

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE CONSTANTINE 1



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة قسنطينة 1

N° de série :

.....

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie et Ecologie Végétale

Année universitaire 2013/2014

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention

Du Diplôme de Master

Filière : Ecologie et environnement

Option : Pollution des écosystèmes et Ecotoxicologie

Thème :

**Etude de la pollution maritime par les métaux lourds
(Cd , Cr) dans la côte de Jijel**

Présenté par :

Marwa Baga

Soutenu le : 25/06/2014

Devant le jury :

- *Président : Mme . Afri-Mehennaoui F-Z // M.A.C. Université*
- *Constantine 1*
- *Promoteur : Mr. Menad Ahmed // Professeur. Université*
- *Constantine 1*
- *Examinatrice : Mme . Zaimeche Saida // M.A.A. Université*
- *Constantine 1*

Remerciements

Au terme de la rédaction de ce mémoire, je remercie Dieu qui m'a toujours donné la force de passer à travers toutes les épreuves et les découragements, qui m'a aidée à mener à terme cette recherche.

Je tiens à remercier dans un premier temps, toute l'équipe pédagogique de l'écologie et environnement et les intervenants professionnels responsables de la formation pollution des écosystèmes et ecotoxicologie.

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma reconnaissance.

Je voudrais tout d'abord adresser toute ma gratitude et mes profonds remerciements à le directeur de ce mémoire le professeur Menad Ahmad Je le remercie de m'avoir encadrée, orientée, conseillée et l'aide compétente qu'il m' a apportée pour structurer et améliorer la qualité du travail.

Mes vifs remerciements vont au chef de département pour l'honneur qu'il nous fait de présider ces jurys.

je remercie également chaleureusement Madame Afri-Mehennaoui F-Z , Madame Zaimeche saida d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Je dédie ce travail à ma famille, berceau de ma culture. Sans elle je ne serai pas ce que je suis aujourd'hui. Je remercie mes parents surtout ma mère cher à mon coeur, mes frères Bilel , Badis et Badredine , mes sœurs Amina et Sara pour leur accompagnement tout au long de mon cheminement scolaire.

Merci pour le soutien financier, moral, psychologique et matériel. Si je suis ici aujourd'hui, c'est grâce à vous!

Enfin, je remercie mes amis et camarades de promotion pour ces années passées ensemble, dans les meilleurs moments comme dans les pires.

"Mes remerciements les plus sincères à toutes les personnes qui auront contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année Universitaire !".

Ce travail n'aurait pas pu être finalisé sans la présence de ces personnes dans ma vie.

SOMMAIRE

I INTRODUCTION

II- SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

II.1. Pollution des eaux maritimes	3
II.1.1. Les différents types de polluants chimiques	3
II.2. les métaux lourds.....	4
II.2.1. Sources de métaux lourds	4
II.2.2. Les métaux lourds dans le milieu marin	5
II.2.3. Répartition itinéraires et devenir des métaux lourds dans l'environnement aquatique.....	6
II.2.4. Effets des métaux et critères de qualité des eaux	7
II.2.5. La toxicité des métaux lourds	7
II.3. Les métaux étudiés	8
II.3.1. Le cadmium.....	8
II.3.1.1. Généralités	8
II.3.1.2. Sources d'émission	10
II.3.1.2.1. Sources naturelles	10
II.3.1.2.2. Sources anthropiques.....	10
II.3.1.3. Comportement du cadmium dans l'environnement.....	10
II.3.1.3.1. Dans les sols	10
II.3.1.3.2. Dans les écosystèmes aquatiques	11
II.3.1.4. La toxicité de cadmium.....	11
II.3.2. Le chrome.....	12
II.3.2.1. Généralités	12
II.3.2.2. Nature, origine des contaminations, voies d'exposition.....	13
II.3.2.3. Pollution par le chrome	14
II.3.2.4. La toxicité du Chrome	14
II.4. Les algues	15
II.4.1. Généralités sur les algues	15
II.4.2. Classification des algues	16

II.4.2.1. Algues procaryotes (les cyanobactéries).....	16
II.4.2.2. Algues eucaryotes.....	16
II.4.2.2.1. Algues vertes (les Chlorophytes).....	16
II.4.2.2.2. Algues Rouges (Les Rhodophytes)	17
II.4.2.2.3. Algues Brunes (Les chromophytes)	18
II.4. 3. La longévité des algues	19
II.4. 4. Ecologie des algues	19
II.4. 5. Répartition des algues.....	20
II.4.6. Zonation des algues.....	20
II. 4.7. Les algues comme bioindicateurs	21
II. 4.7.1. La bioaccumulation.....	22
III –MATERIEL ET METHODES	25
III.1- Présentation de la région de Jijel.....	25
1- Situation géographique.....	25
2- Climatologie	25
2-1- Les précipitations.....	25
2.2- Les températures	26
2.3- Le diagramme ombro – thermique.....	26
2.4 - Les vents	27
III.2. Situation géographique - localisation et description de la zone d'étude.....	27
III-3- Identification des sources de pollution.....	28
III.4 . Prélèvement des échantillons.....	29
III.4 .1. Choix des stations de prélèvement	29
III.4 .2. Justification du choix des stations	29
III.5. Sortie de prospection du terrain	29
III.5.1. Première sortie de prélèvement	30
III.5.2. Conditions de prélèvement	30
III.6. Au laboratoire	30
III.7. Plan d'échantillonnage.....	31
III.8. Choix des espèces d'algues	31
III-9- Prélèvement des échantillons d'algues	33

III-10-Protocole d'extraction des métaux lourds dans les plantes.....	33
III-11- Prélèvement de l'eau.....	33
III-12- Flaconnage de prélèvement	34
III-13- Prélèvement manuel sur terrain.....	34
III-14- Préparation des échantillons	34
III-15-Caractérisation physico-chimique.....	34
III-15-1- L'eau.....	34
III-15-1-1-Mesures <i>in situ</i>.....	34
III-15-1.1.1. Dosage de la matières en suspension.....	35
III-15-1.1.2.Dosage de La salinité.....	36
III.15.2.Analyse au laboratoire	37
III.15.2.1.Dosage de Chlorure.....	37
III-15.2.2.Dosage des nitrates dans les eaux naturelles.....	38
III-15 -2-3-Dosage des orthophosphates dans les eaux naturelles.....	40
III-15-2- Les métaux lourds.....	42
III-15-2-1- Principe de la spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA)	42
III-15-2-2- Préparation des étalons.....	45
IV-RESULTAT ET INTERPRITATION.....	46
IV -Résultats des analyses des eaux de mer	46
IV-1-Paramètres physicochimiques	46
IV -2- Résultats des métaux lourds	47
IV -2-1- Résultats des métaux lourds dans les tissus des algues.....	47
IV -2-2- facteur de bioconcentration « BCF ».....	48
Discussion	49
Conclusion.....	51
Références bibliographiques	52

Liste des abréviations

<i>C.officinalis</i>	<i>Corallina officinalis</i>
EDTA	Ethylène diamine tetracétique
<i>E.intestinalis</i>	<i>Entemorpha intestinalis</i>
ETM	éléments traces métalliques
<i>J.rubens</i>	<i>Jania rubens</i>
g/Cm ³	gramme par centimètre cube
Mm	millimètre
µm	micromètre
MO	la matière organique
OD	Oxygène dissous
ppm	partie par million.
SAA	Spectrophotométrie d'absorption atomique.
St	Station.
<i>U.lactuca</i>	<i>Ulva lactuca</i>
<i>U. Regida</i>	<i>Ulva regida</i>
µ mol .g ⁻¹	micro mole par gramme
µ g g ⁻¹	micro gramme par gramme ⁻¹

Liste des figures

Figure 01 : Aspect externe du thalle d' <i>Ulva lactuca</i>	17
Figure 02 : Aspect général du thalle de <i>Corallina officinalis</i>	18
Figure 03 : Diagramme ombro-thermique de la wilaya de Jijel entre (1989-2009) (O.N.M).	27
Figure 04 : localisation géographique de la zone d'étude.....	28
Figure 05 : <i>Ulva lactuca</i>	31
Figure 06 : <i>Corrallina officinalis</i>	31
Figure 07 : Le spectromètre d'absorption atomique de flamme.....	42
Figure 08 : Spectrophotomètres de flamme	44
Figure 09 : Cathode creuse : source pour la spectrométrie d'absorption atomique.....	45

Liste des tableaux

Tableau 01 : Les caractéristiques physicochimiques du cadmium	8
Tableau 02 : Les caractéristiques physicochimiques du chrome.....	13
Tableau 03 : Moyennes mensuelles des précipitations en mm [1989-2009] (O.N.M).....	26
Tableau 04 : Moyennes mensuelles des températures [1989-2009] (O.N.M).....	26
Tableau 05 : Le courbe d'étalonnage du Nitrate.....	39
Tableau 06 : Le courbe d'étalonnage de l'orthophosphate.....	41
Tableau 07 : Conditions particulières d'analyse pour la détermination des éléments traces dans les eaux et les algues.....	45
Tableau 08 : Les résultats des analyses physicochimiques des eaux de mer.....	46
Tableau 09 : Les résultats des analyses des métaux lourds dans l'eau de mer.....	47
Tableau 10 : Résultats des métaux lourds dans les tissus des algues	47
Le tableau 11 : Les résultats de calcul du facteur de bioconcentration	48

Introduction

I-Introduction

Dans les écosystèmes aquatiques naturels, les métaux se trouvent à de faibles concentrations, généralement de l'ordre du nanogramme 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.

Dans le monde entier, la communauté scientifique a étudié certains de ces problèmes et les résultats de ces travaux ont été publiés dans diverses revues et ouvrages (**Elizabeth, A.et al 1997**) .

Contrairement à d'autres polluants, comme les hydrocarbures dérivés du pétrole, et aux déchets qui envahissent l'environnement au vu de tout le monde, les métaux lourds s'accumulent subrepticement, pour finir par atteindre des seuils toxiques.

Les problèmes associés à la contamination par les métaux lourds ont été tout d'abord mis en évidence dans les pays industriellement avancés en raison de leurs déversements industriels plus importants, et spécialement à la suite d'accidents dus à une pollution par le cadmium en Suède et au Japon (**Strezov, A., Nonova, T., 2005**).

Bien que le niveau des activités industrielles soit relativement moins élevé dans des régions moins développées comme l'Afrique, on y observe néanmoins une prise de conscience croissante de la nécessité de gérer rationnellement les ressources aquatiques et notamment de maîtriser les déversements de déchets dans l'environnement. Comme il est à prévoir que les activités industrielles et urbaines s'intensifieront dans toutes les régions du continent, cette question revêt désormais une importance encore plus grande.

Pour gérer rationnellement et maîtriser la pollution des eaux, il faut arriver à étudier tout ce qui concerne les apports (charges), la distribution et le sort des contaminants, y compris les métaux lourds d'origine terrestre qui se déversent dans les écosystèmes aquatiques. Il faut en particulier en étudier les quantités et les caractéristiques qualitatives, ainsi que les itinéraires qu'ils empruntent quand Cette étude vise à évaluer le taux de pollution par le cadmium et le chrome d

ans l'eau de mer de la cote de la willaya de jijel via leur accumulation dans les algues.

L'exposé de ce travail s'articule en différentes parties. La 1^{ère} partie est consacrée à une synthèse bibliographique sur les algues et les métaux lourds, rappelant, leurs caractéristiques physico-chimiques, leurs distributions. La 2^{ème} partie regroupe les différentes techniques mises en œuvre tout au long de ce travail. Dans la 3^{ème} partie, l'ensemble des résultats obtenus est exposé et interprété via une analyse statistique. Le second volet s'intéresse à l'évaluation de la contamination de deux espèces de macroalgues *U. lactuca* et *C. officinalis* par les ETM (Cd et Cr), ou la technique de la spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA) a été utilisée.

SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE

II.1. Pollution des eaux maritimes

De nombreux produits chimiques sont rejetés dans l'environnement aquatique. Les courants marins les répandent d'un bout à l'autre de la planète. La pollution des eaux est un facteur de destruction bien plus important pour l'écosystème marin, que la pêche industrielle à outrance, elle-même plus dévastatrice que la petite pêche artisanale.

Si les marées noires ont un impact direct sur l'opinion publique elles n'en demeurent pas moins très limitées géographiquement avec des effets à court terme.

Les pollutions 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. Les métaux lourds (le Mercure, le Cadmium, le chrome et d'autres produits chimiques toxiques) et rejets divers, provenant des usines du bassin méditerranéen rejetant des produits très dangereux sous forme organique mais aussi sous forme de plastique, de peinture, de pâte à papier, de pille et certains fongicides, sont souvent illicites, constituent la plus grande menace pour la survie des organismes marins et la préservation de l'environnement.

Ces contaminants y demeurent pendant des années et s'accumulent dans le corps des espèces marines et des êtres humains. Ils peuvent causer le cancer, des dommages au foie, des problèmes de reproduction et des malformations congénitales ainsi que d'autres fléaux dangereux. (Lacoue, Labarthe, 2007).

II.1.1. Les différents types de polluants chimiques

Parmi les composés chimiques impliqués dans la contamination des milieux aquatiques, on distingue les **polluants organiques**, en particulier les polluants organiques persistants (POPs), les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs), les dérivés aromatiques chlorés et nitrés, les organochlorés comme les polychlorobiphényles (PCBs), les **polluants inorganiques** composés majoritairement par les métaux essentiels (naturellement présents dans l'organisme) et non-essentiels. La différence entre ces deux catégories réside dans le fait qu'il n'existerait pas de dose bénéfique pour un organisme vivant pour les métaux non essentiels.

Ainsi, certains métaux tels que le cuivre (Cu) ou le zinc (Zn) s'avèrent, à de faibles quantités, nécessaires pour les organismes vivants et interviennent au cours de divers processus biologiques. Un déficit comme un excès de ces métaux essentiels peut néanmoins avoir des effets délétères chez un individu. A l'opposé, les métaux non-essentiels tels que le cadmium (Cd), le mercure (Hg) ou le plomb (Pb) n'ont à ce jour aucune fonction biologique significative connue et possèdent des propriétés toxiques, même à de faibles concentrations.

Ces contaminants, pour la plupart, sont en effet caractérisés non seulement par une forte écotoxicité, mais également par une capacité de bioaccumulation dans les tissus des organismes, de biomagnification tout au long de la chaîne alimentaire, et une persistance à long terme dans l'environnement. Ces substances peuvent donc constituer une menace significative pour l'équilibre ou l'état de santé des écosystèmes aquatiques.

II .2 .les métaux lourds

Le terme métaux lourds désignant l'ensemble des métaux toxique de forte masse atomique, cadmium ou mercure par exemple. Certains étant des oligo-éléments biogènes souvent doués de propriétés hermétiques, d'autres étant sans intérêt pour les êtres vivants et souvent très toxique : le chrome et le zinc (**Ramade, F., 2005**).

Les éléments traces sont les éléments constituant de la croûte terrestre, dont la teneur est pour chacun inférieure à 0,1 % . Le terme éléments traces métalliques (ETM) regroupe les éléments traces qui présentent une masse volumique supérieure à 6 g/cm³· (**Baize, D., 1997**) .

Certains chercheurs utilisent des définitions plus spécifiques encore. Dans les sciences environnementales, les métaux lourds associés aux notions de pollution et de toxicité sont généralement: l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le chrome (Cr), le cuivre (Cu), le mercure (Hg), le manganèse (Mn), le nickel (Ni), le plomb (Pb), l'étain (Sn), le zinc (Zn) (**Stéphanie, A.et al 1997**).

II.2.1. Sources de métaux lourds

Les métaux lourds qui entrent dans l'environnement aquatique proviennent de sources naturelles et de sources anthropogènes. Leur entrée peut être le résultat soit de déversements effectués directement dans les écosystèmes marins, soit d'un cheminement indirect comme dans le cas des décharges sèches et humides et du ruissellement agricole. Parmi les importantes sources naturelles, citons l'activité volcanique, l'altération des continents et les incendies de forêts. La contribution des volcans peut se présenter sous forme d'émissions volumineuses 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 sources anthropogènes sont les suivantes:

- 1-Effluents d'extractions minières.
- 2-Effluents industriels.
- 3-Effluents domestiques et ruissellements orageux urbains.
- 4-Lessivage de métaux provenant de décharges d'ordures ménagères et de résidus solides.

5- Apports de métaux provenant de zones rurales, par exemple métaux contenus dans les pesticides.

6- Sources atmosphériques, par exemple combustion de carburants fossiles, incinération des déchets et émissions industrielles.

7- Activités pétrochimiques. **(Biney, A.T 2008)** .

II.2.2. Les métaux lourds dans le milieu marin

Déjà contraintes par les variations de facteurs physico-chimiques, tels que la température, la salinité ou les régimes hydrauliques, et par la disponibilité des ressources nutritives, la faune et la flore sont désormais également façonnées par des expositions variables dans l'espace et dans le temps à des mélanges de composés chimiques **(Lacoue, Labarthe, 2007)** . Un métal est un élément chimique dont la masse volumique dépasse 5 g/cm³, bon conducteur de chaleur et d'électricité, ayant des caractéristiques de dureté et de malléabilité, se combinant aisément avec d'autres éléments pour former des alliages utilisés par l'homme depuis l'Antiquité.

Dans le milieu aquatique, un métal sera défini comme un élément chimique qui peut former des liaisons métalliques et perdre des électrons pour former des cations. **(Lacoue-Labarthe,2007)** .

Ceux-ci sont présents le plus souvent dans l'environnement sous forme de traces : Mercure, Plomb, Cadmium, Cuivre, Arsenic, Nickel, Zinc, Cobalt, Manganèse. Les plus toxiques d'entre eux sont le Plomb, le Cadmium et le Mercure. L'origine des métaux présents dans le milieu marin est double. Naturellement présents dans la biosphère, ils proviennent, d'une part, de l'érosion mécanique et chimique des roches et du lessivage des sols **(Lacoue, Labarthe, 2007)** .

D'autre part, la contribution d'origine anthropique issue des rejets industriels et domestiques, l'activité minière et les eaux d'écoulement contaminées par les engrais et les pesticides utilisés en agriculture sont autant de sources ayant contribué à l'augmentation des concentrations de métaux lourds dans le milieu marin et surtout en zone côtière **.(Belanger, David ,2009)** .

Les métaux lourds présents dans l'eau sont absorbés par les plantes et les animaux marins, le dépassement d'une quantité donnée dans ces espèces provoque leur accumulation dans les organismes et tout au long de la chaîne alimentaire. Ils peuvent atteindre des concentrations menaçant la survie de certaines populations naturelles et présenter des dangers pour le consommateur de produits marins du fait de leur possibilité de concentration dans les espèces marines, de leur élimination difficile et de leur large répartition dans le milieu aquatique. **(Jica, Matet, Onned 2008)** .

II.2. 3. Répartition itinéraires et devenir des métaux lourds dans l'environnement aquatique

Les métaux comme tous les éléments présentent un polymorphisme chimique dépend à la fois de leur forme (ex : chrome trivalent et hexavalent) et du composés minéral ou organique dans lesquels ils sont incorporé (**Ramade, F., 2005**).

Les métaux existent dans la nature sous différentes formes: ions, complexes inorganiques et organiques, en solution ou adsorbés sur des colloïdes ou des aérosols. (**Bliefert, C., Perrot, R., 2003**).

L'analyse de spéciation à pour objet d'identifier et de quantifier la ou les formes chimiques d'un élément contenu dans un échantillon (**Jeannot, R., Lemièrre, B., Chiron, S., 2002**) . La spéciation présente une grande importance en écotoxicologie et de façon générale dans les sciences de l'environnement (**Ramade, F., 2005**) .

Une fois arrivés dans l'environnement aquatique, les métaux se répartissent entre les différents compartiments de l'environnement aquatique (l'eau, les solides en suspension, les sédiments et le biote) . Les métaux présents dans l'environnement aquatique peuvent exister sous forme de complexes, de particules ou en solutions .

Les principaux processus qui gouvernent la distribution et la répartition des métaux lourds sont la dilution, l'advection, la dispersion, la sédimentation et l'adsorption/désorption. Certains processus chimiques peuvent néanmoins intervenir également. C'est ainsi que la spéciation selon les diverses formes solubles est régie par les constantes d'instabilité des différents complexes, et par les propriétés physico-chimiques de l'eau (pH, ions dissous, et température). 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. L'activité microbienne et les processus de réduction par oxydation peuvent modifier les propriétés des sédiments et influencer sur la composition de l'eau interstitielle (**Biney, A.T 2008**).

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.

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 (**Biney, A.T 2008**) .

II.2.4. Effets des métaux et critères de qualité des eaux

Quelques métaux lourds, sont indispensables à la croissance et au bien-être des organismes vivants, y compris de l'homme. On peut néanmoins s'attendre à ce qu'ils aient des effets toxiques quand les organismes sont exposés à des niveaux de concentration supérieurs à ceux qu'ils requièrent normalement. D'autres éléments, comme, Cr et Cd, ne sont pas indispensables aux activités métaboliques et manifestent des propriétés toxiques.

La contamination de l'environnement aquatique par des métaux de provenance localisée, peut avoir des effets délétères, c'est-à-dire des effets toxiques aigus ou chroniques, sur la vie aquatique à l'intérieur de la zone concernée. La plupart des données publiées jusqu'ici concernant les effets des métaux sur les organismes aquatiques indiquent cependant que ces effets nocifs se produisent à des concentrations supérieures à celles que l'on trouve généralement dans l'environnement (**Biney, A.T 2008**).

Les métaux peuvent être absorbés sous la forme inorganique ou sous la forme organique. Pour certains éléments, comme l'arsenic et le cuivre, la forme inorganique est la plus toxique. Pour d'autres, comme, Cr et Pb, les formes organiques sont les plus toxiques. A de faibles concentrations, beaucoup de métaux lourds, dont Cd, Pb, et Cr inhibent la photosynthèse et la croissance du phytoplancton.

Ces vingt dernières années, de nombreuses études ont été consacrées à la toxicité des métaux; sur la base de ces résultats, plusieurs organisations internationales et nationales ont élaboré des critères de qualité des eaux pour la vie aquatique . (**Biney, A.T 2008**).

II.2.5. La toxicité des métaux lourds

Les métaux sont généralement séparés en deux catégories selon leur caractère essentiel ou non pour les êtres vivants. En effet, ils peuvent s'avérer indispensables au déroulement des processus biologiques (oligo-éléments), c'est le cas du Fer (Fe), du Cuivre (Cu), du Zinc (Zn), du Nickel (Ni), du Cobalt (Co), du Vanadium (V), du Sélénium (Se), du Molybdène (Mo), du Manganèse (Mn), du **Chrome (Cr)**, de l'Arsenic (As) et du Titane (Ti).

Dans ce cas, leurs concentrations dans les organismes doivent répondre aux besoins métaboliques de ces derniers. Dans le cas contraire, une carence ou un excès de ces éléments essentiels peut induire des effets délétères.

D'autres ne sont pas nécessaires à la vie, et peuvent être même préjudiciables comme le Mercure (Hg), le Plomb (Pb), le **Cadmium (Cd)** et l'Antimoine (Sb). (**Casas, Stello 2005**) . Dans la présente étude ces métaux ont été étudiées en particulier : le Cadmium, Pourquoi le choix de ce métal ?

Le Cadmium a la propriété de transport et change de forme chimique, il a une conductivité électrique élevé qui explique leur utilisation dans de nombreuses industries. Enfin, ils présentent une certaine toxicité pour l'homme.

Les résultats de l'étude de **Zhang, X.H. et al 2011**, ont indiqué que l'exposition professionnelle à des niveaux bas et élevés de chrome chez les ouvriers de galvanoplastie, induit des dommages discernables d'ADN associés au niveau de chrome dans les érythrocytes, ce qui peut servir de biomarqueurs utiles du chrome hexavalent.

L'action toxique du cadmium sur les os, en revanche, ne se manifeste qu'après une dizaine d'années d'intoxication chronique. Le cadmium entraîne une ostéomalacie se traduisant cliniquement par des fractures multiples et spontanées (**Viala, A., Botta, A., 2005**).

II. 3 . Les métaux étudiés

II. 3 .1. Le cadmium

II. 3 .1.1 .Généralités

Elément de numéro atomique $Z=48$ (**Benkdad, A. et al 2011**) Le cadmium est un métal relativement rare, mais il est utilisé pour plusieurs buts. Dans sa forme pure est un métal blanc argenté avec une couleur bleuâtre. Le cadmium est également très malléable (**Cobb, A., 2008**). Le cadmium est un élément chalcophile, associé généralement au zinc. Les deux éléments ayant des structures ioniques et une électronégativité proches (**Burnol, A., Duro, L. M., Grive, M., 2006**).

Le cadmium peut se présenter sous forme de sulfures de zinc ($ZnS(s)$) et de carbonates tels que la smithsonite ($ZnCO_3$). Il peut également se trouver dans des gisements de sulfures où il est présent sous la forme de greenockite ($CdS(s)$) (**Burnol, A., Duro, L. M., Grive, M., 2006**).

Les caractéristiques physicochimiques du cadmium sont représentées dans le tableau (01)

(**Miquel, 2001**) :

Masse atomique	112
Masse volumique	8.6g/ cm ³
Température de fusion	320.9 °
Température d'ébullition	765°
Symbole chimique	Cd
Minerai d'origine	Scories de zinc

Le cadmium est rencontré sous forme métallique ou de sels (oxyde, chlorure, sulfure. . .).

Les sels de cadmium ont une très grande stabilité thermique et chimique.

➤ **Cadmium-métallique**

Le cadmium (Cd) est un élément chimique appartenant au groupe IIB des métaux de transition dans le tableau périodique des éléments de Mendeleïev avec un numéro atomique 48 et une masse atomique d'environ 112,4 g/mol (**Nriagu JO.et al ,1989**). La masse volumique est d'environ 8,7 g/cm³, le classant de ce fait dans le groupe anciennement dénommé « métaux lourds » défini par une masse volumique supérieure à 5 g/cm³. Du fait de sa rareté, il fait parti de la famille des éléments **traces métalliques**.

➤ **Sels de cadmium**

Il existe deux formes d'oxyde de cadmium (CdO), l'une sous forme de poudre amorphe incolore et l'autre sous forme de cristaux rouges/bruns. Les oxydes de cadmium sont insolubles dans l'eau, la soude ou la potasse mais sont, en revanche, solubles dans les acides. Le chlorure de cadmium (CdCl₂), le nitrate de cadmium (Cd[NO₃]₂) et le sulfate de cadmium (CdSO₄) se présentent sous forme de cristaux incolores, solubles dans l'eau et les acides. Le sulfure de cadmium (CdS) existe sous forme de cristaux jaune-citron ou rouges selon le mode de préparation. Il est insoluble dans l'eau. En revanche, il libère du sulfure d'hydrogène au contact d'acides concentrés.

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

Dans l'eau, le Cadmium provient de l'érosion naturelle, du lessivage des sols (engrais phosphatés) ainsi que des décharges industrielles et du traitement des effluents industriels et des mines (**Casas, Stello 2005**) .

Il fait partie des éléments en traces métalliques dits non essentiels (**Turkmen A., et al 2005**). L'apport de cadmium aux milieux côtiers provient 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 30ans (**Nriagu J O., Pacyna J., 1988**) .

II. 3 .1 .2 . Sources d'émission

Le cadmium rejeté dans l'environnement provient de sources naturelles et anthropiques. Les émissions mondiales sont environ 8000 t/an, dont seulement 5 à 10 % sont viennent de sources naturelles (**Bliefert, C., Perrot, R., 2003**)

II. 3 .1 .2 .1. Sources naturelles

Élément assez rare dans la croûte terrestre (0, 15 g/tonne de terre en moyenne), se rencontre à l'état de traces dans la plupart des sols et presque toujours associé avec les minerais de zinc ou de plomb (**Savary, P., 2003**).

II. 3 .1 .2 .2. Sources anthropiques

Le cadmium possède des propriétés spécifiques qui sont à l'origine de ces utilisations. C'est un métal mou et ductile qui conduit bien l'électricité (**Augier, H., 2008**). Aujourd'hui environ 60% de la production de Cadmium sont utilisés dans les alliages (anticorrosif), le reste entrant dans la fabrication des batteries sèches, des tubes cathodiques, des pigments de coloration (**Benecke, M., et al 2004**).

II. 3 .1. 3. Comportement du cadmium dans l'environnement

II. 3 .1. 3. 1. Dans les sols

Le comportement du cadmium dans le sol est fortement contrôlé par le pH. Dans des conditions acides, la solubilité du cadmium augmente et une légère adsorption de ce métal par des colloïdes du sol, des hydroxydes ou de la matière organique peut se produire. A des pH supérieurs à 6, le cadmium est adsorbé par la phase solide ou précipite et les concentrations en solution du cadmium sont fortement diminuées. L'hydrolyse du cadmium commence à des pH élevés. Dans des conditions réductrices, CdS(s) est la phase la plus stable contrôlant la solubilité de ce métal (**Burnol, A., et al 2006**).

II. 3 .1. 3. 2. Dans les écosystèmes aquatiques

Parmi les métaux observés dans les sédiments de retenues, notre attention s'est portée plus particulièrement sur le cadmium (Cd). Le cadmium est un sous-produit de la métallurgie du zinc et dans une moindre mesure de celle du plomb et du cuivre. Le cadmium est utilisé dans divers domaines industriels tels que l'électrotechnique (accumulateurs), l'électronique (photopiles), la métallurgie (alliages divers), le traitement des surfaces (galvanoplastie) et les peintures (pigments). La pollution par le cadmium provient également des incinérateurs de déchets urbains et se retrouve aussi au niveau des terres cultivées via l'usage d'engrais phosphatés et les épandages de boues de stations d'épuration. De nos jours, les usages de cadmium restent importants et même si la production mondiale présente une tendance à la baisse, elle a été estimée à 17 200 t en 2004 (contre plus de 20 000 t/an dans les années 1980) (**Klimasauskas, E. 2006**).

Contrairement à la plupart des éléments toxiques, moins de 10% de la quantité annuellement produite est recyclée, le reste étant rejeté, directement ou non, dans l'air, les sols et les eaux. Les retombées de poussières de cadmium transportées par voie

atmosphérique et l'incorporation directe aux sols par usage des engrais chimiques sont les deux vecteurs majeurs de contamination des écosystèmes continentaux. Le transfert du cadmium vers les écosystèmes aquatiques est ensuite assuré par les processus d'infiltration, d'épandage, de ruissellement ou de déversement direct.

Le Cd^{2+} libre et les espèces hydrolysées sont les principales espèces retrouvées dans les eaux (les espèces carbonatées et sulfatées présentent une faible contribution).

Le cadmium forme des complexes solubles avec l'ion chlorure (Cl^-) ce qui accroît sa mobilité. En effet, la solubilité des carbonates de cadmium augmente quand la concentration en chlorures augmente. Dans les eaux souterraines, selon la composition de l'eau il peut aussi précipiter en tant que carbonate de cadmium (CdCO_3) ou d'hydroxyde de cadmium (**Burnol, A., et al 2006**). Par ailleurs, le cadmium piégé par les sédiments est directement à la disposition des végétaux aquatiques par l'intermédiaire de leur appareil racinaire (**Augier, H., 2008**).

II. 3 .1. 4. La toxicité de cadmium

Le rein, en tant que principale organe d'élimination, est aussi fréquemment un organe cible. Le cadmium affecte les cellules des tubules proximaux, provoquant l'excrétion urinaire de protéines de faible poids moléculaire, d'acides aminés et de glucose (**Benecke, M.,et al 2004**).

L'étude de Wätjen et al., 2004, a montré que les basses concentrations du cadmium qui lancent la mort programmée de cellules peuvent mener à une mort sélective de cellules dans des régions différentes du cerveau par l'intermédiaire de la génération d'effort oxydant.

Puisqu'il est pensé que la maladie d'Itai-Itai résulte de l'empoisonnement chronique de cadmium, la relation entre le cadmium et les aberrations de chromosome des cellules somatiques est un point focal. Ainsi, les coupures de chromosome induites par le sulfure de cadmium *in vitro* dans notre expérience préliminaire est une conclusion très intéressante. Cependant, si des aberrations chromosomiques ont pu être induites *in vivo* par exposition au cadmium à des concentrations beaucoup inférieure sur une période beaucoup plus longue demeure incertaine (**Shiraishi, Y., 1975**).

II. 3 .2.Le chrome

II. 3 .2.1. Généralités

Élément assez répandu dans les sols, son nom vient du grec (*Kroma* = couleur), c'est un métal de masse atomique 52, n° 24 dans la classification de Mendeleïev. Il a un aspect blanc vif et brillant, quelque fois légèrement jaunâtre. Il est très dur (il raye le verre), mais n'est ni malléable, ni ductile, il est inaltérable à l'air (**Augier, H., 2008**).

Bien qu'on ait identifié plus de 40 minéraux contenant du chrome, il est le septième élément le plus abondant sur terre. Cet élément provient principalement de la chromite ($\text{FeCr}_2\text{O}_4(\text{s})$) (Loi canadienne sur la protection de l'environnement, 1994). Et partiellement de la crocoïte (PbCrO_4) (**Burnol, A., et al 2006**).

Se trouve rarement naturellement sous sa forme élémentaire. Il est rencontré dans les roches magmatiques (ou ignées) où il se substitue facilement au fer, qui possède un rayon ionique proche de celui du Cr(III) (**Burnol, A., et al 2006**).

La teneur moyenne du chrome dans la croûte terrestre serait comprise entre 100 et 200 mg/kg (**Baize, D., 1997**) (**Burnol, A., et al 2006**).

Le Cr III est un oligo élément essentiel du métabolisme humain : il améliore la croissance, favorise un bon métabolisme du glucose, des lipides et des protéines (**Savary, P., 2003**).

Ce minéral rare appartenant au groupe des spinelles s'altère assez facilement pour donner des oxydes de fer, d'autres minéraux sont porteurs du chrome : l'augite, l'olivine, la serpentine etc. Dans le cas des roches sédimentaires, la teneur en chrome est tributaire à la teneur en fer, et éventuellement de la présence des minéraux détritiques riches en chrome (**Baize, D., 1997**).

Bien que le chrome puisse prendre neuf états d'oxydation différents, de (-II) à (VI), seuls le chrome trivalent [Cr(III)] et le chrome hexavalent [Cr(VI)] sont communs en milieu naturel (Loi canadienne sur la protection de l'environnement, 1994). Dont les propriétés physico-chimiques, biochimiques et donc ecotoxicologiques diffèrent fortement (**Jeannot, R., et al 2002**).

Tableau 02 : représente Les caractéristiques physicochimiques du chrome (**Nathan, L., 2006**).

Symbole chimique	Cr
Numéro atomique	24
Masse atomique	52
Température de fusion	3375°F (1907°C)
Température d'ébullition	4842°F (2671°C)
Densité	7,14g/cm ³

II. 3 .2.2.Nature, origine des contaminations, voies d'exposition

La plupart des roches et des terrains renferment de faibles quantités de chrome. À l'état naturel, il est hautement insoluble, mais il peut dans certaines conditions devenir plus soluble par l'érosion, l'oxydation et l'action des bactéries ,Ce métal est principalement utilisé pour le chromage, la fabrication d'alliages, d'agents oxydants, d'inhibiteurs de la corrosion, de pigments, ainsi que dans les industries du textile, de la céramique, de la verrerie et de la photographie.

En pratique, sa présence dans l'eau (sous forme de sels solubles, particules insolubles ou complexes chimiques) n'est pas fréquente et est le plus souvent liée à des rejets d'eaux usées ou à des infiltrations par des champs d'épandage de boues de stations d'épuration.

L'oxydation des composés chromeux étant instantanée, le chrome peut se trouver à l'état trivalent (chromites) ou hexavalent (chromates et dichromates). Dans l'eau chlorée ou aérée, le chrome hexavalent prédomine. Les eaux les plus dures sont aussi généralement celles qui ont la plus forte teneur en chrome. Les concentrations dans une eau traitée sont habituellement les mêmes que celles de l'eau brute, mais elles peuvent parfois être plus faibles (5 µg/l ou moins).

Quant à la teneur dans l'atmosphère urbaine, en moyenne 0,02 µg/m, elle équivaldrait à une absorption d'environ 2 µg/jour, le tabac pouvant, pour sa part, apporter quelques µg/jour supplémentaires.

À 50 µg/i de chrome, la part de l'eau correspond à moins de la moitié de l'absorption totale (**Patrick Savary, 2003**).

II. 3 .2.3.Pollution par le chrome

La pollution des eaux par le chrome résulte des activités métallurgiques, de la fabrication et de l'utilisation de pigments et de matériaux réfractaires à base de ce métal, de la galvanoplastie, mais aussi du lessivage des terres agricoles recevant des fertilisants renfermant du chrome dans leurs impuretés. Parmi les diverses formes inorganiques du chrome, la plus toxique est le chrome hexavalent. La pollution des eaux par cet élément s'effectue soit par transfert atmosphérique via les précipitations, soit de rejets d'effluents liquides par des activités industrielles ou artisanales.(**Ramade, F., 2005**).

II. 3 .2.4.La toxicité du Chrome

La toxicité des composés du chrome dépend principalement de leur valence et de leurs propriétés physico-chimiques (Loi canadienne sur la protection de l'environnement, 1994). Le chrome hexavalent, beaucoup plus soluble et assimilable, représente un polluant potentiellement plus nocif que le chrome trivalent plus stable (**Jeannot, R., et al 2002**).

Selon (**Levina, A., et al 2006**), pour beaucoup d'années, la cancérogénicité de Cr (VI) et les effets antidiabétiques du Cr (III) des composés ont été considérés en tant qu'activités biologiques indépendantes.

L'étude de (**Lupescu, A., et al 2011**), montrait que le chrome hexavalent est une substance contaminante ayant une activité cytotoxique. Le chrome (VI) induit un stress oxydatif, l'inflammation, la prolifération cellulaire, la transformation maligne et peut déclencher la cancérogenèse et l'apoptose (mort cellulaire suicidaire) en même temps. Les effets toxiques du chrome (VI) peut entraîner des lésions mitochondriales et des dommages à l'ADN.

Le système respiratoire est le principal organe cible de beaucoup de métaux, après intoxication aigue, le chrome hexavalent est corrosif et provoque des ulcérations des voies nasale et de la peau. Il induit aussi des réactions d'hypersensibilité, en cas d'intoxications aigue, il provoque la nécrose des tubules rénaux (**LU, F, C., 1991**).

II.4.Les algues

II.4.1. Généralités sur les algues

Les algues, végétaux aquatiques chlorophylliens représentés soit par des organismes unicellulaires (algues phytoplanctoniques) soit par des organismes pluricellulaires, souvent de grande taille (cas des Fucus, des Laminaires et des Macrocytis par exemple), pourvues de cystes qui interviennent dans leurs divers processus reproducteurs. Au plan morphologique,

on distingue les micro-algues, unicellulaires, isolées ou parfois groupées en colonies – filamenteuses ou non – et les macro-algues aussi dénommées algues macrophytiques ou macrophytes (**Directive 91/157/CEE,1991**).

Les Algues constituent un ensemble d'organismes extrêmement divers qu'il est fort difficile de définir et de présenter de manière cohérente. Jusqu'à une époque récente, on avait défini les Algues comme des végétaux photosynthétiques dont l'appareil végétatif, relativement simple, était nommé « thalle»; on les regroupait alors, au sein des Thallophytes, avec les Champignons, dont l'appareil végétatif est également peu différencié, mais qui n'effectuent pas la photosynthèse. On opposait les Thallophytes aux Cormophytes ou « Végétaux supérieurs», qui possèdent une organisation plus complexe, avec généralement des racines, des tiges, des feuilles et un appareil conducteur.

Les algues ne constituent pas, au sein des végétaux, un ensemble homogène, mais se répartissent entre un certain nombre de voies évolutives complètement indépendantes les unes des autres. Ainsi, pour ce qui concerne le seul cas des Algues marines, en simplifiant beaucoup, on distingue une «voie rouge» avec les Algues rouges, une «voie brun-jaune» avec, en particulier, les Algues brunes et une « voie verte » qui regroupe à la fois les Algues vertes, les Mousses, les Fougères et les plantes à fleurs. Il y a en effet, malgré des convergences de forme, infiniment plus de différences (biochimie, cytologie, physiologie) entre un *Porphyra* (Algue rouge) et un *Ulva* (Algue verte) qu'entre ce même *Ulva* et un platane ou un chêne. Quant aux Algues bleues (une seule espèce, de grande taille, sera mentionnée dans ce guide), on les rapproche aujourd'hui des Bactéries, sous le nom de Bactéries bleues (Cyanobactéries).

Les espèces présentées faisant l'objet de notre travail sont toutes des Algues pluricellulaires ou plurinucléées; on les qualifie souvent du terme de « macrophytes ». Elles se distribuent en un certain nombre de grandes unités aisément accessibles à l'observateur et que nous désignerons par les termes les plus communément utilisés; ce sont: les Cyanobacteria (exCyanophyta), les Chlorophyta ou Algues vertes, les Phaeophyceae ou Algues brunes, et enfin les Rhodophyta ou Algues rouges.

Les algues sont capables d'occuper tous les types de milieux leur offrant de l'éclairement et une humectation suffisante, temporaire ou permanente. On en trouve ainsi dans les eaux douces et marines, sur les sols humides et même sur la neige. Qu'elles soient uni- ou pluricellulaires, elles se nourrissent directement à partir de leur surface cellulaire et prélèvent les éléments nutritifs dans le milieu qui les baigne ou les humecte. Ce sont donc fondamentalement des végétaux aquatiques, même si certaines d'entre elles se sont adaptées à une exondation plus ou moins prolongée. Malgré cette simplicité fonctionnelle apparente, certaines Algues possèdent un système conducteur, d'autres des régions spécialisées rappelant les tissus de ce que l'on appelle encore couramment les Végétaux supérieurs (**Directive 2002/95/CE ,2003**).

II.4.2. Classification des algues

La classification en usage, il ya encore quelques années, se fondait sur la pigmentation (Quero, J.C., Vayne, J.J, 1998).

II.4.2.1. Algues procaryotes (les cyanobactéries)

Les Cyanobactéries correspondent à des organismes formés de cellules ou de filaments microscopiques, mais qui se développent souvent simultanément pour constituer soit des colonies visibles à l'œil nu soit des populations très importantes formant des "fleurs d'eau" exploitées depuis longtemps dans certaines régions (spirulines au Tchad ou au Mexique, par exemple) (Fischer, W.,et al 1987). Les Cyanophytes ne possèdent pas de formes flagellées (Iltis, A., 1980). Elles sont unicellulaires ou filamenteuses et vivent dans l'eau ou les milieux humides. On les appelle aussi *Myxophycées* à cause de leur membranes gélatineuses, ou encore *Schizophycées* du fait de leur mode de division cellulaire (Ozenda, P., 2000).

II.4.2.2. Algues eucaryotes

La couleur du thalle et la composition pigmentaires sont des critères pour définir les principaux groupes (Genèves, L., 1990). Trois types d'algues sont identifiés en fonction de leur couleur :

II.4.2.2.1. Algues vertes (les Chlorophytes)

Les algues vertes, qui comprennent au moins 17000 espèces, ont une structure et un cycle de vie très diversifiés (Raven, P., et al 2000). La majorité est «terrestre» (vivant dans les lieux humides) et d'eau douce, mais plus d'un millier sont marines. Elles incluent quelques espèces marines macroscopiques (*ulve, entéromorphes, Codium*, etc.), mais la plupart sont microscopiques, libres, et forment parfois des colonies importantes. Elles peuvent être microscopiques et unicellulaires comme la chlorelle (*Chlorella vulgaris*) (Wariaghli, F., et al 2004). En générale les algues vertes marines occupent les niveaux les plus élevés du littoral (Leclerc, V., Floc'h, J.Y., 2010).

Elles possèdent des plastides d'un vert franc contenant de la chlorophylle *a et b* associée à de l'*a et b* carotène et des xanthophylles identiques à celles des plantes supérieures (Iltis, A., 1980) Dans certaines conditions écologiques (par exemple décoloration liée à un fort éclaircissement) certaines régions du thalle peuvent apparaître plus ou moins blanchâtres. En pratique, le critère cytologique de portée quasi-générale est la présence d'amidon vrai comme substance de réserve intracellulaire. Caractérisés par localisation intraplastidiale de l'amidon et sa coloration en bleu brun par la solution iodo-iodurée (0,3 g I₂ + 1,5 g KI dissous dans 100 ml eau) (Fischer, W.,et al 1987).

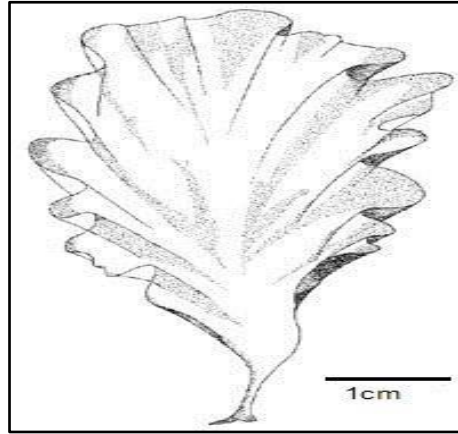


Figure 1 : Aspect externe du thalle d'*Ulva lactuca*

II.4.2.2.2. Algues Rouges (Les Rhodophytes)

Végétaux marins constitués par un thalle de couleur rouge (**Fischer, W.,et al 1987**). Les algues rouges regroupent des formes très diverses (**Milleron, B. 2006**). Elles se définissent par un ensemble de caractères communs : caractères cytologiques (structure des plastides) et biochimiques (présence de chlorophylle *a* seule, masquée par des pigments surnuméraires qui sont Phycoérythrine et Phycocyanine ; présence d'un amidon extra plastidial Particulier appelé amidon floridéen ou rhodamylon [**Iltis, A., 1980 - Milleron, B. 2006**] . Dans certaines conditions écologiques (par exemple fort éclaircissement) les pigments rouges sont plus ou moins détruits et les thalles peuvent, en totalité ou en partie, être verdâtres (*Hypnea*, par exemple) ou même brun noirâtre comme chez *Rissoella*.

Les algues vertes sont caractérisées par la localisation intraplastidiale du rhodamylon et sa coloration brun acajou par la solution iodo-iodurée (0,3g I₂ + 1,5g KI dissous dans 100 ml eau) (**Fischer, W.,et al 1987**).

Les autres caractéristiques des algues rouges portent sur la présence de synapses, des perforations des parois entre les cellules, obturées par des bouchons évoquant des têtes de rivet, et sur la composition chimique des parois cellulaires, riches en gélose ou carraghénane selon les espèces (**Wariaghi, F.,et al 2004**) .

Elles sont rarement unicellulaires, mais le plus souvent filamenteuses (**Reviere, B. 2003**).Allant de simples filaments microscopiques à des lames épaisses de 1 à 3 m de long (**Milleron, B. 2006**). Sont le plus souvent des algues marines et leur présence dans les eaux douces se limite à une trentaine de genres peu fréquents (**Iltis, A., 1980**)

II.4.2.2.3. Algues Brunes (Les chromophytes)

Les phéophycées sont des algues pluricellulaires et macroscopiques (Milleron, B. 2006).Thalle généralement de couleur brune. La couleur est variable, allant du jaune au brun foncé ; certains individus peuvent même être blanchâtres (par décoloration dans certaines conditions écologiques) ou par incrustation plus ou moins importante de calcaire.

En pratique, les critères cytologiques de portée quasi-générale à prendre en compte sont, d'une part, l'absence d'amidon comme de tout autre polysaccharide colorable par la solution iodo-iodurée et, d'autre part, la présence de phlorotannins localisés dans des organites particuliers (physodes) (Fischer, W.,et al 1987) . Les parois des cellules sont riches en un polysaccharide particulier, l'acide alginique, présent sous forme d'alginate (sels de l'acide alginique) (Fischer, W.,et al 1987).

Les algues brunes sont caractérisées par la localisation extraplastidiale de ces physodes et leur coloration en bleu par le bleu de crésyle) (Fischer, W.,et al 1987). Les algues brunes sont à quelques rares exceptions près des organismes purement marins et sont très largement distribuées à la surface du globe (Milleron, B. 2006). Bien qu'elles constituent un groupe monophylétique, elles ont une taille qui va depuis des formes microscopiques jusqu'au plus grande de toutes les algues marines, atteignant une longueur de 60 mètres et un poids plus de 300 kilos(Raven, P.,et al 2000).

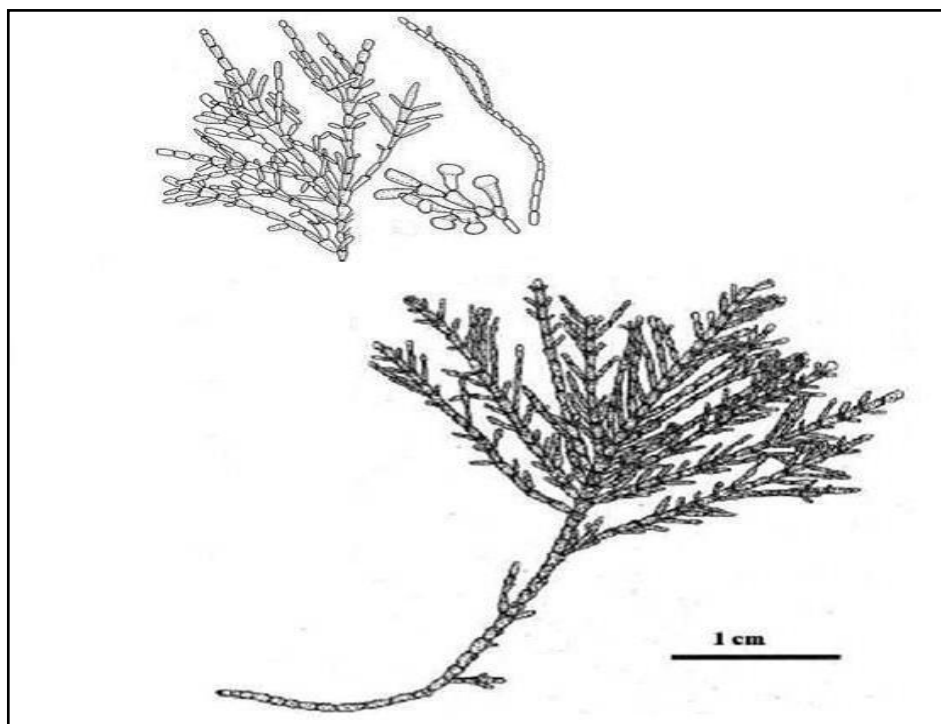


Figure 2 : Aspect général du thalle de *Corallina officinalis*

II.4. 3. La longévité des algues

Les algues ont des durées de vie très variables. De quelques heures pour les algues microscopiques jusqu'à quelques années pour les grandes laminaires. Certaines sont annuelles elles sont dites éphémères et se développent le temps d'une saison. Beaucoup vivent moins d'une année et certaines sont capables de produire plusieurs générations par an. Ou de génération microscopique. Mais certaines espèces peuvent vivre plus longtemps. Ainsi la doyenne des algues méditerranéennes est brune, elle s'appelle *Cystoseira* qui dépasse un demi-siècle (**Leclerc, V., Floc'h, J.Y., 2010**).

Les algues vertes marines présentent différents cas de longévité. Certaines sont pérennantes avec une croissance et une reproduction saisonnières (ex : *Codium*, *Halimeda*). D'autres sont annuelles et éphémères; elles ont une vie courte et connaissant une succession de générations au cours de l'année. Certaines d'entre elles peuvent en outre présenter des périodes de prolifération importantes et spectaculaires sous l'effet d'un fort ensoleillement et d'un enrichissement des sels nutritifs. Tel est le cas des ulvales qui provoquent le phénomène des marées vertes. Les algues brunes présentent des longévités très diverses. Les ectocarpales, filamenteuses, tout comme les énormes *Sacchorhiza* sont annuelles. Les *laminaria* vivent plusieurs années (de 10 ans à 15 ans dans le cas de *laminaria hypeborea*) (**Milleron, B. 2006**)

II.4. 4. Ecologie des algues

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 être autonomes (autotrophes ou saprophytes), parasites ou vivre en symbiose. On les rencontre dans tous les milieux humides : eaux douces, saumâtres ou salées, troncs d'arbre, etc. On en trouve même dans les milieux désertiques chauds.

La diversité des algues et la variété des habitats qu'elles occupent sont liées (**Reviere, B. 2003**).

En raison de leur diversité des biotopes et des modes de vie des algues, il ya lieu d'envisager successivement l'écologie des algues marines et celle des algues continentales (algues d'eau douce, algues aériennes ...etc.).

En ce qui concerne les biocénoses appartenant à l'écosystème marin, il faut distinguer les biocénoses benthiques c'est-à-dire liées au fond de la mer ou au rivage, qui sont développées en eaux peu profondes, et les biocénoses pélagiques c'est-à-dire de haute mer (**Ozenda, P., 2000**).

- **Algues pélagiques ou phytoplancton**

Ensemble des organismes photosynthétiques microscopiques flottants librement près de la surface des océans et des lacs (**Nabors, M., 2008**). Représentent 99 % de la biomasse végétale aquatique (**Bonnefis, J., Pathé, M., 2010**)

- **Algues fixées ou benthiques** : Algues uni ou pluricellulaire fixées sur support au fond de l'eau (**Wariaghli, F., et al 2004**) .
- **Epilithes** : Ce sont les algues des côtes rocheuses fixées par des crampons robustes aux rochers ou aux galets.
- **Epizoïques** : fixées sur des animaux ;
- **Epiphytes** : sur des végétaux ;
- **Epixyles** : sur du bois.

II.4.5. Répartition des algues

Selon **Riadi H, 1998** 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 épizoïques).

II.4.6. Zonation des algues

La zonation des algues marines ne résulte pas de leur composition pigmentaire, mais de l'interaction de multiples paramètres environnementaux (**Reviere, B. 2003**) .Selon **Riadi H, (1998)** , au niveau du système littoral photique, la diversité des conditions de vie des algues permet de distinguer un certain nombre de divisions superposées ou étagées, au sein desquelles la nature du substrat (rocheux ou meuble) et les modes (battu ou abrité) permettent de caractériser les différents biotopes. Les principaux étages sont :

- ❖ L'étage supralittoral qui est la limite entre la végétation aérienne et niveau moyen des hautes mers de vive eau.
- ❖ L'étage littoral (Intercotidal) avec ces trois horizons: Horizon supérieur, moyen et inférieur. C'est la partie de la côte exposée à des alternances assez régulière d'émersion et submersion.
- ❖ L'étage infralittoral situé au dessous du niveau inférieur des basses mers de vive eau. Il est subdivisé en deux sous étages, l'un superficiel (photophile Affinité des espèces pour la lumière) et l'autre profond (sciaphile : Affinité des espèces pour l'ombre). Au dessous de l'infralittoral , on distingue l'étage circalittoral assez mal caractérisé de point de vue floristique, les algues sont rares mais les organismes calcifiés sont abondant et forment les concrétions caractéristiques des fonds coralligènes.

II. 4.7. Les algues comme bioindicateurs

Les algues marines jouent un rôle important dans l'environnement côtier tant que producteurs primaires et dans le maintien de la stabilité des écosystèmes. Macroalgues sont également bio-indicateurs utiles, car ils sont sensible aux changements environnementaux et d'accumuler de nombreux contaminants.(**Boisson et al., 1997**)

Absorption des ions de métaux traces par les algues est particulièrement favorable à cause de la densité élevée de groupes fonctionnels, notamment hydroxyles, les carboxylates, les amines, les imidazoles et les thiols, sur la surface de la cellule (**Majidi et al., 1990**).

En conséquence, les concentrations d'algues de certains métaux peuvent dépasser les concentrations correspondantes dans l'eau de mer ambiante de plus de trois ordres de grandeur (**Conti and Cecchetti et al 2006**).

Parmi les facteurs environnementaux qui influent sur la vitesse et l'ampleur de l'absorption des métaux par les macroalgues marines sont le pH, la température, la lumière, la salinité et la concentration d'algues.(**Hu et al., 1996**)

Moins bien définie, cependant, sont les effets d'autres, co-contaminants sur l'absorption des métaux; c'est peut-être surprenant, car de nombreuses espèces tolèrent modérément, mais les conditions généralement pollués, tels que ceux résultant de la décharge des eaux usées domestiques (**Ho, Y.B., 1990**) .

Significatif à cet égard, par conséquent, sont les études de Lee et Wang (2001) et Ramelow et al (1992); Dans le premier cas, il a été montré que les macronutriments exercé un effet significatif sur le taux d'accumulation de Cd, Cr par *Ulva fasciata* due à une variété d'effets chimiques et physiologiques. Dans ce dernier, une réduction de l'absorption de divers métaux par différentes (séché) espèces d'algues a été démontrée en présence d'EDTA, probablement par complexation et la stabilisation d'ions métalliques en solution.

Un bioindicateur 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 (**Ramade, F., 2002**).

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 (**Wariaghli, F.,et al 2004**) .

L'étude faite par [18], a montré que les macroalgues peuvent être un outil puissant en biomonitoring pour évaluer les tendances spatiales des métaux et radionucléides contaminants le secteur côtiers.

Selon **Favero et Frigo (2002)**, les espèces de macroalgues ont été utilisées pour surveiller les concentrations des métaux (Cd, Cr, Ni et Zn) dans les eaux de mer.

La bioindication écotoxicologique repose sur un processus écologique très important : la bioaccumulation ou la bioconcentration (**Gobat, J.M., et al 2010**).

II. 4.7.1. La bioaccumulation

Phénomène par lequel une substance présente dans un biotope pénètre dans un organisme, même si elle n'a aucun rôle métabolique, et même si elle est toxique à ce dernier, dans ce processus il y a simple transfert d'une fraction de ce substance contenue dans le biotope dans l'organisme de sorte que la concentration de ce dernier dans les tissus est généralement légèrement inférieure ou égale à celle où le polluant se rencontrera dans l'eau ou le sol (**Ramade, F., 2002**).

La bioaccumulation résulte d'une interaction entre facteurs physiologiques (croissance, perte de poids, absorption, stockage), chimiques (transferts métaux, spéciation, biodisponibilité) et environnementaux (température, MES, chlorophylle) (**Casas, S., 2005**).

L'étude effectuée par **Lovstad Holdt et Kraan (2011)**, a montré que les algues accumulent non seulement les éléments minéraux et les oligo-métaux désirés mais accumulent également les métaux et métaux lourds indésirables de l'environnement environnant. Ceci peut expliquer l'emploi des algues comme biofiltre.

L'élimination des métaux lourds à partir de solutions aqueuses en utilisant des algues séchées *Ulva lactuca* comme un biosorbant a été étudiée dans un système discontinu. L'investigation des propriétés de sorption du matériel biologique séché était l'un des principaux objectifs de cette étude. Il a été constaté que le biosorbant utilisé a un grand potentiel pour l'enlèvement des ions métalliques. Son capacité de rétention varie de 60 à plus de 200 mg/g⁻¹, et son affinité pour conserver les grands ions semblait plus élevée que celui des petits ions (**Deng et al. 2007**).

L'étude de **Deng et al. (2007)**, a montré que l'espèce d'algue *Corallina fascicularis* a le potentiel pour être utilisé comme un matériau efficace et économique pour la biosorption, l'enlèvement et la récupération de Cr à partir des eaux usées.

L'absorption caractéristiques du Cd et Cr par la poudre de *Ulva lactuca* indique que cette poudre pourrait agir comme un sorbant pour ces métaux (**Elizabeth, A., et al 1997**).

Il existe plusieurs espèces d'indicateurs algologique :

- **Les espèces indicatrices de pollution ou espèces bioindicatrices d'effets**

qui sont prédominantes dans un milieu contaminé parce qu'elles sont plus résistantes et capables de s'adapter au stress causé par la présence d'un contaminant. C'est le cas par exemple des algues nitrophiles comme les Ulves et les entéromorphes qui prolifèrent dans les eaux stagnantes enrichies en éléments azotés. En fait, les espèces indicatrices de pollution qui sont abondantes dans un milieu pollué peuvent être spécifiques (aux milieux riches en matière organique par exemple), ou non spécifiques et tolèrent toute sorte de perturbation surtout en milieu estuarien (Løvstad Holdt, S., Kraan, S., 2011) .

➤ **Les espèces indicatrices de la qualité des eaux**

qui disparaissent dans les milieux pollués parce que leur faible capacité d'adaptation les rend particulièrement sensibles à un contaminant par exemple l'algue *Cystoseira stricta*, caractéristique des zones rocheuses, agitées et bien aérée.

➤ **Les espèces bioaccumulatrices**

ce sont des espèces indicatrices de pollution qui en raison de leur mode de vie (sédentarité) et de leur métabolisme, bioaccumulent certains contaminants du milieu environnant soit par voie directe (bioconcentration) ou par voie trophique (bioamplification). Ces bioindicateurs très employés dans les études de biosurveillance du milieu marin.

➤ **Les espèces sentinelles**

ce sont des bioindicateurs bien spécifiques qui, parce qu'ils révèlent la présence et la toxicité d'au moins un contaminant dans le biotope, permettent de suivre les effets éventuels de ce contaminant sur l'état de santé du milieu et/ou celui de l'espèce humaine.

MATERIEL ET METHODES

III –MATERIEL ET METHODES

III-1-Présentation de la région de Jijel

La wilaya de Jijel est connu être une wilaya à vocation agricole ; touristique et de la pêche (les ressources halieutiques y sont appréciable, avec une superficie maritime de 6,510 Km² et une biomasse totale de 200 .000 T/an).

La ville de Jijel est le chef lieu de la wilaya, sa population est estimée à 134 839 habitant en 2008, cette ville connait actuellement un développement remarquable sur tous les plans : industriel, touristiques, démographiques, infrastructure, portuaire routière ou financières ..., ce développement est sans aucun doute, le principale enjeu à prendre en compte dan la régulation des sources de pollution.

Cette concentration de la population dans le centre urbain engendre de graves problèmes sur l'environnement marin. Via les apports élevés des eaux usées, domestiques, urbains et industrielles déversées directement dans la mer, ainsi que l'abondance des déchèteries sauvages le long du littoral.

1- Situation géographique

JIJEL est une wilaya côtière de l'est Algérien, s'étalant sur une superficie de 2,398 km², avec une façade maritime de 120 km, située à environ 314 Km d'Alger, limitées par la mer méditerranéen au nord, la wilaya de Skikda à l'est, la wilaya de Bejaia à l'ouest et Mila au sud et enfin la wilaya de Constantine au Sud-ouest.

2- Climatologie

La région de Jijel est considérée parmi les régions les plus pluvieuses en Algérie, elle est caractérisée par un climat méditerranéen pluvieux et froid en hiver, chaud en été. Les températures varient entre 20 °C et 35 °C en été, et 3 à 15 °C en hiver. La saison de pluie dure environ 06 mois.

Les précipitations moyennes annuelles enregistrées dans la wilaya se situent entre 800 et 1200 mm/an et atteignant exceptionnellement les 1800 mm/an (**ANEP, 2010**).

2-1- Les précipitations

La pluie est un facteur climatique très important qui conditionne l'écoulement saisonnier et influence directement le régime des cours d'eau ainsi que celui des nappes aquifères. Les précipitations sont également variables et irrégulières d'une année à l'autre. La moyenne mensuelle la plus élevée est observée essentiellement pendant le mois de Décembre (194,8 mm). Par contre la pluviosité la plus basse est observée pendant le mois de Juillet (3,26 mm) (tableau 03).

Tableau 03 : Moyennes mensuelles des précipitations en mm [1989-2009] (O.N.M)

MOIS	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
P (mm)	134,2	101,4	81,8	88,81	50,39	12,70	3,2 6	12,45	62,79	83,97	151,3	194,8

2-2- Les températures

Le tableau 02 nous indique que la région de Jijel est caractérisée par un climat doux et humide en hiver et chaud et sec en été. Ces caractéristiques indiquant un climat méditerranéen. La moyenne mensuelle la plus élevée est observée essentiellement pendant le mois d'Aout (26, 15 °C). Par contre la température la plus basse est observée pendant le mois de Janvier (11, 41 °C).

Tableau 04 : Moyennes mensuelles des températures [1989-2009] (O.N.M).

MOIS	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
T (°C)	11,41	11,74	13,60	15,30	18,75	22,52	25,20	26,15	23,67	20,30	15,69	12,76

2-3- Le diagramme ombro - thermique

L'analyse de deux paramètres climatiques (précipitations et température) permet de tracer la courbe ombro-thermique de Gaussen qui met en évidence deux périodes :

- ✓ l'une de sécheresse : s'étale du mois du Mai au mois de Septembre.
- ✓ et l'autre humide : s'étale du mois d'Octobre au mois de Mai.

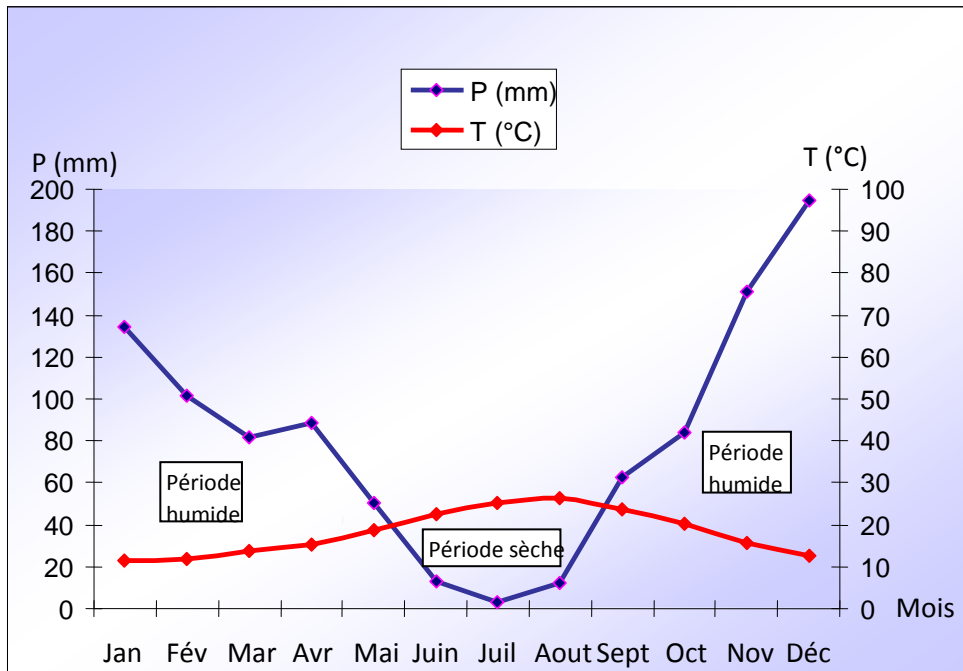


Figure 3: Diagramme ombro-thermique de la wilaya de Jijel entre (1989-2009) (O.N.M).

2- 4 - Les vents

Le vent est un facteur important du climat qui influe sur la température, l'humidité et l'évaporation. La fréquence et la vitesse du vent sont variables au cours de l'année. En hiver, les vents dominants sont souvent secs et froides, ils ont une direction Nord-Ouest et parfois Nord-est. Pendant la période estivale et particulièrement de Mai à Septembre, les vents secs et chauds (Sirocco) ont une direction Sud-ouest et parfois Sud -Nord, ils soufflent en moyenne durant 15 jours par ans (O.N.M).

III-2- Situation géographique - localisation et description de la zone d'étude

Notre zone d'étude situe au nord ouest de la commune de jijel, le long de la route nationale reliant la wilaya de Jijel et celle de Bejaïa, (figure 04).

Au niveau de cette zone, trois stations d'étude ont été choisies pour effectuer des prélèvements :

- **Station 01** : La baie de Rabta, elle est localisée sous le plateau d'El Haddada, située à 03 km au nord ouest du chef lieu de la wilaya de jijel. à 200 m ouest de l'embouchure de l'oued laraiche et l'oued mouttas.
- **Station 02** : à 1KM ouest de l'embouchure de l'oued laraiche et l'oued mouttas.

- **Station 03** : station de reference à 3 km ouest de l'embouchure de l'oued laraiche et l'oued moultas.



Figure 04 : localisation géographique de la zone d'étude.

III-3-Identification des sources de pollution

La majeure partie de la pollution, que l'on trouve en mer est d'origine terrestre, elle provient des zones urbaines, des activités industrielles et agricoles, les stations d'épuration n'éliminent pas tous les types de pollution et certains se retrouvent en milieu marin.

Les polluants peuvent être charriés par les fleuves sous des crues, entraînés depuis des rives.

Les produits chimiques (peinture, solvants) sont très toxiques pour l'environnement.

Les métaux entrent d'ailleurs dans la composition des peintures antifouling utilisées pour éviter le développement de la faune et de la flore fixées sur les coques des navires et bateaux.

Les métaux lourds ne sont pas stoppés par les stations d'épuration, ils se retrouvent toujours en milieu marin.

III-4 -Prélèvement des échantillons

III-4 -1- Choix des stations de prélèvement

Dans le cadre du suivi de l'état de contamination des eaux marines côtières de la wilaya de Jijel, le choix des stations est basé, outre sur la présence des algues, sur la proximité des rejets d'effluents, dans le but d'évaluer leurs flux polluants et leur impact sur le milieu marin récepteur.

III-4-2-Justification du choix des stations

- Station 01 : (La Baie de Rabta) a été choisie pour la mise en évidence des conséquences de la pollution industrielle ,domestique et urbains de la ville de JIJEL (eaux usées urbains et industrielle de la tannerie)
- Station 02 : (Grand phare ou Ouled Bounnar) station normalement pure,prise comme zone de référence .

III-5- Sortie de prospection du terrain : mardi 11/03/2014

1-Prospection de la zone d'étude, vérification de l'accessibilité du terrain , présence des algues ,source de pollution ...

2-Je me suis rendu sur sites :grand phare , , corniche ,port de Boudis et plage terre rouge.

3-Prise des photos.

4-Désignation des station des limite de zone d'étude .

III-5-1-Première sortie de prélèvement :Samedi 05/04/2014

Prélèvement des échantillons destinés à l'analyse des eaux de mers (analyse phisico-chimiques) et des algues destinés aux analyses des métaux lourds .

III-5-2-Conditions de prélèvement

- Les prélèvements ont été effectués à partir de la frange littoral de 3 Stations différentes : Ouled Bounnar , ,Rabta et a 1 km de Rabta .
- Les prélèvements ont été effectués entre 9 :30 et 12 :00 matin.
- $T^{\circ} = 21$, vents : faible, mer calme.
- Les échantillons des algues ont été rincés sur place par d'eau de mer puis emballés dans des sachets en polyéthylène ;
- Les flacons d'eaux ont été décontaminés aux préalable par l'acide dilué, rincé sur place par d'eau de mer ,puis transporté dans une glacière .
- Dès le retour les échantillons ont été transférés directement au réfrigérateur.

III-6-Au laboratoire : Dimanche 06/04/2014

1-Dés l'arrivé au laboratoire, les échantillons d'eau ont été acidifier selon le protocole de (RODIER , 2009) pour l'analyse des ETM ,PO-4,NO-3 , NO-2 .

2 -Les algues ont été triés selon l'espèce, rincé par l'eau de robinet et d'eau distillé pour les détachés des abris adhérent, mis a sécher à l'air libre jusqu'au jour de l'analyse.

3 -Les échantillons d'eau ont été conservés à 4° C.

III-7-Plan d'échantillonnage

Pour caractériser les impacts de la ville de Jijel sur le milieu marin récepteur, par l'utilisation des algues marines comme bioindicateurs de la pollution métallique, nous avons opté pour un échantillonnage subjectif dans la zone allant de la plage troisième à l'entrée est de la ville , jusqu'au plage Ouled Bounnar à la sortie ver Bejaia ,en fonction des sources de pollution possibles présence des algues et l'accessibilité du terrain .

Les station ont été choisie le long de la frange littoral de la ville sur une distance de 15 Km ,au sain de chaque station a pris 2 sites différent selon un transect à partir de la source de pollution .

III-8-Choix des espèces d'algues

La région de Jijel comporte un groupement naturel important d'algues marine, benthiques , vertes, brunes ou rouges à dominance des *Ulves* et des *Corallinales*, à grand intérêt écologique et scientifique. Les échantillons études ont été prélevés à partir de la frange littoral de la mer méditerranéenne, elles ont été identifié et étudié au niveau du labo de biologie et environnement de l'université Constantine 1 .

- **Algues vertes** : *Ulva lactuca*, *Ulva regida*, *Ulva compressa*, *Cladophora rupestris*, *Entomorpha linza*, *Entomorpha intestinales*, *Chaetomorpha sp*, *Codium tomentosum*.

- **Algues brunes** : *Saragassum muticum*, *Dictyota dichotoma*, *Dilophus fasciola*, *Padina pavonica*, *Halopteris scoparia*.

- **Algues rouges** : *Corralina officinalis*, *Corallina elongata*, *Cystoseira compressa*, *Asparagopsis taxiformis*, *Jania rubens*, *Gelidium sp*.

Seulement deux espèces ont été choisies pour faire l'objet de la présente étude : *Ulva lactuca* et *Corrallina officinalis*.

Ces deux espèces ont été choisies pour plusieurs raisons :

- ✓ Les deux espèces appartiennent à deux rangs taxonomiques différents permettant de déceler les différences de la capacité de bioaccumulation de chaque espèce ;

- ✓ Ces espèces sont scientifiquement connues, facilement reconnaissables sur terrain, Échantillonnage facile ; largement utilisées pour ces types de recherches en biomonitoring et en écotoxicologie ;

✓ Ces espèces ont une croissance rapide avec plusieurs générations et peuvent supporter un large éventail de conditions écophysiologiques et des niveaux de pollution élevés ; présentes tout au long de la côte, même dans des endroits particuliers tels que lagunes, estuaires, les égouts proche, et aussi dans des zones non polluées; dont la composition des thalles reflète bien la composition de l'eau de mer pendant les dernières semaines avant la collecte.

- des espèces différents ont été prélevés .

- scientifiquement connu facilement reconnaissable sur terrain , largement utilisés pour ces types des études en écotoxicologie .

- fiabilité des resultats . (voir **Wariaghli, F., et al 2004**)

III-8-1.Espèce 01

Systématique (Milleron, B. 2006)

Embranchement : Chlorobionta

Sous-embranchement : Chlorophyta

Classe : Ulvophyceae

Ordre : Ulvales

Famille : Ulvaceae

Ulva lactuca

Étym : Du nom ancien des algues (latin); laitue (latin).

Figure 05 : *Ulva lactuca*



III-8-2-Espèce 02

Systématique (Milleron, 2006)

Embranchement: Rophophytes

Classe : Florideophyceae

Ordre : Corallinales

Famille : Corallinaceae

Corrallina officinalis

Etym : corail (grec) ; crépu, frisé (latin)

Figure 06 : *Corrallina officinalis*



III-9-Prélèvement des échantillons d'algues

Les algues recueillies manuellement ont été débarrassées de tous leurs épiphytes et des débris adhérent à leurs thalles, rincées sur place à l'eau de mer puis placées dans des sacs en plastiques, à leur arrivée au laboratoire les algues sont à nouveau rincées à l'eau bidistillées et séchées à 70 °C pendant 24H. Les algues séchées sont ensuite broyées pour obtenir une poudre fine qui sera utilisée pour la minéralisation (**Kaimoussi et al., 2004**).

III-10-Protocole d'extraction des métaux lourds dans les plantes

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

Les métaux lourds (Cd, Cr) sont extraits avec l'eau régale (solution sulfonitrique-eau oxygénée). Pour cela 1 ml d'acide sulfurique, 3 ml d'acide nitrique, 3 ml d'eau oxygénée à 30 volume, sont ajoutés à 1g de l'échantillon des plantes séchées et broyées en fines particules.

Dans un erlenmeyer rodé de 250 ml, fixé à un réfrigérant, l'ensemble est chauffé à 75 °C, jusqu'à l'ébullition pendant 15mn, après refroidissement et rinçage 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 à sont ml selon les besoins.

C'est à partir de cette solution d'essai que l'on procède aux dosages par spectrophotométrie d'absorption atomique.

III-11- Prélèvement de l'eau

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté ; Il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. En outre, s'il est bien évident qu'un prélèvement correct est indispensable à l'obtention de résultats analytiques significatifs, il est tout aussi important de connaître le devenir de l'échantillon entre le prélèvement et l'arrivée au laboratoire (**Rodier, J., et al 2009**) .

III-12- Flaconnage de prélèvement

Avant l'utilisation, tout matériel susceptible d'entrer en contact avec l'échantillon doit faire une attention particulière l'emploi de flacons fermés hermétiquement et préalablement décontaminés suivant les protocoles décrits ci-dessous.

Pour le dosage des éléments traces métalliques, les flacons sont rincés à l'acide nitrique à 15 %, puis rincés à l'eau distillée. Les flacons destinés au dosage du phosphate et nitrate ; sont nettoyés par l'acide sulfurique à 15 % (Rodier, J., et al 2009) . L'échantillon doit être homogène et représentatif.

III-13- Prélèvement manuel sur terrain

Dans le cadre d'un prélèvement manuel, chaque flaconnage nettoyé comme précisé ci-dessus ; a été débouché lors de l'échantillonnage et plongé à une certaine distance du fond et de la surface assez loin des rives, et en dehors des zones morte. Il a été rincé plusieurs fois avec l'eau d'échantillon de façon à conserver certaine représentativité de l'échantillon. Le prélèvement est effectué en immersion complète, en limitant la présence d'air afin de limiter au maximum les contaminations d'une part et l'évolution des échantillons d'autre part (Rodier, J., et al 2009) .

III-14- Préparation des échantillons

D'une façon générale, le transport à la température de 4 °C et à l'obscurité dans des emballages isothermes permet d'assurer une conservation satisfaisante. Dans le cas des échantillons destinés à l'analyses des métaux lourds: s'il s'agit du dosage total de l'élément soluble et insoluble, les échantillons ont fait l'objet d'une acidification à l'acide nitrique de très grande pureté, jusqu'à pH < 2. Les échantillons destinés à l'analyse des nitrates et les nitrites ont été acidifiés à l'acide chlorhydrique, tandis que ceux destinés à l'analyse des orthophosphates ont été acidifiés à l'acide sulfurique jusqu'à pH < 2 (Rodier, J., et al 2009) .

III-15- Caractérisation physico-chimique

III-15-1- L'eau

III-15-1-1- Mesures *in situ*

La température, le Ph , la MES et la salinité ont été mesurés *in situ* (sur site) par un multiparamètre analyser de type consort C651. En effet, ces paramètres sont très sensibles aux conditions du milieu et susceptible de varier dans des proportions importantes s'ils ne sont pas mesurés *in situ*.

III-15-1.1.1. Dosage de la matières en suspension

La détermination des matières en suspension dans l'eau s'effectue par filtration il est nécessaire pour obtenir une reproductibilité satisfaisante de respecter rigoureusement les

conditions opératoires et d'utiliser le même type de matériel. D'une façon générale, les matières grossières en suspension doivent être préalablement éliminées par passage sur un tamis (**module AFNOR 38**) et les dépôts restant dans le flacon de prélèvement soigneusement repris. Il convient d'effectuer la détermination le plus rapidement possible après le prélèvement et de préférence sur la totalité de l'échantillon : rincer le flacon de prélèvement pour éviter les pertes.

■ Mode opératoire

Laver le disque de filtration à l'eau distillée, le sécher (105 °C) jusqu'à masse constante, puis le peser à 0,1 mg près après passage au dessiccateur.

Le mettre en place sur l'équipement de filtration. Mettre en service le dispositif d'aspiration ou de pression. Verser l'échantillon (V) sur le filtre.

Rincer la fiole ayant contenu l'eau à analyser avec 10 mL d'eau permutée.

Faire passer sur le filtre cette eau de lavage.

Laisser essorer le filtre, sécher à 105 °C. Laisser refroidir au dessiccateur et peser à 0,1 mg près, jusqu'à masse constante.

Expression des résultats

La teneur de l'eau en matières en suspension (mg / L) est donnée par l'expression :

$$M1 - M0 / V \times 1\,000$$

M0 = masse du disque filtrant avant utilisation (mg).

M1 = masse du disque filtrant après utilisation (mg).

V = volume d'eau utilisé (mL).

Remarques

- Le volume filtré doit être d'au moins 100 mL et contenir au moins 1 mg de matières filtrables par centimètre carré de surface filtrante, sauf si le volume filtré est supérieur à 500 mL.
- En présence d'hydrocarbures, le filtre doit être lavé avec 2 fois 30 mL de chloroforme.
- Il est préférable de laisser décanter l'échantillon et de verser ensuite le dépôt sur le filtre.

III-15-1.1.2. Dosage de La salinité

La mesure de la salinité est une variable indispensable à la description du milieu marin, elle est souvent associée à la mesure de la température. Bien qu'elle soit considérée comme représentant le contenu en sels dissous de l'eau de mer, il faut être conscient qu'elle ne correspond pas à la mesure exacte de ce contenu en sels. La salinité doit être considérée comme un concept pratique (**Aminot 2004**).

■ Définitions

La salinité : Théoriquement, la salinité désigne la masse totale de substances solides dissoutes dans un kilogramme d'eau de mer. Devant les difficultés pratiques et le manque de reproductibilité dans les mesures pondérales pour déterminer cette masse, une commission internationale a mis en place un protocole opératoire à l'origine de la définition de la salinité donnée en 1902.

Ainsi selon **Sørensen (1902)**, la salinité est définie comme la masse exprimée en grammes des composés solides contenus dans un kilogramme d'eau de mer, les ions bromure et iodures étant remplacés par leur équivalent de chlorure, les carbonates convertis en oxydes et toute la matière organique oxydée. La salinité était alors notée S et s'exprimait en g/kg ou en ‰.

La chlorinité: En **1940 Jacobsen et Knudsen** reprécisent la définition de la chlorinité. Elle correspond au nombre donnant la masse d'argent en grammes, nécessaire à la précipitation des halogènes dans 0,3285234 kilogrammes d'eau de mer.

En 1985, l'UNESCO modifie légèrement la définition de Jacobsen et Knudsen. La chlorinité d'un échantillon représente 0,328523 fois le rapport de la masse d'argent précipitée avec les halogénures présents dans l'échantillon d'eau de mer à la masse de l'échantillon.

La chlorosité : est définie comme la masse d'halogénures (à l'exception du fluor) exprimée en grammes de chlore par kilogramme d'eau de mer.

■ Expression de la salinité

Compte tenu de la difficulté de la mesure directe de la salinité ainsi exprimée, Knudsen a proposé un calcul de la salinité à partir de la chlorinité : $S \text{ ‰} = 0,030 + 1,8050 \text{ Cl ‰}$ (Cl ‰ étant la masse d'halogénures, exprimée en chlorures, obtenue à partir de 1 kg d'eau de mer). Au cours des années 1950, de nombreux travaux ont été menés en vue de relier les grandeurs mesurées. Plusieurs organismes internationaux ont établi et publié en 1956 des tables océanographiques internationales.

Depuis 1969 une nouvelle relation empirique, plus précise entre la salinité et la chlorinité est entrée en vigueur : $S \text{ ‰} = 1.80655 \times \text{Cl ‰}$.

III.15.2. Analyse au laboratoire

Les échantillons des eaux sont analysés au laboratoire en se référant aux méthodes d'analyse chimique décrites par [58]. Les orthophosphates et nitrates ont été analysés au

niveau du laboratoire à l'aide d'un spectrophotomètre à absorption moléculaire, UV mini 1240, UV-vis spectromètre.

III.15.2.1. Dosage de Chlorure

- **Méthode de Mohr**

- **Principe**

Les chlorures sont dosés en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.

- **Réactifs**

- Acide nitrique pur.
 - Carbonate de calcium pur.
 - Solution de chromate de potassium à 10 %.
 - Solution de nitrate d'argent 0,1 N.

- **Mode opératoire**

Introduire 100 mL d'eau à analyser (préalablement filtrée si nécessaire). Ajouter 2 à 3 gouttes d'acide nitrique pur puis une pincée de carbonate de chaux et 3 gouttes de solution de chromate de potassium à 10 %.

Verser alors au moyen d'une burette la solution de nitrate d'argent jusqu'à apparition d'une teinte rougeâtre, qui doit persister 1 à 3 minutes.

Soit V le nombre de millilitres de nitrate d'argent 0,1 N utilisés.

- **Expression des résultats**

Pour une prise d'essai de 100 mL :

$V \times 10 \times 3,55$ donne la teneur en chlorures, exprimée en milligrammes de Cl⁻ par litre d'eau.

$V \times 10 \times 5,85$ donne la teneur en chlorures exprimée en milligrammes de NaCl par litre d'eau.

- **Remarques**

- Dans le cas d'eaux très peu minéralisées, opérer par la technique de Charpentier-Volhard (teneur en chlorures inférieure à 30 mg/L).
 - Dans le cas d'eaux contenant des sulfures, des thiosulfates ou des matières organiques en quantité importante, utiliser la technique de Charpentier-Volhard. On peut aussi détruire ces composés en ajoutant goutte à goutte une solution de permanganate de potassium environ 0,1 N jusqu'à coloration persistante, puis décolorer par une goutte d'eau oxygénée à 3 %.
 - Dans le cas d'eaux alcalines à la phénolphthaléine ajouter de l'acide nitrique

au 1/10 jusqu'à décoloration de la phénolphthaléine en évitant d'ajouter un excès d'acide. Pratiquer alors le dosage comme l'indique la technique.

III-15.2.2. Dosage des nitrates dans les eaux naturelles

- Principe

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de Sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrophotométrique.

- Réactifs

- Solution de salicylate de sodium à 10g/L à renouveler toutes les 24 heures.

- Acide sulfurique concentré ($d = 1,84$).

- Solution d'hydroxyde de sodium :

- hydroxyde de sodium..... 200 g.

- sel sodique de l'acide éthylène diamine tétracétique 50.

- eau déionisée..... *q.s.p.* 1 L.

Dissoudre avec précaution l'hydroxyde de sodium dans 800 mL d'eau déionisée ; ajouter le sel sodique EDTA. Après dissolution et refroidissement, transvaser la solution dans une fiole jaugée, ajuster le volume à 1 litre. Conserver cette solution dans un flacon de polyéthylène.

- Solution d'azoture de sodium :

- azoture de sodium..... 50 mg.

- eau déionisée.....*q.s.p.* 100 ml.

- Solution mère étalon d'azote nitrique à 100 mg/L :

- nitrate de potassium anhydre..... 722 mg.

- eau déionisée..... *q.s.p.* 1 000 ml.

À renouveler tous les deux mois.

- Solution fille étalon d'azote nitrique à 5 mg/L.

Amener 50 mL de la solution mère à 1 000 mL avec de l'eau déionisée.

- Acide acétique (mL).

- **Etablissement de la courbe d'étalonnage**

Dans une série de capsules de 60 ml, introduire successivement :

Tableau 05 :le courbe d'étalonnage du Nitrate

Numéro des capsules	T	I	II	III	IV
Solution étalon d'azote nitrique 5 mg/L (mL)	0	1	2	5	10
Eau déionisée (mL)	10	9	8	5	0
Correspondance en mg/L d'azote nitrique	0	0,5	1	2,5	5
Solution d'azoture de sodium (mL)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Acide acétique (mL)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Attendre 5 minutes puis évaporer à sec au bain-marie ou dans une étuve portée à 75-80 °C (ne pas surchauffer ni chauffer trop longtemps). Ajouter 1 mL de solution de salicylate de sodium, mélanger puis évaporer. Laisser refroidir.

Reprendre le résidu par 1 mL d'acide sulfurique concentré ayant soin de l'humecter complètement. Attendre 10 minutes, ajouter 15 mL d'eau déionisée puis 10 mL de solution d'hydroxyde de sodium qui développe la couleur jaune. Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 415 nm. Soustraire des unités d'absorbance, lues pour les étalons, la valeur relevée pour le témoin. Construire la courbe d'étalonnage.

- **Mode opératoire**

Introduire 10 mL d'eau dans une capsule de 60 mL. Alcaliniser faiblement avec la solution d'hydroxyde de sodium. Poursuivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage. Préparer de la même façon un témoin avec 10 mL d'eau déionisée. Effectuer les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 415 nm et tenir compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

- **Expression des résultats**

Pour une prise d'essai de 10 mL, la courbe donne directement la teneur en azote nitrique exprimée en milligrammes par litre d'eau. Pour obtenir la teneur en nitrate (NO₃), multiplier ce résultat par 4,43.

III-15 -2-3-Dosage des orthophosphates dans les eaux naturelles

- Principe

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les ions orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique, qui, après réduction par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrométrique. Le développement de la coloration est accéléré par l'utilisation d'un catalyseur, le tartrate double d'antimoine et de potassium.

- Réactifs

- Solution d'acide sulfurique (d=1.84) à 15% environ en volume.
- Solution de molybdate d'ammonium à 40 g/L, filtrer si nécessaire. A conserver en flacon de polyéthylène à 4°C.
- Solution d'acide ascorbique à 20g/L :
 - acide ascorbique.....2 g.
 - eau permutée.....q.s.p : 100ml.
- Solution de tartrate double d'antimoine et de potassium à 2.8g/L :
 - tartrate double d'antimoine et de potassium.....0.28g.
 - eau permutée.....q.s.p : 100 ml.

Acidifier la solution par 1 ml d'acide sulfurique à 15% avant d'ajuster le volume.

- Solution fille étalon du phosphore à 1 mg/L :

Diluer au 1/50 la solution précédente avec de l'eau permutée au moment de l'emploi.

▪ Etablissement de la courbe d'étalonnage

Tableau 06 :courbe d'étalonnage de l'orthophosphate

Introduire dans une série de fioles jaugées de 25 ml :

Solutions	N° des Fioles					
	T	1	2	3	4	5
Solution étalon de (P) à 1 mg/l (ml)	0	1	5	10	15	20
Eau distillée en (ml)	20	19	15	10	5	0
Correspondance en mg de phosphore	0	0.001	0.005	0.010	0.015	0.020

Introduire dans chaque fiole 1ml de solution d'acide ascorbique, agiter puis ajouter 4 ml de réactif. Mélanger soigneusement, et compléter éventuellement le volume à 25 ml. Attendre 30 minutes la stabilisation de la coloration et effectuer les mesures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 700 ou 800 nm.

Construire la courbe d'étalonnage.

- **Dosage de l'échantillon**

Vérifier le pH de l'échantillon qui doit être compris entre 2 et 7, l'ajuster si nécessaire.

Introduire 20 ml d'eau dans une fiole jaugée de 25 ml, ajouter 1 ml de solution d'acide ascorbique puis poursuivre comme pour l'établissement de la courbe d'étalonnage.

Tenir compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

- **Expression des résultats**

La courbe donne la teneur en phosphore, exprimée en mg pour la prise d'essai.

III-15--2- Les métaux lourds

Les métaux lourds étudiés ont fait l'objet d'une analyse spectrophotométrique à absorption atomique (SAA) ; (Atomic Absorption Flame Emission Spectrophotomètre).

Tous les échantillons dosés par la SAA sont filtrés sous vide par des membranes de filtration ayant une porosité 0.45 μ m.

III-15-2-1- Principe de la spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA)



Figure 07 : Le spectromètre d'absorption atomique de flamme

La spectrométrie d'absorption atomique est une technique qui s'est largement développée ces dernières années mais dont le phénomène de base était connu depuis très longtemps. Les séduisantes possibilités de la méthode et en particulier sa rapidité, l'ont fait adapter au dosage d'un certain nombre d'éléments rencontrés dans les eaux.

Pour un atome à l'état libre, le passage de l'état fondamental à l'état excité est conditionné à la fourniture d'un quantum d'énergie correspondant la différence d'énergie entre le niveau excité E_n et le niveau fondamental E_0 .

En spectrométrie d'absorption atomique (SAA) on utilise un générateur de photons dont la fréquence correspond à l'élément à doser. Une population d'atomes, générée par un atomiseur à partir de l'échantillon, est éclairée par ce rayonnement lumineux de longueur d'onde donnée. Les atomes absorbent cette énergie incidente pour passer du niveau fondamental au niveau énergétique excité et le nombre de photons absorbés dans ce rayonnement incident peut être relié à la concentration par la relation : $A = k C$

A = absorbance, C = concentration de l'élément considéré dans la solution à analyser, k = coefficient spécifique à chaque élément (Rodier, J., et al 2009) .

La SAA Atomic Absorption Flamme Emission Spectrophotomètre, avec lequel nous avons effectué les dosages, comporte les dispositifs suivants (Figure 08) :

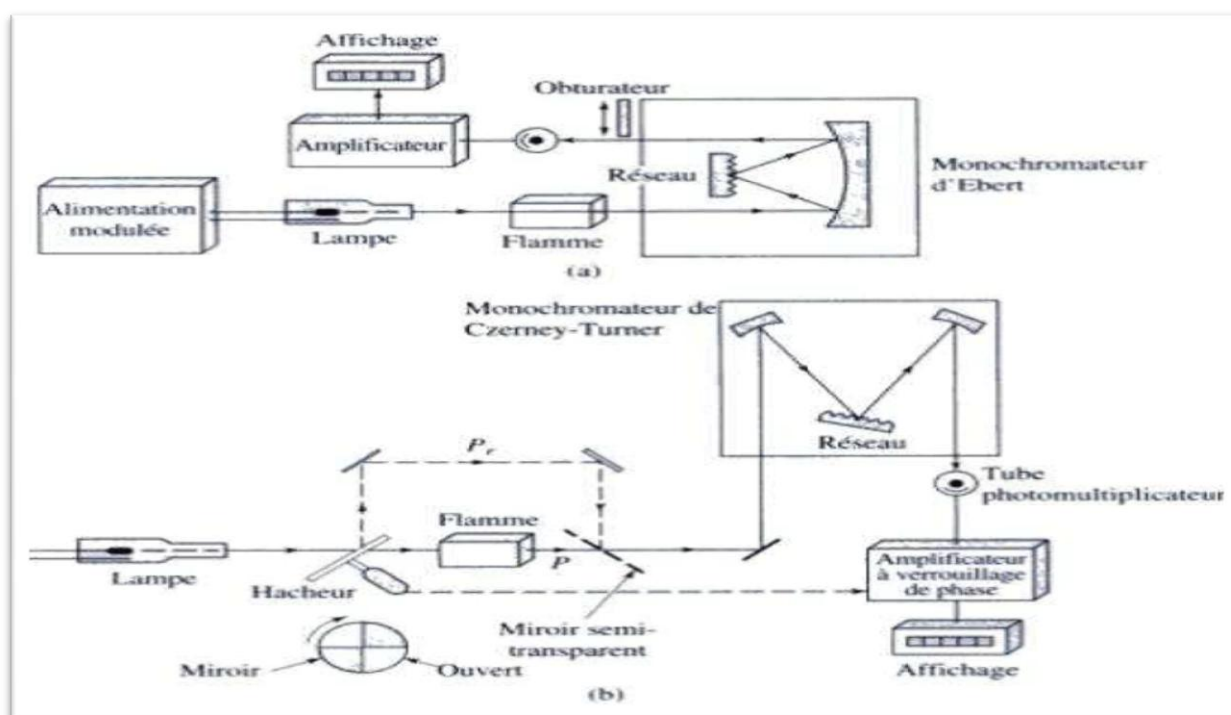


Figure 08 : Spectrophotomètres de flamme : (a) appareil à simple faisceau (b) appareil à double faisceau. (Jica, Matet, Onned, 2008)

➤ Les lampes à cathode creuse

Elle existe pratiquement pour tous les éléments métalliques, notamment les métaux lourds. Dans une lampe à cathode creuse commerciale (**figure 09**), la cathode possède une forme cylindrique creuse, fermée sur un côté. La lampe est scellée et contient un gaz rare (Argon ou Néon) à une pression de quelques mbar. Pour une intensité électrique de 10 mA (à environ 500 V) on a : Une émission d'électrons hautement énergétiques à la cathode qui provoque une ionisation du gaz de remplissage (Argon ou Néon), les cations formé bombarderont ensuite la cathode ce qui provoquera éjection d'un atome de métal excité, le retour à l'état fondamental de ce dernier s'accompagnera d'une émission d'énergie sous forme d'une radiation spécifique. (**Phillips D J H., Rainbow P S., 1993**)



Figure 09 : Cathode creuse : source pour la spectrométrie d'absorption atomique (Directive 91/157/CEE, 1991).

➤ Le nébuliseur

L'échantillon à analyser est en solution. Celle-ci est aspirée au moyen d'un capillaire par le nébuliseur. La solution d'analyse est alors aspirée dans le capillaire et à la sortie, elle est pulvérisée en un aérosol constitué de fines gouttelettes. Ce brouillard homogène pénètre alors dans l'atomiseur de flamme.

➤ Brûleur à flux laminaire

L'aérosol pénètre dans le brûleur puis dans la flamme. Au bout d'un certain parcours au seuil de la flamme, le solvant de la gouttelette est éliminé, il reste les sels ou particules solides qui sont alors fondus, vaporisés puis atomisés. Ici la flamme est composée d'un mélange air/acétylène. Sa température est de 2500°C environ.

Préparation des échantillons pour analyse par spectrométrie d'absorption atomique :

Échantillons liquides notre cas : on dilue les échantillons pour avoir des teneurs en analytes faibles afin que la concentration soit proportionnelle à l'absorption.

$A = Kc$ (k:coef propre à chaque élément)

❖ Solutions étalons de Cd, Cr, de 1 000 µg/l dans HNO₃ 0,2 %

Pour chaque élément, utiliser une fiole volumétrique de 500 ml décontaminée contenant environ 400 ml d'eau. Introduire dans la fiole volumétrique 1 ml de HNO₃ concentré de

qualité 0.0002 ppm et 500 µl de la solution étalon 1 000 mg/l d'intérêt (cf. 6.4 à 6.9 ou 6.11). Compléter au trait de jauge avec de l'eau.

III-15-2-2- Préparation des étalons

Le dosage est effectué par spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA) à flamme air acétylène AA-6200 Atomic Absorption Flamme Emission Spectrophotomètre. Les gammes d'étalonnage sont préparées à partir des solutions mères (100 ppm) de Type MERCK (tableau 07) spécifiques aux éléments étudiés.

Tableau 07 : Conditions particulières d'analyse pour la détermination des éléments traces dans les eaux et les algues.

Elément	Longueur d'onde (nm)	Atomisation	Limite de détection (µg/L)	Gamme d'étalonnage (mg/L)
Cd	228.8	Flamme:air/acétylène	2.0	0.2 - 0.4 - 1 - 2.5 - 5.
Cr	357.9	Flamme:air/acétylène	6.0	0.5 - 1 - 2 - 4 - 6.

***RESULTATS ET
INTERPRETATIONS***

IV -Résultats des analyses des eaux de mer

IV-1-Paramètres physicochimiques

Les résultats des analyses physicochimiques des eaux de mer sont récapitulés (moyennes \pm écart-type, min et max) dans le tableau (08) :

	pH	Température (°c)	Salinité (mg/l)	PO ₄ ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	CL ⁻ (mg/l)	MES (mg/l)
S 1	7,87 \pm 0,08 (7,8-7,99)	24 \pm 0,00	22,44 \pm 0,00	1,63 \pm 0,02 (1,6-1,65)	27,88 \pm 2,09 (25,4-30,5)	12425 \pm 0,00	0,057 \pm 0,00
S 2	8,11 \pm 0,00 (8,11-8,12)	23,66 \pm 0,47 (23-24)	25,65 \pm 0,00	1,59 \pm 0,03 (1,55-1,64)	24,73 \pm 1,85 (22,1-26,4)	14200 \pm 0,00	0,091 \pm 0,00
S 3	8,51 \pm 0,00 (8,5-8,52)	24,5 \pm 0,5 (24-25)	40,08 \pm 0,00	0,13 \pm 0,04 (0,1-0,2)	16,74 \pm 2,28 (13,51-18,47)	22187,5 \pm 0,00	0,058 \pm 0,00

L'analyse des résultats obtenus et représentés dans le tableau (08) nous permet de distinguer que :

Le pH des eaux de mer est neutre à légèrement basique, avec des valeurs variant entre un minimum (7,8) enregistré au niveau du (S1) et un maximum (8,52) enregistré au niveau de (S3).

La température des eaux de mer reste tributaire de la saison de prélèvement et des stations d'étude avec des valeurs extrêmes minimale et maximale (23 et 25 °C) enregistrés au niveau de (S2et S3) respectivement.

Dans le cas de la salinité on a révélé une valeur minimale de (22,44 mg/l) dans (S1), tandis qu'une valeur maximale de (40,08 mg/l) a été révélée dans (S3).

Les teneurs en orthophosphates sont comprises entre (0,1 et 1,65 mg/l) enregistrées respectivement au niveau des stations (S3 et S1). Cependant, les teneurs en nitrates sont comprises entre (13,51 et 30,05 mg/l) enregistrées respectivement au niveau des stations (S3 et S1).

L'abondance des chlorures dans les eaux de mer est indiscutable, néanmoins, la valeur minimale de (12425 mg/l) a été signalée au niveau de (S1), la valeur maximale de (22187,5 mg/l) a été enregistrés au niveau de (S3).

Finalement, l'évolution de la matière en suspension montre une autre tendance, les valeurs extrêmes de (0,057 et 0,091 mg/l) sont enregistrées au niveau de (S1 et S2) respectivement.

IV -2- Résultats des métaux lourds

Les résultats des analyses des métaux lourds dans l'eau de mer sont rapportés (moyennes \pm écart-type, min et max) dans le tableau (09) :

	Cr (mg/l)	Cd (mg/l)
S1	0,077 \pm 0,003 (0,075-0,081)	0,004 \pm 0,00
S2	0,077 \pm 0,00	0,003 \pm 0,00
S3	0,054 \pm 0,002 (0,051-0,056)	0,002 \pm 0,00

L'observation des résultats rapportés dans le tableau (09), nous permet de constater que :

Les concentrations du Cr dans les de mer montrent une valeur maximale de (0,081 mg/l) dans la station S1, et une valeur minimale (0,051mg/l) enregistrée au niveau de S3, alors que, dans le cas du cadmium, les concentrations s'échelonnent entre (0,002 - 0,004 mg/l), ce maximum et minimum a été enregistrées au niveau de S3et S1 respectivement.

IV -2-1- Résultats des métaux lourds dans les tissus des algues

Les résultats des analyses des métaux lourds dans les tissus des algues sont rapportés (moyennes \pm écart-type, min et max) dans le tableau (10) :

	<i>U.lactuca</i>		<i>C.officinallis</i>	
	Cr (mg/kg poids sec)	Cd (mg/kg poids sec)	Cr (mg/kg poids sec)	Cd (mg/kg poids sec)
S1	17,74 \pm 0,39 (17,28-18,24)	0,31 \pm 0,01 (0,3-0,34)	7,88 \pm 0,07 (7,78-7,95)	0,18 \pm 0,00 (0,18-0,19)
S2	10,4 \pm 0,22 (10,24-10,78)	0,28 \pm 0,00 (0,28-0,29)	8,41 \pm 0,14 (8,23-8,57)	0,28 \pm 0,00 (0,27-0,29)
S3	8,66 \pm 0,13 (8,53-8,84)	0,16 \pm 0,01 (0,14-0,18)	15,67 \pm 0,07 (15,57-15,76)	0,33 \pm 0,01 (0,31-0,34)

L'analyse des résultats obtenus et représentés dans le tableau (10) nous permet de distinguer que :

Les concentrations du Cd varient entre (0,14 et 0,34 mg/kg) dans les tissus d'*U.lactuca* au niveau des stations S3 et S1 respectivement, alors que, la concentration la plus faible du chrome dans les tissus des algues (8, 23 mg/kg) a été enregistrée dans la station S2, chez *C.*

officinallis, et la concentration la plus forte (18,24mg/kg) a été enregistrée dans les tissus de *U.lactuca* au niveau de S1.

IV -2-2- facteur de bioconcentration « BCF »

Le tableau (11) montre les résultats de calcul du facteur de bioconcentration :

	<i>U.lactuca</i>			<i>C.officinallis</i>		
	S1	S2	S3	S1	S2	S3
Cd	79,17	85,00	80,00	45,83	93,33	163,33
Cr	225,97	136,36	158,33	137,66	465,37	199,38

Les résultats enregistrés dans le tableau (11) révèlent des informations importantes en matière d'accumulation des métaux par les algues ; dans le cas du Cd, *C.officinallis* semblerait plus hyperaccumulatrice que *U.lactuca* avec un BCF maximale de (163,33) ; dans le cas du Cr c'est le contraire, ou *U.lactuca* présente un BCF maximale de (225,97), ce qui laisse penser que l'accumulation des métaux lourds par les algues est étroitement dépendante de l'espèce en question.

Discussion

Discussion

D'après la matrice des coefficients de corrélation (Annexe1), pratiquement tous les paramètres étudiés sont corrélés entre eux dans les sites sélectionnés pour notre étude.

Les métaux lourds étudiés montrent différentes attitudes de corrélation entre eux et avec les paramètres physicochimiques du milieu : une corrélation positives (fonction de synergie) a été constatée entre Cr et Cd ($r=0,89$), ainsi entre Cr, Cd et orthophosphates, ce qui est peut être expliqué par l'origine communes des polluants et la précipitation dans les même conditions environnementales. Les autres paramètres (pH, température, salinité, conductivité et chlorures) montrent une corrélation négative avec les métaux Cr et Cd (voir annexe).

Selon **Strezov, A., Nonova, T., 2005.** le comportement du métaux dans les écosystèmes d'eau est complexe et ses concentrations dans un grand nombre d'eaux naturelles n'est pas supérieure à 1 µg/g. Le Cr et Cd se trouve dans l'eau de mer principalement sous la forme de différents composés organiques.

Selon l'étude faite par (**Scoulios, M. J., Pavlidou, A. S., 2003**) les métaux semble avoir tendance à former des complexes organiques qui sont en partie précipité et retiré du système et en partie détruite sous conditions de haute salinité.

L'étude faite par (**Bouabdli, A., et al 2005**) , un pH qui varie entre 7 et 8 facilitent le phénomène de complexations des métaux par les matières solides ensuite une précipitation et retrait de la colonne d'eau.

La comparaison des résultats obtenus par notre étude avec la littérature scientifique révèle de la présence d'une pollution des eaux de mers par les métaux Cr et Cd.

Selon l'analyse de variance des caractères physicochimiques des eaux du Cr et du Cd (Annexe2), excepté la salinité, les chlorures et la conductivité les différences entre les moyennes du Cd, du Cr et des autres paramètres étaient significatives en comparant le F calculé au F critique .

Selon le test de Tukey (Annexe 3) évaluant les variations des caractères physicochimiques physico-chimiques, le pH a manifesté une variation importante uniquement dans le site 1, et. Par contre la conductivité et les nitrates, ont montré une variabilité dans les trois sites étudiés. Le reste des paramètres ainsi que le taux du Cd n'ont présenté aucune variabilité durant la période de l'étude. Chez les algues le Cr a présenté une variabilité importante dans le site 2.

Lors de la conception d'un programme de recherche, il devrait être évident que l'on mesurera la quantité de polluants disponibles biologiquement, et non la quantité totale de polluants.

Qui est plus, la biodisponibilité peut varier fortement avec les espèces ou les populations et on pourrait obtenir différents résultats pour la même espèce dépendamment des conditions environnementales du site lors du prélèvement, de la partie prélevée et du stade du cycle biologique de la plante au prélèvement.

On devrait également comprendre clairement les aspects physiologiques de l'absorption et de l'accumulation par les algues et la chimie des polluants. Certaines accumulations importantes de métaux peuvent survenir dans l'espace apparemment libre entre les cellules, sans franchir les cloisons cellulaires des plantes. (**Higgins et Mackey 1987**).

En outre, certains métaux peuvent être associés aux polymères extracellulaires des bactéries épiphytites plutôt qu'aux algues sous étude. (**Holmes et coll. 1991**).

Malheureusement, à l'heure actuelle, aucune normalisation n'existe et, conséquemment, les comparaisons entre les études peuvent devenir cauchemardesques et conduire à des conclusions erronées, lorsque les influences environnementales et leurs variabilités saisonnières et annuelles ne sont pas correctement séparées des effets génétiques et biologiques.

CONCLUSION

CONCLUSION

L'étude de l'accumulation de deux métaux lourds (Cd, Cr) dans deux espèces d'algues de JIJEL (*Ulva.lactuca*, *corallina officinalis*) que les teneurs en métaux varie en fonction de la nature des espèces, et les sites des échantillons. Différentes espèces, et les sites des échantillons. différentes espèces montrent des degrés divers de l'accumulation de métaux et les valeurs les plus élevées obtenues sur le site 1 de la zone étudiée peuvent être attribuées à l'influence de la décharge de deux rivières (Moutas et Larayèche) qui sont exposés à la plus grande degré d'impact et de l'activité humain.

L'étude de la teneur en deux métaux lourds (Cd, Cr) dans les eaux de mer et dans les tissus de deux espèces d'algues marines *Ulva lactuca* et *Corallina officinalis* nous indiquent que ces teneurs varient sensiblement entre stations et autres. Chaque métal a un comportement différent.

Grâce aux résultats obtenus, nous pouvons déduire des informations importantes en matière de distribution de chaque métal dans les eaux marine de la région : la station 01 présente les teneurs les plus élevés en Cd, la station 02 présente les teneurs les plus élevées en Cr, tandis que la station 03 montre les teneurs aussi les plus élevées en Cd.

L'ordre des teneurs en métaux étudiés montrent des modèles différents d'une station à l'autre : au niveau de La station 01, l'ordre est le suivant: $Cd > Cr$, au niveau de la station 02 l'ordre est le suivant: $Cr > Cd$ et finalement la station 03 montre un ordre différent: $Cd > Cr$. Ceci reflète les origines diverses des métaux, la nature et les apports des rejets dans chaque station.

L'évolution spatiale des métaux lourds dans le milieu marin est caractérisée par des attitudes différentes de chaque métal, Cr présentent des valeurs pics en période humide (mois d'Avril).

L'étude comparative de l'accumulation des métaux lourds entre les deux compartiments du système aquatique étudié (eau, algues) montre que les algues peuvent accumuler des teneurs élevées en Cr dans leurs tissus que les teneurs initiales dans le milieu marin.

La présence des métaux lourds (Cd, Cr) dans les tissus des algues est positivement corrélée avec les teneurs initiales de chaque métal dans l'eau de mer. La station 01 montre des teneurs élevées en Cd, la station 02 présente les teneurs élevées en Cr, alors que la station 03 montre les teneurs élevées en Cd.

RESUME

IV. Résumé

Dans le but d'évaluer le risque de la pollution par les métaux lourds susceptibles d'être présent dans de la mer de la willaya de jijel, des prélèvements d'eau et d'algues en été réalisés dans différents points de la cote. Des séries de prélèvements ont été effectués afin d'obtenir des résultats représentatifs. Les caractéristiques physico chimiques ainsi que le taux du plomb et du zinc dans l'eau et dans les algues *Ulva* et *Carrollina* ont été déterminé. Les résultats obtenus sont interprétés via une analyse statistique. *Ulva lactuca* (algue verte) et *Corallina officinalis* (algues rouge) ont été prélevées entre le mois d'Avril 2014 de 4 stations le long du littoral Est de la région de Jijel. Le Cd et Cr Les échantillons ont été déterminé les concentrations dans l'eau de mer et dans les tissus des algues par de spectrophotométrie à absorption atomique (SAA) . les résultats obtenus montrent :une corrélation significative entre les teneurs en métaux étudiés dans le milieu et dans les tissus des algues . Mais aussi que chaque métal a un modèle caractéristique de variation spatiale.

Mots Clé : pollution marine, les métaux lourds (cd,cr), les algues, la bioaccumulation

Abstract

In order to assess the risk of pollution by heavy metals that may be present in the sea of the wilaya of Jijel, samples of water and algae were made in different points of the coast. Series of samples were taken in order to obtain representative results. Chemical and the rate of lead and zinc in water and in *Ulva* algae *Carrollina* and physical characteristics were determined. The results are interpreted via a statistical analysis. *Ulva lactuca* (green algae) and *Corallina officinalis* (red algae) were collected between the months of April 2014 3 stations along the coast east of Jijel. The Cd and Cr samples were determined the concentrations in sea water and the algal tissue by atomic absorption spectrophotometry (AAS). the results showed: a significant correlation between the levels of metals studied in the middle and in the tissues of algae. But also that each metal has a characteristic pattern of spatial variation.

Key words: marine pollution, heavy metals (cd, cr), algae, bioaccumulation

ملخص

من أجل تقييم مخاطر التلوث بالمعادن الثقيلة التي قد تكون موجودة في بحر من ولاية جيجل، أدلى عينات من المياه والطحالب في نقاط مختلفة من الساحل. وقد اتخذت سلسلة من عينات من أجل الحصول على نتائج ممثلة. تم تحديد والخصائص الفيزيائية. يتم *Ulva Carrollina* المواد الكيميائية ومعدل الرصاص والزنك في المياه والطحالب في خس (الطحالب الخضراء) والمخزنية كورالينا (الطحالب الحمراء) *Ulva*. تفسير النتائج عن طريق التحليل الإحصائي جمعت بين شهري أبريل 2014 4 محطات على طول الساحل الشرقي لجيجل. تم تحديد العينات الكادميوم والكروم أظهرت النتائج: (AAS) والتركيزات في مياه البحر والطحالب الأنسجة عن طريق القياس الطيفي للامتصاص الذري وجود علاقة ذات دلالة إحصائية بين مستويات المعادن درس في الوسط وفي أنسجة الطحالب. ولكن أيضا أن كل المعادن لديه نمط من سمات الاختلاف المكانية.

الكلمات الرئيسية: التلوث البحري، والمعادن الثقيلة، والطحالب، والتراكم الأحيائي

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- Augier, H., 2008.** Le livre noir de l'environnement, état des lieux planétaire sur les pollutions, édition Alphée, Jean-Paul Bertrand ; 600 pp.
- Baize, D., 1997.** Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols (France), Références et stratégies d'interprétation, INRA Ed., Paris, 410 pp.
- **Belanger, David.** *Utilisation de la faune macrobenthique comme bioindicateur de en biologie* incluant un cheminement de type cours en écologie internationale. Canada,
- Benecke, M., Gustav Eckert, K., Erber, B., 2004.** Guide pratique de toxicologie, 1^{ère} édition, édition De Boeck and Larcier s.a., 348 pp.
- Benkdad, A., Laissaoui, A., Tornero, M. V., Benmansour, M., Chakir, E., Garrido, I. M.** 2001,
- Bliefert, C., Perrot, R., 2003.** Chimie de l'environnement Air, Eau, Sol, édition debeoeck, 220 PP.
- Boisson et al., 1997; Haritonidis and Malea, 1999; Wang and Dei, 1999; Costanzo, 2001**__ Boisson, F., Hutchins, D.A., Fowler, S.W., Fisher, N.S., Teyssie, J.-L., 1997. Influence of temperature on the accumulation and retention of 11 radionuclides by the marine alga *Fucus vesiculosus* (L.). *Marine Pollution Bulletin* 35, 313–321.
- Bonnefis, J., Pathé, M., 2010.** Le monde sous marin du plongeur biologiste en méditerranée, étymologie des noms et des termes présentation des embranchements, identification et classification des principales espèces. Édition gap, 32-39 pp.
- Bouabdli, A., Saidi, N, M'rabet, S., Escarre, J., Leblanc, M., 2005.** Heavy metals transport by the moulaya river (morocco), *revue science de l'eau*, rev. sci. Eau 18/2, 199-213.
- Burnol, A., Duro, L. M., Grive, M., 2006.** Recommandations pour la modélisation des transferts des éléments traces métalliques dans les eaux souterraines. Rapport final, BRGM/RP-52910 -FR, 73pp.
- C. Biney, A.T. Amuzu, D. Calamari, N. Kaba, I.L. Mbome, H. Naeve O. Ochumba, O. Osibanjo, V. Radegonde et M.A.H. Saad ,2008 .**
- Casas, S., 2005.** Modélisation de la bioaccumulation des métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *Mytilus galloprovincialis*, en milieu méditerranéen, thèse doctorat, Océanologie biologique, Environnement marin, Université du sud Tolon Var, 363pp.
- CASAS, Stelio.** *Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, mytilus galloprovincialis, en milieu méditerranéen. immunitaires.* Thèse de doctorat : Océanologie Biologique & Environnement
- Cobb, A., 2008.** The element cadmium. Library of Congress Cataloging – in Publication Data, Marshall Cavendish Corporation, 31pp.

- Conti and Cecchetti, Muse 2006, Conti, M.E., Cecchetti, G., 2003. A biomonitoring study: trace metals in algae and molluscs from Tyrrhenian coastal areas. *Environmental Research* 93, 99–112.
- Deng, L., Zhu, X., Wang, X., Su, Y., Su., 2007. Biosorption of copper (II) from aqueous solutions by green alga *Cladophora fascicularis*. *Biodegradation*, 18 : 393–402.
- Directive 2002/95/CE du Parlement européen et du Conseil du 27 janvier 2003, relative à la limitation de l'utilisation de certaines substances dangereuses dans les équipements électriques et électroniques.
- Directive 91/157/CEE du Conseil du 18 mars 1991 relative aux piles et accumulateurs contenant certaines matières dangereuses, amendée par la directive 98/101.
doctorat : Océanologie biologique, Environnement marin. 2005,314p.
- Elizabeth, A., Webster, Andrew J., Murphy, A., Gadd, G. M., 1997. Metabolism-independent binding of toxic metals by *Ulva lactuca*: cadmium binds to oxygen-containing groups, as determined by NMR, *Department of Biological Sciences and Department of Chemistry, University of Dundee, Dundee, UK, BioMetals*, 10, 105–117.
- 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*.
- Fischer, W., Schneider, M., Bauchot, M, L., 1987. Végétaux et invertébrés, méditerranée et mer noire, zone de pêche 37, fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche, révision 1, volume 1.
- Genèves, L., 1990. Biologie végétale, thallophyte et microorganismes. Biosciences Bordas, Paris, 159 pp. *Geological Institute Publication*.
- Gobat, J.M., Aragno, M., Matthey, W., 2010. Le sol vivant : bases de pédologie, biologie des sols. 3^{ème} édition, presse polytechnique et universitaire romandes.
- Ho, Y.B., 1990. *Ulva lactuca* as bioindicator of metal contamination in intertidal waters in Hong Kong. *Hydrobiologia* 203, 73–81.
- Hu , 1996; Boisson,1997; Vasconcelos and Leal, 2001; Turner et al., 2007 , Hu, S., Tang, C.H.,
- Iltis, A., 1980. Les algues 1, Flore et faune aquatiques de l'Afrique Sahélo-soudanienne. Paris, ORSTOM, 53 pp.

-JICA, MATET, ONNED. *Compte rendu du séminaire Conjoint Algérie Japon pour la qualité de l'environnement marin côtier.* maître en écologie internationale : maîtrise

-Klimasauskas, E. (2006) Mineral of the month: cadmium. Energy and Resources. *American*

- Jeannot, R., Lemièrre, B., Chiron, S., 2002. Guide méthodologique pour l'analyse des sols Pollués, édition BRGM, 122 pp.

- Løvstad Holdt, S., Kraan, S., 2011. Bioactive compounds in seaweed: functional food

-Lacoue-Labarthe, Thomas. *Incorporation des métaux dans les oeufs de la*

-Leclerc, V., Floc'h, J.Y., 2010. Les secrets des algues, carnet de science. Édition Quae.

-Levina, A., Codd, R., Lay, P.A., 2006. Chromium in cancer and dietary supplements. *Centre for Heavy Metals Research and Centre for Structural Biology and Structural Chemistry, School of Chemistry, The University of Sydney, Sydney NSW, Australia.*

-Lewis M.A., 1993. □ Freshwater primary producers. In Calow P. (ed.), *Handbook of Ecotoxicology*, Vol.1. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 28-50.

-Lu, F, C., 1991. Toxicologie, données générales, procédures d'évaluation, organes cibles, évaluation des risques, édition Masson, Paris, 361 pp.

-Lupescu, A., Jilani, K., Zelenak, C., Zbidah., Qadri, S.M., Lang, F., 2011. Hexavalent chromium-induced erythrocyte membranephospholipid asymmetry; *Biometals*; DOI 10.1007/s10534-011-9507-5.

-Majidi et al., 1990; Sheng et al., 2004, Majidi, V., Laude, D.A., Holcombe, J.A., 1990. Investigation of the metal-algae binding site with ¹¹³Cd nuclear magnetic resonance. *Environmental Science and Technology* 24, 1309–1312. *Marin.*2007, 200 p.

Moreno, J. B., 2011. Trace metals and radionuclides in macroalgae from Moroccan coastal waters. *Environ Monit Assess*, 182 : 317–324.

-Milleron, B. 2006. Guide des algues des mers d'europe. Delachaux et Niestlé SA, Paris, 272 pp.

-Nabors, M., 2008. Biologie végétale (structure, fonctionnement, écologie et biotechnologies). Pearson education, Paris, France, 375 pp.

-Nathan, L., 2006. The element chromium. Library of Congress Cataloging – in Publication Data, Marshall Cavendish corporation, 32 pp.

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

-Nriagu JO. Production, Uses, and Properties of Cadmium. In: Nriagu JO, editor. *Environment, Part 1: Ecological Cycling.* Toronto: John Wiley and Sons; 1980. p. 35–70 .

- Ozenda, P., 2000. Organisation et diversité biologique. 2^{ème} édition, Dunod, paris, 62-79 pp.

-Patrick Savary, 2003 .Guide des analyses de la qualité de l'eau. *une gestion efficace de l'Environnement.* Alger, du 21 au 22 avril 2008,102 p.

- Phillips D J H., Rainbow P S., 1993.** Biomonitoring of trace aquatic contaminants. Environmental management series, Alden Press LTD,Oxford: 371p.
- 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.
- Ramade, F., 2002.** Dictionnaire encyclopédique de l'écologie et sciences de l'environnement, 2^{ème} édition, Dunod, Paris, 87-90 pp.
- Ramade, F., 2005.** Eléments d'écologie, écologie appliquée. 6^{ème} édition, Dunod, Paris,
- Raven, P., Evert, R., Eichohom, S., 2000.** Biologie végétale, 1^{ère} édition, De Boeck Diffusion s.a, 944 pp.
- Reviere, B. 2003.** Biologie et phylogénie des algues. tome2. édition Belin.
- Riadi, H., 1998.** Etude nationale sur la biodiversité, biodiversité des algues marines. projet GEF/6105-92, direction de l'observation des études et de la coordination, faculté des sciences, Tétouane, Maroc, 96 pp.
- Rodier, J., Legube, B., Merlet, N., 2009.** L'analyse de l'eau. 9^{ème} édition, Dunod, Paris, PP 1579.
- Savary, P., 2003.** Guide des analyses de la qualité de l'eau. Dossier d'expert, Editions Techni. Cités, 87-194 pp.
- Scoullou, M. J., Pavlidou, A. S., 2003.** Determination of the lability characteristics of lead, cadmium and zinc in a polluted Mediterranean Brackish-marine interface system. *University of Athens, Department of Chemistry, Division III, Laboratory of Environmental Chemistry, Panepistimiopolis, 15771, Athens, Greece. seiche commune Sepia officinalis et effets potentiels sur les fonctions digestives et Immunitaire .*
- Shiraishi, Y., 1975.** Cytogenetic Studies in 12 Patients with hai-hai Disease. Humangenetik, Department of Anatomy, School of Medicine, Kanazawa University, Kanazawa 920, Japan, 27, 31—44.
- Stéphanie, A., Emmanuel, B., Marie, B.,François, H., Laurence, L., Maud, H., Stéphanie, L., 1997.** Méthodes spectrométriques d'analyse et de caractérisation, les métaux lourds, Dossier SAM 1997. Axe " Génie des Procédés", centre SPIN, Ecole des Mines de Saint-Etienne, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, 85pp.
- Strezov, A., Nonova, T., 2005.** environmental monitoring of heavy metals in Bulgarian black sea green algae; *Bulgarian Academy of Sciences, Institute for Nuclear Research and Nuclear Energy; Environmental Monitoring and Assessment 105 : 99–110.*
- 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.
- Viala, A., Botta, A., 2005.** Toxicologie, 2ème édition, édition Lavoisier tec and doc,

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

-Wu, M., 1996. Cadmium accumulation by several seaweeds. Science of the Total Environment 187, 65–71.

- Zakhama, S., Dhaouadi, H., M’Henni, F., 2011. Nonlinear modelisation of heavy metal removal from aqueous solution using *Ulva lactuca* algae. Université de Monastir, Faculté des Sciences, Département de Chimie, UR Chimie Appliquée, Environnement, Tunisia , Bioresource Technology 102 786–796.

-Zhang, X.H., Zhang, X., Wang, X.C, Jin, L.F. Yang, Z.P., Jiang, Qing Chen, C., Ren, X. Cao, J., Wang, Q., Zhu, Y., 2011. Chronic occupational exposure to hexavalent chromium causes DNA damage in electroplating workers. BMC Public Health, 11:22

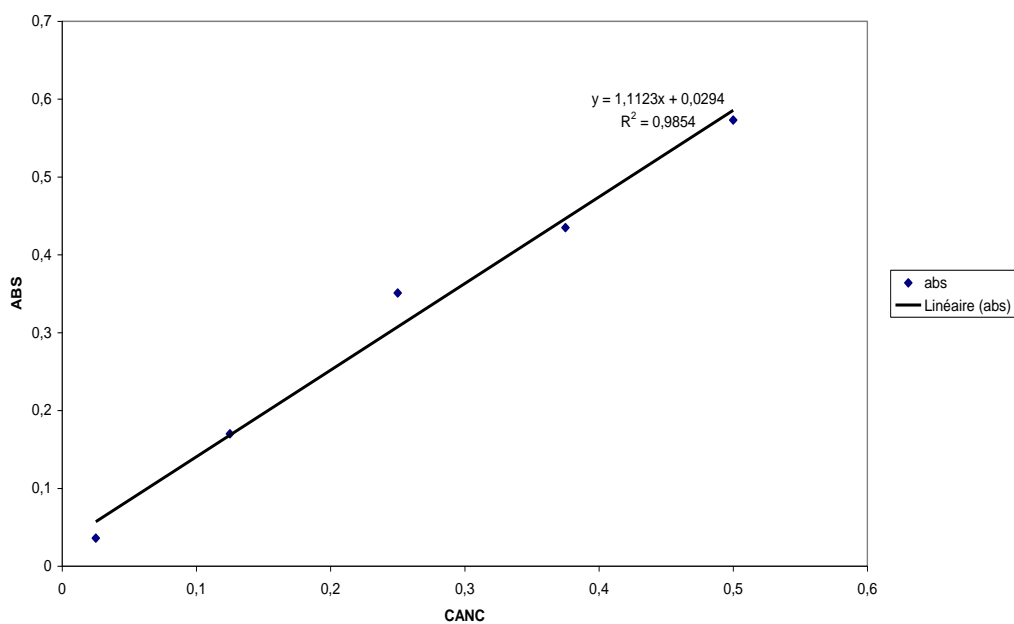
ANNEXES

LES ANNEXES

1-Les Courbes d'étalonnages :

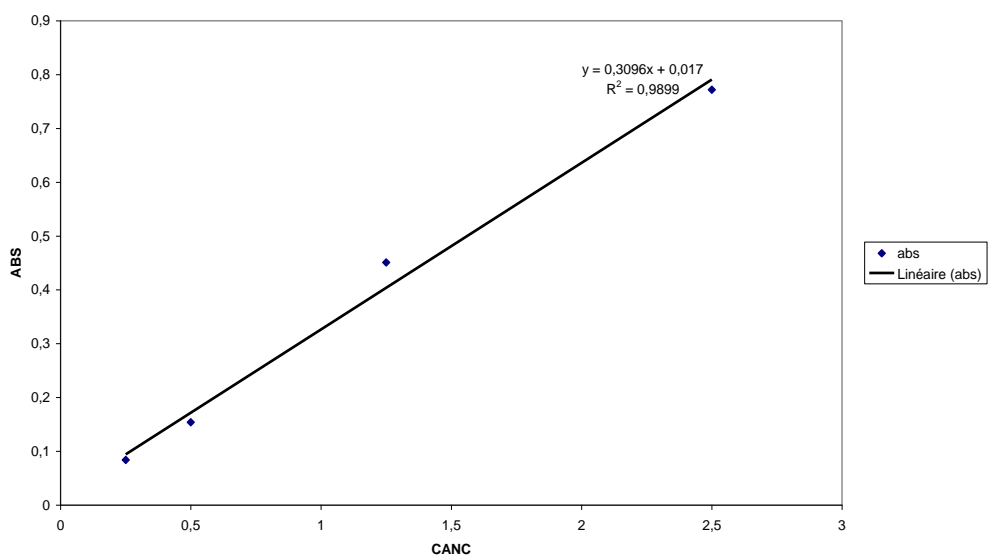
1-courbe d'étalonnage des phosphates

courbe d'étalonnage phosphate

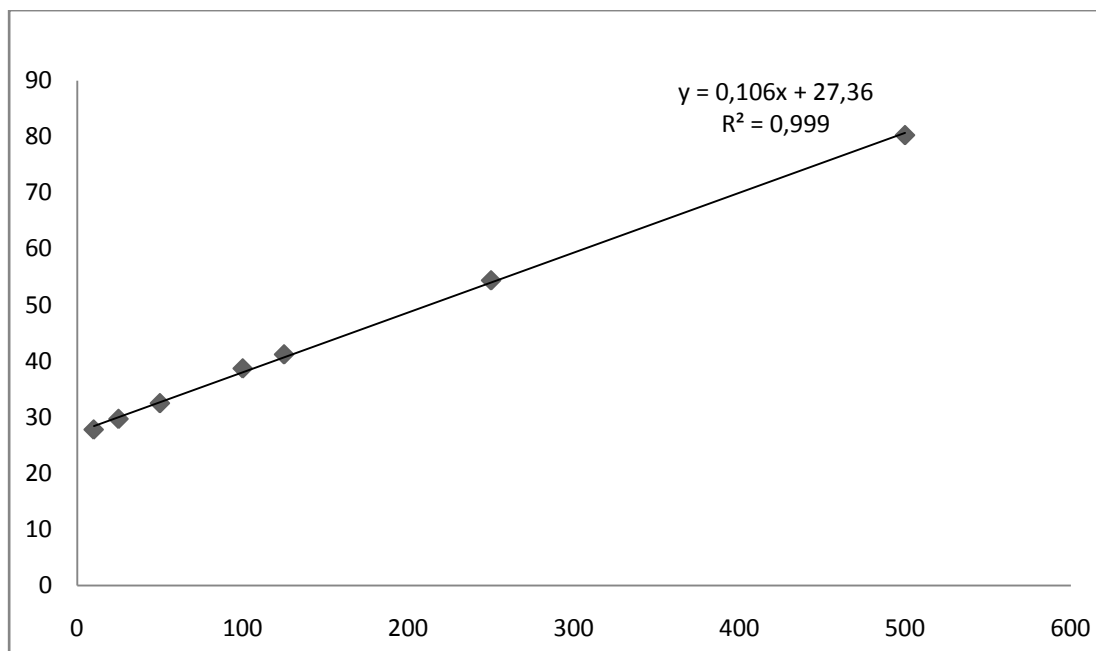


2- Courbe d'étalonnage des nitrates

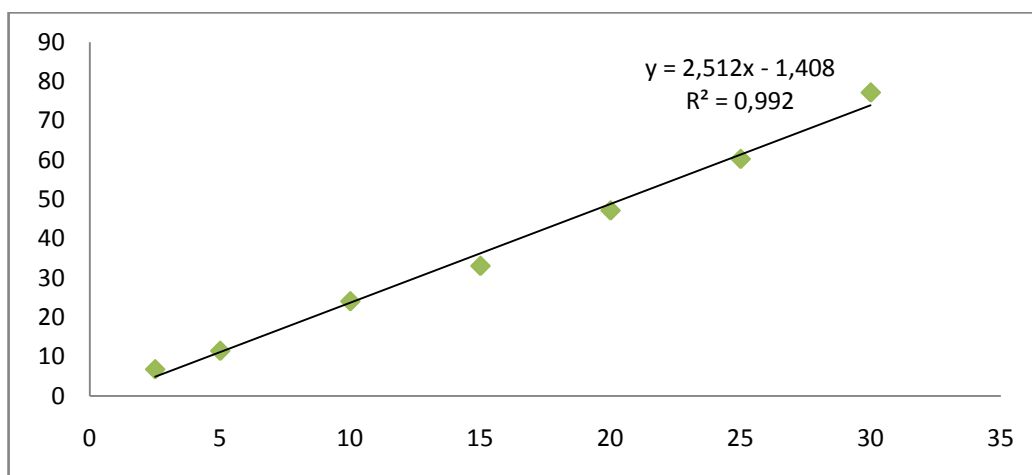
courbe d etalonnage nitrates



Les courbes d'étalonnage des métaux lourds



Courbe d'étalonnage de Cr



Courbe d'étalonnage de Cd

Annexe 1

Tableau 1: Matrice des corrélations des caractères physicochimiques des eaux du cadmium et chrom *U.lactuca* et *C.officinallis* provenant des eaux de mer de la cote de jjel. Corrélations significatives marquées à $p < 0,05000$ N=12 (Suppression des Observ. à VM)

SITE	STATION	CR	CD	PH	COND	T_°C	MES	CL	SALINITE	NO3	PO4
1,00											
0,61	1,00										
-1,00	-0,61	1,00									
-1,00	-0,61	1,00	1,00								
-1,00	-0,61	1,00	1,00	1,00							
0,89	0,82	-0,89	-0,89	-0,89	1,00						
-1,00	-0,61	1,00	1,00	1,00	-0,89	1,00					
-1,00	-0,61	1,00	1,00	1,00	-0,89	1,00	1,00				
0,77	0,95	-0,77	-0,77	-0,76	0,92	-0,76	-0,77	1,00			
-0,95	-0,34	0,95	0,95	0,95	-0,73	0,95	0,95	-0,52	1,00		
-0,98	-0,74	0,98	0,98	0,98	-0,95	0,98	0,98	-0,87	0,86	1,00	
-1,00	-0,63	1,00	1,00	1,00	-0,90	1,00	1,00	-0,78	0,94	0,98	1,00

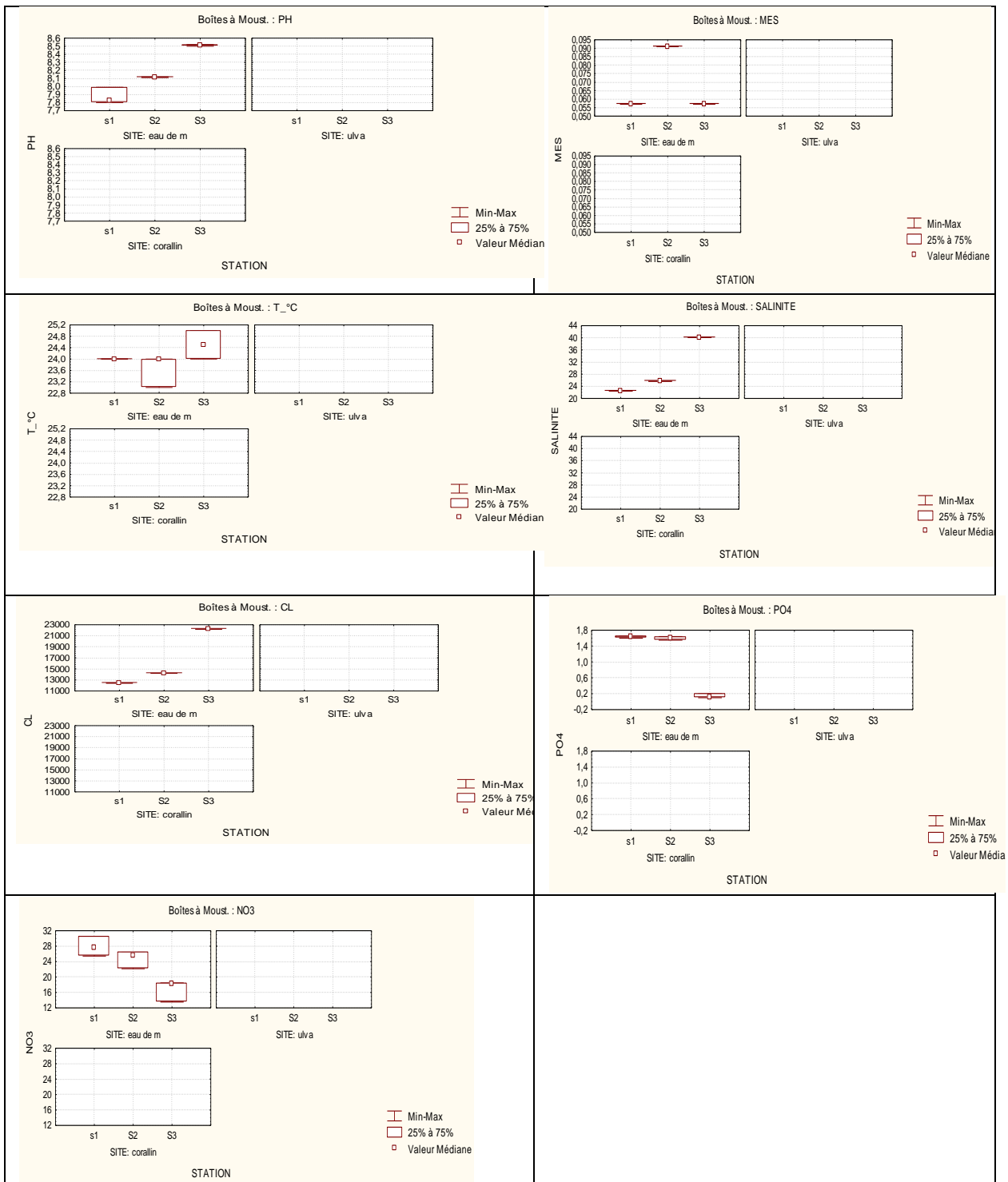
Annexe 2

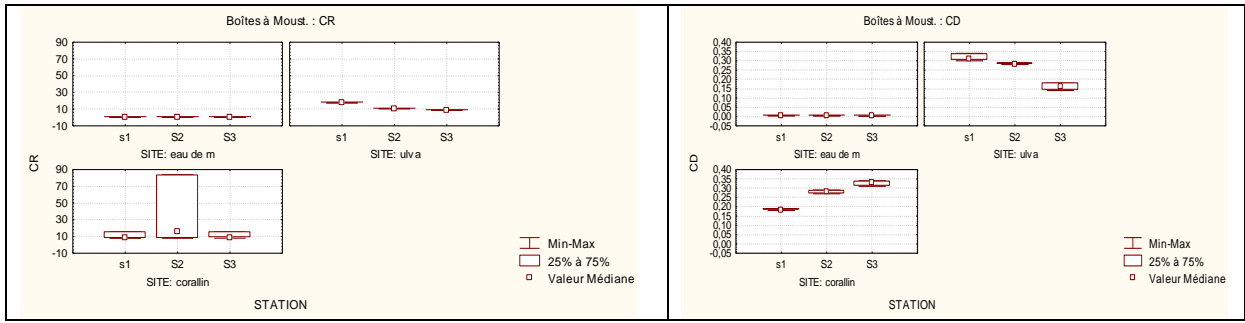
Tableau 2 Analyse de variance des caractères physicochimiques des eaux du Cadmium et du Chrome dans *U.lactuca* et *C.officinallis* provenant des eaux de mer de la cote de jjel. Corrélations significatives marquées à $p < 0,05000$ N=12 (Suppression des Observ. à

	Effet	Effet	Effet	Erreur	Erreur	Erreur		
	SC	dl	MC	SC	dl	MC	F	p
CR	10792,86	9,00	1199,21	3587,38	18,00	199,30	6,02	0,00
CD	9609,94	9,00	1067,77	0,00	18,00	0,00	7789734,69	0,00
PH	7591,02	3,00	2530,34	0,02	6,00	0,00	688007,72	0,00
T_°C	5191,86	3,00	1730,62	1,17	6,00	0,19	8900,33	0,00
MES	8987,71	3,00	2995,90	0,00	6,00	0,00		
CL	397603453,13	3,00	132534484,38	0,00	6,00	0,00		
SALINITE	5016,89	3,00	1672,30	0,00	6,00	0,00		
NO3	5517,22	3,00	1839,07	39,21	6,00	6,53	281,44	0,00
PO4	8803,69	3,00	2934,56	0,01	6,00	0,00	1526652,13	0,00

Annexe 3

Figures 2 : test de tukey des caractères physicochimiques des eaux du Cd et du Cr dans *U.lactuca* et *C.officinallis* provenant des eaux de mer de la cote de jijel.





Noms et Prénoms : Marwa Baga
Mémoire de fin de cycle
Pour l'obtention du diplôme de Master
Filière : Ecologie et environnement
Option : Pollution des écosystèmes et Ecotoxicologie

Thème :

**Etude de la pollution maritime par les métaux lourds (Cd, Cr)
dans la côte de Jijel**

Résumé :

Dans le but d'évaluer le risque de la pollution par les métaux lourds susceptibles d'être présent dans de la mer de la wilaya de Jijel, des prélèvements d'eau et d'algues en été réalisés dans différents points de la cote. Des séries de prélèvements ont été effectués afin d'obtenir des résultats représentatifs. Les caractéristiques physico chimiques ainsi que le taux du plomb et du zinc dans l'eau et dans les algues *Ulva* et *Carrollina* ont été déterminés. Les résultats obtenus sont interprétés via une analyse statistique. *Ulva lactuca* (algue verte) et *Corallina officinalis* (algues rouge) ont été prélevées entre le mois d'Avril 2014 de 3 stations le long du littoral Est de la région de Jijel. Le Cd et Cr Les échantillons ont été déterminé les concentrations dans l'eau de mer et dans les tissus des algues par de spectrophotométrie à absorption atomique (SAA) . les résultats obtenus montrent :une corrélation significative entre les teneurs en métaux étudiés dans le milieu et dans les tissus des algues . Mais aussi que chaque métal a un modèle caractéristique de variation spatiale.

Mots clés : pollution marine, les métaux lourds (cd,cr), les algues, la bioaccumulation

Soutenu le : 25/06/2014

Devant le jury :

- **Président : Mme. Afri-Mehennaoui F-Z // M.A.C. Université Constantine1**
- **Promoteur : Mr. Menad Ahmed // Professeur. Université Constantine 1**
- **Examinatrice : Mme. Zaimeche Saida // M.A.A. Université Constantine1**