

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de JIJEL

Faculté des Sciences Exactes et des
Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie Animale et
Végétale



جامعة جيجل

كلية العلوم الحقيقية وعلوم الطبيعة والحياة
قسم البيولوجيا الحيوانية والنباتية

جامعة محمد السادس بن بوعيسى
كلية علوم الطبيعة والحياة
المكتبة
رقم الجرد : 1942

Mémoire de fin d'études

en vue de l'obtention du diplôme : Master II

Option: Toxicologie de l'Environnement

Quantification des éléments traces métalliques susceptibles d'être présents dans le littoral Est de Jijel

Membre de Jury :

Président : Mr. BOUDJLALE F

Examineur : Mr. KRIKA A

Encadreur : Pr. LEGHOUCHI E

Présenté par :

- Bouhadjar karima

- Felifla Amel

Année Universitaire : 2011/2012

Remerciement

*Nous tenons d'aborde à remercier Dieu, le tout- puissant qui nous a aidé à
réaliser ce travail et de nous avoir éclairé le
chemin de la réussite.*

*Nous tenons également à exprimer vraiment notre profonde gratitude à
notre promoteur Pr. LEGHOUCHI qui a assuré
la direction de ce travail,
pour sa confiance, ses encouragements, son suivi.*

*Nous tenons à la remercier pour ses importants conseils,
sa bonne humeur et sa modestie.*

*Nous tenons à remercier l'ensemble des membres du jury Mr. KRIKA et
Mr. BOUDJLLAL qui
nous fait l'honneur en acceptant de juger notre travail.*

*Nous remercions également tous les enseignants qui ont
contribués à notre formation durant nos cinq ans d'étude.*

*En fin, on remercie tous ce qui nous aide de près ou de loin
à réaliser ce travail.*

KARIMA et AMEL

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction..... 01

Synthèse bibliographique

I. Généralité sur la pollution03

I.1. Définition de la pollution03

I.2. Classification des pollutions.....03

I.3.Pollution du littoral.....04

I.3.1. La pollution par les nitrates et les phosphates.....05

I.3.2.La pollution microbiologique.....05

II.3.3.Les contaminant chimiques05

II.3.4.Les macro-déchets.....06

II.3.5.La pollution par les hydrocarbures.....06

II. Les éléments traces métalliques08

II.1.Définition08

II.2.Classification Des éléments trace métalliques08

II.2.1.Les ETM essentiels08

II.2.2. Les ETM non essentiels08

II.3.Origine des éléments trace métalliques.....09

II.4.Principales propretés physico-chimiques.....09

II.4.1.La solubilité.....	09
II.4.2.La stabilité.....	09
II.4.3.La volatilité	10
II.5.La biodisponibilité des métaux lourds	10
II.6 .Les ETM dans les milieux aquatiques	10
II.6.1.Comportement des ETM dans l'eau.....	10
II.6.2.Les formes des ETM dans l'eau	10
II.6.2.1.En phase particulaire	11
II.6.2.2.En phase dissoute	11
II.6.3.Contamination des milieux aquatiques par les métaux lourds	11
II.6.4.Des terme relative à la contamination.....	12
II.6.4.1.1.L'assimilation.....	12
II.6.4.1.2.La bioconcentration.....	12
II.6.4.1.3.La bioamplification (ou biomagnification).....	12
II.7.Toxicité des métaux lourds	12
II.7.1.Toxicité pour les végétaux	13
II.7.2.Toxicité pour l'homme.....	13
II.8.Les éléments trace métallique étudiés.....	13
II.8.1.Le cadmium (Cd)	13
II.8.1.1.Définition et propriété physico-chimique	13
II.8.1.2.L'utilisation.....	13
II.8.1.3. Le cadmium dans les milieux aquatiques	13
II.8.2.Le zinc (Zn).....	14
II.8.2.1.Définition et propriété physico-chimique	14
II.8.2.2.Utilisations	14
II.8.2.3.Le zinc dans les milieux aquatiques	14
II.8.3.Le plomb (Pb)	15

II.8.3.1.Définition et propriété physico-chimique	15
II.8.3.2.Utilisations	15
II.8.3.3.Le plomb dans les milieux aquatique.....	15
II.8.4.Le chrome (Cr).....	15
II.8.4.1.Définition et propriété physico-chimique	15
II.8.4.2.Utilisation	16
II.8.4.3.Le chrome dans les milieux aquatiques	16
II.8.5.Le cuivre (Cu)	16
II.8.5.1.Définition et propriété physico-chimique	16
II.8.5.2.Utilisation	16
II.8.5.3.Le cuivre dans les milieux aquatiques	17
II.8.6. Le Fer (Fe).....	17
II.8.6.1.Définition et propriété physico-chimique	17
II.8.6.2.Utilisation	17
II.8.6.3.Le fer dans les milieux aquatiques.....	17
III. Les algues	19
III.Généralité sur les algues	19
III.1.Définition des algues	19
III.2. Distribution des algues.....	19
III.3. Classification des algues.....	20
III.4. L'accumulation des éléments traces métalliques par les algues.....	21
III.5. Les facteurs influencent à l'accumulation des éléments traces métalliques.....	21

Matériels et méthodes

Présentation les zones d'étude	23
1. Présentation générales de la région de Jijel	23
1.1. Situation géographique de Jijel.....	23
1.2. Milieu physique	23
1.2.1. Géologie.....	23
1.2.2. Pédologie	24
1.2.3. L'hydrographie de Jijel.....	24
1.3. Les conditions climatiques.....	25
a) La pluviométrie	25
b) La température	26
c) Le vent	27
d) Synthèse climatique	27
- Diagramme ombothermique de Gaussen.....	27
1.4. Particularité de la zone littorale de la région de Jijel... ..	28
1.4.1. Délimitation du périmètre de la zone littoral.....	28
1.4.1.1. Zones à l'état naturel.....	29
1.4.1.2. Zones sensibles prioritaires.....	29
1.4.2. Les sources de pollution côtière dans la wilaya de Jijel	30
1.4.3. Les installations classées	30
2. localisation des sites d'études	31
2.1. Site de port de Djendjen.....	31
2.2. Site de Bazoul	31
2.3. Site de sidi Abdelaziz	31
3. Echantillonnage et technique de prélèvement	32

3.1. Choix des stations de prélèvement et leur situation géographique.....	32
3.2. Mode de prélèvement.....	32
3.3. Flaconnage de prélèvement	33
3.4. Transport et Conservation des échantillons.....	33
3.5. Méthodes de mesures et d'analyses	33
3.6. Méthode de dosage	34
3.6.1. Dosage des orthophosphates(méthode par spectrophotométrie d'absorption moléculaire)34	
3.6.2 .Dosage de nitrate (NO_3^-)(méthode pour spectrophotometrie d'absorption moléculaire....	35
3.6.3. Dosage des nitrites (NO_2^-) (méthode au réactif de Zambelli).....	36
3.3.4. Dosage des métaux lourds des métaux lourds par la spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA).....	37

Résultats et Interprétation

I- Les résultats d'analyse des eaux de mer	40
I.1. Les paramètres physicochimiques.....	40
I.1.1. La température.....	40
I.1.2 Le potentiel d'hydrogène (pH)	41
I.1.3 La salinité	41
I.1.4 Nitrites NO_2^-	42
I.1.5 Nitrates ON_3^-	43
I.1.6. Orthophosphates PO_4^{-3}	44
I.2. La teneur en éléments traces métalliques dans les eaux de mer.....	45
II- La teneur des éléments traces métalliques dans les algues de la région de Sidi Abdelaziz.....	47
II.1. Les algues brunes	47
II.2. Les algues vertes	48

III. Discussion des résultats 53

Conclusion..... 59

Références bibliographiques

Annexes

Liste des Abréviations :

Al : Aluminium

As : Arsenic

Cd : Cadmium

Cr : Chrome

Cu : Cuivre

DDT : Dichlorodiphenyltrichloroethane

D.E : Direction de l'Environnement

DHW : Direction de l'hydraulique de la wilaya

ETM : Eléments traces métalliques

FBC : Facteur de bioconcentration

Fe : Fer

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

Hg : Mercure

Mn : Manganèse

Ni : Nickel

ONM : Office National de la Météorologie

Pb : Plomb

PH : Potentiel d'Hydrogène

Ppm : Partie Par Million

SAA : Spectrophotométrie d'Absorption Atomique

SAL : Salinité

SDAT : Schémas Directeur de l'Aménagement Touristique.

Se : Silicium

T : Température

Zn : Zinc

Liste des figures :

Figure	Description	Page
Figure 1	: Localisation géographique de la wilaya de Jijel.....	23
Figure 02	: Le réseau hydrographique de la wilaya.....	25
Figure 03:	Histogramme de la variation du cumul mensuel de précipitation en mm dans la wilaya de Jijel (2008-2011).....	26
Figure 04:	Variation annuel de la température dans la willaya de Jijel entre 2007 et 2011.....	27
Figure 05	: Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen.....	28
Figure 6	: Photo Satellite de situation des stations de prélèvement.....	32
Figure 07:	Variation moyennes de la température des eaux de mer.....	40
Figure 08	: Variation moyennes de potentiel d'hydrogène (pH) des eaux de mer	41
Figure 09:	Variation moyennes de la salinité des eaux de mer.....	42
Figure 10	: Variations moyenne des nitrites dans l'eau de mer.....	43
Figure 11:	Variations moyenne des nitrates dans l'eau de mer.....	44
Figure 12:	Variation moyennes des orthophosphates dans l'eau de mer.....	45
Figure 13:	Les valeurs des ETM dans l'eau de mer.....	46
Figure 14:	Les valeurs des ETM dans les algues brunes.....	47
Fig.15:	Les valeurs des ETM dans les algues vertes.....	48

Liste des tableaux

Tableau	Description	Page
Tableau 01	Classification des principaux types de pollutions et de nuisances.....	04
Tableau 02	Caractéristiques importantes des groupes d'algues.....	19
Tableau 03	Cumul mensuel de précipitation en mm dans la wilaya de Jijel.....	25
Tableau 04	Répartition de la moyenne mensuelle de la température (C°) entre 2007 et 2011.....	26
Tableau 05	Déchets générés par les installations classées au niveau de la wilaya de Jijel 2011..	30
Tableau (06)	Valeurs moyenne de la température de l'eau (C°) de la mer.....	40
Tableau (07)	Valeurs moyenne de pH d'eau de la mer.....	41
Tableau (08)	Valeurs moyenne de la salinité d'eau.....	42
Tableau (09)	Représente les variations teneurs de nitrite des eaux de la mer.....	42
Tableau (10)	Représente les variations teneurs de nitrate des eaux de la mer.....	43
Tableau (11)	Représente les variations teneurs de PO_4^{-3} des eaux de la mer.....	44
Tableau (12)	La teneur des éléments trace métalliques dans les trois stations étudiée en ppm...	45
Tableau (13)	La teneur moyenne $\mu\text{g/g}$ des ETM (Cd, Pb, Zn, Fe, Cu et Cr) dans les l'algue brune.....	47
Tableau (14)	Les teneurs moyennes en $\mu\text{g/g}$ des ETM (Cd, Pb, Zn, Fe, Cu et Cr) dans les algues vertes	48

Introduction

INTRODUCTION

L'augmentation des activités industrielles accentué les problèmes de pollution environnementale causant la détérioration de plusieurs écosystèmes avec l'accumulation des plusieurs polluants (**Rahmati et al., 2011**).

Le milieu marin en particulier lieu développement de nombreuses espèces floristiques et faunistiques constituent un équilibre écologique et une ressource alimentaire importante. Malheureusement il est contaminé par de nombreux produits chimiques dont des éléments métalliques et produits phytosanitaire rejetés par les industries, l'agriculture et les communautés urbaines ainsi que la pollution générée par l'activité portuaire telle que les hydrocarbures, les zones estuariennes et côtières sous forte influence continentale, sont les plus touchées par cette contamination (**Kantin et Pergent, 2007**).

Donc parmi les éléments qui peuvent être la cause de destruction de l'environnement par leur forte toxicité, on distingue les éléments traces métalliques (ETM) qui sont dégagés de diverses industries telles que les batteries, les colorants,... etc.

Les ETM sont les contaminants environnementaux persistants puisqu'ils ne peuvent pas être dégradés ou détruits.

La pollution de métaux lourds représente un problème important dû à leur effet toxique et leur accumulation dans le long de la chaîne alimentaire provoquant des problèmes sérieux écologiques et santé.

Les organismes aquatiques sont devenus de plus en plus utilisées comme des bioindicateurs par l'exploitation de leur pouvoir d'accumulation des contaminants (**Rahmati et al., 2011**).

Les objectifs de ce travail sont :

- 1- évaluer qualitativement et quantitativement la qualité des eaux de mer du littoral;
- 2- déterminer le degré de contamination et de bioaccumulation des éléments traces métalliques dans les algues.

Synthèse bibliographique

Généralité sur la pollution

I.1. Définition de la pollution :

Pollution c'est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît, en totalité ou en partie, comme un sous produit de l'action humaine, au travers d'effets directs ou indirects altérant les critères de répartition des flux d'énergie, des niveaux de radiation, de la constitution physico-chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes. Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou au travers des ressources agricoles, en eau et autres produits biologiques. Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'il possède, les possibilités récréatives du milieu ou encore en enlaidissant la nature (**RAMADE, 2000**).

Ainsi le terme de pollution désigne l'ensemble des rejets de composés toxiques que l'homme libère dans l'écosphère, mais aussi les substances qui, sans être vraiment dangereuses pour les organismes vivants, exercent une influence perturbatrice sur l'environnement, elle ne doit pas être confondue avec les dangers du risque (incendies, explosions, etc.) qui peuvent également provoquer des effets polluants (**KOLLER, 2004**).

I.2. Classification des pollutions :

Plusieurs critères peuvent être utilisés, selon les besoins, pour classer les pollutions. Il s'agit par exemple de l'origine des substances, qui renseigne globalement sur leur nature et leur mode de transfert, ou de l'effet des pollutions, qui s'intéresse au mode de réaction des écosystèmes, selon la nature et la dynamique d'apport des substances, ou encore du mode d'apport, qui détermine d'étude et de traitement.

Tableau 01 : classification des principaux types de pollutions et de nuisances (RAMADE, 2007).

Nature des pollutions	Milieu affecté par la pollution ou la nuisance		
	Atmosphère	Hydrosphère	sols
1. Pollution physiques			
Radiations ionisantes	+	+	+
caléfaction	+	+	
Bruit et vibrations à basse fréquence (nuisance auditive = sonore)	+		+
2. Pollution chimique			
Dérivés gazeux du carbone	+	+	
hydrocarbures		+	+
Dérivés du soufre	+	+	+
Dérivés de l'azote	+	+	+
Métaux et métalloïdes toxiques		+	+
fluorures	+		+
Particules solides (aérosols)	+		
détergents		+	
Pesticides et autres composés organiques de synthèse non volatils		+	+
Emission de substances chimiques nauséabondes (nuisance olfactive)	+		
Matières organiques fermentescibles		+	
3. Pollution biologiques			
Contaminations microbiologiques des milieux inhalés ou ingérés (bactéries ou virus)	+	+	
Introduction des OGM dans l'espace rural			+
Modification des biocénoses par introduction intempestive d'espèces exotiques végétales ou animales invasives		+	+
4. Nuisance esthétique			
Dégradation de l'espace rural ou du milieu urbain par l'urbanisation sauvage ou des aménagements mal conçus	+		
Implantation de l'industrie dans des biotopes vierges ou peu modifiés par l'homme	+		

II.3. Pollution du littoral :

La frange côtière, à l'interface terre mer, est un lieu d'activités humaines mais aussi un lieu de concentration des pollutions. L'Organisation des Nations Unies définit comme suit la pollution marine: "c'est l'introduction par l'homme dans le milieu marin ou dulçaquicole, directement ou indirectement, de substances ou d'énergies, ce qui entraîne des effets délétères tels que: dommage

aux ressources biologiques, danger pour la santé humaine, entrave aux activités y compris la pêche, diminution de la qualité de l'eau du point de vue de son utilisation et réduction des possibilités offertes dans le domaine des loisirs. Les manifestations des pollutions sont diverses et n'ont pas les mêmes conséquences sur le milieu littoral: pollution par les hydrocarbures provenant des dégazages, l'eutrophisation par surabondance de nitrates, les macro-déchets qui s'accumulent sur les plages (**Rouibah et al, 2005**).

I.3.1. La pollution par les nitrates et les phosphates :

Nitrates et phosphates sont des sels présents naturellement dans l'eau de mer. Seulement, les activités humaines concourent à l'augmentation des teneurs en nitrates et phosphates: les nitrates sont utilisés comme engrais en agriculture (**RAMADE, 2000**). Lessivés par les pluies, une partie est entraînée en profondeur vers les nappes et une autre vers les eaux littorales, via les cours d'eau.

Le phosphore est un élément assez rare mais indispensable à tous les êtres vivants. Il est considéré comme un élément limitant de la croissance des phytoplanctons aquatiques, il est assimilable par les êtres vivants lorsque il se trouve sous forme oxydée. Ils proviennent surtout des rejets urbains contenant lessives ou excréments. L'enrichissement excessif des eaux en sels nutritifs (phénomène appelé l'eutrophisation) provoque une prolifération importante d'algues (marée verte) ou de phytoplancton (eaux colorées), et ce dans les zones calmes comme les baies ou les havres (**VILAGINES, 2003**).

Les algues, profitant de cet apport inespéré de nourriture, vont petit à petit appauvrir le milieu en oxygène dissous, et certains organismes disparaîtront, ne pouvant s'adapter à l'appauvrissement en oxygène de leur milieu de vie (**LACAZE, 1996**).

II.3.2. La pollution microbiologique :

La pollution microbiologique se rapporte à la pollution des eaux littorales par les bactéries et virus pathogènes, qui proviennent du continent et qui se sont trouvées rejetées par les émissaires et égouts. Les zones abritées, dans les havres ou en fond de baies, sont des zones où la concentration en bactéries est plus forte (**VILAGINES, 2003**).

II.3.3. Les contaminant chimiques :

Parmi les contaminants chimiques les plus connus, nous pouvons citer certains métaux comme le mercure, le cadmium, le plomb ou encore le cuivre. Ce dernier, présent naturellement

dans l'eau de mer à des concentrations très faibles (quelques microgrammes) devient dangereux pour l'écosystème pour peu que l'homme, par le biais de rejets industriels, en augmente la teneur: à 50 microgrammes, le cuivre entraîne la mortalité des larves de poissons. Outre les métaux, la production et l'emploi de substances anti parasitaires en agriculture constituent une grande menace pour l'hydrosphère. Le cas du DDT: les tissus des moules peuvent le concentrer jusqu'à 70 000 fois plus que sa teneur dans l'eau de mer ambiante, Une menace pour les écosystèmes littoraux mais aussi pour l'homme (PNUE, 1996).

II.3.4. Les macro-déchets :

Ce terme quelque peu scientifique désigne simplement les objets hétéroclites d'origine humaine, la plupart du temps concentrés sur la laisse de mer : bouteilles plastiques ou en verre, chaussures, emballages divers, poches à huîtres, cordages, pieux à moules. Ces détritiques sont avant tout sources de nuisances plutôt que de pollutions. Ils ne modifient pas fondamentalement les équilibres écologiques ou physiologiques comme pourraient le faire les pesticides, les nitrates, les hydrocarbures... Ils posent avant tout des problèmes d'esthétisme et de qualité paysagère, d'où les campagnes de nettoyage effectuées sur la laisse de mer. Mais en intervenant sur ce milieu, l'homme peut nuire à certaines espèces (Rouibah et al, 2005).

II.3.5. La pollution par les hydrocarbures :

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont des dérivés de nombre processus des chimiques et des produits de combustion de plastique. Les HAP sont aussi présent dans le pétrole brut et dans le goudron. Ils sont caractérisés par la juxtaposition de deux à huit cycles benzénique.

Etant donné leur taille ils sont non volatils, s'absorbent facilement, et sont très rémanents. Leur toxicité est assez élevée, plusieurs d'entre eux sont cancérogènes (Atteina, 2005).

Les HAP sont à l'origine d'une pollution permanente et souvent clandestine de nombreux écosystèmes aquatique. Les HAP sont essentiellement d'origine anthropogène et liés aux combustions de charbons et de divers carburants. Émis en grande partie dans l'atmosphère, mais il existe aussi déversements dans les eaux continentales et littorales à partir des rejets d'émissaires d'égouts industriels et urbains, il retourne à la surface des continents et de l'océan via les dépôts secs et les précipitations que transfèrent ces polluants de l'atmosphère vers la surface des sols et les eaux superficielles continentales ou marines (RAMADE, 2005).

L'effet de HAP sur les oiseaux vivant en pleine mer est évident. L'oiseau recouvert d'hydrocarbures voit les graisses qui rendent son plumage imperméable se détériorer : le plumage perd son rôle de matelas protecteur, l'organisme se refroidit et l'oiseau court le risque de congestion (PNUE, 1996).

II. Les éléments traces métalliques :

II.1. Définition :

Les ETM sont généralement définis comme ceux qui apparaissent dans les roches et le sol des concentrations $<100 \text{ mg/Kg}$. Ils sont généralement appelés métaux lourds mais ce terme est incorrect car certains métaux toxiques ne sont pas particulièrement lourds (exemple le Zn), tandis que certains éléments toxiques ne sont pas des métaux (exemple As).

Les définitions des ETM sont multiples et dépendent du contexte dans lequel on se situe ainsi que dans l'objectif de l'étude à réaliser (Sétra, 2004). L'expression ETM désigne pour les chimistes des métaux de numéro atomique élevé de densité $> 5 \text{ g/cm}^3$ et qui forment des sulfures insolubles. Les géologues parlent d'ETM qui sont des composés naturels présents à très faibles concentrations ils comprennent collectivement moins de 1 % des roches de la croûte terrestre. Les toxicologues définissent les ETM comme des métaux à caractère cumulatif, ayant essentiellement des effets très néfaste sur les organismes vivants (Dubé, 1997)

II.2. Classification Des éléments trace métalliques :

D'un autre point de vue biologique, on en distingue deux types en fonction de leurs effets physiologiques et toxiques : métaux essentiels et métaux toxiques.

II.2.1. Les ETM essentiels :

Sont nécessaires au fonctionnement des plantes et animaux en participant à des réactions biochimiques dans l'organisme, ils sont appelés "oligo-élément". Les ETM essentiels peuvent provoquer deux sortes de réaction différentes (Ablain, 2002):

- si un organisme ne contient pas suffisamment de l'un des éléments, une fonction peut être inhibée par exemple un processus métabolique et par conséquent il y aura une diminution de la croissance ou du développement.
- Si un élément se trouve en concentration trop élevée, selon l'organisme considéré, il peut avoir un effet toxique.

II.2.2. Les ETM non essentiels :

Ces ETM ne sont pas nécessairement à la vie mais ils perturbent souvent la cour normale des processus métaboliques, même à l'état de traces, à l'exception de faibles doses tolérables, de tels ETM ont souvent un effet toxique par exemple Cd, Pb, Hg (Huynh, 2009).

II.3. Origine des éléments trace métalliques :

Rappelons tout d'abord que les métaux lourds sont présents de façon naturelle dans les sols, ils proviennent en grande partie de l'altération de la roche mère du sous-sol. Toutefois les concentrations les plus importantes des métaux lourds sont liées à l'activité humaine (**Gombert et al, 2005**):

- stockage de déchets industriels et urbains (mines et fonderies de métaux non ferreux, décharges publiques) ;
- pratique agricoles (pratique de la fertilisation à l'aide de compost urbain, de déjections animales ou de boues de station d'épuration) ;
- activité pétrochimiques,
- les retombées atmosphériques (essence ou plomb, poussières des industries métallurgiques, incinération d'ordures ménagères) (**Azimi, 2004**).

II.4. Principales propriétés physico-chimiques :

II.4.1. La solubilité :

La solubilité des métaux lourds dépend de l'élément, des conditions chimiques de la phase aqueuse (pH, potentiel d'oxydoréduction, concentration en ligands), et des phases solides environnantes. La solubilité d'un élément peut varier selon sa spéciation c'est-à-dire sa répartition entre différents états de valence, qui représente un paramètre essentiel notamment pour l'arsenic et le chrome (**CETU, 2004**).

II.4.2. La stabilité :

Contrairement aux polluants organiques les métaux ne peuvent pas être dégradés biologiquement ou chimiquement. Les métaux sont transportés sur de grandes distances par l'air ou l'eau sans subir de transformation. Le cadmium par exemple, ne se dégrade pas dans l'environnement, mais des processus physiques et chimiques peuvent modifier sa mobilité, sa biodisponibilité et son temps de séjour dans différents milieux. Mais, et dans certains cas, ce ne sont que de telles réactions de transformation qui conduisent à des composés toxiques (par exemple : la méthylation du mercure). Une des conséquences les plus sérieuses de la persistance des métaux est leur accumulation dans les chaînes alimentaires. Au bout de ces chaînes, les métaux peuvent atteindre des concentrations qui sont supérieures de plusieurs puissances de dizaines à celles trouvées dans l'eau ou dans l'air (**Bliefert et Perraud, 2009**).

II.4.3. La volatilité :

La volatilisation repose sur l'action directe de certains microorganismes sur le degré d'oxydation de l'espèce métallique. C'est le cas du mercure, de l'arsenic et du sélénium (Se). La biométhylation permet le transfert de groupements méthyle directement aux atomes, Pb, Sn (étain), As, Sb (antimoine) et Se, permettant leur volatilisation dans l'atmosphère (**Lamière et al, 2001**).

II.5. La biodisponibilité des métaux lourds :

La biodisponibilité se définit comme la propriété d'un élément ou d'une substance d'atteindre les membranes cellulaires des organismes vivants. Il s'agit d'un des paramètres essentiels de la toxicité car un changement de la biodisponibilité d'un polluant équivaut à un changement de toxicité (**Palvadeau, 2004**). C'est le cas par exemple des polluants stockés dans les sédiments. Lorsqu'ils sont stockés, ils ne présentent un risque que pour les organismes fouisseurs (exemple : vers, larves), les organismes vivants uniquement dans l'eau ayant peu de chances d'y être exposés (exemple : les poissons). Cependant, même si la probabilité d'exposition ne concerne, dans un premier temps, que certains organismes de la chaîne trophique, les substances toxiques des sédiments sont à surveiller, d'une part en raison de leur risque de remise en solution suite à un changement d'équilibre entre leur forme libre dans l'eau et leur forme stockée dans les sédiments (par exemple lors de crues), d'autre part en raison du risque de transmission par la chaîne alimentaire (**Boucheseiche et al, 2002**).

II.6. Les ETM dans les milieux aquatiques :

L'eau est évidemment un élément indispensable pour l'être vivant mais particulièrement important pour les polluants en général et les métaux lourds en particulier, car l'eau est le siège de réactions chimiques liées à la solubilité, l'acidité, l'alcalinité, la température, l'oxydation et la présence des ligands organiques ou chimiques. Ces facteurs ajoutés au temps de séjour des ETM dans l'eau déterminent leur concentration, leur biodisponibilité relative, leur transport et surtout leur toxicité (**Chiffolleau, 2001**).

II.6.1. Comportement des ETM dans l'eau :

II.6.1.1. Les formes des ETM dans l'eau :

Un fois arrivés dans l'environnement aquatique, les ETM se répartissent entre ces différents compartiments (l'eau, les solides en suspension, les sédiments, et le biote (**Chiffolleau, 2001**). Les ETM présents dans l'environnement aquatique peuvent exister en deux phases :

- **En phase particulaire :**

Les ETM se présentent sous forme : d'espèces adsorbés plus ou moins fortement par une phase solide (matière en suspension), d'éléments intégrés dans un réseau cristallin, d'éléments métabolisés sous forme inorganique ou d'organométalliques (Chiffoleau, 2001).

- **En phase dissoute :**

Les ETM peuvent être sous forme d'ions hydratés, complexés avec des ligands inorganiques ou organiques ou d'organométalliques. L'influence d'un ETM sur l'environnement n'est pas la même selon qu'il se présente sous forme cationique hydraté, sous forme d'un complexe organométallique ou minéral. Ainsi dans le cas du Cu la forme organique est peu toxique car les complexes formés sont assez stables alors que les sels minéraux sont beaucoup plus nocifs, sans négliger la toxicité des complexes liposolubles capables de diffuser passivement à travers la membrane biologique. Cependant pour la majorité des ETM (en particulier Cd, Cu, Zn, Pb) c'est la forme ionique hydraté qui semble la plus préjudiciable pour les organismes vivants. Par analogie on appelle également complexation avec le ligand biotique la fixation du métal par les organismes (Bonnomet et le Goff, 2004).

II.6.2. Contamination des milieux aquatiques par les métaux lourds :

La pollution métallique des milieux aquatiques reste encore peu étudiée, les métaux lourds sont beaucoup moins surveillés que l'azote et le phosphore responsables du phénomène d'eutrophisation. En fait, les eaux naturelles contiennent les métaux lourds issus du ruissèlement sur les surfaces imperméables et /ou sous l'effet de l'érosion des sols, mais la pollution est attribuée à une gamme très large d'activités humaines. Ainsi, la pollution atmosphérique, représenté par des retombées sèches ou humides accompagnées des pluies acides, contribue à la contamination de l'environnement aquatique à proximité de zones industrielles (exception faite pour le mercure). Une autre source importante de contamination est le transfert des métaux du sol vers les nappes phréatiques. Ce transfert s'effectue aussi à partir des sédiments de dragage et des décharges industrielles (Gouzy et Ducos, 2008). En fin, les métaux lourds sont apportés directement dans l'eau sous forme de rejets industriels (déchets liquides et eaux résiduaires industrielles) et d'eaux usées urbaines renferment des excréta humains, détergents et certains médicaments et dans certains cas par canalisations (Boulkrah, 2008).

II.6.3. Termes relatives à la contamination :

La pénétration des métaux lourds dans l'environnement aquatique peut avoir des effets dramatiques sur la biodisponibilité et la toxicité vis-à-vis des processus biologique. Ainsi, la bioamplification par le plancton et la biotransformation par les bactéries dans l'interface eau sédiments peuvent influencer fortement l'impact des métaux lourds, ces phénomènes donnent naissance à des dérivés métalliques plus toxiques qui seront bioaccumulé le long de la chaîne trophique (eau, plancton, poissons, herbivores et homme). Ceci, rend par conséquent, les milieux aquatiques encore plus sensibles à ces contaminants métalliques. La bioaccumulation est un processus d'assimilation et de concentration des métaux lourds dans l'organisme. Le processus se déroule en trois temps :

- **L'assimilation :**

Il existe deux voies principales d'exposition aux polluants : la voie externe par contact (par l'air ou l'eau) qui provoque un phénomène d'adsorption, la substance toxique reste à la surface, et la voie interne par assimilation ou absorption (**Nakib, 2010**).

- **Bioconcentration :**

Elle est définie comme étant le processus par lequel une substance (ou un élément) se trouve présente dans un organisme vivant à une concentration supérieure à celle de son milieu environnant. Tous les métaux lourds en général sont concernés par la bioconcentration mais plus particulièrement le mercure, lorsqu'il est présent sous sa forme organique (méthylmercure). Ce processus d'accumulation s'exprime par un ratio entre la concentration du contaminant étudié dans le milieu et sa concentration dans l'organisme et ce ratio est dit « facteur de bioconcentration (FBC) » (**Nakib, 2010**).

Accroissement direct de concentration d'un polluant lorsqu'il passe de l'eau dans un organisme aquatique.

- **La bioamplification (ou biomagnification) :**

Les transferts de métaux entre individus suivent un processus classique dit « transferts trophiques ». Le polluant, présent dans les algues et les micro-organismes est ingéré par un herbivore, lui-même proie pour un carnivore, lui-même proie d'un super carnivore, animal ou homme. En bout de chaîne alimentaire, le consommateur final aura bio accumulé les formes solubles des métaux (**Miquel, 2001**).

II.7.Toxicité des métaux lourds :

II.7.1.Toxicité pour les végétaux :

Le premier effet des métaux lourds absorbables chez les végétaux est une inhibition de la croissance. Cette-ci s'accompagne très souvent de nombreux autres indices de dysfonctionnement : chlorose foliaire, importantes lésions nécrotiques, jaunissement progressif, repliement ou dessèchement du feuillage (**Remon, 2006**).

II.7.2.Toxicité pour l'homme :

Les ETMs peuvent atteindre l'homme par passage à travers la peau, ingestion ou par inhalation. Ils se concentrent principalement dans les poumons, entraînant des maladies de l'appareil respiratoire dans le système digestif provoquant des troubles tels que les nausées, les vomissements, la perte d'appétit et de poids et de cancers (**Anfossi et al, 1997**).

II.8.Les métaux étudiés:

II.8.1.Le cadmium :

II.8.1.1.Définition et propriétés physico-chimiques :

Le cadmium est un métal ductile, blanc argenté avec des teintes de bleu lustré, dont le point de fusion est de 320,9 °C, et le point d'ébullition est de 765 °C. Le cadmium élémentaire a un nombre atomique de 48, une masse atomique de 112 g/mol et une masse volumique de 8,6 g/cm³ à 20 °C (**Hoenner, 2006**). Le cadmium forme des complexes stables avec certains composés organiques (cyanures, amines...). Il n'existe pas de minéral pur de cadmium à l'état naturel, on le trouve toujours associé aux minerais de zinc et de plomb (**Joubert, 2006**).

II.8.1.2.Utilisation :

Dans l'industrie, le cadmium est principalement utilisé pour la fabrication des batteries (en déclin), mais aussi pour protéger l'acier contre la corrosion (cadmiage) ou comme stabilisant pour les plastiques et les pigments. Ils servent à la fabrication de bâtons de soudure de fusible, de cellules photoélectriques, de semi-conducteurs, de substances luminescentes comme la télévision (**Viala et Botta, 2005**).

II.8.1.3. Le cadmium dans les milieux aquatiques :

Le cadmium présent dans les eaux continentales à l'état dissous se rencontre essentiellement sous forme d'ion libre Cd²⁺ et associé à la matière organique dissoute, majoritairement aux acides humiques et fulviques. Les eaux douces sont particulièrement riches en matières humiques qui sont

connues pour leur forte capacité complexant. Le cadmium est réputé pour être assez peu complexé par les acides organiques simples alors qu'il peut former des complexes très stables avec les substances humiques (Sillen et Martell, 1964 ; Antonnetti, 1974 ; Rubin, 1974 ; Ramamoorthy et Kusher, 1975 ; Stevenson, 1976).

II.8.2.Le zinc :

II.8.2.1.Définition et propriété physico-chimique :

Le zinc est métal qui port le numéro atomique 30, et a une masse atomique de 65 g/mol, il possède une densité de 7,13 g/cm³, un point de fusion de 419,5 °C et un point d'ébullition de 908 °C. Le zinc présent dans l'écorce terrestre principalement sous forme de sulfure (blende) accessoirement sous d'autres formes telle que la smithsonite (ZnCO₃), l'hémimophite (Zn₄(OH₂Si₂O₇)H₂O), ou l'hydrozincite (Zn₅(OH)₆(CO₃)₂) (Gillet, 2005).

II.8.2.2.Utilisations :

Le zinc est principalement utilisé pour les revêtements de protection des métaux contre la corrosion (galvanoplastie, métallisation, traitement par immersion). Il entre dans la composition de divers alliages (laiton, bronze, alliages légers). Il est utilisé dans la construction immobilière, les équipements pour l'automobile, les chemins de fer et dans la fabrication de produits laminés ou formés (Lefort, 2003).

II.8.2.3. Le zinc dans les milieux aquatiques :

Le zinc existe dans l'eau sous diverses formes : ion hydraté (Zn(H₂O)²⁺), zinc complexé par les ligands organiques (acide fulviques et humiques), zinc adsorbé sur de la matière solide, oxydes de zinc, etc.

La spéciation du zinc dans le compartiment aquatique est un phénomène très complexe qui dépend de nombreux facteurs abiotique tels que le pH, la quantité de matière organique dissoute, le potentiel redox etc.

Dans différentes rivières européennes, une distribution de 30% de zinc libre et 70% de zinc complexé a été rapportée.

Le chlorure de zinc et le sulfate de zinc sont très solubles dans l'eau, mais peuvent s'hydrolyser en solution pour un précipité d'hydroxyde de zinc, sous conditions réductrices. Un pH faible est nécessaire pour maintenir le zinc en solution (Gillet, 2005).

II.8.3. Le plomb (Pb) :

II.8.3.1. Définition et propriété physico-chimique :

Le plomb Pb est un métal mou, bleuâtre à gris-argent, à une masse atomique de 270 g/mol il possède un point de fusion de 327 °C, et point d'ébullition de 1,740 °C.

L'acide sulfurique concentré et chaud donne du sulfate de plomb avec dégagement d'anhydride sulfureux. Le plomb se dissout dans l'acide nitrique, mais à froid, fournissant du nitrate de plomb est de vapeurs nitreuses (**Bliefert et Perraud, 2009**).

II.8.3.2. Utilisations :

Pour ses caractéristiques particulières : masse spécifique élevée, bas point de fusion, pouvoir d'arrêter les rayonnements, résistance à la corrosion, capacité de former des alliages et des composés chimiques, facilité de recyclage, le plomb est utilisé dans une vaste gamme d'application, notamment dans la fabrication des batteries électriques, des radiateurs d'automobiles, des alliages, enrobage de câbles, dans la soudure, dans la céramique, tuyaux, réservoirs... (**Attena, 2005**).

II.8.3.3. Le plomb dans les milieux aquatique :

Dans les écosystèmes aquatiques, le plomb d'origine naturelle est introduit par érosion alors que celui provenant des pollutions y est amené par ruissellement à la surface de zones contaminées et surtout par dépôt de particules atmosphériques.

Le plomb y est largement associé aux matières organiques de la fraction particulière. Il passe ensuite dans les réseaux trophiques, les microorganismes et les plantes ayant tendance à accumuler le plomb. C'est également le cas des organismes benthique.

En milieu marin, la plus grande part du plomb est apportée par dépôt d'aérosols atmosphériques à l'exception des zones littorales, en particulier estuariennes, où l'apport d'eaux continentales polluées peut être important (**RAMADE, 2000**).

II.8.4. Le chrome :

II.8.4.1 Définition et propriété physico-chimique :

Le chrome élémentaire est un métal gris lustré qui résiste extrêmement bien aux agents corrodants ordinaires. Il porte le numéro atomique 24 et il a une masse atomique de 52 g/mol. Il possède une densité de 7,2 g/cm³, un point de fusion de 1857 °C, et point d'ébullition de 2672 °C. Le chrome présente un comportement original. En effet, à pH neutre, il est présent sous forme d'anion (chromate et bichromate) en milieu aérobie alors qu'il précipite en milieu anaérobie (**Burnol et Buro, 2006**).

II.8.4.2. Utilisation :

Le chrome est utilisé dans la fabrication des batteries, de l'acier inox, et dans le tannage et comme agent de traitement des bois dans ce cas sous forme de $K_2Cr_2O_7$. Le Cr est utilisé aussi pour la fabrication des alliages, pour les vêtements anticorrosion des métaux par électrolyse, de pièces automobiles, etc (Viala et Botta, 2005).

II.8.4.3. Le chrome dans les milieux aquatiques :

Le chrome peut se rencontrer dans l'environnement aquatique sous deux états d'oxydation stables, Cr (III) et Cr (VI). La forme chimique Cr (III) est peu soluble à l'état libre dans l'eau ; de plus, elle tend à former dans ce milieu des complexes hydroxylés, ce qui lui confère de fortes capacités d'adsorption sur les particules : elle devrait donc a priori être rapidement enlevée de la colonne d'eau. Cependant, en présence de matière organique dissoute, cette forme chimique s'associe très facilement à la matière organique, pour former des complexes solubles en milieu aquatique (Chiffolleau, 1994).

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. 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, 2005).

II.8.5. Le cuivre :

II.8.5.1. Définition et propriété physico-chimique :

Le cuivre est un oligoélément essentiel qui participe à de nombreuses fonctions physiologique. C'est un métal ductile, brun, malléable dont le point de fusion est de 1093 °C et le point d'ébullition de 2595°C. Le cuivre élémentaire a un numéro atomique de 29 et une masse atomique de 63.54 g/mol et une masse volumique de 8.94 g/cm³. Le cuivre peut prendre trois états d'oxydation 0, +1, +2, le Cu (+II) est la forme oxydée la plus stables et la plus abondante dans l'environnement (Noberg et al, 2005). Le cuivre métallique est insoluble dans l'eau, mais la plupart de ses sels sont solubles : chlorures, nitrates, et sulfates de cuivre. Les carbonates, hydroxydes et sulfures de cuivre sont quant à eux insolubles.

II.8.5.2. Utilisations :

Le cuivre est l'un des métaux les plus employés à cause de ses propriétés physiques et de sa conductibilité électrique et thermique. Il est utilisé dans la métallurgie, dans la fabrication des

alliages de bronze (avec étain), de laiton (avec zinc) ou de joaillerie (avec or et argent). Il est très largement employé dans la fabrication de matériels électriques (fils, enroulements de moteurs, transformeurs), dans la plomberie, dans les équipements industriels, dans l'automobile et en chaudronnerie (Casas, 2005).

II.8.5.3. Le cuivre dans les milieux aquatiques :

Dans les milieux aqueux, le comportement du cuivre est influencé par de nombreux processus : complexation avec des ligands organiques (surtout par les groupes $-NH_2$ et $-SH$, et dans une moindre mesure par le groupe $-OH$) ou minéraux, adsorption sur des oxydes métalliques, des argiles ou des matières organiques particulaires, bioaccumulation, présence de cations de compétition (Ca^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} ...), présence de sels (OH^- , S^{2-} , PO_4^{3-} , CO_3^{2-} ...), et échange entre les sédiments et l'eau (Dameron et Howe, 1998 ; Anonymel, 1990).

La majorité du cuivre rejeté dans l'eau est sous forme particulaire (Dameron et Howe, 1998 ; Anonymel, 1990) et tend à se déposer, à précipiter ou à s'adsorber à la matière organique, au fer hydraté, aux oxydes de manganèse ou aux argiles. Dans l'eau, le cuivre particulaire représenterait de 40 à 90% du cuivre (Anonymel, 1990). Après introduction du cuivre dans le milieu aquatique, l'équilibre chimique est généralement atteint en 24 heures (Dameron et Howe, 1998).

II.8.6. Le Fer (Fe) :

II.8.6.1. Définition et propriétés physico-chimiques :

Le fer est un élément chimique. C'est le plus abondant et le plus utilisé de tous les métaux. Le fer pur a une dureté comprise entre 4 et 5 ; il est mou, malléable et ductile.

Il est facilement magnétisable aux températures ordinaires, mais difficilement lorsqu'il est chauffé ; vers $790^\circ C$, à une densité de 7,86 et une masse atomique de 55,845 (Encarta, 2009).

II.8.6.2. Utilisation :

Le fer est le métal le plus utilisé. Il constitue plus de 90% des métaux raffinés dans le monde. Le fer est surtout utilisé après traitement chimique pour la fabrication du fer forgé, des aciers et d'autres alliages (Encarta, 2009)

II.8.6.3. Le fer dans les milieux aquatiques :

La présence de fer dans l'eau peut avoir diverses origines : naturelle par le lessivage des terrains argileux, ou industrielle (métallurgiques, sidérurgiques) (Debièche, 2002).

Dans les eaux, le fer est sous forme soluble : il se présente sous la forme d'ions ferreux (Fe^{2+}) ou d'ions ferriques (Fe^{3+}) (Encarta, 2009).

III. Généralités sur les algues :

III.1. Définition :

Les algues sont des végétaux aquatiques primitifs, on trouve des algues dans le monde entier. On en connaît environ 27 000 espèces. Tout comme les plantes terrestres, les algues renferment de la chlorophylle et pratiquent la photosynthèse, elles fabriquent elles-mêmes leurs propres composés en utilisant la lumière du soleil. C'est pourquoi on ne trouve aucune algue au-dessous de 50 mètres de profondeur, car la lumière du soleil ne pénètre plus (Rodenas et al, 2009). La taille de ces organismes peut varier de quelques micromètres à plusieurs mètres. Les algues sont également très diversifiées ce qui témoigne de leur très longue histoire génétique (Rajfur et al, 2010). Les algues font donc partie du règne végétal. On distingue 2 grands groupes d'algues :

- Les phytobenthos ou macroalgues : espèces fixées au fond de l'eau par un thalle,
- Le phytoplancton : espèce qui flotte ou nage en pleine eau.

Les algues sont des cryptogames et on rencontre deux types de reproductions : sexuée et asexuée. La première étant réalisée par des gamètes formés dans des gamétocytes et la seconde, par des spores formées dans des sporocystes (Person, 2011).

III.2. Distribution :

La plupart des algues se développent en milieu aquatique d'eau douce, saline ou saumâtre, mais certaines sont terrestres et sont capables de se développer sur le sol ou sur le tronc des arbres (Demoulin G., Leymergie C., 2009).

- Dans l'eau, les algues ainsi que de petites plantes forment le phytoplancton, le zooplancton étant constitué par des animaux et des protistes non photosynthétiques.
- Certaines algues se développent sur des rochers humides, sur le tronc des arbres (*Pleurococcus*, Chlorophyte), ou sur un sol mouillé (*Nostoc*, Cyanobactérie).
- D'autres sont des endosymbiotes de protozoaires (Zooxanthelles chez *Paramecium bursaria*), de plantes (*Anabaena* chez *Azolla*, *Cycas*), d'hydriaires, de bryozoaires, de mollusques, vers ou coraux chez lesquels elles se développent dans le cytoplasme.
- Des algues vivent en symbiose avec des champignons pour former les lichens

III.3. Classification :

Il existe plusieurs classifications différentes, mais les algues peuvent être réparties dans sept embranchements distribués dans deux règnes (protistes, végétal).

Tableau 02 : Caractéristiques importantes des groupes d'algues (Demoulin G., Leymergie C., 2009)

Embranchement (Règne)	Nom commun	Représentants	Pigments	Réserves	Paroi	Habitat
Chlorophytes	algues vertes	<i>Chlorella</i> , <i>Scenedesmus</i> , <i>Spirogyra</i> , <i>Ulva</i>	Chloro. a,b Xanthophylles Carotènes	Sucres, amidon, fructane	Cellulose , mannanes, protéine, CaCO ₃	eau douce, saumâtre, salée et terrestre
Charophytes		<i>Chara</i> , <i>Nitella</i>	Chloro. a,b Xanthophylles Carotènes	amidon	Cellulose , CaCO ₃	eau douce et saumâtre
Euglenophytes	Euglènes	<i>Euglena</i> , <i>Phacus</i>	Chloro. a,b Xanthophylles Carotènes	paramylo, huiles, sucres	absente	eau douce, saumâtre, salée et terrestre
Chrysophytes	algues brunjaune, vertjaune et diatomées	<i>Dinobryon</i> , <i>Surirella</i>	Chloro. a, C1, C2 Carotènes fucoxanthine, xanthophylles	Chrysolam inarine, huiles	Cellulose , silice, CaCO ₃	eau douce, saumâtre, salée et terrestre
Phaeophytes	algues brunes	<i>Laminaria</i> , <i>Fucus</i>	Chloro. a,b Xanthophylles Carotènes	laminarine, mannitol, huiles	cellulose, alginate, fucoïdane	eau salée et saumâtre
Rhodophytes	algues rouges	<i>Gracilaria</i> , <i>Gelidium</i> , <i>Chondrus</i>	Chloro. a rarement d Xanthophylles carotènes, zéaxanthine, phycocyanine C, phycoérythrine	amidon floridéen	cellulose, xylanes, galactanes, CaCO ₃	eau douce, saumâtre et salée
Pyrrhophytes	dinoflagellés, dinophytes	<i>Gymnodinium</i> , <i>Ceratium</i> , <i>Alexandrium</i>	Chloro. a, C1,C2, carotènes, fucoxanthine, péridinine, dinoxanthine	amidon, glycane, huiles	cellulose ou absente	eau douce, saumâtre ou salée
Cyanophytes	Cyanobactéries, algues bleues	<i>Anabaena</i> , <i>Nostoc</i> , <i>Microcystis</i>	chloro. a, allophycocyanine s, phycocyanine, phycoérythrine, phycoérythrocyanine			

Remarque : Les Cyanophytes ou Cyanobactéries ont été ajoutées à titre de comparaison.

III.4. Accumulation des éléments traces métalliques par les algues :

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

Les bioindicateurs sont définis comme organisations qui fournissent l'évidence de l'exposition de contaminant par leur présence ou absence, la fréquence de l'occurrence, ou la variation physiologique ou comportementale. Pendant que les bioindicateurs sont devenus généralement utilisés, plusieurs critères ont été établis pour s'assurer que des organisations appropriées sont employées.

Les algues possèdent une capacité agglutination élevée, le métal avec la paroi cellulaire jouant un rôle important en liant (**Murphy et al., 2007**). C'est dû à la présence de divers groupes fonctionnels tels que les groupes carboxyliques (-COOH), aminés (NH₂), de sulfate (-SO₃H) et d'hydroxyle (-OH), dans les polysaccharides marines d'algues est responsable du métal impressionnant prise par les algues marines (**El Nemr et al., 2011**).

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

III. 5. Les facteurs influencent à l'accumulation des métaux lourds :

La capacité d'algues d'accumuler des métaux dépend d'une série de facteurs, deux les plus appropriés qui sont disponibilité biologique des métaux dans l'eau environnante et de la capacité de prise des algues. La prise est actuellement considérée comme avoir lieu de deux manières :

- Le premier est une réaction extérieure dans laquelle des métaux sont absorbés par les surfaces d'algues par l'attraction électrostatique aux emplacements de négatifs. C'est indépendant des facteurs influençant le métabolisme tel que la température, la lumière, le pH, mais elle est influencée par l'abondance d'éléments relative dans l'eau environnante. Ceci semble être le mécanisme principal de prise pour le Zn.
- La seconde est une prise active plus lente dans laquelle des ions en métal sont transportés à travers la membrane de cellules dans le cytoplasme. Cette forme de prise dépend des processus métaboliques (elle semble être l'appropriée pour le Cu, le manganèse, le se et le

Ni), et elle est sujette à des variations dues aux changements de la température, de la lumière.

Il est également à noter que les changements et la croissance physiologiques puissent affecter des concentrations des métaux dans le tissu macro-algal. Les concentrations sont généralement basses en été quand les taux de croissance sont hauts et les métaux accumulés sont dilués, et haut en hiver où les processus métaboliques ralentissent.

En outre, la mobilisation des métaux du sédiment dans les domaines couverts par des grands nombres de macro-algue a pu contribuer à leur accumulation. Quelques espèces peuvent absorber des éléments directement du sédiment (par les racines, dans lesquelles les concentrations en métal sont beaucoup plus hautes que dans la colonne d'eau) (Besada et al., 2009).



Matériel et méthodes

Présentation les zones d'étude

1. Présentation générales de la région de Jijel :

1.1. Situation géographique de Jijel :

La wilaya de Jijel située au Nord-est de l'Algérie, et à 360 km à l'Est du capital Alger, s'étalant sur une superficie de 239,663 km², avec une façade maritime de 123,90 km², soit 10.32 % du linéaire côtier algérien.

Elle est limitée : au Nord par la mer Méditerranée, au Sud par la wilaya de Mila, et Sétif, à l'Est par la wilaya de Skikda et à l'Ouest par la wilaya de Bejaia (figure 1) elle est comprise entre les méridiens 5,25° – 6,30° Est de Greenwich et entre les parallèles 36,10° et 37° hémisphère nord, et englobe 11 daïras. Ces daïras comptent 28 communes (Kratbi., 2009).

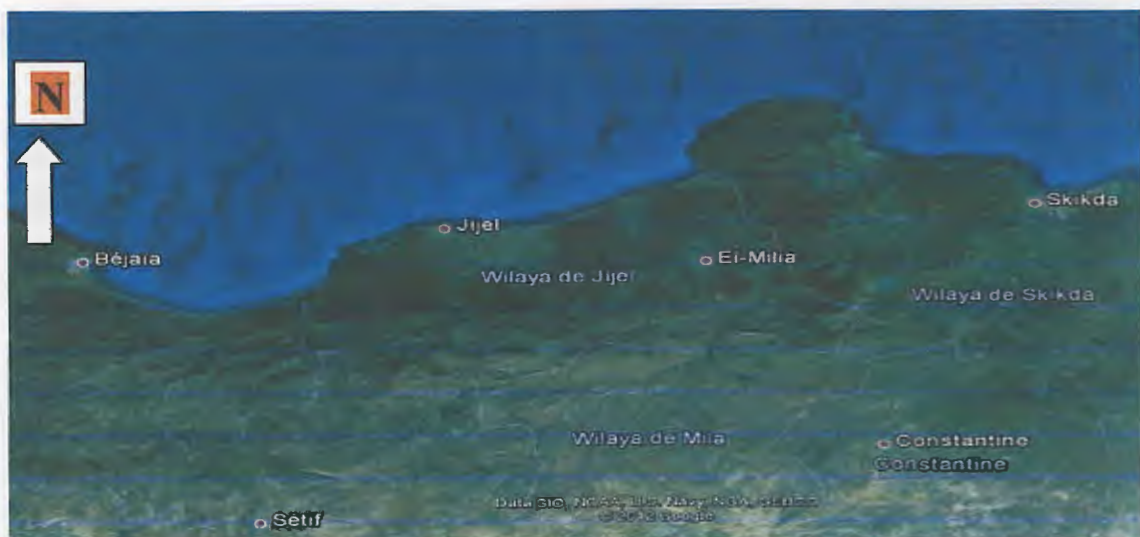


Fig.01 : Localisation de la wilaya de Jijel (Google Earth, 2012).

1.2. Milieu physique :

1.2.1. Géologie :

Les travaux concernant la région sont peu abondants et fragmentaires. D'après Thomas (1968), les massifs des Babors au Sud et de Collo à l'Est, sont formés de roches fortement métamorphisées, parfois des roches éruptives. Quelle que soit la nature des contreforts montagneux contre lesquels les dunes viennent s'appuyer, la bande de sable blanc littoral et la bande de sable ocre des terrasses sont chacune très homogènes.

Comme témoigne l'étendue et l'altitude des terrasses de sable ocre. L'apport fluvial fut important au début du quaternaire. Les dépôts sableux se répartirent uniformément le long de la côte

par la mer. Furent repris par l'érosion marine à différentes époques, des terrasses dont il serait intéressant de préciser l'histoire, se sont alors formées.

Dans certains endroits profondément érodés, on peut observer un socle de grès rouge très résistant surmonté par un grès moins consolidé de couleur ocre jaune contenant des Hélix fossiles non déterminés. Le sable blanc actuel, apporté par les oueds lors des crues, surmonte le tout ; quelques lentilles de grès apparaissent dans le sable des dunes les plus anciennes que recouvrent les dunes actuelles. Ce sable blanc vient s'appuyer contre les terrasses de sable ocre jaune. Ou de sable rougeâtre complètement consolidé atteignant jusqu'à 250 m d'altitude (calabrien) à l'Ouest de l'embouchure de l'Oued El Kebir notamment, mais il s'agirait dans le cas d'un transport éolien ancien, à moins que ce sable soit une arène granitique en place beaucoup plus ancienne.

1.2.2. Pédologie :

Les différents types de sols qu'on trouve dans la région de Jijel sont les suivant :

- Sols dunaires d'origine maritime : ce sont des sols peu évolués, consacrés aux cultures maraîchères, et des sols favorables physiquement mais chimiquement pauvres en raison de leur faible taux de matière organique.
- Sols podzoliques : c'est une forme dégradée des sols, due à la matière organique peu évoluée et acidifiante.
- Sols à sesquioxydes de fer à substrat calcaire : ce sont des sols légers, siliceux, ou argilo-siliceux provenant de la dégradation des grès et des argiles de Numidie. Dans ces sols prospèrent le Chêne zéen et le chêne liège.

Ces sont en général des sols bruns forestiers très pierreux, profonds et secs (**Tatar, 2000**).

1.2.3. L'hydrographie de Jijel :

Nous référençons à l'importance de la pluviométrie, elle permet à l'existence d'un réseau hydrologique dense (**figure 02**). Les potentialités en eau reconnues sont de 704 millions m³ dont 74 millions m³ souterrains et un écoulement moyen annuel de 434,3 Hm³/An résulte des oueds suivants Nil, Kebir, Djendjen, Mencha, Zhor, Kissir, Bourchaid, Taza et Ziama Mansouriah (**DHW., 2005**).

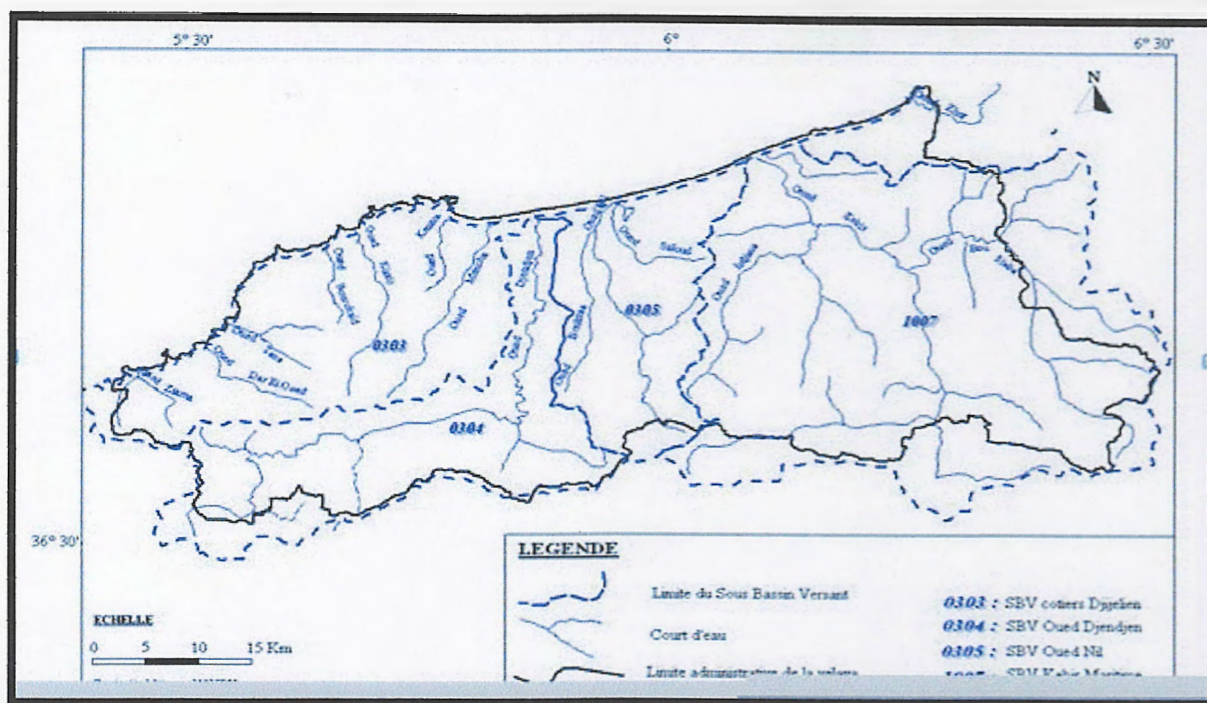


Fig.02 : Réseau hydrographique de la wilaya (source SDAT Jijel, 2005).

1.3. Les conditions climatiques :

a) La pluviométrie :

La zone d'étude c'est parmi les régions plus pluvieuses de l'Algérie et le tableau (04) (Annexe) représente le cumul mensuel de la précipitation dans la wilaya de Jijel (2008-2011).

Tableau 03 : Cumul mensuel de précipitation en mm dans la wilaya de Jijel (source : ONM de Jijel., 2011)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Joui	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Années												
MOYE	110,62	105,66	111,4	081,2	68,37	20,12	2,67	3,37	81,67	147,82	173,65	138,92

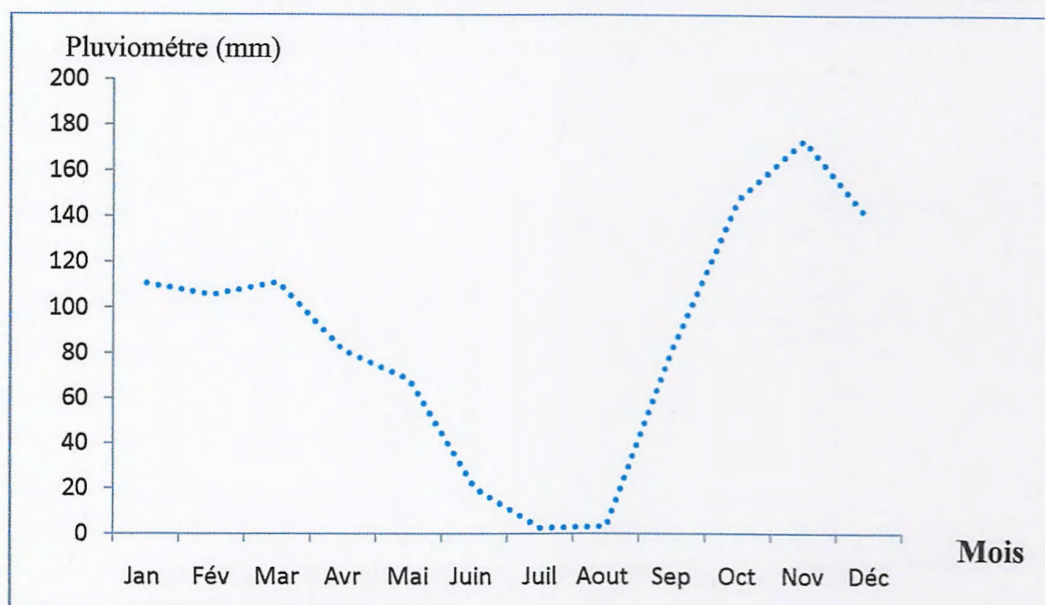


Fig.03: Histogramme de la variation du cumul mensuel de précipitation en mm dans la wilaya de Jijel (2008-2011).

b) La température :

La température présente un facteur limitant de toute première importance, le tableau (05) (Annexe) nous résume la répartition mensuelle moyenne de la température sur la période entre 2007 et 2011

Tableau 04 : Répartition de la moyenne mensuelle de la température (°C) entre 2007 et 2011 (source : ONM de Jijel., 2011).

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
Années												
Moye	12,2	12,9	12,8	16,4	19,4	22,5	26,1	26,3	23,8	20,2	15,8	13,0

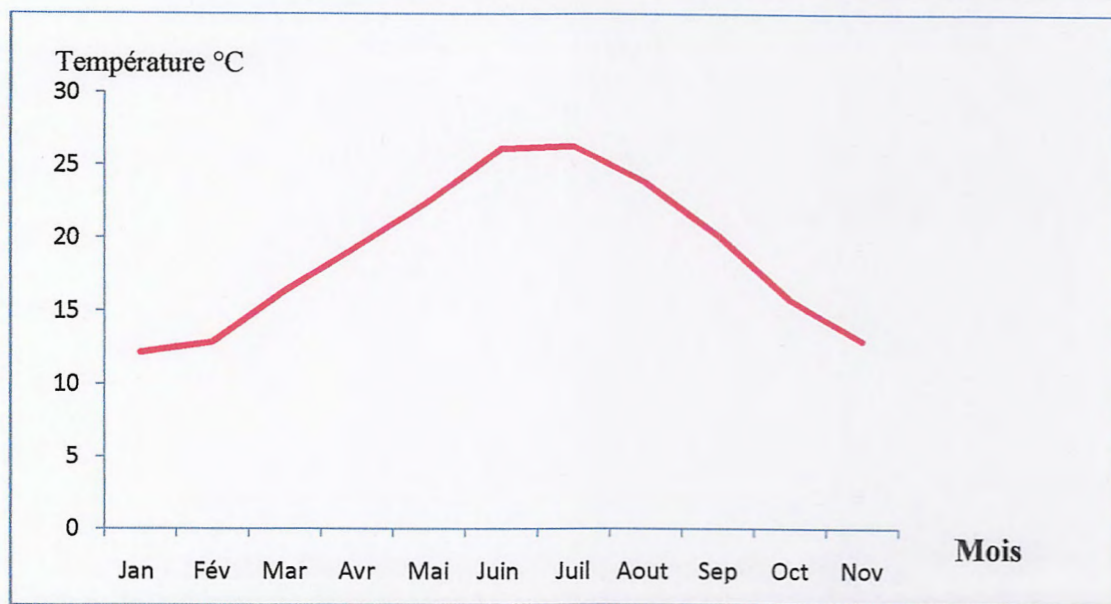


Fig.04: Variation annuel de la température dans la wilaya de Jijel entre 2007 et 2011.

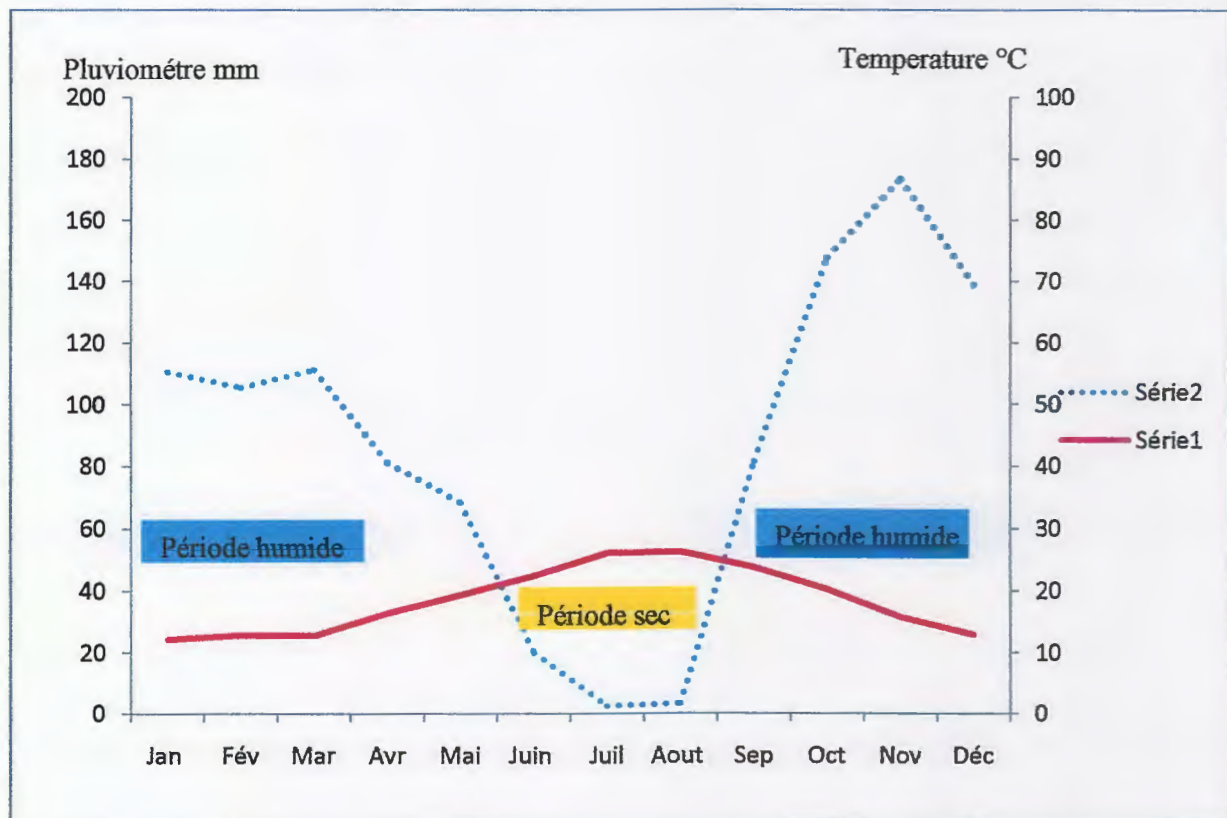
c) Le vent :

Les vents dominants soufflant sur les côtes de la wilaya de Jijel, ont un régime irrégulier, et proviennent soit de l'Est ou de l'Ouest de la wilaya. Ils peuvent contribuer considérablement à l'entraînement des matières polluantes vers la mer ou les cours d'eaux qui y atteignent, contribuant ainsi au bouleversement de l'écosystème côtier (ONM de Jijel, 2009).

d) Synthèse climatique :

- Diagramme ombrothermique de Gaussen :

A fin d'avoir une idée sur le caractère des saisons dans la région nous avons établi le diagramme ombrothermique de GAUSSEN pour la station de Jijel. L'intersection des deux courbes de précipitation et de température, montre une saison sèche relativement courte, s'étalant du mois de Juin au mois d'Aout, et une saison humide qui s'étend sur le reste de l'année (figure 05).



Série 1: Température.

Série 2 : Pluviomètre

Fig.05 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausse pour la région de Jijel.

1.4. Particularité de la zone littorale de la région de Jijel :

Ouverte sur une façade maritime de 123,90 km soit 10,32% du linéaire côtier algérien, la wilaya de Jijel regroupe treize communes littorales dont neuf sont côtières avec une superficie de 744,68 km² soit 32% de la superficie totale de la wilaya.

Ces communes littorales sont : Ziama Mansouriah, Al-Aouna, Jijel, Emir Abdelkader, Al-Kennar, Sidi Abdelaziz, Oued Ajoul et El-Milia, et quatre communes en partie, dans la bande des trois km : El Chekfa, Kaous, Selma et Taxana.

1.4.1. Délimitation du périmètre de la zone littoral :

La délimitation proposée reprend la définition du littoral au sens de l'article 7 de la loi 02-02 février 2002. Le littoral englobe l'ensemble des îles et îlots, le plateau ainsi qu'une bande de terre d'une largeur minimal de huit cents mètre (800 m) longeant la mer et incluant :

- Les versants de collines et montagnes, visibles de la mer et n'étant pas séparés du rivage par une plaine littorales.

- Les plaines littorales de moins de trois kilomètres (3 km) de profondeur à partir des plus hautes eaux maritimes.
- L'intégralité des massifs forestiers.
- Les terres à vocation agricole.
- L'intégralité des zones humides et leurs rivages dont une partie se situe dans le littoral à partir des plus hautes eaux maritimes.
- Les sites présentant un caractère paysager, culturel ou historique (**Source D.E., 2011**).

A l'effet de mettre fin à la littoralisation et en application de la loi 02-02 relative à la protection et à la valorisation du littoral, un plan d'aménagement côtier a été réalisé.

Ce plan d'aménagement côtier après avoir été exposé et débattu au niveau de chaque 09 communes côtières, il a été présenté devant le conseil de wilaya le 07-03-2004. Ce PAC a abouti aux résultats suivants :

- Le littoral de la wilaya de Jijel a été délimité par arrêté du wali n° 177/2004 du 07-03-2004.
- Superficie totale du littoral : 491,9 km².
- Profondeur du littoral : 18,9 km.
- L'espace littoral de la wilaya de Jijel recouvre deux zones à l'état naturel et deux zones sensibles prioritaires :

1.4.1.1. Zones à l'état naturel :

- **Première zone** : S'étend, entre la plage rouge de la commune de Ziama Mansouria à l'Ouest (limite avec la wilaya de Béjaia) et El Aouana Est.
- **Deuxième zone** : S'étend, entre Oued Zehour à l'Est (limite avec la wilaya de Skikda) et Kef El-Mouadène à l'Ouest de la commune de Kheiri Oued Adjoul.

1.4.1.2. Zones sensibles prioritaires : le littoral de la wilaya de Jijel comprend deux zones sensibles classées comme suit :

- **Première zone** : Zone El Aouana-Jijel : S'étend, entre El Aouana et Oued Mencha à l'Est de la ville de Jijel.
- **Deuxième zone** : Zone Jijel-Beni Belaid : S'étend entre l'Oued Mencha à l'Est de la ville de Jijel et Kef EL-Mouadène à l'Est de la plage de Beni-Belaid (**Source D.E., 2011**).

1.4.2. Les sources de pollution côtière dans la wilaya de Jijel :

La position de la wilaya de Jijel a fait d'elle une zone préférée d'activités économiques et sociales, ce qui a provoqué de multiples sources de pollutions qui rejoindront toujours la mer et les cours d'eaux comme récepteur final, donc la dégradation de la côte est devenue une menace à affronter. Les sources de pollution dans la région de Jijel peuvent être regroupées sous l'activité portuaire et celle des installations classées sans oublier les effluents urbains de tous types et le secteur touristique, ces différents domaines ont abouti fortement à la dégradation de la côte de la wilaya.

1.4.3. Les installations classées :

Tableau 05 : Déchets générés par les installations classées au niveau de la cote EST de wilaya de Jijel 2009 (D E de la wilaya de Jijel 2011).

Unité industrielle	Déchets solides en tonne/an	Effluents liquides en m ³ /an	Rejets atmosphériques	Localisation
Tannerie khenifar	Cuir tanné contenant chrome 10 T Boues contenant chrome 1.5 T	Rejets liquides contenant chrome 2000m ³	/	El Milia
Djendjen marbre	Rebus de marbre 9600T Boues 13200T	/	/	Zone industrielle Ouled Salah
Société africaine du verre	Sable 1919T Calcin 3000T	300 m ³	CO ₂ : 8T	Zone industrielle Ouled Salah
SARL Rimouche transformation du verre	Déchets de verre 7500 m ²	/	/	Zone industrielle Ouled Salah
MOULINS Djendjen	Poussières (sons gros) 1123.4T	/	/	Zone industrielle Ouled Salah
Briqueterie Taher	Rebus de brique 780T	/	/	Achouat
EURL de production de jus et conserve	Déchets des fruits et liquides 32T	NQ	/	Achouat

3. Echantillonnage et technique de prélèvement :

L'échantillonnage est la première, et l'une des plus importantes étapes, son rôle est d'assurer la représentativité de l'échantillon étudié. La reconnaissance des caractéristiques du milieu permet de fixer le nombre d'échantillons à prélever, l'espace le plus représentatif.

3.1. Choix des stations de prélèvement et leur situation géographique :

Dans le but la quantification le degré de la pollution par les métaux lourds au niveau du littoral Est de Jijel, une campagne de prélèvement s'est réalisé le 03/05/2012.

Pour avoir une représentation adéquate des apports en polluants, un parcours sur le terrain d'étude était nécessaire. Les stations de prélèvement ont été choisies en fonction des sources de pollution possible, une prospection préliminaire réalisée sur le site nous a permis de choisir trois stations.



Fig.06 : Photo Satellite de situation des stations de prélèvement.

3.2. Mode de prélèvement :

Le prélèvement d'un échantillon d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (RODIER, 2009).

3.3. Flaconnage de prélèvement :

L'eau à analyser a été prélevée, dans des bouteilles en plastique, pour le dosage des éléments traces métalliques, les flacons sont rincés à l'acide nitrique 10%, puis rincés abondamment avec l'eau distillée, égouttés, fermés, mais non séchés.

Au moment du prélèvement, les flacons sont de nouveau rincés 3 fois avec de l'eau à analyser, puis remplis jusqu'au bord, fermés de telle façon qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport.

Les flacons plonger à une certaine distance du fond (50cm) et de la surface, assez loin des bords ainsi que des obstacles naturels ou artificiels, en dehors des zones mortes ou des remous, et en évitant la remise en suspension des dépôts.

3.4. Transport et Conservation des échantillons :

Pour empêcher une prolifération microbienne les échantillons prélevés sont mis directement dans une glacière et ramenés immédiatement au laboratoire afin d'être analysés rapidement.

Les échantillons destinés aux dosages de certains éléments (nitrites, nitrates, phosphore, métaux) ont été acidifiés à $\text{pH} < 2$ et ils sont ensuite stockés dans le réfrigérateur afin de ralentir les actions chimiques et les activités biologiques (RODIER, 2009).

3.5. Méthodes de mesures et d'analyses :

- **Mesures *in situ* :**

Quatre paramètres physico-chimiques (T, pH, la salinité) sont mesurés *in situ*, immédiatement après le prélèvement de l'échantillon à l'aide d'un appareil multiparamètres

- **Analyse au laboratoire :**

Les échantillons des eaux sont analysés au laboratoire en se référant aux méthodes d'analyse chimique décrites par (RODIER, 2009).

3.6. Méthode de dosage :

3.6.1. Dosage des orthophosphates (méthode par spectrophotométrie d'absorption moléculaire) (RODIER, 2009) :

➤ 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 40g/l filtré si nécessaire. A conserver en flacon de polyéthylène à 4°C.
- Solution d'acide ascorbique à 20g/l.
- Solution de tartrate double d'antimoine et de potassium à 2,8g/l.
- Solution mère étalon du phosphore à 50 mg/l.
- Solution fille étalon du phosphore à 1 mg/l.

➤ Réactif (A) : préparé comme suit :

- Solution d'acide sulfurique 50 ml.
- Solution de tartrate à double d'antimoine et de potassium 5ml.
- Solution de molybdate d'ammonium 15 ml.
- Eau distillée : quantité suffisante pour 100 ml.

➤ Etablissement de la courbe d'étalonnage :

Introduire dans une série de fioles jaugées de 25 ml les réactifs suivants tableau1 (Annexe).

Introduire dans chaque fiole 1 ml de solution d'acide ascorbique, agiter puis ajouter 4 ml de réactif (A). Mélanger soigneusement, et compléter éventuellement le volume à 25 ml.

Attendre 30 minutes après 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, pour obtenir la teneur en orthophosphates, multiplier ce résultat par 3.06.

3.6.2. Dosage de nitrate (NO_3^-) (méthode par spectrophotométrie d'absorption moléculaire) (RODIER, 2009) :

➤ **Principe :**

En présence de salicylates de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylates de sodium, coloré en jaune et susceptibles d'un dosage spectrophotométrique.

➤ **Réactifs :**

- Solution de salicylate de sodium à 1% à renouveler toutes les 24 h.
- Acide sulfurique concentré ($d=1,84$).
- Solution d'hydroxyde de sodium préparé comme suit : dissoudre avec précaution 200g de NaOH dans 800 ml d'eau déminéralisée, ajouter 50 g de EDTA. Après dissolution et refroidissement, transvaser la solution dans une fiole jaugée, Ajusté le volume à 1L. conserver cette solution dans un flacon de polyéthylène.
- Solution d'azoture de sodium 0,5g/l.
- Solution mère étalon d'azote nitrique à 100 mg/l.
- Solution fille étalon d'azote nitrique à 5 mg/l.

➤ **Etablissement de la courbe d'étalonnage :**

Dans une série de capsules de 60 ml, introduire successivement tableau 2 (**Annexe**).

Attendre 5 minutes puis évaporer à sec au bain-marie ou dans une étuve portée à 75-80 °C (ne pas surchauffer 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 (NO_3), multiplier ce résultat par 4,43.

3.6.3. Dosage des nitrites (NO_2^-) (méthode au réactif de Zambelli) (RODIER, 2009) :

➤ **Principe :**

Dans un milieu chlorhydrique, d'acide sulfanilique en présence d'ion ammonium et de phénol, forme avec les ions NO_2^- un complexe coloré en jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrites.

➤ **Réactifs :**

- Solution fille étalon d'ion NO_2^- à 0,0023 g/l.
- Réactifs de Zambelli : préparé comme suit : introduire dans une fiole jaugée de 100 ml, l'acide chlorhydrique et l'eau distillée. Puis y dissoudre l'acide sulfanilique et le phénol en chauffant légèrement au bain-marie. Après dissolution complète ajouter le chlorure d'ammonium et agiter jusqu'à dissolution. Après refroidissement ajouter s'il y a lieu le volume de la solution à 100 ml avec l'eau distillée.
- Ammoniaque pure $d= 0,925$

➤ **Etablissement de la courbe d'étalonnage :**

Dans une série de fioles jaugées à 50 ml et numérotées, nous avons introduit successivement en agitant après chaque addition tableau 3(Annexe).

- Attendre 10 minutes et ajouter à chaque fiole 2 ml d'ammoniaque pure.

- Effectuer la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 435 nm.
- Construire la courbe d'étalonnage.
- **Dosage de l'échantillon :**

Prélever 50 ml d'eau à analyser, ajouter 2 ml de réactif de Zambelli. Agiter et laisser au repos 10 minutes. Ajouter 2 ml d'ammoniaque pure et effectuer la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 435 nm et tenir compte la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

➤ **Expression des résultats :**

Pour une prise d'essai de 50 ml, la courbe d'étalonnage donne directement la teneur en NO_2^- exprimée en milligrammes par litre d'eau.

3.3.4. Dosage des métaux lourds des métaux lourds par la spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA) :

➤ **Principe de la SAA :**

Cette méthode mesure l'émission d'une radiation par les atomes lorsqu'un atome d'un élément est excité par une énergie. Il devient instable, et va donc restituer cette énergie sous forme de radiation lumineuse pour revenir état initial. L'utilisation de ce phénomène constitue la base de spectromètre d'émission.

Le même élément disperse à l'état atomique dans une flamme possède également la propriété d'absorber tout rayon de la même fréquence F . Il résulte une absorption du rayonnement incident lié à la concentration de l'élément considéré par une relation de la forme :

$$\text{Log } I_0/I + KLC$$

I_0 : intensité de la radiation incidente.

I : intensité de la radiation après la traversée de la flamme.

C : concentration dans la solution de l'élément considéré.

K : constant (Debièche., 2002).

➤ Préparation des extraits d'échantillon (eau de mer, algues) :

A. Préparation de l'eau :

Les échantillons de l'eau sont acidifiés à $\text{pH} < 2$ avec de l'acide nitrique puis filtrés à l'aide des papiers de filtration, puis stockés dans un réfrigérateur à 4°C jusqu'au dosage.

Identification des algues étudiées :



Enteromorpha intestinales

Algue brune :



Algue brune non identifié

B. Préparation de l'extrait de plantes (les algues) :

Peser dans un erlenmeyer rodé de 250 ml, 1g de l'échantillon préalablement séché (48 heures à 105°C) et broyé. Introduire par le haut de celui-ci 1 ml d'acide sulfurique concentré, 3 ml d'acide nitrique concentré et 3 ml d'eau oxygénée à 30%. Porter doucement à ébullition en contrôlant la formation possible des algues; maintenir en ébullition douce durant 15 mn. Après refroidissement,

filtrer le contenu de l'erenmeyer sur papier filtre dans une fiole jaugée de 50 à 100 ml selon les besoins.

Rincer plusieurs fois le résidu insoluble retenu sur le filtre par quelque ml d'eau déminéralisée, amené à volume (**Dhaou-djabine, 2005**).

Résultats et interprétation

Dans ce chapitre, nous allons présenter les résultats et l'interprétation des analyses effectués.

I. Les résultats d'analyse des eaux de mer :

I.1. Les paramètres physicochimiques :

Les résultats des paramètres physicochimiques de l'eau sont rassemblés dans les tableaux (06 à 11) et représentés graphiquement dans les figures (07 à 12).

I.1.1. La température :

Les valeurs de température des trois stations sont représentées dans le tableau (06), et sous forme graphique dans la figure (07) :

Tableau (06) : Valeurs moyenne de la température de l'eau (C°) de la mer.

	Station 1	station 2	Station 3
Moyennes	18,43	18,21	18,46
Écarts types	0,152	0,005	0,152

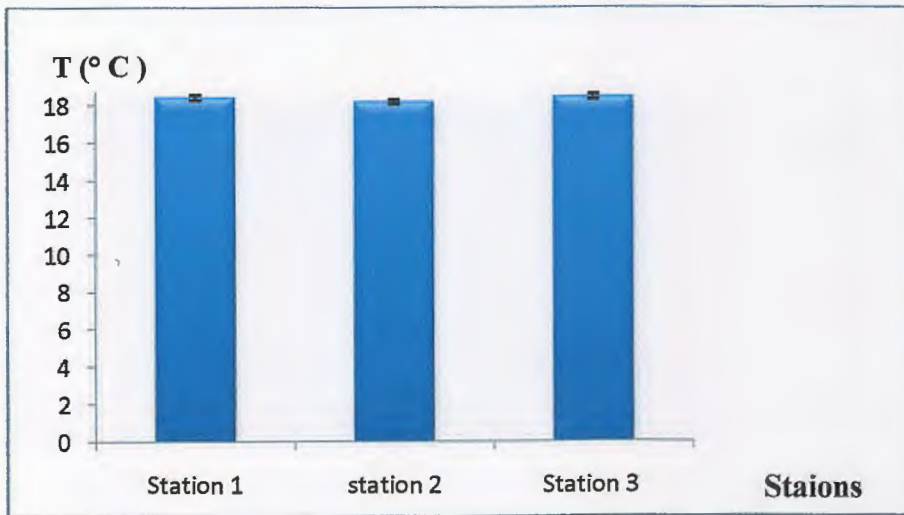


Fig.07. Variation moyennes de la température des eaux de mer.

Les résultats représentés dans le tableau (06) montrent que les températures sont comprises entre 18,43 °C (S1), 18,21 °C à la Station (2) et de 18,46 ° C au niveau de la Station (3). La variation de la température entre la station (1) et la station (3) et généralement faible.

Les zones littorales suivant la température de l'air et sont plus chaudes (l'été) et plus froide (l'hiver) que l'eau côtières ou des océans.

I.1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH) :

Les valeurs du pH des trois stations sont représentées dans le tableau (07), et sous forme graphique dans la figure (08) :

Tableau (07) : Valeurs moyenne de pH d'eau de la mer.

	station 1	Station 2	Station 3
moyennes	8,3	8,29	8,19
Écarts types	0,015	0,005	0,026

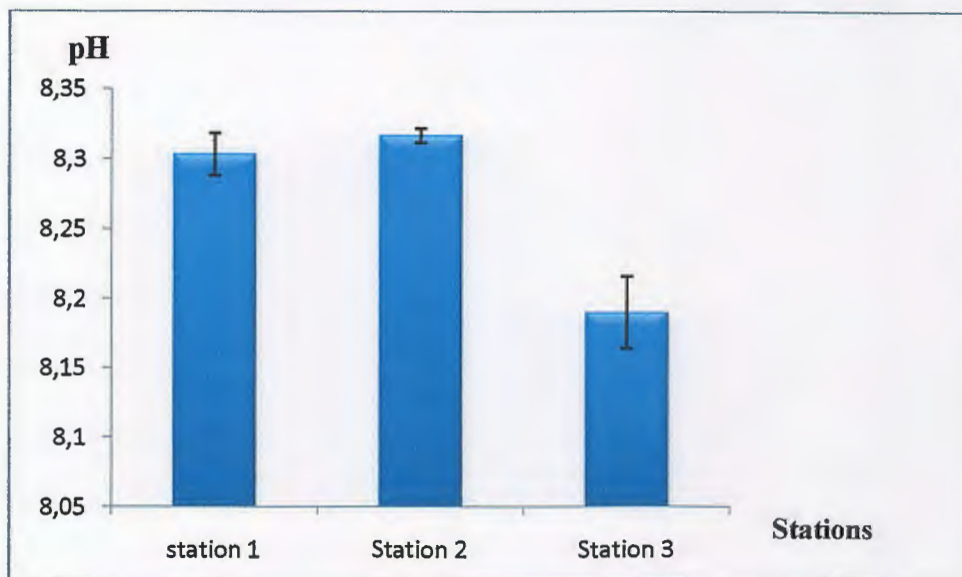


Fig.8 : Variation moyennes de potentiel d'hydrogène (pH) des eaux de la mer.

Le pH est considéré comme étant l'un des paramètres les plus importants de la qualité de l'eau. Il doit être étroitement surveillé au cours de la période de prélèvement. D'après le tableau (7), nous observons que les valeurs du pH varient entre 8,19 et 8,31, d'une moyenne de 8,27. Les résultats obtenus montrent que l'eau de mer est neutre à légèrement basique (oscille entre 7,48 et 8,73). Les valeurs moyennes du pH des trois stations d'étude sont proches des valeurs naturelles.

I.1.3. La salinité :

Les valeurs de salinité des trois stations sont représentées dans le tableau (08), et sous forme graphique dans la figure (09) :

Tableau (08) : Valeurs moyenne de la salinité d'eau.

	Station 1	Station 2	Station 3
Moyennes	25,64	26,16	26,33
Ecart types	0,098	0,057	0,152

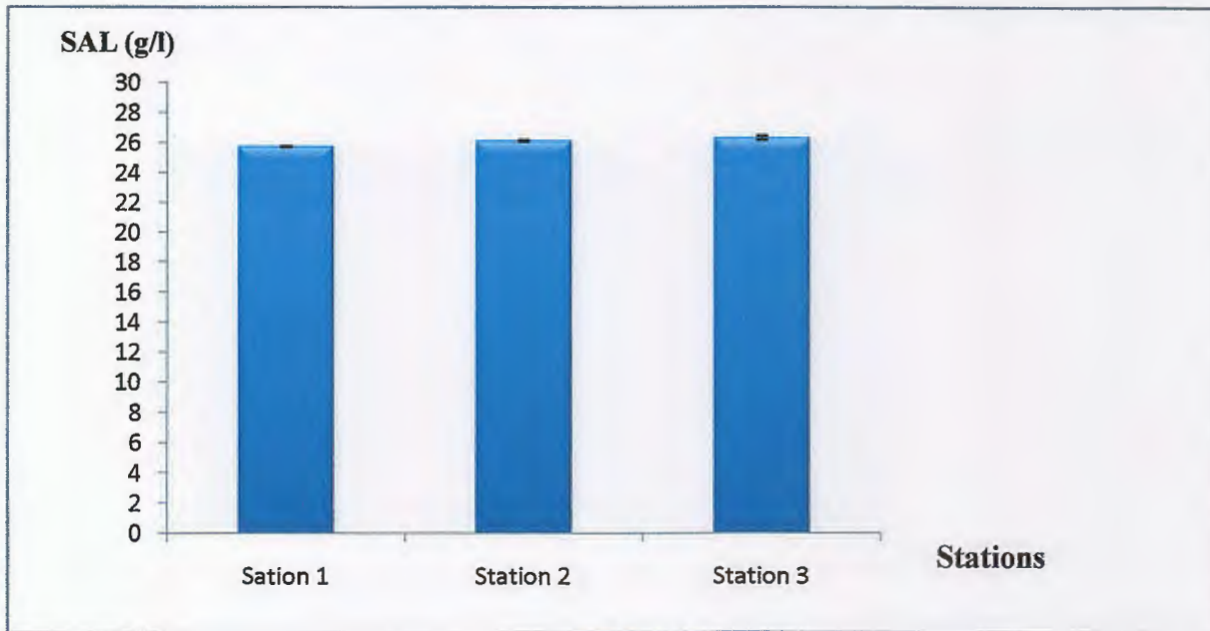


Fig.09 : Variations moyennes de la salinité des eaux de la mer.

D'après le tableau(08), les valeurs de la salinité obtenues sont comprises entre 25.53 g/l et 26.33 g/l, ou il y a un faible taux de la salinité qui ne répond pas aux normes méditerranéennes (37 à 39 g/l) (Aminot et Chaussepied, 1983).

I.1.4. Nitrites NO_2^- :

Les résultats d'analyses Nitrites dans les trois stations sont représentés dans le tableau (9).

Le tableau (09) : Représente les variations teneurs de nitrite des eaux de la mer.

	Station 1	Station 2	Station 3
Moyennes	0,078	0,073	0,068
Ecart types	0,002	0,001	0,006

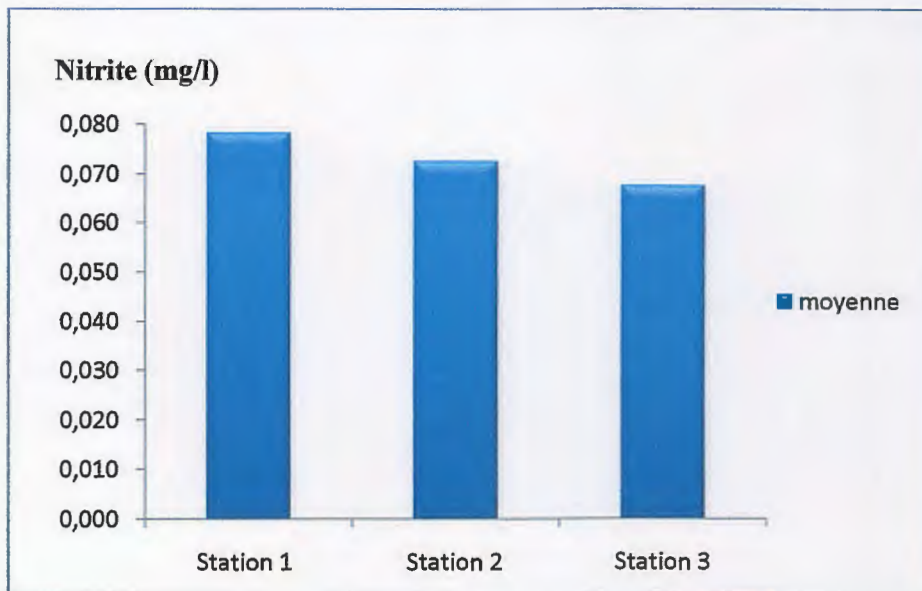


Fig.10. Variations moyenne des nitrites dans l'eau de mer.

D'une manière générale, les teneurs en NO_2^- obtenues au cours de notre étude sont relativement faibles et variables, elles sont comprises entre (0,08 et 0,068 mg/l). Dans la station (3) enregistre une faible teneur (0,068mg/l) par rapport à la station (2) et (3). Ce qui correspond aux normes qui sont de l'ordre de quelque milligramme par litre d'azote nitreux (Aminot et Chaussepied, 1983).

I.1.5. Nitrates ON_3^- :

Les résultats d'analyses Nitrates dans les trois stations sont représentés dans le tableau (10).

Le tableau (10) : Représente les variations teneures de nitrate des eaux de la mer.

	Station 1	Station 2	Station 3
Moyennes	12,89	9,19	10,83
Ecart types	0,016	0,08	0,04

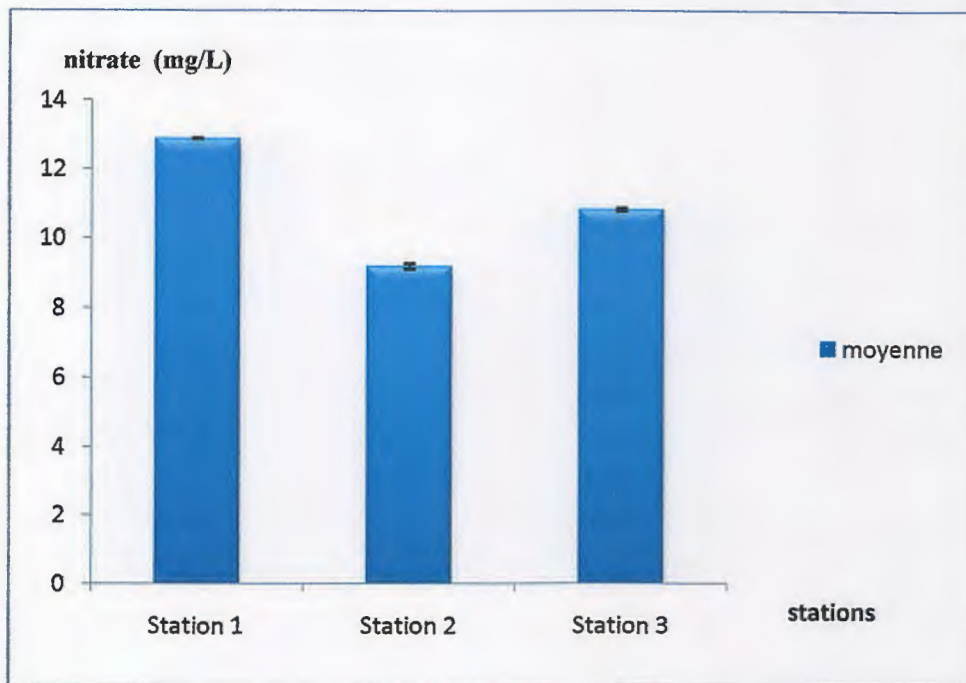


Fig.11 : Variations moyenne des nitrates dans l'eau de la mer.

Les valeurs de nitrates varient entre 12,89 mg/l et 9,19 mg/l, avec un moyenne de 10,71 mg/l. il y a une faible variation entre les stations, la valeur la plus élevée de nitrate est remarquée au niveau de la station (3) (12,89 mg/l). Nous remarquons aussi d'après les figures, que le taux de nitrate est supérieur au taux de nitrite.

I.1.6. Orthophosphates PO_4^{-3} :

Les résultats d'analyses Orthophosphates dans les trois stations sont représentés dans le tableau (11).

Le tableau (11) : Représente les variations teneurs de PO_4^{-3} des eaux de la mer.

	Station 1	Station 2	Station 3
Moyennes	0,027	0,014	0,019
Ecart types	0,003	0,002	0,003

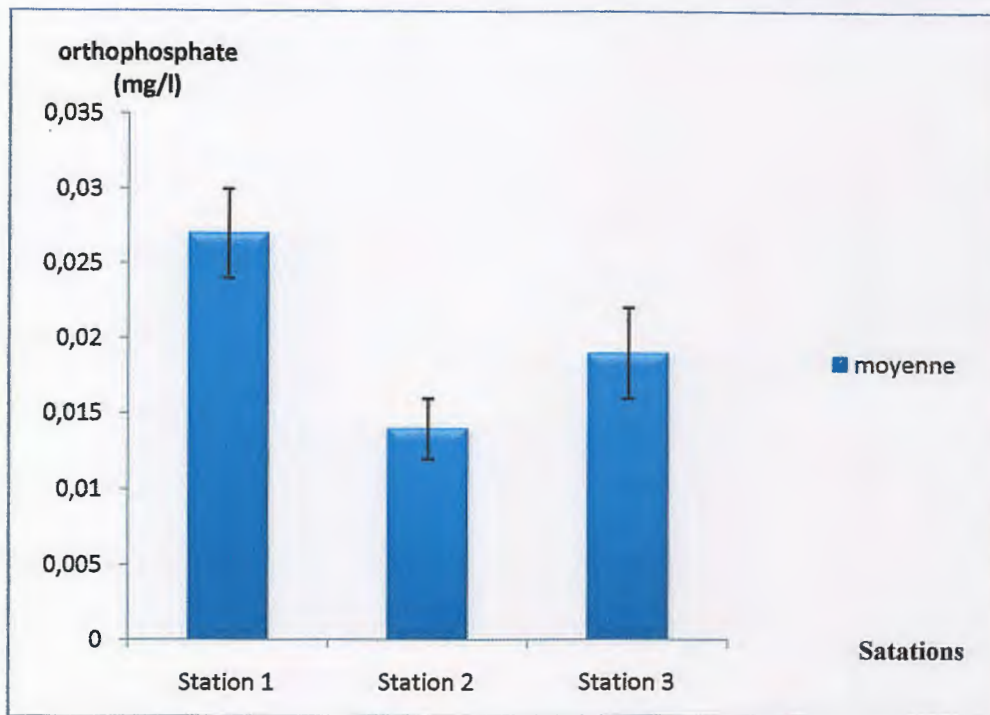


Fig.12 : Variation moyennes des orthophosphates dans l'eau de mer.

Les valeurs d'orthophosphates varient entre 0,027gm/l et 0,019 mg/l. Les teneurs en orthophosphates sont faibles dans toutes les stations. Cependant, avec une légère supériorité des concentrations au niveau de station (1) a une valeur de 0,027 mg/l par rapport aux autres stations.

I.2. La teneur en éléments traces métalliques dans les eaux de mer :

Dans le tableau suivant les résultats des données par l'appareil sont exprimés en (ppm) des différents éléments analysés dans les trois stations de prélèvements :

Tableau (12) : Teneur des éléments traces métalliques dans les trois stations étudiées (ppm)

Stations métaux	station 1	station 2	station 3
Cadmium(Cd)	0,014	0,013	0,020
Plomb (Pb)	0,204	0,296	0,204
Zinc (Zn)	0,020	0,079	0,015
Fer (Fe)	2,036	0,143	0,059
Cuivre (Cu)	0,028	0,031	0,041
Chrome (Cr)	0,089	0,098	0,151

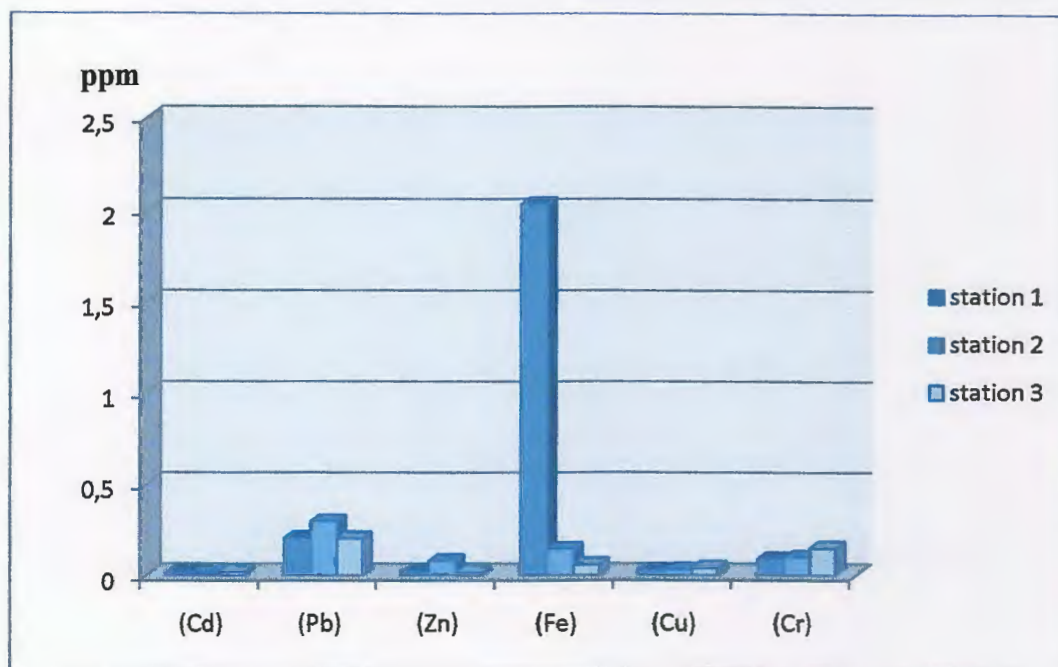


Fig.13: Valeurs des ETM dans les eaux de mer.

La figure (13) montre une parfaite homogénéité de la présence de cadmium dans toutes les stations [S1 (0.014 ppm), S2 (0.013 ppm), S3 (0,020 ppm)]. D'une façon générale les eaux de mer ne contiennent que quelques microgrammes de cadmium par litre.

Les teneurs en chrome n'indiquent pas des différences majeurs entre les stations (1) et (2) [S1 (0.089 ppm), S2 (0.096 ppm)]. Cependant nous observons des teneurs élevées dans la station (3).

D'après le tableau (12) on remarque que la concentration du plomb dans la S1 et la S3 est la même (0,204 ppm), Cependant nous observons des concentrations du plomb plus élevées dans la S2 avec une valeur de 0,296 ppm.

Nous remarquons que les teneurs de zinc dans l'eau sont relativement faibles. Dans la station (01) elle est de (0.020 ppm), dans la station (03) elle est de (0.0148 ppm) et dans la station(02) nous constatons une faible augmentation par rapport aux deux stations précédentes avec une valeur de (0.0787 ppm).

Les teneurs en cuivre dans les stations sont aussi faibles, on observe une légère augmentation graduellement de la station (1) à la station (3) en passant par la station (2) avec les concentrations suivantes (0.0284 ppm, 0.0307 ppm, 0.0409 ppm).

La valeur la plus élevée pour le fer est enregistrée au niveau de la station 1 (2,036 ppm), dans la station 2 la concentration du fer était (0.14 ppm) et dans la station 3 la concentration était (0.05 ppm).

II. La teneur des éléments traces métalliques dans les algues de la région de Sidi Abdelaziz :

➤ **Calcule des teneurs :**

Teneurs métalliques poids sec : la teneur du métal considéré dans l'échantillon est calculée par la formule suivant :

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

Les résultats exprimés dans les tableaux qui suit représente la teneur moyenne en éléments traces métalliques (Pb, Cd, Fe, Zn, Cu et Cr) dans les algues brunes et les algues vertes de station concernées.

II.1. Les algues brunes :

Tableau (13) : Teneur moyenne ($\mu\text{g/g}$) des ETM (Cd, Pb, Zn, Fe, Cu et Cr) dans l'algue brune

	Pb	Cd	Zn	Fe	Cu	Cr
Moyennes	12,78	2,07	17,16	101,46	13,12	18,13
Ecart types	0,028	0,01	0,015	0,042	0,056	0,045

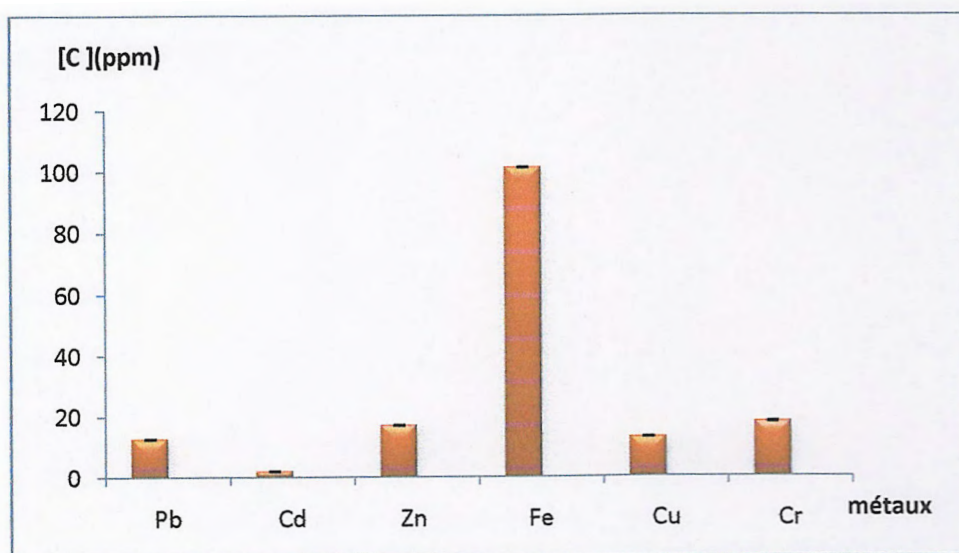


Fig.14: Valeurs des ETM dans les algues brunes.

II.2. Les algues vertes :

Tableau (14) : Teneurs moyenne en $\mu\text{g/g}$ des ETM (Cd, Pb, Zn, Fe, Cu et Cr) dans les algues vertes.

	Pb	Cd	Zn	Fe	Cu	Cr
Moyenne	5,08	0,95	48,15	81,54	10,4	16,37
Ecartype	0,02	0,01	0,48	0,45	0,11	0,02

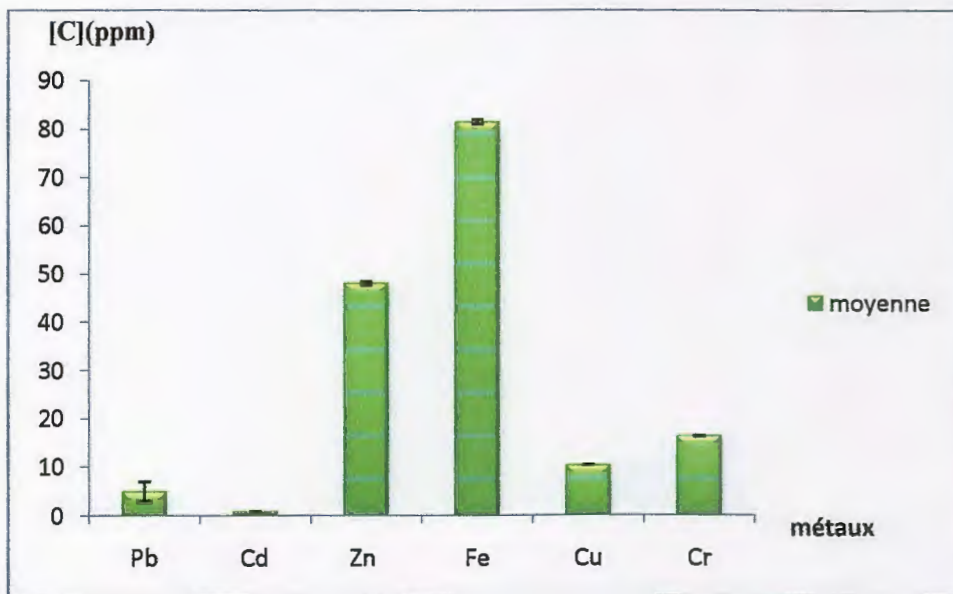


Fig.15: Valeurs des ETM dans les algues vertes.

Les teneurs en métaux, mesurées sur deux espèces d'algues (verte et brune) prélevées de la station de Sidi Abdelaziz, sont présentées dans les tableaux 13 et 14.

Les teneurs moyennes de (06) métaux sont variables dans les deux espèces où le zinc et le fer prend les valeurs les plus élevées dans les deux espèces, tandis que les plus faibles teneurs sont enregistrées avec le cadmium.

Les teneurs moyennes du plomb, cuivre et chrome ont des valeurs comparables chez les deux algues.

Les résultats de l'analyse de l'eau de la station 3 (station de Sidi Abdelaziz) montrent qu'il y a une variation nette entre les teneurs des métaux lourds dans l'eau, et celle dans les algues au niveau de la même station.

- les teneurs en métaux lourds varient progressivement de la même manière dans les deux espèces : $Cd < Pb < Cu < Cr < Zn < Fe$.
- les métaux lourds dans les algues brunes présentent une concentration plus importante que l'algue verte à l'exception du chrome.

Discussion

I. Discussion des résultats :

I.1. La qualité physico-chimique de l'eau :

I.1.1. La température :

La température de l'eau est un paramètre important pour la vie aquatique. En fait la majorité des paramètres physicochimiques et biochimiques sont dépendants de la température. La température de l'eau varie en fonction de la température extérieure (l'air), des saisons, de la nature géologique et de la profondeur du niveau d'eau par rapport à la surface du sol (**Aminot et Chaussepied, 1983**). L'analyse de la variance montre que les différences entre les stations sont généralement faibles et ne présentent pas d'effet station significatif [$F = 3.55$, $p < 0.09$ (Annexe)]. Les résultats obtenus au cours de notre étude montrent que, pour l'ensemble des stations la température est dépendante de la température atmosphérique.

I.1.2. Le potentiel d'hydrogène (pH) :

Le pH est un paramètre qui nous a permis de mesurer l'acidité, l'alcalinité ou la basicité d'une eau. Le pH de l'eau de mer voisin de 8.2 à 8,3 est principalement fixé par la présence des carbonates : CO_2 , HCO_3^- , CO_3^{2-} . La modification des concentrations en CO_2 (respiration, photosynthèse ou échange air-océan) ou en CO_3^{2-} (précipitation) entraîne donc une modification du pH (**Hamdi et Aitkaci, 2008**). Le pH peut être aussi influencé par d'autres facteurs tels que les conditions climatiques. En milieu côtier certains rejets industriels ou les apports d'eaux de ruissellement sont la cause de variation du pH qui s'avère être dans ce cas un indice de pollution (**RODIER, 2009**). L'analyse de la variance montre que la valeur de pH de l'eau de mer varie significativement d'une station à l'autre [$F = 37.65$, $p < 4 \cdot 10^{-4}$ (annexe)]. La station de **Djendjen** avec une valeur de 8,31 cela est dû aux rejets de grandes quantités des huiles du port, ainsi la valeur élevée de pH dans la station (2) est causée par le passage de la zone agricole les contaminants lessivés sont rejetés dans l'embouchure de *oued el Nil* (station de Bazoul).

I.1.3. La salinité :

Dans l'étude du milieu marin, la mesure de la salinité est importante du fait qu'elle exerce une influence significative sur la densité de l'eau de mer. Représentant la proportion de sels minéraux dissous dans l'eau de mer, elle permet d'identifier les masses d'eaux d'origine différentes et de suivre leurs mélanges au large comme à la côte (**Hamdi et Aitkaci, 2008**). L'analyse de la variance montre que la salinité de l'eau de mer varie significativement d'une station à l'autre [$F = 32,13$, $p < 6,22 \cdot 10^{-4}$ (annexe)]. Le faible taux de salinité de la station de Sidi Abdelaziz, et peut être

traduite par l'influence des apports locaux en eau usées et par les rejets *d'oued el Kebir*. La situation est semblable avec les stations (Djendjen et Bazoul) ou on trouve les mêmes influences qui exercent une diminution de la salinité.

I.1.4. Nitrites NO_2^- :

Les ions nitrites, composés intermédiaires du cycle de l'azote situés entre l'azote ammoniacal et les ions nitrates ont des concentrations pouvant atteindre quelques micromoles par litre. Les nitrites sont répons dans le sol, les eaux et dans les plantes mais en quantités relativement faibles. L'analyse de la variance indique que les teneurs en nitrates dans les eaux de mer présentent un effet spatial significatif [$F = 7,86$, $p < 0,02$ (annexe)]. Selon (Kaimoussi et al, 2005); dans leur travaux sur l'eau de mer du littoral de la ville d'El Jadida au Maroc, ont trouvé des teneurs en nitrites qui varient entre (10 et 45 $\mu\text{g/l}$). Les faibles valeurs de nitrites sont attribuées à la valeur de la vitesse des réactions de transformation de l'azote ammoniacal en nitrites et en nitrate. C'est le cas de nos résultats ou les 3 stations montrent une diminution de la concentration de nitrite.

I.1.5. Nitrates ON_3^- :

Les nitrates NO_3^- représentent la forme la plus oxygénée de l'azote, c'est une forme très soluble. Sa présence dans l'eau est liée à l'utilisation des engrais chimiques. L'analyse de la variance nous a permis de constater que les teneurs en nitrates dans les eaux de mer varient notamment d'une station à l'autre [$F = 16,93$, $p < 0,003$ (annexe)]. La teneur élevée de nitrate dans la station (2) est dû au lessivage des épandages d'engrais au niveau de *Oued el Nil*, les eaux usées domestiques et certaines eaux usées à caractère basique constituent des sources directes de nitrates et qui traduisent les teneurs élevées en nitrate dans la zone de *Bazoul*. L'augmentation de la concentration de nitrate peut être d'origine des transformations de nitrite en nitrate.

I.1.6. Orthophosphates PO_4^{-3} :

Le phosphore est un élément nutritif dont la forme minérale majoritaire est l'orthophosphate, il est essentiel à la vie aquatique. Dans les écosystèmes aquatiques continentaux, on considère généralement le phosphore comme le principal facteur limitant de la production de la biomasse végétale (Aminot et Chaussepied, 1983). D'une manière générale, les teneurs en orthophosphates dans les eaux de mer ne varient pas significativement d'une station à l'autre [$F = 0,36$, $p < 0,70$ (annexe)]. Selon Rodier et al 2009, des teneurs supérieures à 0,5 mg/l doivent constituer un indice de pollution. Une très faible teneur a été observée au niveau des stations

(*Djendjen, Bazoul et Sidi Abdelaziz*), cela pourrait s'expliquer par les faibles quantités de rejet, ainsi l'assimilation par les Phytoplanctons au niveaux de l'eau de mer.

I.2. Les éléments traces métalliques :

I.2.1. Le cadmium :

Le cadmium est un métal relativement rare dans la nature. Sa stabilité dans l'eau est fonction du pH et du potentiel d'oxydoréduction (**Debiéche, 2002**). Il est présent dans la croûte terrestre à des concentrations d'environ 1 à 2 ppm, où il est souvent associé au zinc et au plomb. Il est également obtenu comme sous-produit de raffinage du plomb et du cuivre (**Gillet, 2005**). Ce que justifie la corrélation négative et significative [pH ($R^2= 0,99$), Cu ($R^2= 0,95$)] et une corrélation positive ($R^2= 0,66$) avec le zinc. La distribution spatiale montre une faible teneur de cadmium dans les stations (*Djendjen, Bazoul et sidi Abdelaziz*). Selon Debiéche et al, 2002, l'activité biologique dans l'eau incorpore les éléments au matériel particulaire, épuisant les concentrations dans la phase dissoute. Ceci peut expliquer les faibles concentrations du Cd dans l'eau de mer.

I.2.2. Le Chrome :

Le chrome ne se trouve pas à l'état natif. Le minerai le plus important est la chromite ($FeCr_2O_4$), Il est également obtenu comme sous-produit de raffinage du plomb et du cuivre. Il existe une corrélation positif Fe ($R^2= 0,63$). L'élévation de la concentration dans la station de *Sidi Abdelaziz* est due à des rejets au niveau de *l'Oued el kebir*. Les résultats peuvent être attribués aux divers rejets domestiques et industriels déversés dans l'Oued. Les faibles quantités dans les stations *Djendjen* et *Bazoul* a pour origine les eaux d'assainissement.

I.2.3. Le Plomb :

Le dioxyde de plomb existe à l'état naturel ou résulte de la combustion d'huiles usagées, de déchets solides provenant de charbon et d'huile, de la production de fer, d'acier et de zinc (**Gillet, 2005**). Ceci explique une forte corrélation avec le zinc ($R^2= 0,99$). Dans l'ensemble des stations, notre étude a montré des teneurs en plomb moins que les limites internationales (0.05 ppm). Les teneurs de plomb enregistrées dans l'eau de la mer de *Bazoul* est dû a la présence des rejets domestiques et industriels qui se déversent dans le Oued, et en plus au lessivage des terrains agricoles traités par les engrais chimiques. Dons la région de *Djendjen* le plomb est lessivée par la précipitation des rejets des véhicules.

I.2.4. Le Zinc :

Le phosphate de zinc est formé par réaction entre de l'oxyde de zinc en bouillie aqueuse et de l'acide phosphorique (Gillet, 2005). Ceci explique une forte corrélation avec le phosphore ($R^2=0,86$).

Pour la grande part ces teneurs en zinc sont d'origine anthropique. La présence de Zinc dans la zone de *Bazoul* peut être expliquée par l'activité agricole entretenue de la zone, les pesticides et fongicides renferment des quantités importante de zinc.

I.2.5. Le cuivre :

Le cuivre est principalement produit par broyage de minerais sulfurés et enrichissement par flottation ou par lessivage acide des minerais oxydés suivi d'une fusion et d'un raffinage électrolytique ou thermique (Samuel, 2005). Le cuivre métallique est insoluble dans l'eau, mais la plupart de ses sels sont solubles (Debièche et al., 2002). Ce que justifie la corrélation positif et significative avec la salinité ($R^2=0,80$). Selon Gillet, 2005 ; la concentration de l'eau de mer est de 0,25 ppm, et que ressemble à notre résultats, ces résultats indiquent que le taux de pollutions par le cuivre est faible. L'existence de faible quantité de dans les 03 zones et dû aux déchets solides urbains à proximité des oueds (*Nil, kebir et Djendjen*).

I.2.6. Le fer :

Dans la zone de *Djendjen* la teneur élevée de Fer est traduite par la présence des bateaux, ainsi leur rejet et le matériel ferreux qui ce trouve a la bordure du port. Les faibles teneurs rencontrées sont d'origine diverse déchets ménagés (batteries piles ...etc) eaux usées domestiques et impuretés de Fer liés aux autres métaux comme le cuivre et le nickel fréquemment utilisés.

I.3. Les algues :

Une fois dans l'environnement aquatique, les métaux se répartissent entre les différents compartiments (eau, matière en suspension et sédiment). La part de chacun de ces compartiments dépend de plusieurs paramètres, entre autres, les facteurs physico-chimiques et hydrodynamiques qui règnent dans le milieu ainsi que de la nature du métal et sa concentration (Kozhenkova et al, 2000). On a observé qu'il y a une grande affinité pour les deux métaux, Zn et Fe. Selon (Zbikowski, 2006). La concentration de Fe et de Zn est élevée parce que sont des ions essentiels très importants pour le métabolisme et l'exclusion partielle des ions non essentiels.

Le teste de Student montre que il y a des variations significatives de la concentration des éléments dans les deux espèces, cette variation est de l'ordre de $[Cd(T = -69.81, P=2.05 \times 10^{-4})]$, Pb

($T=-240.66$, $P=1.72$), Fe ($T=-42.71$, $P=5.45 \times 10^{-4}$), Zn ($T=-95.43$, $P=1.09 \times 10^{-4}$), Cu ($T=-28.28$, $P=0.001$), Cr ($T=-44.52$, $P=5.04 \times 10^{-4}$). La comparaison entre les deux espèces d'algues permet de remarquer que l'algue brune a un taux d'accumulation très élevé que l'algue verte. Ces espèces ont des capacités différentes pour l'accumulation de métal, bien qu'elles soient exposées à des concentrations ambiantes semblables. Ceci pourrait être lié au mécanisme de transfert du métal de l'eau de mer à l'algue qui dépend, entre autres, des divers poly anions présents dans la paroi cellulaire et dans l'espace intercellulaire des algues.

Par ailleurs les différentes concentrations des métaux dans le milieu (site de prélèvement) et leur tenue dans les algues peuvent être traduites par les courants marins. Les contenus plus élevés de Cu, Pb, Cr et de Zn qui est probablement suspecté pour être anthropogène d'origine. Probablement, pour cette raison les concentrations du Cu, Pb, Cr et le Zn étaient sensiblement plus élevées dans les algues. Ceci est peut être dû aux eaux d'égout municipales (Zbikowski., 2006) c'est le cas de la région de Sidi Abdelaziz.

Conclusion et perspectives

Conclusion

Le présent travail englobe les résultats obtenus par l'évaluation la région Est de littoral Jijelien à l'aide des indicateurs biologiques par le dosage des différents éléments traces métalliques dans les algues (*Enteromorpha intestinales* et une algue brune) et aussi une analyse physico-chimique du milieu, ce qui nous a permis d'apprécier la qualité de cette zone littorale et prévoir les dangers auxquels elle peut être exposée.

L'activité industrielle et les installations classées, qui restent jusqu'à présent peu nombreuses au niveau de la région de Jijel, sont à l'origine des faibles teneurs en éléments traces métalliques dans les algues, ainsi que les eaux usées domestiques déversées directement dans la mer, constituent une source non négligeable de perturbation du milieu, notamment sur le côté EST de la willaya. Fort heureusement, cette perturbation n'est pas alarmante dans notre littoral face aux pouvoir auto épurateur de l'écosystème marin à l'exception de quelques points maitrisables.

Les teneurs métalliques observées dans les eaux de mer et chez les algues, ne paraissent pas assez élevées pour causer un risque certain. Le fer et le zinc, métaux essentiels, paraissent les plus abondants.

L'accumulation des métaux dans les algues suit en général l'ordre suivant $Cd < Pb < Cu < Cr < Zn < Fe$.

En conclusion la concentration des métaux lourds dans les algues prélevées de la zone littorale Est de Jijel est faible par rapport à celle trouvée dans d'autres zones côtières. En revanche avec l'intensification des activités anthropiques et l'urbanisation anarchique, le taux des métaux lourds ne pourra qu'augmenter. Afin de conserver cette zone très sensible et garder un équilibre de l'écosystème aquatique, l'installation des stations d'épuration sur le long de la côte s'avère nécessaire.

Références bibliographiques

Références Bibliographiques

- 1- **Ablain F., 2002.** Rôle des activités lombriciennes sur la redistribution des éléments traces métalliques issus de boue de station d'épuration dans un sol agricole. Thèse doctorat. Université de Rennes, 55-95 pp.
- 2- **Aminot A., Chaussepied M., 1983.** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO : 395p.
- 3- **Anfossi S., Billiard E., Bonnet M., Henriot F., Kraemer F., Lechenne L., Le Herissier M., et Lorin S., 1997.** Méthodes spectrométriques d'analyse et de caractérisation, Ecole des Mines de Saint-Etienne .12-13 PP.
- 4- **Anonymel :** Agency for Toxic Substances and disease registry (ATSDR), toxicological profiles for copper, 1990. GA : U.S department of health and human services, public health services <http://www.atsdr.cdc.gov/toxporo2.html>.
- 5- **Antonetti G., 1974.** Etude des complexes du cadmium avec des ligands mono-et multidentates. Thèse de doctorat de 3^{ème} cycle, université de Marseille.
- 6- **Atteina O., 2005.** Chimie et pollution des eaux souterraines. Lavoisier, Paris, 397p.
- 7- **Azimi S., 2004.** Sources flux et bilan des retombées atmosphériques de métaux en Île-de-France. Thèse de doctorat, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, 50-51 p.
- 8- **Besada V., Andrade J M., Schultze F., et González J J., (2009).** Heavy metals in edible seaweeds commercialised for human consumption, *Journal of Marine Systems* 75, 305-313 p.
- 9- **Bliefert C., Perraud R., 2009.** Chimie de l'environnement. Edition Debeoek, 2^e édition, Paris, 381p.
- 10- **Bonnonet V., le Goff F., 2004.** Devenir et comportement des métaux dans l'eau : biodisponibilité et modèle BLM .rapport technique du ministère de l'écologie et du développement durable, direction de l'eau, 58p.
- 11- **Bouchesech C., Cremille E., Polte T., et Pojer K., 2002.** Guide Pollution Toxique et écotoxique et écotoxicologie bassin rhone-mediterranée corse. Edition SDAGE, 20 p.

- 12- **Boukrah H., 2008.** Etude comparative de l'adsorption des ions plomb sur différents adsorbants. Thèse doctorat, Université du 20 août 1955, Chimie, Skikda, 7-9 pp.
- 13- **Burnol A., Buro M., 2006.** Recommandations pour la modélisation des transferts des éléments traces métalliques dans les sols et les eaux souterraines. Rapport final, INERIS, 35-36 pp.
- 14- **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 Toulon Var, 31p.
- 15- **Centre d'Etude sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme (CERTU), 2004.** Comparaison de méthodes d'analyse des éléments traces métalliques (ETM) et des hydrocarbures aromatique polycycliques (HAP) sur les sols et les végétaux. Disponible sur <http://www.certu.fr>.
- 16- **Chernova1 E., Khristoforova1 N., et Vyshkvartsev D., (2002).** Heavy Metals in Seagrasses and Algae of Pos'et Bay, Sea of Japan, *Russian Journal of Marine Biology*, Vol, 28, 387–392pp.
- 17- **Chiffolleau J. F., 1994.** Le chrome en milieu marin. Rapport N° 8, Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer.
- 18- **Chiffolleau J. F., 2001.** La contamination métallique. Rapport N° 9, Institut Français de recherche pour l'exploitation de la mer.
- 19- **Dameron C., Howe P.D., 1998.** Copper Environmental Health criteria n°200. World Health Organization, Geneva.
- 20- **Debièche T.H., 2002.** Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle. A application à la basse plaine de la Seybouse, Nord-est Algérien. Thèse, Université de Franche – Comté, 38-60p.
- 21- **Demoulin G., Leymergie C., (2009).** Les algues, le trésor de la mer, heds (Haute Ecole de santé), Genève.
- 22- **Dhaou-El-Djabine, K., 2005.** Evaluation et comportement des métaux lourds (Cd-Cr-Cu-Ni-Pb-Zn et Mn) dans les sols a vocation agricole et a végétation naturelle soumis a une pollution atmosphérique. (El-Hajar - Annaba – est Algérien). Influence de la végétation sur la dynamique de ces métaux. Thèse de doctorat. Université Mentouri de Constantine Département de la science de la vie.
- 23- **Dubé J., 1997.** Application d'un protocole analytique à l'évaluation de la distribution géochimique des métaux lourds dans les sols contaminés. Université de Lavai, Canada ,16 p.

- 24- El Nemr A., El-Sikaily A., Azza K., et Ola A., (2011). Removal of toxic chromium from aqueous solution, waste water and saline water by marine red alga *Pterocladia capillacea* and its activated carbon, *Arabian Journal of Chemistry*, Doi : 10.1016/j.arabjc.2011.01.016
- 25- Encarta, 2009. © 1993-2008 Microsoft Corporation.
- 26- Gaudry A., Zeroual S., Gherkaoui el Moursli R., Guessous A., Ghouak A., Mouradi A., Givernaud T., Moskura M., et Delmas R., (2007). Neutron activation analysis applied to the study of heavy metal marine pollution observed through bioaccumulation in macroscopic algae near El Jadida, Morocco, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 271, 165 – 171pp.
- 27- Gillet C., 2005. Zinc et ses dérivés. INERIS, 69 p.
- 28- Gombert S., Galsomiès L., Rausch de Traubenberg C., Leblond S., Losno R., Colin J.L., et Charré B., 2005. Pollution atmosphérique par les métaux, biosurveillance des retombées, Edition EDP Sciences et ADEME, 9 p.
- 29- Gouzy A., Ducos G., 2008. La connaissance des éléments traces métalliques : un défi pour la gestion de l'environnement, SL (INERIS / DECI / EDEN).
- 30- Hmdi M., Aitkaci M., 2008. Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'embouchure de l'oued "Béni-Messous", ISMAL
- 31- Huynh T., 2009. Impacts des métaux lourds sur l'interaction plante/ ver de terre/ Microflore tellurique. Thèse doctorat, Spécialité Ecologie Microbienne, Université Paris Est, 4 pp.
- 32- Hoenner V., 2006. Evaluation de la pollution par les HAP et les métaux lourds en alsace. Thèse Doctorat, Université de Luise Pasteur, Strasbourg, aspa, 19 p.
- 33- Joubert A., 2006. Étude des processus biogéochimiques prépondérants responsables de la mobilité du Pb, Cd, Zn, As et H du sol vers l'hydrosphère. Rapport de fin de première année de thèse. BRGM/RP-54483-Fr, 36p.
- 34- Kantin R et Pergent G., 2007. Gestion des écosystèmes littoraux méditerranéens. Rapport final, Ifremer et univ. Edition Ifremer, France, 189 p.
- 35- Kaimoussi A., Mouzdahir A., et Saih A., 2005. Seasonal Variations of Metal Concentrations (Cd, Cu, Fe, Mn and Zn) in Algae *Fucus spiralis* from the Coast of El Jadida City (Morocco), Vol 40, 102–110 p.

- 36- Kozhenkova S. I., Khristoforova N. K., et Chernova E. N., (2000).** Long-Term Monitoring of Sea Water Pollution by Heavy Metals in Northern Primorye with the Use of Brown Algae, *Russian Journal of Ecology*, Vol. 31, pp. 211-215.
- 37- Koller E., 2004.** Traitement des pollutions industrielles Eau, Air, Déchets, Sols, Boues. Dunod, Paris, 4pp.
- 38-Kratbi A., 2009.** Mise en place de réseaux de surveillance environnementaux de la zone marine côtière de Taza (wilaya de Jijel). Mémoire De Fin D'études En Vue De L'obtention Du Diplôme D'ingénieur En Sciences De La Mer, OPTION : Environnement marin. Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral.
- 39- Lacaze J.C., 1996.** L'eutrophisation des eaux marines et continentales ; causes, manifestations, conséquences et moyens de lutte. Ellipses. Paris ,191p.
- 40- Lefort M., 2003.** Les constituants chimiques de la matière, description des éléments. Paris, 108-214 pp.
- 41- Lemièrre B., Seguin J., Le Guern C., Guyonnet D., et Baranger P., 2001.** Guide sur le comportement des pollutions dans les sols et les nappes, Application dans un contexte d'évaluation détaillée des risques pour les ressources en eau. Edition BRGM, France, 24 p.
- 42- Miquel G., 2001.** Les effets des métaux lourds sur l'environnement et santé. Rapport Office Parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, 360 p.
- 43- Murphy V., Hughes H., (2007).** Peter Mcloughlin, Cu (II) binding by dried biomass of red, green and brown macroalgae, *journal homepage: < www.Elsevier.com/locate/waters > Water Research 41, 731– 740 pp.*
- 44- Nakib L., 2010.** Mise au point d'une technique d'extraction de l'élément traces métallique dans les produits de la mer et leurs dosages par spectrophotométrie d'absorption atomique. Thèse Doctorat, surveillance de chaine alimentaire de la filière viande, Université de Mentouri de Constantine, 24 p.
- 45- Norber G., Flower B.A., Nordberg M., et Friberge L., 2005.** Hande Boock one the toxicology of metal. 3rd edition Ap.
- 46- Palvadeau S., Dechelette M., 2004.** Mise en place d'une campagne de prélèvement : projet ecodyn, Thèse Doctorat, Université de Toulon et Dubar, 8-9 pp.

- 47- **Person J., (2011).**, Algues, filières du futur, Édition AdebioTech - Romainville, Éditeur AdebioTech, 6 pp.
- 48- **Programme De Nations Unies Pour L'environnement (PNUE), 1996.** Etat du milieu marin et littoral de la région méditerranéenne. MAP Technical Reports Séries N^o-101, PNUE, Grèce, 41p.
- 49- **Rahmati R., Rabbani P., Abdolali A., et Keshtkar A., 2011.** Kinetics and equilibrium studies on biosorption of cadmium, lead, and nickel ions from aqueous solutions by intact and chemically modified brown algae. *Journal of Hazardous Materials* 185, 401– 407.
- 50- **Rajfur M., Klos A., Waclawek M., (2010).** Sorption properties of algae *Spirogyra sp.*, and their use for determination of heavy metal ions concentrations in surface water. *Bioelectrochemistry* 80, 81-86pp.
- 51- **Ramade F., 2000.** Dictionnaire encyclopédique des polluants. Ediscience international, Paris.
- 52- **Ramade F., 1998.** Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Paris, 786 p.
- 53- **Ramade F., 2005.** Eléments d'écologie, écologie appliquée. 6^e édition, Dunod, Paris, 293-360p.
- 54- **Ramade F., 2007.** Introduction à l'écotoxicologie fondements et application. Edition TEC et DOC, Lavoisier, Paris, 16 p
- 55- **Ramamoorthy S., Kushner D. J., 1975.** Heavy Metals Binding sites in river water, *Nature*, 256-401.
- 56- **Remon E., 2006.** Tolérance et accumulation des métaux lourds par la végétation spontanée des friches métallurgiques : vers de nouvelles méthodes de bio-dépollution, Thèse de doctorat, Université Jean Monnet, 56p.
- 57- **Rodenas S., Sanchez-Muniz F., Gomez-Juaristi M., et Larrea Marin M., (2009).** Trace elements determination in edible seaweeds by an optimized and validated ICP-MS method, *Journal of Food Composition and Analysis* 22, 330–336 p.
- 58- **Rodier J., 2009.** L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 9^e édition, Dunod, Paris, 1383pp.
- 59- **Rouibah M., Boulahdid M., Boudejellal B., Eddalia N., Ounadi F., 2005.** Etude de la pollution du littoral algérois et du lac de rechaia. ISMAL, 45p.
- 60- **Rubin A. J., 1974.** Aqueous Environmental Chemistry of Metals. Ed, Rubin A.J.

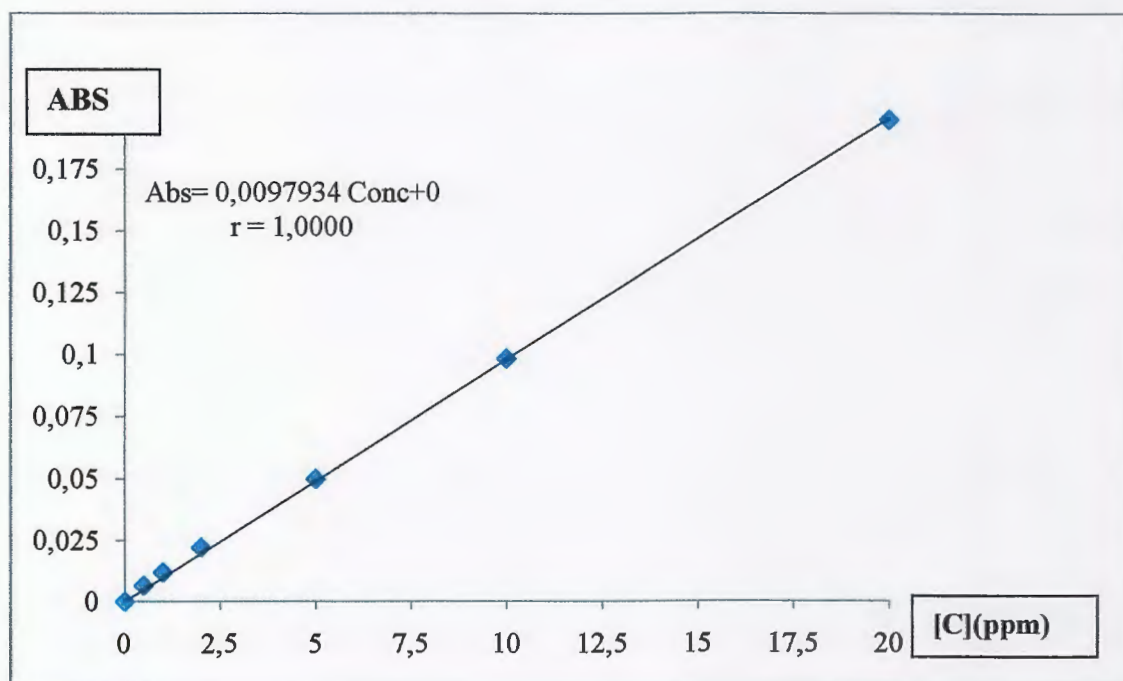
- 61- Samuel Y., 2005. Elaboration des stratégies de réduction des risques de maladies diarrhéiques pour les populations humaines dus aux petits barrages en Afrique de l'Ouest Cas du barrage de Yitenga. Rapport Final de recherche.
- 62- Service d'études Techniques des routes et autoroutes, Ed ., 2004. La pollution des sols et des végétaux à proximité des routes, Les éléments traces métalliques (ETM), France, 3 - 4 pp.
- 63- Sillen L. G. et Martell A. E., 1964. Stability constants of metal-ion complexes. Chemical Society Special Publications, London, 17p.
- 64- Stevenson F. J., 1976. Stability Constants of Cu^{2+} , Cd^{2+} and Pb^{2+} Complexes with humic acids. *Soil science society of America journal*, 40-672 pp.
- 65- Tatar H., 2000. Milieu et évolution d'une forêt tellienne : cas de petite Kabylie. Thèse Doctorat d'Etat. Université de Constantine, pp 334-335.
- 66- Thomas J.P., 1968. Ecologie et dynamique de la végétation de la dune littorale dans la région de djidjelli, 38-40 p.
- 67- Viala A., Botta A., 2005. Toxicologie. 2^{ème} édition, Lavoisier, 109 p.
- 68- Vilaginés R, 2003, Eau, environnement et santé publique. 2^e édition, Lavoisier ,198p.
- 69- Zbikowski R., Szefer P, Lata1a A, (2006). Distribution and relationships between selected chemical elements in green alga *Enteromorpha sp.* From the southern Baltic, *Environmental Pollution* 143 435- 448 p.

Annexes

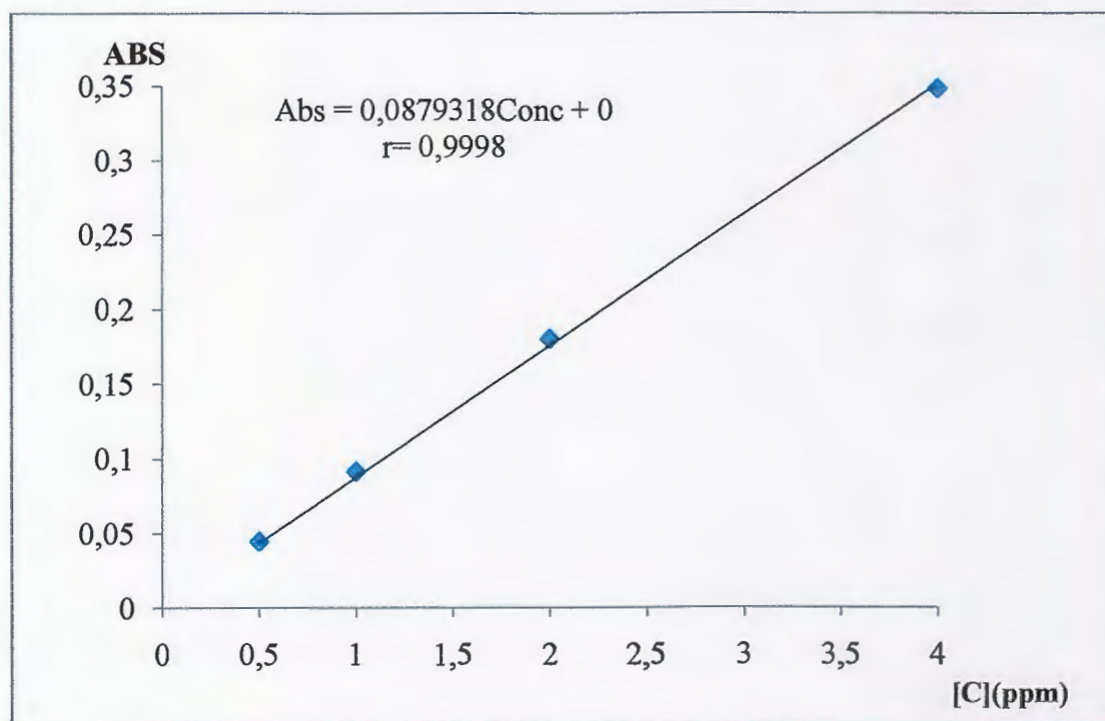
Annexe :

COURBES D'ETALONNAGES DES ELEMENTS TRACES METALLIQUES :

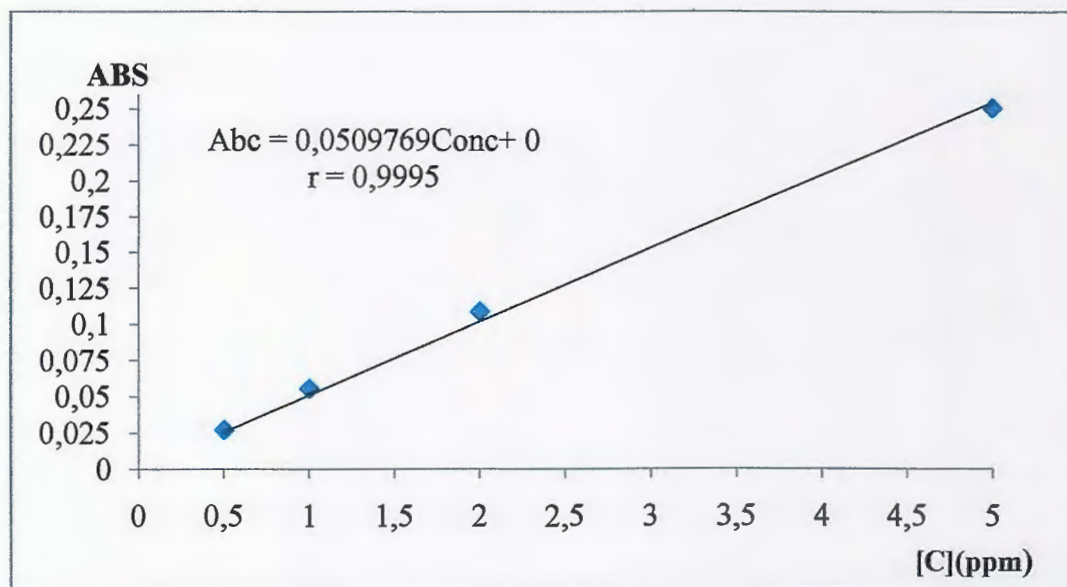
1) Courbe d'étalonnage du plomb



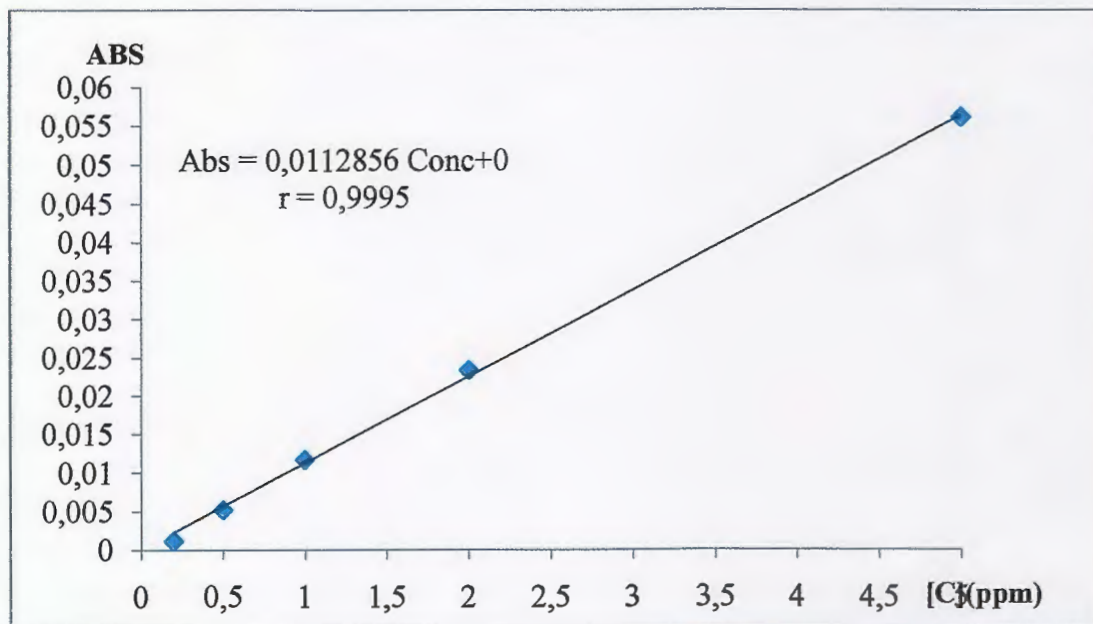
2) Courbe d'étalonnage de cuivre.



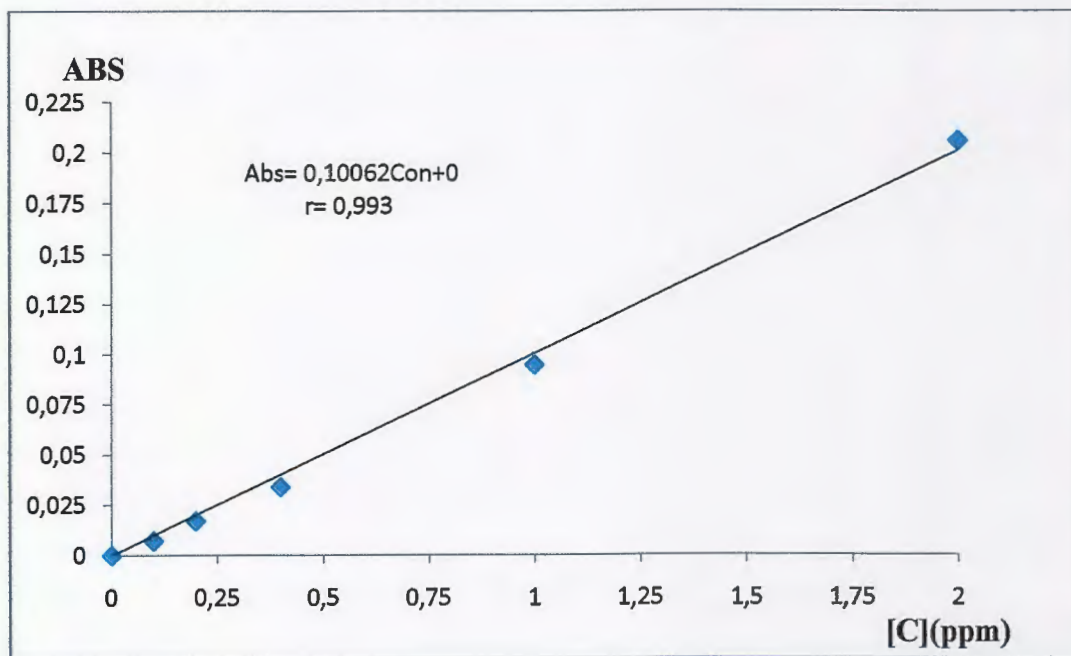
3) Courbe d'étalonnage du Fer.



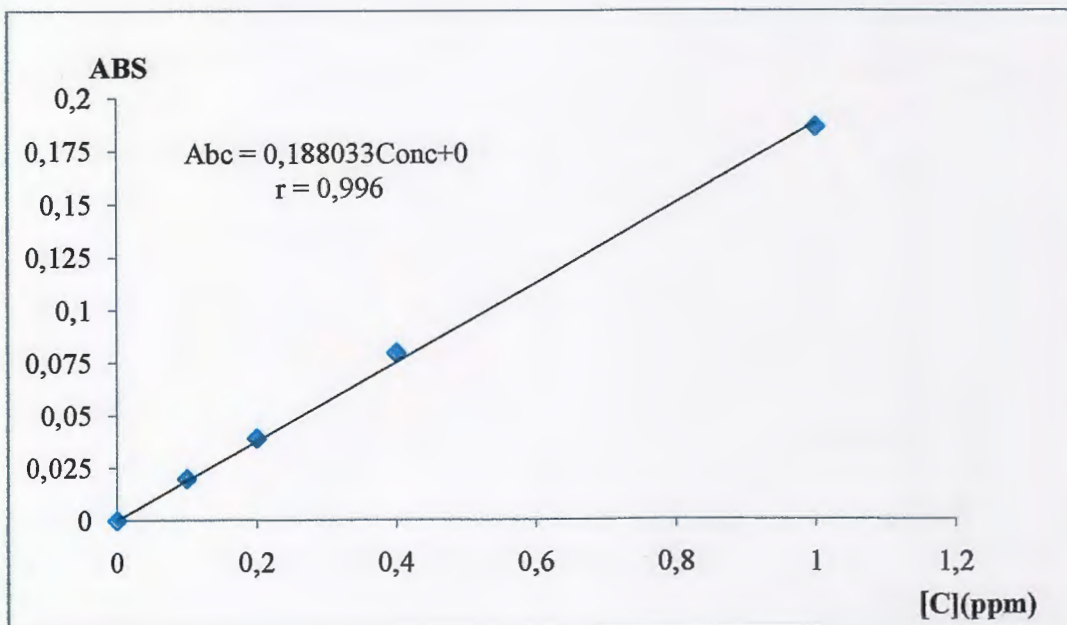
4) Courbe d'étalonnage du chrome.



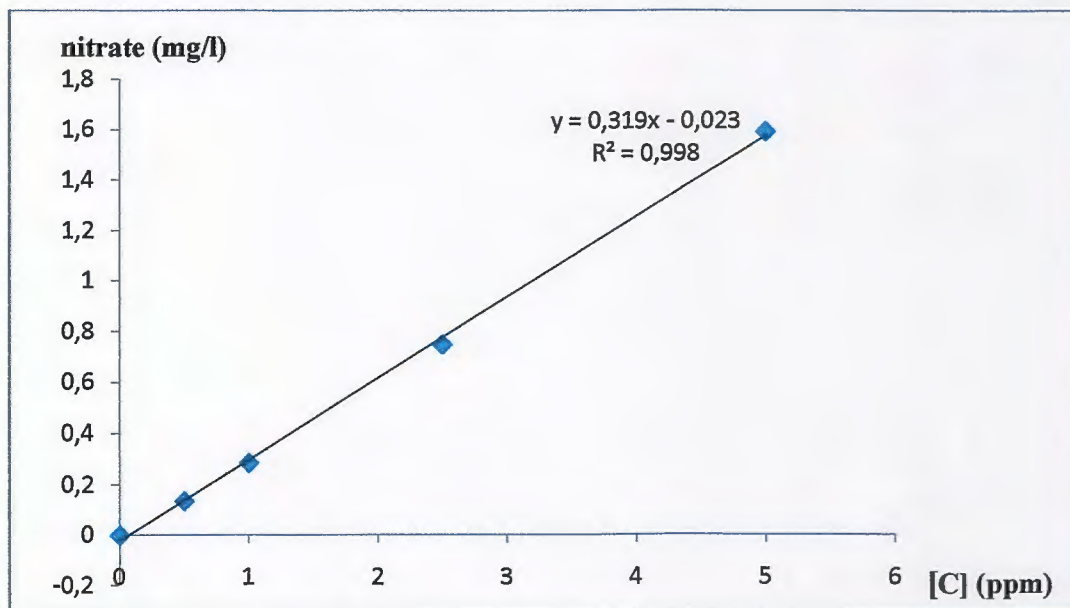
5) Courbe d'étalonnage du Cadmium.



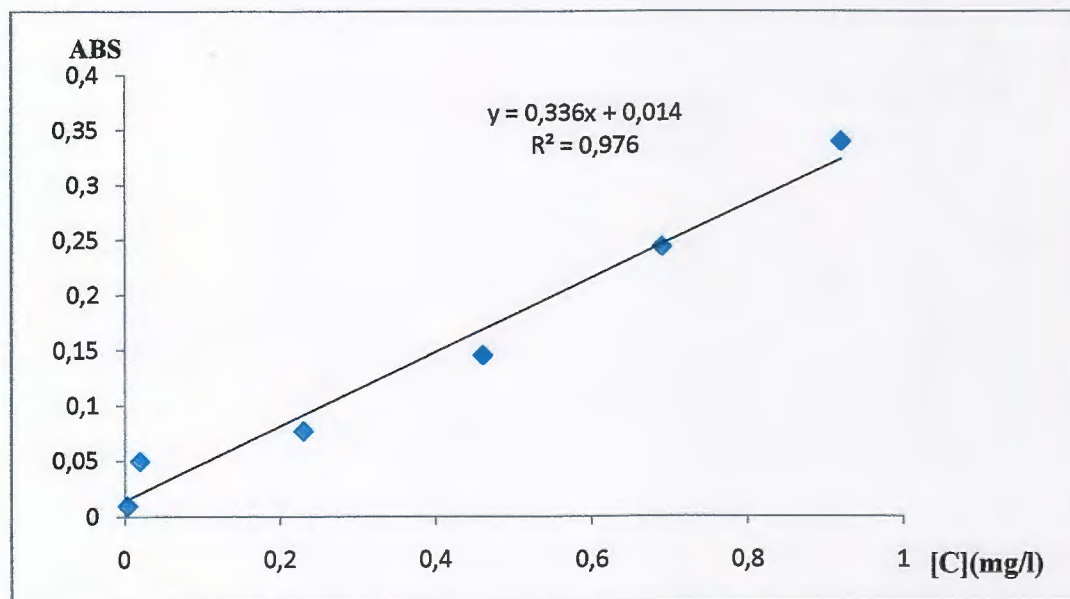
6) Courbe d'étalonnage du Zinc.



7) Courbe d'étalonnage de Nitrate.



8) Courbe d'étalonnage de nitrite.



9) Courbe d'étalonnage de phosphate.

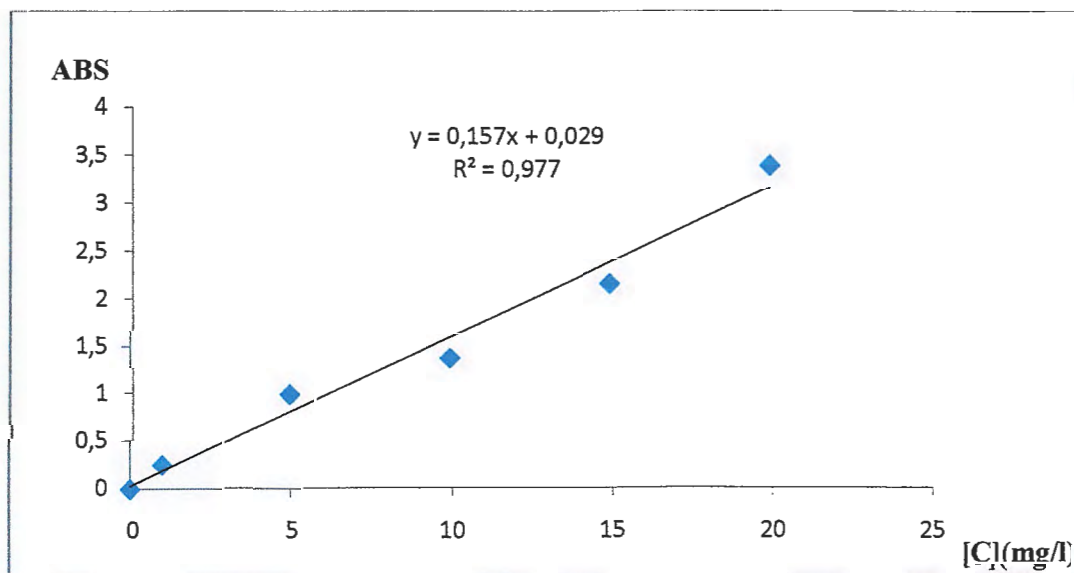


Tableau 01: Préparation de la gamme étalon du phosphore.

	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

Tableau 02 : Préparation de la gamme étalon des nitrates.

Numéro des capsules	T	I	II	III	IV
Solution étalon d'azote nitrique 5mg/l (ml)	0	1	2	5	10
Eau déionisée (ml)	10	9	8	5	10
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

Tableau 3: Préparation de la gamme étalon des nitrites.

	T	I	II	III	IV	V
Solution fille étalon à 0,0023 g/l (ml)	0	1	5	10	15	20
Eau distillée en (ml)	50	49	45	40	35	30
Réactif de Zambelli (ml)	2	2	2	2	2	2

Tableau 04 : cumul mensuel de précipitation en mm dans la wilaya de Jijel (source : ONM de Jijel., 2011).

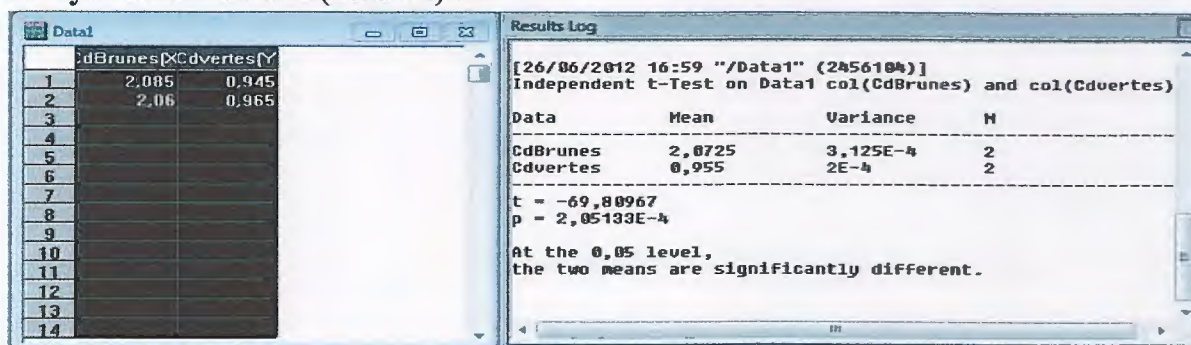
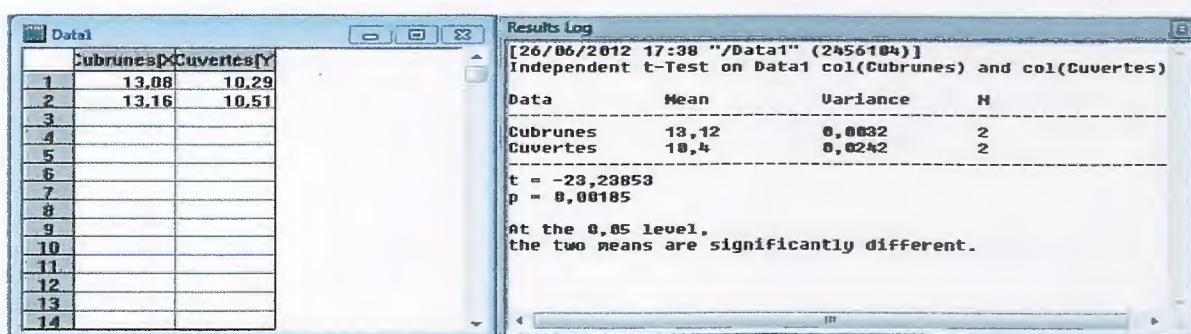
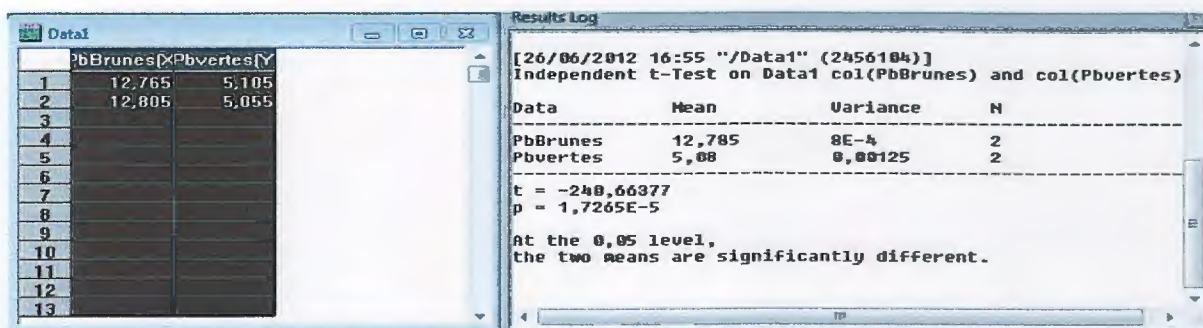
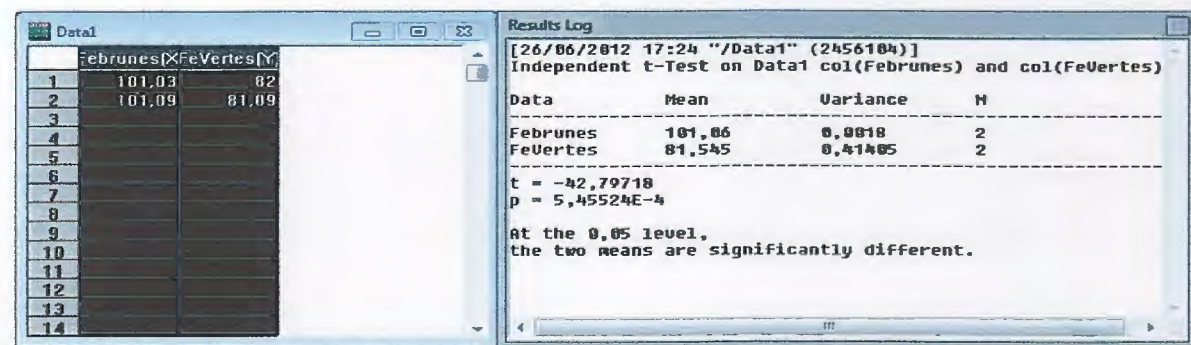
Mois Années	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Joui	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
	2008	34,3	027,4	172,1	18,8	144,7	3,7	0,0	1,3	86,7	30,8	109,8
2009	207,9	85,9	78,2	183,8	014,4	0,3	0,5	10,8	172,3	68,2	154,9	139,6
2010	121,4	60,2	105,4	52,5	81,0	49,5	2,1	1,4	53,0	218,5	195,9	110,3
2011	78,9	143,5	89,9	69,7	33,4	27,0	8,1	0,0	14,7	273,8	234,0	159,9
MOYE	110,62	105,66	111,4	081,2	68,37	20,12	2,67	3,37	81,67	147,82	173,65	138,92

Tableau 05 : Répartition de la moyenne mensuelle de la température (C°) entre 2007 et 2011 (source : ONM de Jijel., 2011).

Mois Années	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
	2007	12,3	13,9	13,2	16,7	19,8	22,8	25,1	26,8	23,5	20,0	14,9
2008	12,4	13,1	9,0	16,6	18,9	22,3	25,9	26,0	24,2	20,3	15,0	11,9
2009	11,9	11,6	13,2	15,2	20,8	23,6	27,4	27,0	23,4	20,1	16,5	14,7
2010	12,5	13,9	14,4	16,4	18,0	21,5	25,5	25,5	23,3	20,1	15,8	13,4
2011	11,9	11,8	14,4	17,2	19,5	22,5	26,4	26,3	24,4	20,5	17,0	13,1
Moye	12,2	12,9	12,8	16,4	19,4	22,5	26,1	26,3	23,8	20,2	15,8	13,0

Analyse statistique :

Analyse de la variance (Student) :

CadmiumCuivrePlombFer

Data1			Results Log			
	Znbrunes[X]	Znvertes[Y]	[28/06/2012 12:00 "/Data1" (2456106)]			
1	17,55	48,63	Independent t-Test on Data1 col(Znbrunes) and col(Znvertes)			
2	16,78	47,66				
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
			Data	Mean	Variance	N
			Znbrunes	17,165	0,29645	2
			Znvertes	48,145	0,47045	2
			t =	50,0296		
			p =	3,99288E-4		

Zinc

Data1			Results Log			
	Crbrunes[X]	Crvertes[Y]	[26/06/2012 17:42 "/Data1" (2456104)]			
1	18,165	16,395	Independent t-Test on Data1 col(Crbrunes) and col(Crvertes)			
2	18,1	16,35				
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
			Data	Mean	Variance	N
			Crbrunes	18,1325	0,00211	2
			Crvertes	16,3725	0,00101	2
			t =	-44,52407		
			p =	5,04041E-4		
			At the 0,05 level, the two means are significantly different.			

Chrome

Analyse de la variance ANOVA :

<p>Salinité</p> <table border="1"> <tr><td>A</td><td>25,64333</td><td>0,00963</td><td>3</td></tr> <tr><td>B</td><td>26,16667</td><td>0,00333</td><td>3</td></tr> <tr><td>C</td><td>26,33333</td><td>0,02333</td><td>3</td></tr> </table> <p>F = 32,13866 p = 6,22312E-4 At the 0,05 level, The means are significantly different</p>	A	25,64333	0,00963	3	B	26,16667	0,00333	3	C	26,33333	0,02333	3	<p>Température</p> <table border="1"> <tr><td>A</td><td>18,43333</td><td>0,02333</td><td>3</td></tr> <tr><td>B</td><td>18,21667</td><td>3,33333E-5</td><td>3</td></tr> <tr><td>C</td><td>18,46667</td><td>0,02333</td><td>3</td></tr> </table> <p>F = 3,55103 p = 0,09604 At the 0,05 level, the means are NOT significantly different.</p>	A	18,43333	0,02333	3	B	18,21667	3,33333E-5	3	C	18,46667	0,02333	3
A	25,64333	0,00963	3																						
B	26,16667	0,00333	3																						
C	26,33333	0,02333	3																						
A	18,43333	0,02333	3																						
B	18,21667	3,33333E-5	3																						
C	18,46667	0,02333	3																						
<p>pH</p> <table border="1"> <tr><td>A</td><td>8,30333</td><td>2,33333E-4</td><td>3</td></tr> <tr><td>B</td><td>8,29667</td><td>3,33333E-5</td><td>3</td></tr> <tr><td>C</td><td>8,19</td><td>7E-4</td><td>3</td></tr> </table> <p>F = 37,65517 p = 4,01806E-4 At the 0,05 level, the means are significantly different</p>	A	8,30333	2,33333E-4	3	B	8,29667	3,33333E-5	3	C	8,19	7E-4	3	<p>Nitrate</p> <table border="1"> <tr><td>A</td><td>0,90533</td><td>2,65333E-4</td><td>3</td></tr> <tr><td>B</td><td>0,63933</td><td>0,00683</td><td>3</td></tr> <tr><td>C</td><td>0,757</td><td>0,00235</td><td>3</td></tr> </table> <p>F = 16,93445 p = 0,00341 At the 0,05 level, the means are significantly different.</p>	A	0,90533	2,65333E-4	3	B	0,63933	0,00683	3	C	0,757	0,00235	3
A	8,30333	2,33333E-4	3																						
B	8,29667	3,33333E-5	3																						
C	8,19	7E-4	3																						
A	0,90533	2,65333E-4	3																						
B	0,63933	0,00683	3																						
C	0,757	0,00235	3																						
<p>Orthophosphate</p> <table border="1"> <tr><td>A</td><td>0,03333</td><td>9,33333E-6</td><td>3</td></tr> <tr><td>B</td><td>0,03133</td><td>4,33333E-6</td><td>3</td></tr> <tr><td>C</td><td>0,032</td><td>1,2E-5</td><td>3</td></tr> </table> <p>F = 0,36364 p = 0,70947 At the 0,05 level, the means are NOT significantly different.</p>	A	0,03333	9,33333E-6	3	B	0,03133	4,33333E-6	3	C	0,032	1,2E-5	3	<p>Nitrite</p> <table border="1"> <tr><td>A</td><td>0,01233</td><td>2,33333E-6</td><td>3</td></tr> <tr><td>B</td><td>0,023</td><td>1E-6</td><td>3</td></tr> <tr><td>C</td><td>0,02133</td><td>3,43333E-5</td><td>3</td></tr> </table> <p>F = 7,86726 p = 0,02104 At the 0,05 level, the means are significantly different.</p>	A	0,01233	2,33333E-6	3	B	0,023	1E-6	3	C	0,02133	3,43333E-5	3
A	0,03333	9,33333E-6	3																						
B	0,03133	4,33333E-6	3																						
C	0,032	1,2E-5	3																						
A	0,01233	2,33333E-6	3																						
B	0,023	1E-6	3																						
C	0,02133	3,43333E-5	3																						

Matrice de corrélation :

	T	pH	SAL	NO3	NO2	PO4	Pb	Cd	Zn	Cu	Cr	Fe
T	1											
PH	-0,64	1										
SAL	-0,17	-0,63	1									
NO ₃ ⁻	0,76	-0,01	-0,76	1								
NO ₂ ⁻	-0,88	0,21	0,62	-0,97	1							
PO ₄ ³⁻	-0,85	0,15	0,66	-0,98	0,99	1						
Pb	-0,99	0,56	0,28	-0,83	0,92	0,9	1					
Cd	0,69	-0,99	0,58	0,06	-0,26	-0,21	-0,6	1				
Zn	-0,99	0,62	0,20	-0,78	0,89	0,86	0,99	-0,66	1			
Cu	0,43	-0,96	0,80	-0,23	0,03	0,09	-0,34	0,95	-0,41	1		
Cr	0,47	-0,97	0,78	-0,19	-0,003	0,05	-0,38	0,96	-0,44	0,99	1	
Fe	0,37	0,46	0,97	0,87	-0,76	-0,79	-0,46	-0,41	-0,39	-0,67	0,63	1

Thème

Quantification des ETM susceptible d'être présent dans le littoral EST de Jijel.

Noms et Prénoms des étudiantes :

M^{elle} Bouhadjar Karima

M^{elle} Felifla Amel

Date de soutenance

02/07/2012

Résumé

Le présent travail, consiste à évaluer le degré de pollution de littoral jijelien à travers le suivi spatiale des teneurs de certains éléments traces métalliques (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb et Zn) chez les algues.

Le littoral est soumis à de nombreux rejets complexes d'origine diverse rendant difficile l'élimination de la charge polluante résultant de l'activité anthropique. Les résultats obtenus font état d'une convergence de contamination métallique le long EST du littoral.

Mots clés : contamination, littoral, éléments traces métalliques, les algues,

Summary

The present work, consist in valuing the degree of pollution of coastline jijelien through the spatial follow-up of the contents of some elements metallic traces (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb and Zn) at algae.

The coastline is submitted to many complex dismissals of various origin making difficult the elimination of the resulting polluting load of the activity anthropic. The gotten results note a metallic contamination convergence the long is the coastline.

Keywords : contamination, coastline, trace metals, algae.

ملخص

العمل الحالي عبارة عن تقييم لمدى تلوث الساحل الجيجلي من خلال رصد المستويات المكانية و تتبع بعض المعادن (الكاديوم، الكروم، النحاس، الحديد، الرصاص و الزنك) في الطحالب.

الخط الساحلي يخضع للكثير من إصدارات مما يصعب عملية التخلص منها . النتائج المحصل عليها في هذا العمل تشير إلى تقارب في توزيع التلوث المعدني الناجم عن النشاط البشري على طول الساحل الشرقي الجيجلي

الكلمات المفتاحية: التلوث، العناصر المعدنية الثقيلة، الساحل، الطحالب