ruissellement agricole.

L'activité volcanique, l'altération des continents et les incendies de forêts ; parmi les importantes sources naturelles. La contribution des volcans peut se présenter sous forme d'émissions volumineuses mais sporadiques dues à une activité explosive, ou d'émissions continues de faible volume, résultant notamment de l'activité géothermique et du dégazage du magma (**Zoller, 1984**).

Les principales sources de mercure atmosphérique, par exemple, proviennent du dégazage des terres et des océans (**GESAMP, 1988**).

Pour les sources anthropiques , citons les effluents d'extractions minières, effluents industriels , Effluents domestiques et ruissellements orageux urbains, lessivage de métaux provenant de décharges d'ordures ménagères et de résidus solides, apports de métaux provenant de zones rurales, par exemple métaux contenus dans les pesticides, sources atmosphériques par exemple combustion de carburants fossiles, incinération des déchets et émissions industrielles, activités pétrochimiques . (**C. Biney, et al, 1992**)

Le tableau 2 présente quelques exemples de sources industrielles et agricoles des métaux présents dans l'environnement.

Tableau 1 : Sources industrielles et agricoles des métaux présents dans l'environnement (Calamari, D ; Naeve, H ,1994).

Utilisations	Métaux
Batteries et autres appareils électriques	Cd, Hg, Pb, Zn, Mn, Ni
Pigments et peintures	Ti, Cd, Hg, Pb, Zn, Mn, Sn, Cr, Al, As, Cu, Fe
Alliages et soudures	Cd, As, Pb, Zn, Mn, Sn, Ni, Cu
Biocides (pesticides, herbicides ...)	As, Hg, Pb, Cu, Sn, Zn, Mn
Agents de catalyse	Ni, Hg, Pb, Cu, Sn
Verre	As, Sn, Mn
Engrais	Cd, Hg, Pb, Al, As, Cr, Cu, Mn, Ni, Zn
Matières plastiques	Cd, Sn, Pb
Produits dentaires et cosmétiques	Sn, Hg
Textiles	Cr, Fe, Al
Raffineries	Ni, V, Pb, Fe, Mn, Zn
Carburants	Ni, Hg, Cu, Fe, Mn, Pb, Cd

1.5 Caractéristiques des ETM

1.5.1 Toxicité des ETM

La toxicité des métaux lourds est due essentiellement à :

- Leur non-dégradabilité.
- Leur toxicité à faible concentration.
- Leur tendance à s'accumuler dans les organismes vivants et à se concentrer le long des chaînes trophiques.

La toxicité d'un élément métallique dans l'environnement dépend de la forme chimique sous laquelle il existe. On peut citer comme exemple, le cas du Mn^{2+} et de l'As qui sont plus toxiques que le Mn et l'As²⁻. L'une des caractéristiques de la toxicité des métaux est leur pouvoir de former des ligands. La disponibilité et la toxicité dépendent de la concentration des ions libres de l'élément, ainsi que de la concentration totale du métal ou de celle du complexe du métal. (Morgan J et al, 1991 ; Geldmacher-von et al, 1991).

I.5.1.1 Toxicité pour les végétaux

Les métaux lourds absorbés par les végétaux provoquent une inhibition de la croissance, s'accompagne très souvent de nombreux indices de mal fonctionnement, citons : chlorose foliaire, importantes lésions nécrotiques, jaunissement progressif, repliement ou dessèchement du feuillage (**Remon, 2006**).

I.5.1.2 Toxicité pour l'homme

Les métaux lourds peuvent atteindre l'homme par passage à travers la peau, ingestion ou par inhalation. Ils se stockent principalement dans les os, le foie, les reins, et le cerveau. Chez l'homme ils peuvent affecter le système nerveux, les fonctions rénales, hépatiques, respiratoires. Certains comme le cadmium, l'arsenic, le nickel et le chrome sont cancérigènes. (**Anfossi et al, 1997 ; Laurene I, 2015**)

I.5.2 Propriétés physico-chimiques

Les métaux lourds ont les propriétés physiques générales des métaux (bonne conductivité thermique et électrique). Ils sont très positifs et libèrent des cations métalliques avec des charges différentes lorsqu'ils perdent des électrons. Ces cations métalliques à haute densité de charge et propriétés électrophiles peuvent former des liaisons ioniques, des liaisons covalentes ou des liaisons intermédiaires avec des ligands, et produire des complexes plus ou moins stables (**Diard P, 1996**).

I.6 Bioaccumulation, bioamplification et bioconcentration

La bioaccumulation : signifie l'assimilation de polluants dans un organisme avec l'augmentation de la concentration dans le temps et devient plus élevée à celle dans l'environnement immédiat, alors que la bioamplification consiste à la concentration d'une substance le long d'une chaîne trophique via l'absorption des substances provenant des nutriments, enfin, la bioconcentration se définit par l'absorption directe de substances présentes dans l'environnement par le biais de tissus ou d'organes (**Markert, 2008 ; Amiard, 2011**).

1.7 Biodisponibilité

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

1.8 Les ETM étudiés

1.8.1 Le cadmium (Cd)

Il fait partie des éléments traces métalliques dits non essentiels, il provoque des dysfonctionnements du système rénal, hépatique, gastro-intestinal et reproductif des êtres vivants, il provient aux milieux côtiers en partie du compartiment atmosphérique (fumées et poussières des fonderies, des produits de l'incinération des matériaux recouverts de cadmium) et provient d'autre part des lessivages des terrains agricoles renfermant des engrais). Sa demi-vie biologique peut aller de 10 à 30 ans (**Amiard et al, 1987 ; Nriagu et Pacyna, 1988 ; Turkmen et al, 2005 ; Miquel, 2001**).

1.8.2 Le plomb (Pb)

Fait partie des ETM (Eléments en Traces Métalliques) non essentiels, Il peut être bio-amplifié dans les systèmes biologiques devenant un potentiel contaminant pour les différents maillons trophiques. Dans l'environnement, le plomb est majoritairement présent dans le compartiment atmosphérique et provient des fonderies, des industries de la métallurgie, de la combustion du charbon, de l'incinération des déchets et des gaz d'échappement des véhicules. Le flux le plus important de plomb à l'océan provient de l'atmosphère (**Amiard et al, 1987 ; Miquel, 2001 ; Turkmen et al., 2005 ; Gagneux-Moreaux, 2006**).

1.8.3 Le zinc (Zn)

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 (**Hemalatha et al, 2006 ; Lafabrie, 2007**).

1.8.4 Le cuivre (Cu)

Le cuivre est un oligo-élément essentiel et participe à de multiples fonctions physiologiques. La toxicité vis-à-vis des organismes marins dépend de la forme chimique du cuivre et de son état d'oxydation. Cet élément trace entre dans la composition de nombreux produits phytosanitaires, il se retrouve par conséquent dans le milieu marin et est à l'origine de perturbations au niveau des espèces. Le cuivre dans les écosystèmes côtiers provient essentiellement du rejet des eaux

usées urbaines et industrielles (métallurgie, chimie) et du lessivage des sols agricoles (**Nakhlé, 2005**).

II. Présentation du matériel biologique

II.1 Définition

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. Certaines sont microscopiques et d'autres mesurent plusieurs mètres de longueur, mais elles ont toutes des caractères communs. Elles sont essentiellement aquatiques dans les eaux douces ou marines, et certaines vivent sur la neige ou la glace des régions polaires et des hautes montagnes. D'autres au contraire supportent dans les eaux des sources thermales des températures élevées (algues thermophiles). Elles comprennent 20 000 à 30 000 espèces dans le monde, soit 18% du règne végétal (**F. Ramade, 2009**)

II.2 Classification des algues

La classification utilisée il y a quelques années est basée sur la pigmentation. On se contentera de distinguer les algues les plus fréquentes d'après leur équipement pigmentaire et non leur couleur, de nombreuses algues de couleur vert-jaunâtre étant des algues brunes (J. Prunier). Les algues rassemblent des organismes procaryotes, des eucaryotes, d'autres groupes à espèces unicellulaires ou pluricellulaires et enfin des végétaux assez proches des plantes terrestres les « algues vertes » qui comprennent entre autres les Ulvophycées (**Quero, J.C et Vayne, J.J, 1998 ; Reviere, 2003**)

Trois types d'algues sont identifiés en fonction de leur couleur :

II.2.1 Les algues vertes (Chlorophycées)

Elles sont de formes très variées, uni-ou pluricellulaires. Leurs plastes sont colorés en vert par les chlorophylles a et b, auxquelles sont associés des carotènes et des xanthophylles. La photosynthèse permet la formation d'amidon, comme pour les plantes supérieures, la plupart des algues vertes vivent en eau douce ou en milieux marins, mais certaines espèces peuvent également se développer sur terre. Elles jouent un rôle important dans l'oxygénation des eaux, favorisant ainsi la vie animale (**Garon-Lardiere, 2004**).



Figure 1 : Photo d'algues vertes (Ulvales, Chlorophyta) formant une marée verte (**Audrey Robic, 2008**)

II.2.2 Les algues brunes (Phéophycées)

La couleur brune de ces algues résulte de la dominance du pigment xanthophylle, la fucoxanthine, qui masque les autres pigments (chlorophylle a et c, ainsi que le bêta-carotène). Toutes possèdent une structure pluricellulaire, mais leurs dimensions varient depuis les éléments microscopiques jusqu'aux très grands spécimens. La grande majorité des algues brunes sont marines (**Garon-Lardiere, 2004**).



Figure 2 : Photo d'un champ d'algues brunes (*Laminaria digitata*) émergé à marée basse (**Photothèque CNRS, 2008**)

II.2.3 Les algues rouges (Rhodophycées)

Les rhodophytes ou algues rouges forment un groupe très diversifié. Ces algues doivent leur couleur à la présence de plastes roses dans lesquels un pigment rouge, la phycoérythrine, est associé à plusieurs autres pigments dont les chlorophylles. La plupart de ces algues rouges sont pluricellulaires et marines, mais il existe quelques formes unicellulaires et quelques-unes vivent également en eau douce. Les algues rouges sont divisées en deux groupes : celui des Bangiophycées (qualifiées de primitives) et celui des Floridéophycées (plus complexes). Elles se distinguent généralement par leur cycle de reproduction particulièrement complexe (**Garon-Lardiere, 2004**).



Figure 3 : Photo d'algues rouges (**ecologie.ma, 2012**)

II.3 Écologie et la répartition

Les algues occupent une bonne partie du globe. Pour vivre, il leur faut de la lumière et de l'eau (voire des lieux humides). Si la plupart vivent dans les océans, où elles constituent près de 90% des végétaux, elles colonisent aussi les eaux douces, les milieux aériens et elles peuvent collaborer avec d'autres organismes donnant naissance à des symbioses comme les lichens. Nous développerons surtout les algues marines. La répartition des algues est fonction de la latitude et de la qualité des eaux (**Hortense. F, 2011**).

II.4 Facteurs de répartition des algues

Les algues sont liées à l'eau et peuvent dès lors s'installer dans tous les types d'habitat suffisamment humides et éclairés. On peut les retrouver en eau douce, en mer, sur sol humide et même sur la neige. Les algues étant photosynthétiques, elles sont dépendantes de la présence de la lumière. Aussi, les algues nécessitent d'être fixées à un substrat, par conséquent, la texture, le degré de cohésion et la nature chimique du substrat ont une importance sur la répartition spatiale des espèces (Olivier. A, 2005).

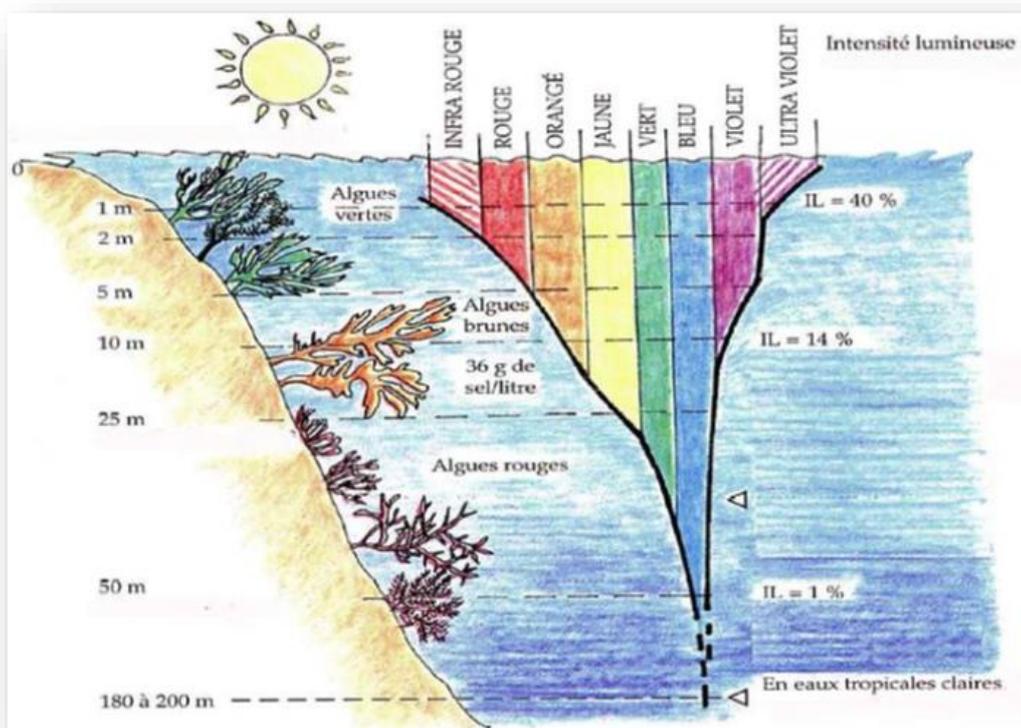


Figure 4 : La répartition des macroalgues (Leclerc et Floc'h, 2010).

II.5 Reproduction des algues

Dans de très nombreux cas, la reproduction des algues s'effectue par multiplication végétative. Il s'agit d'une multiplication sexuée qui consiste 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. 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) (Garon-Lardiere, 2004).

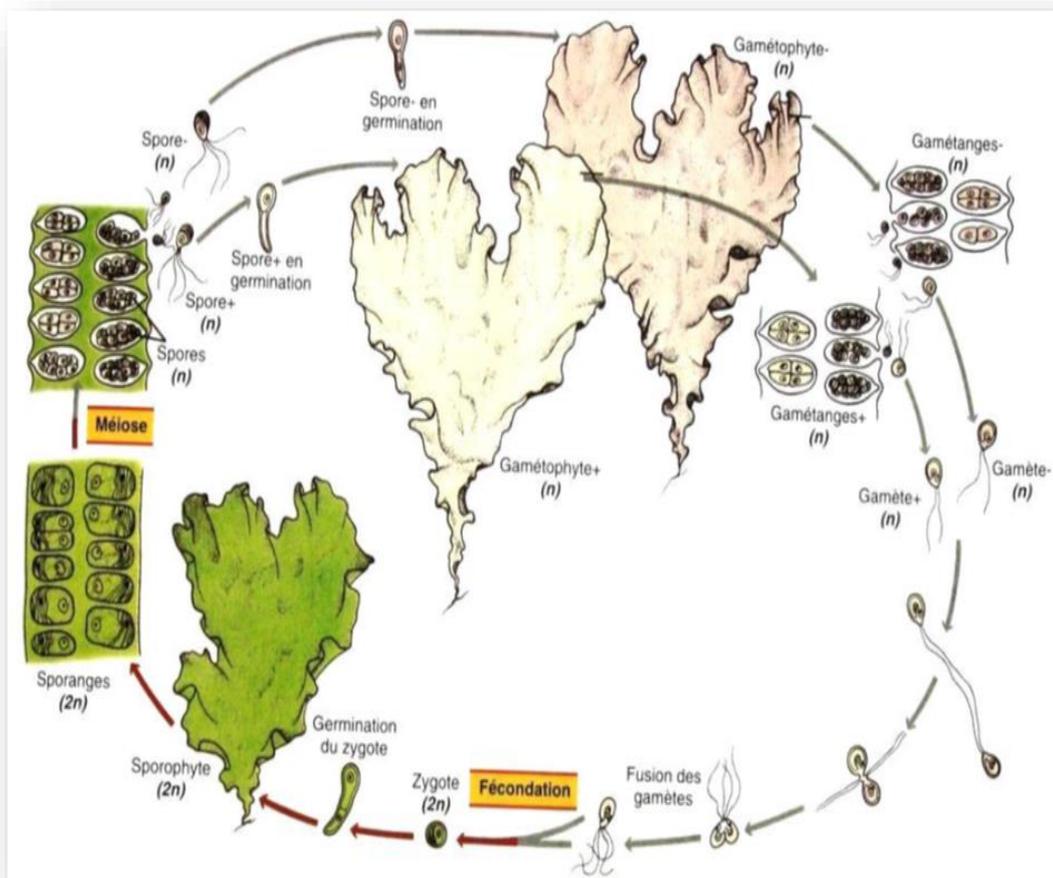


Figure 5 : Reproduction d'une algue verte (*Ulva lactuca*)

II.6 L'utilisation des macroalgues

Les organismes marins sont une source de produits naturels structurellement uniques et de grande valeur, ayant des activités pharmacologiques et biologiques très variées.

II.6.1 Utilisations des macroalgues en agriculture

Les algues sont principalement utilisées dans la fabrication d'aliments pour le bétail ou comme des engrais, qui permettent de retenir l'eau dans le sol, d'améliorer sa texture, de maintenir et d'enrichir le sol par des traces de métaux (Cu, Co, Zn, Mn, Fe, N) et de fournir un renforcement des défenses naturelles des plantes contre certains pathogènes des cultures, une augmentation de taux de croissance et de germination des graines, une bonne résistance aux stress biotiques et abiotiques, une amélioration de l'absorption des nutriments, un changement dans la

composition des tissus des plantes et un développement plus profond des racines (**Lakhdar, 2018 , Betit et Chiha, 2019**).

II.6.2 Utilisations des macroalgues en cosmétiques

Les métabolites dérivés d'algues ont été répertoriés comme actifs dans les soins antiâges de la peau, amincissant, antioxydant, photoprotecteur et hydratant. Plusieurs espèces d'algues appartenant à différents groupes sont utilisées en cosmétologie (**Lakhdar, 2018**).

II.6.3 Utilisations des macroalgues en domaine pharmaceutique

Les macroalgues occupent une place importante en tant que source de composés biomédicaux. Environ 2 400 produits naturels ont été isolés à partir d'algues marines.

L'alginate est utilisé comme agent désintégrant et dispersant et dans la fabrication de compresse et comme principe actif de médicament. En industrie pharmaceutique, les algues et leurs produits sont utilisées pour le développement de nouveaux médicaments contre le cancer, l'inflammation et les infections microbiennes (**Betit et Chiha, 2019**).

II.6.4 Utilisations des macroalgues dans le domaine Environnemental

L'utilisation des populations de macroalgues à grande échelle peut fournir des technologies nouvelles et rentables pour la réduction de la diffusion des contaminants d'origine hydrique comme les métaux lourds, les bactéries pathogènes, les virus, etc. Les algues constituent un moyen potentiel pour la restauration de la croissance des cultures sous stress abiotique grâce à leurs composants chimiques et leur valeur nutritionnelle ainsi qu'aux propriétés physiques de leurs polysaccharides qui améliorent la structure du sol (**Memory, 2006, Chouikhi, 2013**).

II.7 Les algues comme bio-indicateurs

Un bio-indicateur désigne des espèces végétales ou animales qui par suite à leur particularités biologiques sont l'indice précoce (organismes sentinelles) de modifications abiotiques ou biotiques de l'environnement dues à tel ou tel type de l'action humaine.

Les algues sont des indicateurs biologiques car elles présentent plusieurs avantages intrinsèques :

- Elles sont benthiques, elles peuvent donc servir à caractériser les conditions environnementales intégrées à un lieu pendant une période.
- Il est généralement facile de cueillir des quantités suffisantes dans divers habitats.
- Elles accumulent directement les composés présents dans l'eau de mer ce qui fait de l'analyse des tissus un indicateur fiable de la qualité de l'eau, et évite les difficultés logistiques souvent associés aux échantillonnages représentatifs et comparatifs de l'eau de mer .L'étude faites par, a montré que les macro-algues peuvent être un outil puissant en bio-monitoring pour évaluer

les tendances spatiales et temporelles des métaux et radionucléides contaminants le secteur côtiers au Maroc. Selon, les espèces de macro-algues suivantes : *Ulva laetevirens*, *Enteromorpha intestinalis*, *Gracilaria verrucosa*, ont été utilisées pour surveiller les concentrations des métaux (Al, Mn, Fe, Zn, Cr, Co, Ni et Cd), dans les eaux de bassin sud de la lagune de Venise. La bio-indication éco-toxicologique repose sur un processus écologique très important : la bioaccumulation ou la bioconcentration (**Ramade, 2002 ; Favero et Frigo, 2002 ; Wariaghli et al, 2004 ; Gobat et al, 2010 ; Benkdad et al, 2011**).

II.8 Accumulation des éléments traces métalliques par les algues :

Les divers organismes marins ont la capacité d'accumulation des métaux lourds. Le processus de la bio-magnification commence avec l'accumulation du métal par les produits végétaux comme les planctons microscopiques, et espèce végétale macroscopique tel que les algues (**Gaudry et al, 2007**). L'évaluation intégrale du niveau de la pollution de métaux lourds des eaux côtières peut être faite en employant les organisations d'indicateur, en particulier les algues, qui accumulent des polluants proportionnellement à leur concentration environnementale (**Chernoal et al, 2002**).

Les bio-indicateurs sont définis comme organisations qui fournissent l'évidence de l'exposition de contaminant par leur présence ou absence, la fréquence de l'occurrence, ou la variation physiologique ou comportementale. Pendant que les bio-indicateurs sont devenus généralement utilisés, plusieurs critères ont été établis pour s'assurer que des organisations appropriées sont employées. Les algues possèdent une capacité agglutination élevée, le métal avec la paroi cellulaire jouant un rôle important en liant (**Murphy et al, 2007**). C'est dû à la présence de divers groupes fonctionnels tels que les groupes carboxyliques (-COOH), aminés (NH₂), de sulfate (-SO₃H) et d'hydroxyle (-OH), dans les polysaccharides marines d'algues est responsable du métal impressionnant prise par les algues marines (**El Nemr et al, 2011**).

Les mécanismes principaux de lier incluent des interactions ioniques et la formation complexe entre les cations en métal et les ligands sur la surface des algues. Biosorption peut être basée sur un ou plusieurs des mécanismes suivants : adsorption d'échange ionique et physique, complexation et précipitation. Ces mécanismes peuvent différer quantitativement et qualitativement selon le type de la biomasse, de son origine et du traitement à ce qu'il a été soumis (**Murphy et al, 2007**).

II.9 Facteurs influençant l'accumulation des métaux lourds

La capacité d'algues d'accumuler des métaux dépend d'une série de facteurs, deux les plus appropriés qui sont disponibilité biologique des métaux dans l'eau environnante et de la capacité de prise des algues. La prise est actuellement considérée comme avoir lieu de deux manières : Le premier est une réaction extérieure dans laquelle des métaux sont absorbés par les surfaces d'algues par l'attraction électrostatique aux emplacements de négatifs. C'est indépendant des facteurs influençant le métabolisme tel que la température, la lumière, le pH, mais elle est influencée par l'abondance d'éléments relative dans l'eau environnante. Ceci semble être le mécanisme principal de prise pour le Zn. La seconde est une prise active plus lente dans laquelle des ions en métal sont transportés à travers la membrane de cellules dans le cytoplasme. Cette forme de prise dépend des processus métaboliques (elle semble être l'appropriée pour le Cu, le manganèse, le Se et le Ni), et elle est sujette à des variations dues aux changements de la température, de la lumière. Il est également à noter que les changements et la croissance physiologiques puissent affecter des concentrations des métaux dans le tissu macro-algal. Les concentrations sont généralement basses en été quand les taux de croissance sont hauts et les métaux accumulés sont dilués, et haut en hiver où les processus métaboliques ralentissent. En outre, la mobilisation des métaux du sédiment dans les domaines couverts par des grands nombres de macro-algue a pu contribuer à leur accumulation. Quelques espèces peuvent absorber des éléments directement du sédiment (par les racines, dans lesquelles les concentrations en métal sont beaucoup plus hautes que dans la colonne d'eau) (**Besada et al, 2009**).

Chapitre II : Matériel et méthode

I. Présentation des sites d'étude

I.1 Situation géographique de la wilaya de Jijel

La wilaya de Jijel se situe au Nord-est Algérien. Elle est ouverte sur une façade maritime de 120 km et occupe une superficie de 24 000 km². Jijel est Située à 300 km de l'Est de la capital Alger, la wilaya de Jijel est limitée au nord par la mer Méditerranée à l'ouest par la wilaya de Béjaïa, à l'Est par la wilaya de Skikda, au sud-ouest la wilaya de Sétif, au sud par la wilaya de Mila (Andi, 2012).



Figure 6 : localisation de la wilaya de Jijel (Google Earth 2021)

I.2 Climat

La région de Jijel est considérée parmi les régions les plus pluvieuses d'Algérie. Elle est caractérisée par un climat méditerranéen, pluvieux et froid en hiver, chaud et humide en été. Les températures varient entre 20C° et 35C° en été à 5C° à 15C° en hiver. La saison de pluie dure environs 6 mois. Les vents dominants soufflent généralement de la mer vers le continent (Andi, 2013).

I.2.1 Vent

Le régime des vents, au cours de la saison hivernale, la vitesse maximale du vent varie entre 20.3 m/s au mois de Décembre et 17.8 m/s au mois de Mars. Pour la saison estivale, la vitesse maximale du vent varie entre 14.9 m/s au mois, d’Août et 18.2 m/s au mois de Septembre (Bouketta, 2012).

I.2.2 Précipitation

En hiver elle a enregistrées une quantité plus élevé de pluies les mois les plus pluvieux sont respectivement : novembre, décembre, février, et les précipitations minimale sont observé en été alors que les mois les plus secs sont : juillet, juin, août, le (Tableau 03).

Tableau 2 : Moyennes mensuelle des précipitations en mm [2019_2020] (O.N. M d’EL Achouat).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	juil	aout	Sep	Oct	Nov	Déc
P (mm)	134	114	98	91	67	21	4	17	66	92	137	141

Tandis que P : est moyennes mensuelle des précipitations en mm

I.2.3 Température

D’après le tableau, les valeurs mensuelles les plus élevées sont observées durant la saison estivale, les mois de Juillet et Août avec 25.8 et 26.3. Tandis que les moyennes les plus basses sont relevées durant la saison hivernale, les mois du Janvier et Février (11.3°C) le (Tableau 04).

Tableau 3 : Moyennes mensuelle de la température [2019_2020] (O.N. M d’EL Achouat).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	juil	aout	Sep	Oct	Nov	Déc
T°C	11.3	11.3	13.4	15.6	18.6	22.6	25.8	26.3	23.5	20.5	15.5	12.5

II. Prélèvement des échantillons

II.1 Choix des stations de prélèvement

Dans le cadre d’évaluer l’état de contamination métallique des algues du littoral Jijilien, le choix des stations est basé sur la présence des algues et potentiellement sur leur proximité des sources

de contamination et de pollution. Trois stations de prélèvement ont été retenues représentant la partie ouest (Ouled Bounar et Aouana) et la partie Est du littoral Jijelien (Troisième kilomètre ou la plage Aouka). Les trois sites ont fait l'objet de prélèvement d'échantillons d'*Ulva lactuca*, d'*Ulva intestinalis* et de *Padina pavonica* durant les deux mois Avril et Mai de l'année 2021.

- **Station1** : Ouled Bounar (Figure 07) La plage mesure plus de 200 mètres de long et 33 mètres de large. La protection civile y est présente et la baignade y est autorisée. Elle est délimitée par le village d'Oued Bounar au sud. Elle est située à 4 kilomètres du centre-ville de Jijel. La route nationale N43 passe à une centaine de mètres de là. Marque une grande diversité d'espèce d'algues avec une abondance de l'espèce (*Padina pavonica*).



Figure 7 : Localisation de la plage Ouled Bounar (Google earth 2021)

- **Station2** :Troisième Kilomètre (Figure 08) situé à environ 3 km à l'Est du chef-lieu de la wilaya de Jijel. Cette station reçoit des eaux usées, des déchets solides, des matières plastiques et organiques. Marque une grande diversité d'espèce d'algues avec une abondance de l'espèce (*Ulva lactuca*).

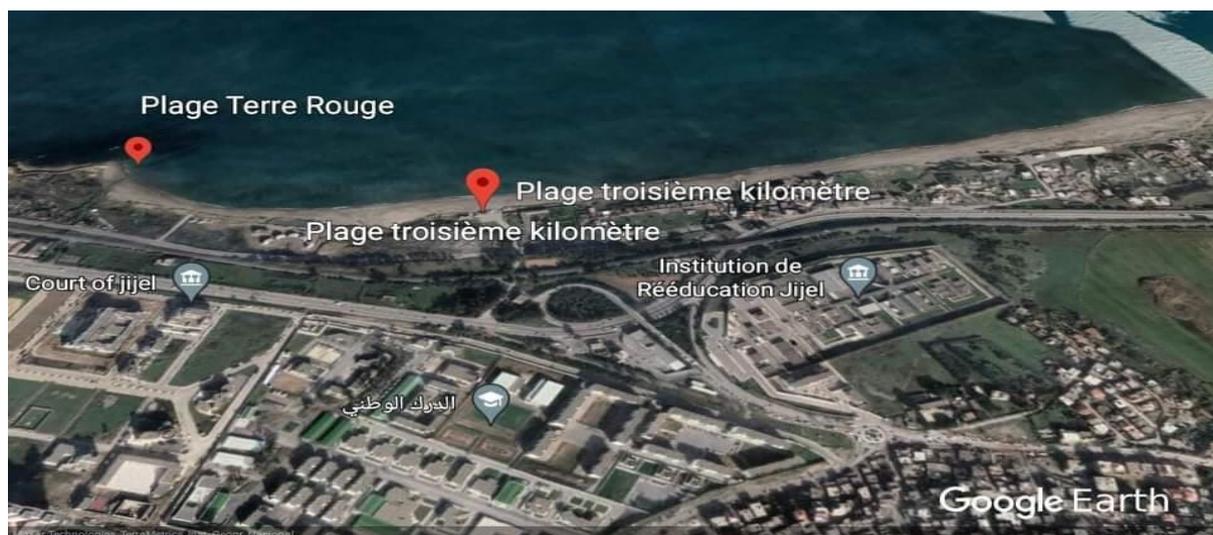


Figure 8 : Localisation de la plage Troisième kilomètre (Google earth 2021)

- **Station3** : El Aouana (Figure 09), situé à environ 20 km du chef-lieu de la wilaya de Jijel. Cette station reçoit des eaux usées urbaines de la ville de l'Aouana, des déchets solides. Cette station connaît aussi des travaux de réalisation du nouveau port qui provoque une grave perturbation du milieu, et engendre beaucoup de rejets tels que les huiles et les hydrocarbures. Marque une grande diversité d'espèce d'algues avec une abondance de l'espèce (*Ulva intestinalis*).



Figure 9 : Localisation da la plage el Aouana (Google earth 2021)

II.2 Choix des espèces d'étude

Les algues ont été choisies pour pouvoir quantifier les éléments métalliques, le choix s'est porté sur deux algues Vertes et une algue brune successivement : *Ulva lactuca* ; *Ulva intestinalis* et *Padina pavonica*.

➤ *Ulva lactuca*

Ulva lactuca (Figure 10) est une algue verte foliacée d'un vert brillant ou jaune clair, qui vit fixée par un très petit disque de fixation, surmonté d'un stipe très court. Elle est formée d'un thalle mince et aplati, souvent lobé, ne comportant que deux couches de cellules, possédant chacune un seul chloroplaste. Elle peut atteindre 1 mètre de longueur dans les eaux riches en matières organiques. L'Ulve pousse généralement au niveau de l'étage médio littoral supérieur à l'infra littoral, jusqu'à 10 mètres de profondeur (Gayral, 1975 ; Julien, 2010).

La systématique :

Embranchement : Chlorophyta

Classe : Ulvophyceae

Ordre : Ulvales

Famille : Ulvaceae

Genre : *Ulva*

Ulva lactuca (Linné, 1753)



Figure 10 : *Ulva lactuca*

➤ *Ulva intestinalis*

Ulva intestinalis (Figure 11) est une algue de couleur verte claire, de longueur variant de quelques centimètres jusqu'à 1m de largeur allant de 1mm à 10cm. Elle est fixée par un stipe atténué s'élargissant vers le haut en un tube boursoufflé intestin forme simple ou avec des proliférations basales semblables à la fronde principale. Elle est récoltée au niveau médiolittoral. Elle est Cosmopolite (Benyahia Djamil, Dadouche Amira ; 2019).

La systématique :

Embranchement : Chlorophyta

Classe : Ulvophyceae

Ordre : Ulvales

Famille : Ulvaceae

Genre : Ulva

Espèce : *Ulva intestinalis* (Linné, 1753)



Figure 11 : *Ulva intestinalis*

➤ *Padina pavonica*

Padina pavonica (Figure 12) est une algue brune de la famille de Pheophyceae. Le thalle haut est en forme d'une lame en éventail zoné de 5 à 10 cm, à marge ciliée, blanche et brune, incrustée de calcaire, munie d'un court pédoncule. La lame est souvent enroulée en cornet avec des stries concentriques. La surface thalle est ornée de fines rangées concentriques de poils. Elle pousse en abondance dans la méditerranée. Cette algue est abondante de juin à septembre, sur la côte de la surface jusqu'à 60 m sous le niveau de la mer (Bergbauer, Humberg, 2000 ; Mojetta, 1995)

La systématique :

Embranchement : Ochrophyta

Classe : Phaeophyceae

Ordre : Dictyotales

Famille : Dictyotaceae

Genre : Padina

Espèce : *Padina pavonica* (Linné, 1960)



Figure 12 : *Padina pavonica*

II.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 ainsi que sur leur disponibilité, quatre métaux ont été retenus pour notre étude : le Plomb, le Cadmium, le Cuivre et le Zinc.

II.4 Stratégie d'échantillonnage

Les échantillons d'algues ont été prélevés au cours du mois d'Avril et de Mai 2021.

- Le prélèvement effectué dans la station (Ouled Bounar) pour les échantillons : *Padina pavonica* ; *Ulva lactuca* et *Ulva intestinalis*.
- Le prélèvement effectué dans la station (Troisième) nous a permis de récolter : *Padina pavonica* et *Ulva lactuca*.
- Le prélèvement effectué dans la station (Aouana) nous a permis de récolter : *Padina pavonica* et *Ulva intestinalis*.

II.5 Préparation des échantillons biologiques

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.

Dès l'arrivée des échantillons au laboratoire, les algues ont été triés selon l'espèce, rincés par l'eau de robinet, puis à l'eau distillée ensuite elles ont été mises à sécher à l'air libre et à l'abri de la lumière. Les algues séchées sont ensuite broyées pour obtenir une poudre fine qui sera utilisée ultérieurement.

II.6 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 minérales 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 organique. Il existe plusieurs méthodes de minéralisation comme la minéralisation par voie sèche ou par voie humide (**Amiard et al, 1987**).



Photo 13 : Le minéralisateur

Les extraits des algues sont préparés selon la méthode décrite par (**Hoening et al ; 1979**) : qui consiste en une digestion acide.

Les étapes de la minéralisation sont comme suit :

- A. Peser 1 g de l'échantillon (poudre).
- B. Ajouter 3ml d'eau oxygénée H_2O_2 à 30 volumes.
- C. Ajouter 1 ml d'acide sulfurique H_2SO_4 et 3ml d'acide nitrique HNO_3 .
- D. L'ensemble est mis dans un nid chauffant à 75° pendant 15 min jusqu'à l'ébullition.
- E. Refroidir et rincer du réfrigérant par quelques millilitres d'eau déminéralisée, le contenu est filtrés sur papier filtre à vitesse moyenne de filtration dans une fiole de 50 ml.
- F. Le minéralisât obtenu et mis dans des flacons opaques et étiquetés puis conservés à basse température en attendant l'analyse au Spectrophotomètre d'Absorption Atomique (SAA)



(A)



(B)



(C)



(D)



(E)



(F)

Photo 14 : Protocole de la minéralisation

II.7 Dosage des métaux lourds

Le dosage des métaux lourds dans nos échantillons a été réalisé au niveau du laboratoire d'Ecotoxicologie de la Faculté des sciences de la nature et de la vie de l'Université de Jijel. L'appareil utilisé est un spectrophotomètre d'absorption atomique « AA-6200 » (Figure 15). C'est une méthode spectrale qui permet la détection de faibles teneurs de métaux et éléments minéraux dans les solutions.



Photo 15 : Spectromètre d'absorption atomique

Chapitre III :

Interprétation des résultats

Et discussions

I. Résultats et interprétations

Notre étude est une contribution à l'évaluation de la contamination métallique par quatre métaux lourds (Pb, Cd, Cu, Zn) chez trois espèces d'algues (*Padina pavonica*, *Ulva lactuca* et *Ulva intestinalis*), récoltées dans trois sites du littoral jijilien, Ouled Bounar, Troisième kilomètre et Aouana durant les mois d'Avril et Mai 2021.

Teneur métallique par poids sec est la teneur du métal considérée dans l'échantillon, elle est calculée par la formule suivante :

$$\text{Teneur du métal en } \mu\text{g/g poids sec} = \frac{\text{Concentration du métal } (\mu\text{g/l}) * \text{volume de l'échantillon(l)}}{\text{Le poids sec de l'échantillon en (g)}}$$

Tableau 4 : Tableau récapitulatif présentant les teneurs en éléments traces métalliques (Pb ; Cd, Zn, Cu) exprimées en ppm ou en $\mu\text{g/g}$ dans les algues brunes et les algues vertes dans les trois stations.

		Plomb	Cadmium	Cuivre	Zinc
Valeurs obtenues dans la station « Ouled Bounar »	<i>Padina pavonica</i>	0,00545	0,00008	0,00491	0,00052
	<i>Ulva lactuca</i>	0,00818	0,00059	0,00409	0,00128
	<i>Ulva intestinalis</i>	0,00954	0,00067	0,00756	0,00084
Valeurs obtenues dans la station « Troisième »	<i>Padina pavonica</i>	0,03272	0,00052	0,00566	0,00128
	<i>Ulva lactuca</i>	0,00545	0,00059	0,00327	0,00223
Valeurs obtenues dans la station « Aouana »	<i>Padina pavonica</i>	0,00886	0,00074	0,00457	0,03241
	<i>Ulva intestinalis</i>	0,00614	0,00319	0,00545	0,04505

I.1 Variation des teneurs métalliques chez les espèces récoltées dans la Station « Ouled Bounar »

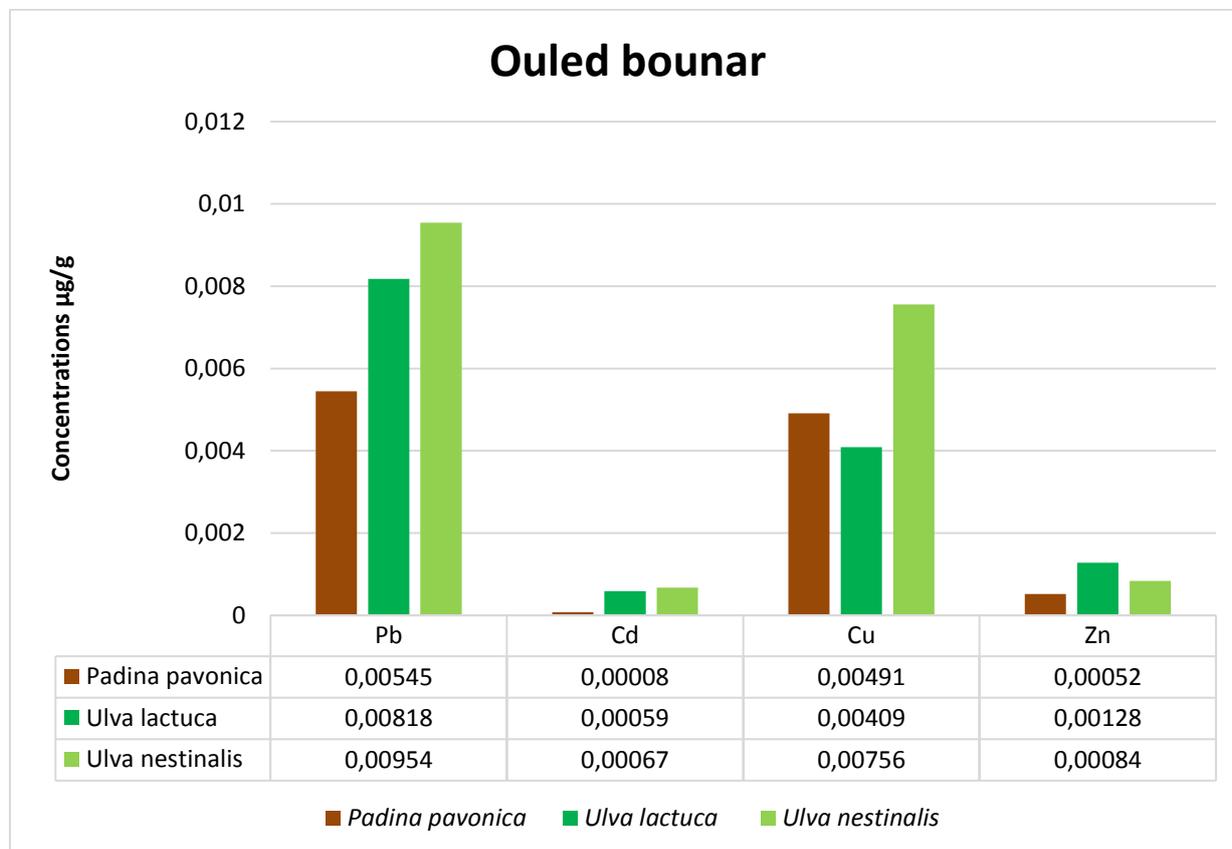


Figure 16 : Teneurs métalliques exprimées en ($\mu\text{g/g}$) des quatre métaux (Cd, Pb, Cu, Zn) chez *Padina pavonica*, *Ulva lactuca* et *Ulva intestinalis* de la station « Ouled Bounar ».

D'après les résultats obtenus (tableau 5 et figure 16), nous constatons que les concentrations des métaux lourds accumulées dans les espèces *Padina pavonica*, *Ulva lactuca* et *Ulva intestinalis* dans la station d'Ouled Bounar ont marqué une variabilité d'une espèce d'algue à une autre et en fonction des quatre métaux (Pb, Cd, Cu, Zn).

- Pour le plomb : on note une différence de l'accumulation de ce dernier chez les trois espèces, où la teneur la plus élevée a été enregistrée chez *Ulva intestinalis* qui est de l'ordre de ($0,00954 \mu\text{g/g}$) suivie par celle d'*Ulva lactuca* à l'ordre de ($0,00818 \mu\text{g/g}$), mais la plus faible teneur a été marquée chez *Padina pavonica* à l'ordre de ($0,00545 \mu\text{g/g}$).
- Pour le cuivre : nous avons également marqué des différences de l'accumulation de ce métal par les trois espèces où leurs teneurs sont classées de la plus forte à la plus faible

comme suit : *Ulva intestinalis* à l'ordre de (0,00756µg/g), *Padina pavonica* à l'ordre de (0,00491) et enfin *Ulva lactuca* à l'ordre de (0,00409µg/g).

- Pour le Zinc : les différences de l'accumulation de ce dernier par les trois espèces sont aussi présentées dans le tableau 5 et la figure 16 où la plus forte teneur a été enregistrée chez l'*Ulva lactuca* à l'ordre de (0,00128µg/g), *Ulva intestinalis* (0,00084µg/g) et *Padina pavonica* qui a marqué la plus faible concentration à l'ordre de (0,00052µg/g).
- Pour le Cadmium : on note des différences de l'accumulation de ce métal par les trois espèces, où leurs teneurs moyennes sont classées de la plus forte à la plus faible comme suit : *Ulva intestinalis* à l'ordre de (0,00067µg/g), *Ulva lactuca* à l'ordre de (0,00059µg/g) et enfin *Padina pavonica* à l'ordre de (0,00008µg/g).

I.2 Variation des teneurs métalliques chez les espèces récoltées dans la Station troisième kilomètre

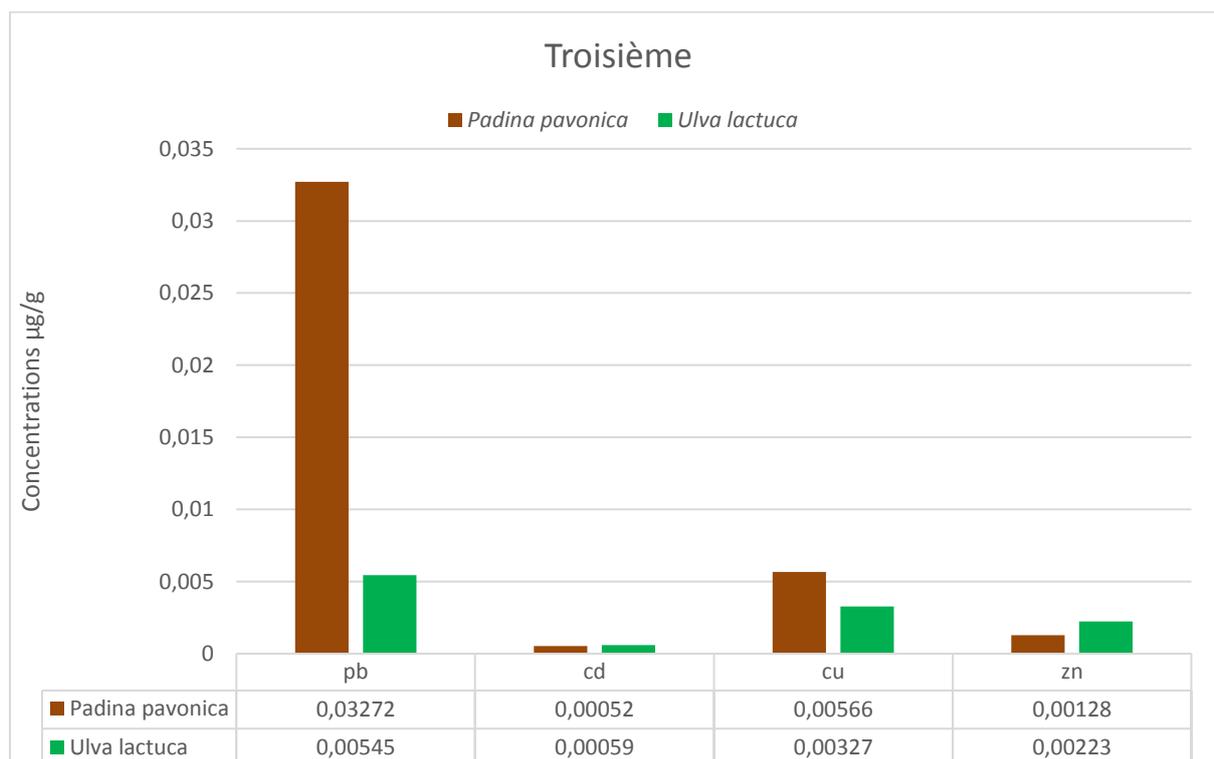


Figure 17 : Teneurs métalliques exprimées en (µg /g) des quatre métaux (Cd, Pb, Cu, Zn) chez *Padina pavonica* et *Ulva lactuca* de la station « Troisième kilomètre ».

Les résultats obtenus (tableau 5 et figure 17) montrent que les concentrations des quatre métaux (Pb, Cd, Cu, Zn) accumulés par les espèces (*Padina pavonica* et *Ulva lactuca*) dans la station

(Troisième kilomètre) varient d'une algue à une autre. On note toujours que le plomb est le métal le plus bioaccumulé chez les deux espèces d'algues suivi du cuivre, du zinc et du cadmium respectivement.

- Pour le plomb : la teneur enregistrée chez *Padina pavonica* est de l'ordre de (0,03272 $\mu\text{g/g}$), elle est considérée comme la plus forte que celle enregistrée chez *Ulva lactuca* estimée à (0,00545 $\mu\text{g/g}$).
- Pour le cuivre : nous avons maqués des différences concentrations de ce métal par les trois espèces où leurs teneurs sont classées de la plus forte à la plus faible comme suit : *Padina pavonica* de à l'ordre de (0,00566 $\mu\text{g/g}$) et *Ulva lactuca* à l'ordre de (0,00327 $\mu\text{g/g}$).
- Pour le Zinc : en analysant les résultats obtenus, on remarque que les taux les plus élevés ont été enregistrés chez l'algue verte *Ulva lactuca* à l'ordre de (0,00223 $\mu\text{g/g}$). Comparativement, l'algue brune *Padina pavonica* qui marque des concentrations moins à l'ordre de (0,00128 $\mu\text{g/g}$).
- Pour le Cadmium : contrairement au zinc, *Padina pavonica* et *Ulva lactuca* présentent presque les mêmes concentrations de cadmium à l'ordre de (0,00052 $\mu\text{g/g}$) et de (0,00059 $\mu\text{g/g}$) respectivement.

I.3 Variation des teneurs métalliques chez les espèces récoltées dans la Station d' al 'Aouana

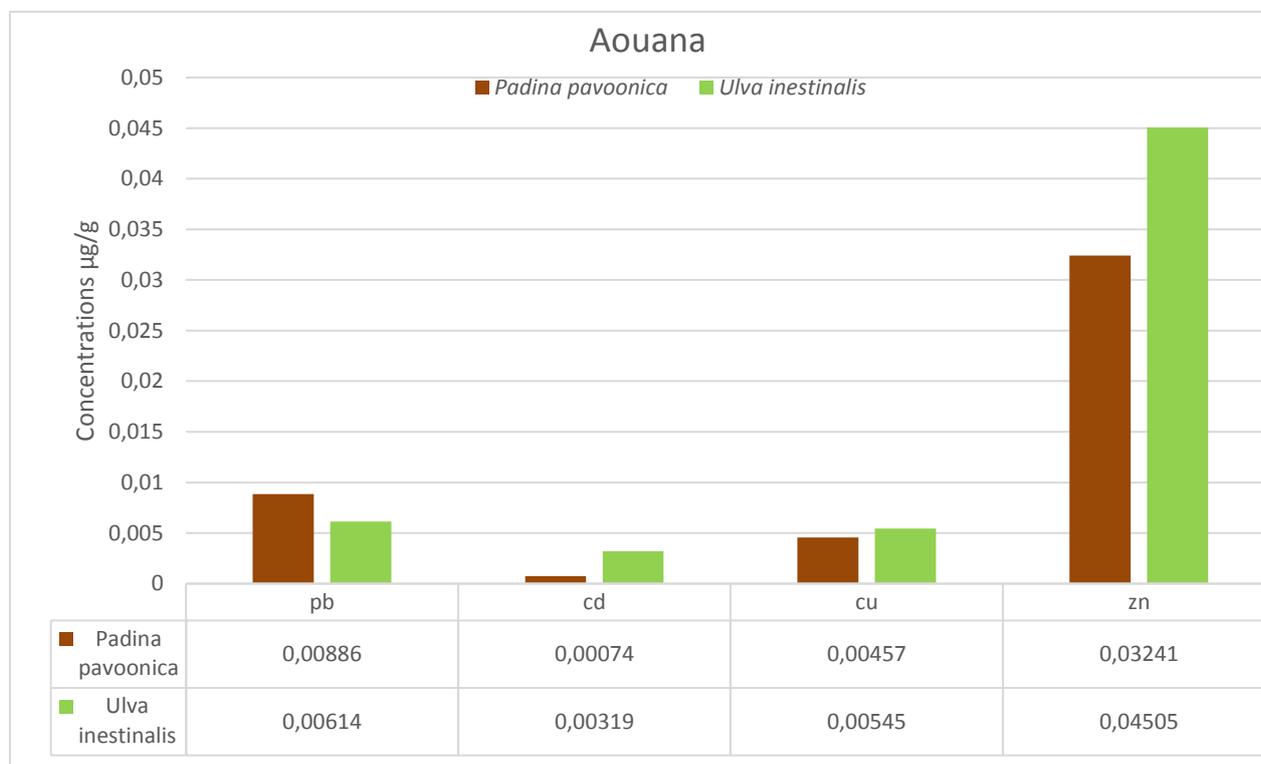


Figure18 : Teneurs métalliques exprimés en ($\mu\text{g} / \text{g}$) des quatre métaux (Cd, Pb, Cu, Zn) chez *Padina pavonica* et *Ulva intestinalis* de la station «Aouana».

D'après les résultats obtenus (tableau 5 et figure 18), nous constatons que les concentrations des métaux lourds accumulés par les espèces (*Padina pavonica* et *Ulva intestinalis*) dans la station d' al ' Aouana a marqué une variabilité en terme des quatre métaux (Pb, Cd, Cu, Zn).

Les concentrations des métaux lourds varient de la même façon chez les deux espèces selon le classement suivant : $\text{Zn} \gg \text{Pb} > \text{Cu} > \text{Cd}$ où on a remarqué une augmentation notable des concentrations du zinc dans les deux espèces de cette station. Ainsi, comparant aux deux autres sites d'étude où le plomb était le métal le plus accumulé par les algues, le zinc étant l'élément le plus abondant dans les deux algues représentatives de la région d'al ' Aouana.

- Pour le plomb : la teneur enregistrée chez *Padina pavonica* qui est de l'ordre de (0,00886 $\mu\text{g}/\text{g}$) est la plus forte puis celle d'*Ulva intestinalis* de l'ordre de (0,00614 $\mu\text{g}/\text{g}$).

CHAPITRE III : INTERPRETATION DES RESULTATS ET DISCUSSIONS

- Pour le cuivre : nous avons maqués des différences concentrations de ce métal par les deux espèces où leurs teneurs sont classées de la plus forte à la plus faible comme suit : *Ulva intestinalis* de l'ordre de (0,00545µg/) et *Padina pavonica* à l'ordre de (0,00457µg/g).

- Pour le Zinc : la plus forte teneur a été enregistrée dans *Ulva intestinalis* à l'ordre de (0,04505µg/g) puis *Padina pavonica* à l'ordre de (0,0 3241µg/g).

- Pour le Cadmium : on note des différences concentrations de ce métal par les deux espèces, où leurs teneurs sont classées de la plus forte à la plus faible comme suit : *Ulva intestinalis* à l'ordre de (0,00319µg/g) et *Padina pavonica* à l'ordre de (0,00074µg/g).

Comparaison des données obtenues avec les normes internationales admise par l'agence internationale de l'énergie atomique (AIEA, 2005)

Tableau 5 : Comparaison des données obtenues avec les normes internationales admise par (AIEA, 2005)

		Plomb	Cadmium	Cuivre	Zinc
Valeurs obtenues dans la station « Ouled Bounar »	<i>Padina pavonica</i>	0,00545	0,00008	0,00491	0,00052
	<i>Ulva intestinalis</i>	0,00818	0,00059	0,00409	0,00128
	<i>Ulva intestinalis</i>	0,00954	0,00067	0,00756	0,00084
Valeurs obtenues dans la station « Troisième »	<i>Padina pavonica</i>	0,03271	0,00052	0,00566	0,00128
	<i>Ulva lactuca</i>	0,00545	0,00059	0,00327	0,00223
Valeurs obtenues dans la station « Aouana »	<i>Padina pavonica</i>	0,00886	0,00074	0,00457	0,03241
	<i>Ulva intestinalis</i>	0,00614	0,00319	0,00545	0,04505
Normes de (AIEA, 2005).	Algues	0,000574	0,0000173	0,0232	0,128

D'après les résultats obtenus, et en comparant aux normes internationales (tableau 6), on remarque que le littoral jijilien présenté dans notre étude par les trois sites : Ouled Bounar, Troisième Kilomètre et Al 'Aouana porte un degré non négligeable de la contamination

métallique par le plomb et le cadmium chez les trois espèces d'algues marines : *Padina pavonica*, *Ulva lactuca* et *Ulva intestinalis*. Nous notons des teneurs alarmantes de plomb qui dépassent largement les limites de référence surtout pour *Padina pavonica* de la troisième plage (Aouka). Ainsi pour le cadmium qui présente des valeurs élevées par rapport à celle données par AIEA (2005). *L'Ulva intestinalis* récoltée des deux sites (Ouled Bounar et al 'Aouana) semble être l'espèce la plus accumulatrice de ce métal toxique dès l'état de trace.

En ce qui concerne les deux autres métaux, à savoir le cuivre et le zinc, on a enregistré des valeurs inférieures à celles maximales admises.

II. Discussions

A l'issue des résultats obtenus, les concentrations des quatre métaux analysés paraissent différentes chez les trois espèces d'algues étudiées (*Padina pavonica*, *Ulva Lactuca* et *Ulva intestinalis*) d'une station à une autre du littoral Jijilien.

Les résultats d'analyses du Plomb donnent des valeurs supérieures à celle recommandée par l'AIEA (2005). Ce métal marque des concentrations plus hautes que les autres métaux lourds dans les stations : Ouled Bounar où nous avons noté la plus grande teneur chez « *Ulva intestinalis* » et le Troisième kilomètre chez « *Padina pavonica* », ces grandes teneurs peuvent être liées aux peintures utilisées pour la protection de la coque des bateaux contre les algues et les coquillages, le lessivage des engrais utilisés dans les cultures agricoles à proximité de ces stations, aussi les déchets solides peuvent être une source importante du plomb (le cas des matières plastiques et des batteries), gaz d'échappement des véhicules.

Le plomb fait partie des ETM (Eléments en Traces Métalliques) non essentiels. Sa présence dans toutes les espèces d'algues examinées signifie que les trois stations (Ouled Bounar, Troisième kilomètre et Aouana) subissent une pollution par ce métal.

Les résultats obtenus de l'analyse de cadmium qui fait partie des éléments traces métalliques dits non essentiels montrent des concentrations qui dépassent la norme autorisée par (AIEA, 2005) chez les trois espèces d'algues et dans les trois stations. Sa présence indique la présence de contamination au cadmium dans les trois stations.

Pour le Cuivre, Les résultats obtenus ont montré des valeurs faibles ne dépassant pas la norme admise par l'AIEA (2005) dans toutes les espèces étudiées. Cela peut être expliqué par le fait 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**).

CHAPITRE III : INTERPRETATION DES RESULTATS ET DISCUSSIONS

Pour le Zinc, d'après l'analyse de ce métal, on obtient des valeurs très faibles par rapport aux autres métaux étudiés dans les stations (Ouled Bounar et Troisième kilomètre) alors que dans la station (Aouana) nous marquons une valeur maximale pour ce métal chez les deux espèces d'algues (*Padina pavonica* et *Ulva intestinalis*). 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.

On compare les teneurs des métaux chez les trois espèces de la station « Ouled Bounar », (*Padina pavonica*, *Ulva lactuca* et *Ulva intestinalis*), on observe que les teneurs des quatre métaux (Pb, Cd, Cu et Zn) sont élevées chez *Ulva intestinalis* à l'exception de Zn qui note une valeur élevée chez *Ulva lactuca*. Ce qui montre que les concentrations des métaux se diffèrent dans les espèces d'algues de même biotope.

Et dans la station (Troisième kilomètre) on trouve que les teneurs en Plomb et Cuivre sont élevées chez *Padina pavonica*, alors que les teneurs en cadmium et zinc s'élèvent chez *Ulva lactuca*.

Pour la station (Aouana) nous observons que les teneurs des quatre métaux s'élèvent dans *Ulva intestinalis* sauf le plomb qui marque des grandes valeurs chez *Padina pavonica*.

Conclusion générale et perspectives

Dans ce travail nous sommes consacrées à évaluer le degré de contamination métalliques de quelques algues marins du littorale Jijilien.

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 (*Ulva lactuca* et *Ulva intestinalis*) et une espèce d'algue brune (*Padina pavonica*), présentes dans trois sites d'étude (Ouled Bounar ,Troisième kilomètre et Aouana), pour évaluer les concentrations métalliques dans les algues marines dans chaque station ainsi dans chaque espèce.

D'après les différentes analyses par spectrophotomètre d'absorption atomique, les résultats obtenus montrent la présence de ces métaux lourds dans les algues des trois stations étudiées.

Dans cette étude, nous priorisons les teneurs des quatre métaux appris. Le gradient de concentration des métaux dans les stations (Ouled Bounar et Troisième kilomètre) est comme suit : $Pb > Cu > Zn > Cd$, et dans l'ordre : $Zn > Pb > Cu > Cd$, pour la station d'al 'Aouana).

Les résultats de cette étude ont montrés que les teneurs des quatre métaux varient chez les trois espèces d'algues ainsi qu'entre les trois sites d'études, notant un effet de station avec des teneurs élevées généralement dans la station (Ouled Bounar) à l'exception du zinc qui marque des grandes valeurs dans la station (Aouana).

Padina pavonica, concentre majoritairement le Plomb dans la station (Troisième kilomètre) et le Zinc dans la station (Aouana), alors qu'*Ulva lactuca* concentre le Plomb majoritairement, et pour *Ulva intestinalis* elle concentre le Zinc principalement dans la station (Aouana).

La comparaison des résultats obtenus par notre étude avec les normes internationales admise par (AIEA, 2005) nous permettent de déduire que les teneurs du plomb et du cadmium dépassent les normes de références dans les trois stations et dans les trois espèces. Cela a été expliqué probablement par le fait que les trois stations sont considérées comme des réceptrices des rejets solides et des eaux usées urbaines et les vestiges touristiques.

Ces conclusions nous permettent de tirer des enseignements pratiques et des enseignements en matière d'évaluer la contamination métallique du littorale de Jijel :

- ✓ Les trois sites étudiés montrent une contamination avec les éléments traces métalliques : le Plomb, le Cadmium, le Cuivre et le Zinc avec des grandes valeurs pour le Plomb et le Cadmium.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

- ✓ Les algues sont des bon bio-indicateurs pour le suivi de la pollution métallique.
- ✓ *Padina pavonica* et *Ulva lactuca* peut être utilisée comme bio indicatrice de la contamination par le Plomb, par contre *Ulva intestinalis* elle est plus favorable pour le Zinc.

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 Jjilien.
- ✓ élargir la liste des éléments en traces métalliques recherchés si c'est possible.
- ✓ Elargir la liste des espèces d'algues étudiées.
- ✓ L'analyse des teneurs en métaux traces dans les masses d'eau.
- ✓ La sensibilisation sur l'importance des milieux maritimes pour les générations actuelles et futures.

Références bibliographiques

A

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

AMIARD J.C ; AMIARD ; TRIQUET C ; BERTHET B ; METAYER C, (1987).Comparative study of the patterns of bioaccumulation of essential (Cu, Zn) and non – essential (Cd, Pb) trace metals in various estuarine and coastal organisms. J.Exp.mar.biol.Ecol. 106: 73- 89

ANDI. Agence Nationale de développement, (2013).Investissement en l’Algérie, wilaya de Jijel.

Anfossi S ; Billiard E ; Bonnet M ; Henriot F ; Kraemer F ; Lechenne L ; Le Herissier M ; et Lorin S, (1997). Méthodes spectrométriques d'analyse et de caractérisation, Ecole des Mines de Saint-Etienne .12-13 PP

B

Benkdad, A; Laissaoui, A; Tomero, M. V; Benmansour, M; Chakir, E; Garrido, 1.M; Moreno, J. B ;(2011). Trace metals and radionuclides in macroalgae from Moroccan coastal waters. Environ Monit Assess, 182: 317-324

Benyahia Djamilia; Dadouche Amira, (2019). Inventaire préliminaire de la flore algale de la côte Ouest de Bejaia: cas de Sahel. MémoireEn vue de l’obtention du Diplôme de Master. Université Mohamed El Bachir El Ibrahimy B.B.A, 41.

Besada V; Andrade J M; Schultze F; et Gonzalez J, (2009). Heavy metals in edible seaweeds commercialised for human consumption, Journal of Marine Systems 75, 305-313p.

Betit, N; Chiha, N, (2019). Effet des extraits d’algues marines sur la restauration de la croissance de l’orge cultivé sous stress salin. Mémoire de Fin d’étude Master en Génie des Procédés. Bejaia, Université Abderrahmane Mira, 55.

Biney, C. et al, (1992). Etude des métaux lourds présents dans l'environnement aquatique Africain. FAO Rapp.Pêches, (471):7–45 et Ecotoxicol.Environ.Saf., 28 :134–59 (1994, en Anglais)

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

C

Calamari, D; Naeve, H. (1994).Revue de la pollution dans l'environnement aquatique africain.Document Technique du CPCA. No. 25. Rome, FAO. 1994. 129p.

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 en océanologie biologique, Environnement marin .Université du sud Toulon Var 363p

Chernoval E; Khristoforoval N; et Vyshkvartsev D, (2002). Heavy Metals in Seagrasses and Algae of Pos'et Bay, Sea of Japan, Russian Journal of Marine Biology, Vol, 28, 387-392pp.

Chouikhi, (2013). Les applications potentielles des macro-algues marines et les activités pharmacologiques de leurs métabolites. International Congress of the Populations, Animal Communities Dynamics, and Biodiversity of the terrestrial and aquatic Ecosystems.Algeria: 40.

D

DUSQUENE S, (1992). Bioaccumulation métallique et métallothioneines chez trois espèces de poissons du littoral Nord-Pas De Calais. Thèse de Doctorat en Biologie et Santé. Université des Sciences et Techniques de Lille.263 p

Diard P, (1996). Etude de la biosorption du plomb et du cuivre par des boues de stations d'épuration. Mise en œuvre d'un procédé de biosorption à contrecourant,Thèse de doctorat de l'INSA Lyon, France, (1996).

E

El Nemr A; EJ-Sikaily A; Azza K; ET Ola A, (2011). Removal of toxic chromium from aqueous solution, waste water and saline water by marine red alga *Pterocladia capillacea* and its activated carbon, Arabian Journal of Chemistry, Doi: 10.1016/j .arabjc.2011.01.016

F

F. Ramade, (2009). Eléments d'écologie appliquée, 4ème édition, Edition Dunod, pp 689.

Favero, N; Frigo, M. G, (2002). Biomonitoring of metal availability in the southern basin of the lagoon of Venice (Italy) by means of macroalgae. Department of Biology, University of Padova, Padova, Italy.

FELDMANN MAGNE, (2017). « RHODOPHYCÉES », Encyclopædia Universalis [en ligne], consulté le 21 mai 2017. URL: <http://www.universalis.fr/encyclopedie/rhodophycees-algues-rouges/>

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Fourest, E, (1993). Etude des mécanismes de biosorption des métaux lourds par des biomasses fongiques industrielles en vue d'un procédé d'épuration des effluents aqueux contaminés .Thèse Doc. Univ. Joseph Fourier - Grenoble 1.

G

GAGNEUX-MOREAUX, (2006). Les métaux (Cd, Cu, Pb et Zn) dans la production des microalgues sur différents milieux de culture: Biodisponibilité- Bioaccumulation et impact physiologique. Thèse de Doctorat en biologie marine. Université de Nantes.257p

Garon-Lardiere, S, (2004). Etude structurale des polysaccharides pariétaux de l'algue rouge *Asparagopsis armata* (Bonnemaisoniales). Université De Bretagne Occidentale.

Gaudry A ; Zeroual S ;Gherkaoui el Moursli R ; Guessous A ; Ghouak A ; Mouradi A ; Givernaud T ; Moskura M ; et Delmas R, (2007). Neutron activation analysis applied to the study of heavy metal marine pollution observed through bioaccumulation in macroscopic algae near El Jadida, Marocco, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol. 271, 165 - 171pp.

Geldmacher-von Mallinckrodt M, (1991). Acute metal toxicity in humans, In : Metals and their compound in the environment, Edit Merian E., VCH, Weinheim, Germany, (1991) 481-489p

Gérard M, (2001). Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé, Sénateur France 2001.

GESAMP, (1988). (IMO/FAO/UNESCO/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution). Review of potentially harmful substances - Arsenic, mercury and selenium. Rep.Stud., GESAMP, (28) :172p et UNEP Reg.Seas Rep.Stud., (92) :172p

Gobat, J.M; Aragno, M; Matthey, W, (2010). Le sol vivant: bases de pédologie, biologie des sols. 3eme édition, presse polytechnique et universitaire romandes

H

Hortense F, (2011). Les Applications et La Toxicité Des Algues Marines. These Pour Le Diplôme D'état De Docteur En Pharmacie. Université De Limoges.Pp10-11

Huynh T, (2009). Impacts des métaux lourds sur l'interaction plante/ ver de terre/ Microflore tellurique. Thèse doctorat, Spécialité Ecologie Microbienne, Université Paris Est, 4 pp.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

J

Jernelöv, A, (1975). Heavy metals in the marine environment. Dans Discharges of sewage from sea outfalls, édité par A.L.H. Gameson. Oxford, Pergamon, pp 115–30

L

LAFABRIE C, (2007). Utilisation de *Posidonia oceanica* (L) Delile comme bio-indicateur de la contamination métallique. Thèse de Doctorat en écologie marine. Université De Corse 158p

Lakhdar.F, (2018). Contribution à l'étude des potentialités antiproliférative et antibactérienne des algues brunes et rouges de la côte d'El Jadida pour une valorisation médicale et environnementale .Thèse de doctorat en Sciences de la Mer et du littoral. Maroc, Université de nante, El jadida, 207.

Leclerc, V.Floc'h, J, (2010). Les secrets des algues[en ligne]. 1ere editions Quae. France: ISBN: 978-2-7592-0347-5. 169.

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

M

Memory; H, (2006). Biologie Module 1, Diversité des algues et des plantes, 45.

Miquel M, (2001). Les effets des métaux lourds sur l'Environnement et la Santé. Rapport office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. Rapport Sénat N°261: 360p

Morgan J. J. and Stumm W, (1991). Chemical process in the environnement, Edit Merian E, VCH, Weinheim, Germany, (1991) 67-103.

Murphy V; Hughes H, (2007). Peter Mcloughlin, Cu (II) binding by dried biomass of red, green and brown macroalgae, journal homepage :< www.Elsevier.com/locate/waters > WaterResearch 41, 731- 740 pp.

N

Nriagu J O; Pacyna J, (1988). Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals. Nature 333: 134-139.

Nakhle K F; Cossa D; Khalaf G; Beliaeff B, (2005). *Brachidontes variabilis* and *Patella* sp. As quantitative biological indicators for cadmium, lead and mercury in the Lebanese coastal waters. Environment Pollution vol 142, issue1: 73-82.

O

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Olivier, A, (2005). Chimie et pollutions des eaux souterraines, Edition Tec & Doc Lavoisier, pp 398.

ONM, (2019/2020). Office national de météorologie. Station de Jijel-Achwat.

Q

Quero, J.C; Vayne, J.J, (1998). Les encyclopédies du naturaliste, les fruits de mer, et plantesmarines des peches francaises: algues, plantes marines, éponges, coraux, coquillage, crustacées et oursins. Délachaux et Niestlé SA, Paris, 111pp.

R

Ramade, F, (2002). Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et SCIences de l'environnement, 2eme édition, Dunod, Paris, 87-90 pp.

Raven P. H; Evert R. F; Eichhorn S. E; Evrardt C, (2007). Biologie végétale.

Remon E., (2006). Tolérance et accumulation des métaux lourds par la végétation spontanée des friches métallurgiques: vers de nouvelles méthodes de bio-dépollution., Thèse de doctorat, Université Jean Monnet, 56p

Reviers B. DE; Bosquet G; Blondel L; Martin C, (2003). (19 - Biologie et phylogénie des algues. Tome 2. [s.l.]: [s.n.]. (Belin sup. Sciences. Histoire, ISSN 1760-3846).

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. Elsilver LTD.pp 57-149.

T

Turkmen A; Turkmen M; Tepe Y; Akyurt I, (2005). Heavy metals in three commercially valuable fish species from Iskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea, Turkey. Food Chemistry 91: 167-172.

W

Wariaghli, F; El ghzaoui, G; I amouri, M, (2004). Les algues et leur Intérêt en écotoxicologie. Université Mohamed V, UFR, biodiversité du littoral marocain, Module, Ecotoxicologie, 92 pp

Z

Zoller, W.H, (1984). Anthropogenic perturbations of metal fluxes into the atmosphere. Dans Changing metal cycles and human health, édité par J.O. Nriagu. Dahlem Konferenzen. Berlin, Springer, pp 27.

Présenté par: BOUROUROU Radja /GUIDOUM Sarra

Membres de jury :

Président: Mr. KRIKA Abderezzak. MCA Université de Jijel

Encadreur: Mme. MEKIRCHA Fatiha. MCB Université de Jijel

Examineur: Mme AMIRA Widad. MCB Université de Jijel

Date de soutenance: 16 Septembre 2021

Thème

Evaluation de la contamination métallique des algues marines du littoral Jijilien

Résumé

La présente étude porte sur l'évaluation de la variabilité spatiale des concentrations en éléments traces (Cd, Cr, Cu et Zn) accumulés chez trois espèces d'algues marines : l'algue verte (*Ulva lactuca*, *Ulva intestinalis*) et l'algue brune (*Padina pavonica*), collectées dans trois stations d'échantillonnage dans le littoral jijilien, dont certaines sont caractérisées par des rejets d'effluents urbains et industriels aussi des travaux de réalisation du beaucoup de rejets tels que les huiles et les hydrocarbures. Les résultats montrent que la capacité d'accumulation dépend principalement, de la nature du métal, du site de prélèvement.

Mots clés:

Métaux lourds, Algues, Contamination, littoral jijilien, *Ulva lactuca*, *Ulva intestinalis*, *Padina pavonica*.

Summary

The present study concerns the evaluation of the spatial variability of the concentrations of trace elements (Cd, Cr, Cu and Zn) accumulated in three species of marine algae: the green algae (*Ulva lactuca*, *Ulva intestinalis*) and 1 brown algae (*Padina pavonica*), collected in three sampling stations in the Jijilian littoral, some of which are characterized by discharges of urban and industrial effluents also of the works of realization of many discharges such as oils and hydrocarbons. The results show that the accumulation capacity depends mainly on the nature of the metal and the sampling site.

Keywords:

Heavy metals, Algae, Contamination, Jijilian coast, *Ulva lactuca*, *Ulva intestinalis*, *Padina pavonica*.

ملخص

تتعلق الدراسة الحالية بتقييم التباين المكاني لتركيزات العناصر المعدنية (الكاديوم والكروم والنحاس والزنك) المتراكمة في ثلاثة أنواع من الطحالب البحرية: الطحالب الخضراء (*Ulva lactuca*, *Ulva intestinalis*)، والطحالب البنية (*Padina pavonica*)، التي تم جمعها في ثلاث محطات ولأخذ العينات في سواحل جيجل، ويتميز بعضها بتصريف النفايات السائلة الحضرية والصناعية وكذلك أعمال إنجاز العديد من التصريفات مثل الزيوت والهيدروكربونات. أظهرت النتائج أن سعة التراكم تعتمد بشكل أساسي على طبيعة المعدن وموقع أخذ العينات.

الكلمات المفتاحية :

المعادن الثقيلة، الطحالب، التلوث، ساحل جيجل، *Ulva lactuca*، *Ulva intestinalis*، *Padina Pavonica*