

*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*  
**Université Abderrahmane MIRA-Bejaia**

**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**  
**Département des Sciences Biologiques de l'Environnement**  
**Filière: Sciences Biologiques**  
**Option: Environnement et santé publique**



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

## **MASTER**

### *Thème*

**Contribution au suivi de la contamination  
métallique des zones côtière de la commune de  
Bejaia**

Présenté par:

**Drici Belkacem & Loudadji Abbes**

Soutenu le : **19 Juin 2017**

Devant le jury composé de :

	<b>Grade</b>	
M <sup>me</sup> Ikhroufi Malika	MAA	Président
M <sup>me</sup> Mankou Nadia	MAA	Encadreur
M <sup>elle</sup> Rahmani Amina	MAA	Examineur

**Année universitaire: 2016/2017**

# ***Remerciement***

***En premier lieux nous remerciant le bon Dieu,***

*Pour la volonté et la patience qu'il nous a donnée pour réaliser ce travail.*

*Nos profonds remerciements s'adressent à notre promotrice , M<sup>me</sup> Mankou N, pour l'aide qu'elle nous a apportée, pour sa patience, sa confiance, son encouragement, et Son œil critique qui nous a été très précieux pour structurer le travail et pour améliorer la qualité des différentes sections de notre mémoire, nous la remercions vivement.*

*Nos vifs remerciements vont à M<sup>me</sup> Ikhroufi M pour l'honneur qu'elle nous fait de présider ce jury.*

*Nous remercions également chaleureusement M<sup>elle</sup> Rahmani A d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Nous tenons également à remercier M<sup>r</sup> karar Mokran doctorant au département science biologique de l'environnement, Qu'il trouve ici toute notre gratitude et nôtres sincère respect*

*Sans oublié les personnel de bloc 11 de département de génie civile*

*Nous tenons à exprimer toutes nos reconnaissances a tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail par leur soutien moral ou matériel*

# *Dédicace*

*Au nom de dieu le clément miséricordieux*

*Je dédie ce modeste travail :*

*À mes très chers parents auxquels je ne pourrais rendre assez « longue vie »,  
pour leurs patiences leurs amours leurs soutien et leurs encouragements.*

*Que dieu les gardes pour nous.*

*Mes frères, mes sœurs et toute ma famille qui par leurs soutiens et leurs  
amours, m'ont appris à épanouir et à sourire afin d'être ce que je suis  
aujourd'hui. Je leur témoigne toutes mes sincères reconnaissances et je profite  
de l'occasion pour leur dire : « **je vous aime très fort** ».*

*Tous mes amis et mes camarades sans exception, pour les bons moments qu'on  
a passés ensemble en particulier les deux moh, bachir et ma chère yasmîna.*

*À toute la famille Drici de près et de loin et pour tous ceux qui me  
connaissent et qui m'ont aidé.*

*Sans oublier mon binôme abbes*

***Drici Belkacem***

# *Dédicaces*

*Je dédie ce mémoire*

*A Mon très cher père pour ces sacrifices et son soutien tout au long de ma vie.*

*A la mémoire de ma mère et ma sœur **Chahrazed** qui garde une place dans mon cœur et que dieu les bénissent dans leur vaste paradis.*

*A Ma cher Femme **Saida**.*

*A mes chers frères : **Mansour, Djaâfer, Rachid et Rayane**.*

*A mes chères sœurs : **Zakia, Torkia, Aida, Sabrina et Fatima**.*

*A Mes chers (es) amis (es) avec lesquels j'ai partagé des moments inoubliables.*

*A Mon binôme **Balkacem** et sa famille.*

*Loudadji Abbes*

## Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction

1

# I Synthèse Bibliographiques

<b>I.1. Généralité sur la pollution</b>	<b>4</b>
<b>I.1.1. Définition de la pollution</b>	<b>4</b>
<b>I.1.2. Les polluants</b>	<b>4</b>
<b>I.1.3. Sources et types de pollutions</b>	<b>5</b>
<b>I.1.3.1. Selon l'origine de la pollution</b>	<b>5</b>
<b>I.1.3.2. Selon la nature ou type des polluants</b>	<b>5</b>
<b>I.1.3.3. Selon la répartition géographique</b>	<b>5</b>
<b>I.1.3.4. En fonction de la répartition dans le temps</b>	<b>5</b>
<b>I.1.4. Les formes de pollution</b>	<b>5</b>
<b>I.1.4.1. La pollution atmosphérique</b>	<b>5</b>
<b>I.1.4.2. La pollution des sols</b>	<b>6</b>
<b>I.1.4.3. La pollution des eaux</b>	<b>6</b>
<b>I.2. La pollution marine</b>	<b>6</b>
<b>I.2.1. Généralité</b>	<b>6</b>
<b>I.2.2. Définition de la pollution marine</b>	<b>6</b>
<b>I.2.3. Les types de la pollution marine</b>	<b>7</b>
<b>I.2.3.1. Pollution par les hydrocarbures</b>	<b>7</b>
<b>I.2.3.2. Pollution organiques</b>	<b>7</b>
<b>I.2.3.3. Pollution chimique</b>	<b>7</b>
<b>I.2.4. La pollution marine en méditerranée</b>	<b>8</b>

I.2.5. La pollution des eaux marines en Algérie	8
I.3. Généralité sur les éléments tracs métalliques	9
I.3.1. Définition	9
I.3.2. Source de pollution par les éléments trac métalliques	9
I.3.2.1. Les sources naturelles	9
I.3.2.2. Les sources anthropiques	9
I.3.3. Classification des métaux lourds	10
I.3.3.1. Les métaux essentiels	10
I.3.3.2. Les métaux non essentiels	10
I.3.4. La toxicité des métaux lourds	10
I.3.5. Les métaux en milieu marin	11
I.3.6. Situation générale des métaux en Méditerranée	12
I.4. Les métaux lourds étudiés	13
I.4.1. Le Zinc	13
I.4.2. Le Cadmium	14
I.4.3. Le fer	15
I.5. Devenir des ETM dans le milieu aquatique	16
I.5.1. La bioaccumulation	17
I.5.2. La bioconcentration	16
I.5.3. La bioamplification	17
I.6. Effets des métaux lourds sur la santé humaine	17

## II Matériels et méthodes

II.1. Zone d'étude	19
II.1.1. Situation géographique	19
II.1.2. La population	19
II.1.3. la Végétation	20
II.1.4. Les activités industrielles	20
II.1.5. Les activités agricoles	20
II.1.6. L'activité de la pêche dans la wilaya de Bejaia	21

II.1.7. Le climat	21
II.1.8. Les températures	22
II.1.9. Sources de pollution dans la zone côtière de Bejaia	23
II.1.9.1. La pollution domestique	23
II.1.9.2. Les décharges	25
II.1.9.3. L'agriculture	26
II.1.9.4. Industries et mines	26
II.2. Echantillonnage	26
II.2.1. Choix des points de prélèvements	26
II.3. Méthode de prélèvement et analyse	28
II.3.1. Préparation de matérielles	28
II.3.2. Prélèvements	28
II.3.3. Les paramètres mesurés sur terrain	28
II.3.3.1. La température	29
II.3.3.2. La conductivité électrique	29
II.3.3.3. Le PH	30
II.3.3.4. L'oxygène dissous	30
II.3.3.5. La salinité	30
II.3.4. préparation des échantillons	30
II.3.4.1. matérielles utilisé	30
II.3.4.2. Préparation de verrerie et de plastique	31
II.3.4.3. Protocole suivi	31
II.4. Dosage des métaux lourds par la SAA	31
II.4.1. la Spectroscopie d'absorption atomique(SAA)	31
II.4.2. Principe	32
II.4.3. Etalonnage	32

## III Résultats et Discussions

III.1. Caractéristiques physicochimiques de l'eau de mer	35
III.2. Dosage des métaux lourds étudié	41

<b>III.3. Impact des métaux lourds étudiés</b>	<b>44</b>
<b>III.4. Analyse en composantes principales (ACP)</b>	<b>46</b>
<b>Conclusion</b>	<b>53</b>
<b>Références bibliographiques</b>	
<b>Annexes</b>	

## Liste des abréviations

- **%** : Pour Cent
- **ACP** : Analyse en Composantes Principales
- **Cd** : Cadmium
- **CDAEQ** : Centre D'expertise en Analyse Environnementale du Québec
- **CE** : Conductivité Electrique
- **DIPI** : Direction de l'Industrie et de la promotion de l'investissement
- **DO** : l'Oxygène Dissous
- **DPAT** : Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire
- **DPRH** : Direction de la Pêche et des Ressources Halieutique
- **DPSB** : Direction de la Programmation et Suivi Budgétaire
- **DSA** : Direction des Services Agricole
- **ETM** : Eléments Traces Métalliques
- **Fr** : Fer
- **GESAMP** : United Nations Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection
- **JORA** : Journal Officiel de la République Algérienne
- **MATE** : Ministre de l'Aménagement du territoire et de l'environnement
- **ORGM** : Office National de Recherche Géologiques et Minière
- **ORP** : Le Potentiel Redox
- **PH** : Potentiel Hydrogène
- **PNUE** : Programme de Nations Unies pour l'Environnement.
- **Sal** : Salinité
- **SAT** : La surface agricole totale
- **SAU** : Superficie agricole utile
- **SONMB** : Station Office National Météorologique de Bejaia.
- **T°** : Température
- **TDS** : Solide Dissoute Totale
- **Zn** : Zinc
- **OMS** : Organisation Mondiale de la Santé

## **Liste des Tableaux**

- **Tableau N° 01** : Caractéristiques de Zinc.
- **Tableau N° 02** : Caractéristiques de Cadmium.
- **Tableau N° 03** : Caractéristiques de Fer.
- **Tableau N°04** : population des villes côtières de la wilaya de Bejaia .
- **Tableau N°05** : Evolution de la flottille de pêche.
- **Tableau N°06** : Données climatologiques de la wilaya de Bejaia.
- **Tableau N°07**: Températures moyennes mensuelles pour la région de Bejaia (1978 – 2012).
- **Tableau N°08** :Nombre de point de rejet et leur nature dans les communes côtières de La wilaya de Bejaia.
- **Tableau N°09** : Les décharges littorales dans la wilaya de Bejaia.
- **Tableau N°10** : Les sites de prélèvement de la zone d'étude et leurs Coordonnées Géographiques.
- **Tableau N°11** : Paramètres physicochimiques des eaux de mer.
- **Tableau N°12** : corrélation entre les variables.
- **Tableau N°13** : la courbe utilisé pour le dosage de Zn.
- **Tableau N°14** : la courbe utilisé pour le dosage de Fr.
- **Tableau N°15** : la courbe utilisé pour le dosage de Cd.

## Liste des figures

- **Figure N°01** : carte représente la zone d'étude, réalisé pour notre étude (2017).
- **Figure N°02** : quantités moyenne de précipitation en (mm) mensuelle pour l'année 2015.
- **Figure N°03** : carte présentes les stations de 1 à 17
- **Figure N°06** Photo de la station 4 (Aokas centre).
- **Figure N°04** : carte présentes les stations de 18 à 22
- **Figure N°07** Photo de la station 6 (Oued djemaa).
- **Figure N°05** : carte présentes les stations de 23 à 30
- **Figure N°08** Photo de la station 13(Sidi Ali Labher 1).
- **Figure N°09** : Photo de la station 14(Sidi Ali Labher 2).
- **Figure N°010** : Photo de la station 6(Oued Sghir).
- **Figure N°11** : Photo de la station 4 (Port petroliere).
- **Figure N°12** : multi paramètres de terrain utilisé pendant les sorties sur le terrain.
- **Figure N°13** : spectrométrie d'absorption atomique (SAA) utilisé pour réaliser le dosage de l'étude.
- **Figure N°14** : Variation spatiotemporelle de la température (C°) dans l'eau de mer de la wilaya de Bejaia.
- **Figure N°15** : Variation spatiotemporelle du potentiel hydrogène dans l'eau de mer de la wilaya de Bejaia.
- **Figure N°16** : Variation spatiotemporelle de conductivité électrique (us/cm) dans l'eau de mer de la wilaya de Bejaia.
- **Figure N°17** : Variation spatiotemporelle de salinité (%) dans l'eau de mer de la wilaya de Bejaia.
- **Figure N°18** : Variation spatiale d'Oxygène dissous (mg/l) dans l'eau de mer de la wilaya de Bejaia.
- **Figure N°19** : Variations spatiotemporelle des concentrations du Fer (mg/l) dans l'eau de mer de la wilaya de Bejaia.
- **Figure N°20** : Variations spatiotemporelle des concentrations du cadmium (mg/l) dans l'eau de mer de la wilaya de Bejaia.
- **Figure N°21** : Variations spatiotemporelle des concentrations du Zinc (mg/l) dans l'eau de mer de la wilaya de Bejaia.

- **Figure N°22** : répartition des variables et des individus en fonction des axes F1 et F2
- **Figure N°23** : répartition des variables (paramètres physico-chimiques et des métaux) dans l'eau de mer de Bejaia selon le plan F1×F2, cercle de corrélation des variables.
- **Figure N°24** : répartition des variables et des individus en fonction des axes F1 et F2
- **Figure N°25** : Courbe d'étalonnage de Zinc
- **Figure N°26** : Courbe d'étalonnage de Fer
- **Figure N°27** : Courbe d'étalonnage de Cadmium

# ***INTRODUCTION***

## Introduction

Depuis plus de cinquante ans, la pollution est l'un des plus graves problèmes auxquels est confronté notre monde moderne. On entend par pollution, la présence dans l'environnement de grandes quantités de produits chimiques dangereux, généralement créés par l'homme, dont les effets nuisibles peuvent se faire durant de longues périodes sur toute la planète. Cette pollution peut affecter l'eau, l'air et la terre. Elle peut être évidente (nappes d'hydrocarbures flottante sur la mer) Comme elle peut être beaucoup moins visible (pesticides répandus sur les champs ou métaux lourds dissous dans les systèmes aquatiques) (**Key et al, 2006**).

Au cours des dernières décennies les zones côtières ont été le théâtre d'un développement accéléré un peu partout sur la planète. La pression démographique qui augmente d'une année à l'autre plus d'un tiers de la population est concentrée à l'intérieur des zones située à moins de 120 km des côtes (**Key et al, 2006**), s'accompagne inévitablement de répercussions sur l'environnement en général et sur le milieu marin en particulier. En effet, qu'il s'agisse du développement urbain, industriel, agricole ou touristique, l'activité humaine exerce une pression de plus en plus grande sur les milieux marins (**Bresler et al. 2003; Magni, 2003 ; Daby, 2006; Huang et al.2007 ; Rao et al, 2007**).

La situation au niveau de la wilaya de Bejaia concernant les déversements dans les cours d'eau atteignent, de nos jours, des proportions catastrophiques. Par manque de structure appropriée, usines et villes jettent directement leurs eaux résiduaires, sans les avoir traitées au préalable. Il y a aussi des produits toxiques qui aboutissent dans les oueds, affectant de nombreuses formes de vie. Parmi ces polluants, citons les éléments de traces métalliques, en provenance des tanneries, des huileries des usines de pâte à papier...Etc. La flore et la faune aquatique peuvent dans ce cas s'apparu l'écosystème aquatique est de plus en plus menacé par différentes sources (**Mankou, 2006**).

La pollution risque de diminuer ses potentialités économiques et d'avoir des répercussions néfastes sur la santé humaine. Plus que jamais, en cette fin de millénaire, la lutte contre la pollution des eaux est au centre des discussions et des débats à l'échelle mondiale. Des centaines de titres consacrés à ce sujet ont pu être relevés dans la presse, des centaines de colloques, rencontres, congrès se sont déroulés pour en débattre, sans oublier les campagnes de sensibilisation sur les graves problèmes de pollution subis par les différents écosystèmes. Parmi les substances chimiques susceptibles de constituer un danger pour la vie aquatique en général, nous signalons les métaux lourds dont certains comme le chrome, le plomb et le

cadmium. Ces éléments sont très toxiques et de plus en plus utilisés dans les secteurs industriels. Certains métaux non toxiques le deviennent vu leur pouvoir bio-accumulateur et de façon considérable, non seulement quantitativement mais aussi qualitativement (**Key et al, 2006**).

D'une manière générale, la qualité des eaux naturelles de surface peut résulter de contraintes naturelles et anthropiques, ainsi que de la gestion et l'économie de ces eaux. Ce sont là des acteurs à considérer pour améliorer ou même simplement conserver les sources d'eau sans les dégrader. L'activité anthropique reste la cause principale de la dégradation de la qualité des eaux naturelles. Ainsi la contamination métallique des écosystèmes présente des effets néfastes qui pourraient engendrer des situations critiques voir dangereuses affectant l'équilibre écologique des écosystèmes. Pour étudier de près cette situation, nous avons entrepris une étude sur les eaux de mer à travers plusieurs points d'échantillonnage sur les côtes de la wilaya de Bejaia vue la situation dans le monde et totalement similaire sachant que le littoral de la wilaya de Bejaia désormais affectés d'une façon ou d'une autre par le développement des zones urbaines côtières et l'augmentation de la population les rejets agricoles, urbains et industriels ... etc (**Bouras et al ,2010**).

Pour mener à bien ce travail, nous avons procédé à un ensemble de mesures de paramètres physico-chimiques (T°, pH, CE, Do, sal) in situ et d'autres au laboratoire (Cd, Fe, Zn). L'ensemble des résultats feront l'objet d'une étude statistique par l'Analyse en Composantes Principales (ACP) dans le but d'établir une relation entre les différents paramètres physico-chimiques et métalliques pour mieux évaluer l'effet des activités anthropiques sur la qualité de l'eau.

La présentation de ce travail s'articule autour de deux parties :

Une première partie est une synthèse bibliographique.

La deuxième partie est consacrée à l'étude expérimentale qui expose le matériel, les méthodes d'une part et les résultats et leurs discussions d'autres parts. En fin la conclusion et perspectives.

***SYNTHESE  
BIBLIOGRAPHIQUE***

## I.1. Généralité sur la pollution

### I.1.1. Définition de la pollution

Selon le dictionnaire du bon usage (**Robert, 1992**), «polluer» c'est "salir en rendant malsain, dangereux". «Polluer» signifie étymologiquement: profaner, souiller, salir, dégrader.

La définition la plus générale du terme pollution a été donnée par le premier rapport du Conseil sur la Qualité de l'Environnement de la Maison Blanche (1965) «la Pollution» qui dit : «est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît, en totalité ou en partie, comme un sous-produit de l'action humaine, au travers des effets directs ou indirects altérant les critères de répartition des flux de l'énergie, des niveaux de radiation, de la constitution physico-chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes. Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou au travers des ressources agricoles, en eau et en produits biologiques. Elles peuvent aussi l'affecter en altérant les objets physiques qu'il possède ou les possibilités récréatives du milieu».

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

D'autres définitions, limitent l'usage du terme de pollution au rejets de produits chimiques ou radioactifs dans l'environnement et désignent sous le vocable général de nuisances les autres altérations du milieu ambiant provoquées par l'homme.

### I.1.2. Les polluants

La majeure partie des polluants rejetés dans l'environnement parvient au milieu marin, soit indirectement par les rivières, le ruissellement ou l'atmosphère, soit directement par les rejets à la mer d'origine urbaine, agricole, ou industrielle. Or, la capacité naturelle des zones côtières à disperser et assimiler les polluants est limitée (**Ifremer, 2003**).

Les polluants se composent de :

- ✚ Substances naturelles : matières organiques surtout, substances minérales provenant de l'exploitation de mine, de carrière...;
- ✚ Substances de synthèses : plastique, pesticides dégradables ou non, toxiques ou non à rémanence variable

### I.1.3. Sources et types de pollutions

#### I.1.3.1. Selon l'origine de la pollution

- ✚ Urbaine: due principalement aux rejets d'eaux usées domestiques, eaux pluviales, eaux d'infiltration sous les dépôts d'ordures et autres.
- ✚ Industrielle: liée aux eaux usées, eaux d'infiltration sous dépôts industriels, liquides dangereux tels les hydrocarbures, eaux des bassins de lagunage, et autres;
- ✚ Agricole: causée par les eaux d'infiltration et de ruissellement dans les limites des périmètres irrigués, les sites d'élevages, de lisiers, d'épandages d'engrais et produits phytosanitaires.

#### I.1.2.2. Selon la nature ou type des polluants

- ✚ Physiques: chaleur, matières en suspension, radioactivité et autres;
- ✚ Chimiques: sels minéraux, métaux lourds, pesticides, détergents, hydrocarbures et autres;
- ✚ Microbiologiques: virus, bactéries

#### I.1.2.3. Selon la répartition géographique

- ✚ Pollution diffuse;
- ✚ Pollution ponctuelle.

#### I.1.2.4. En fonction de la répartition dans le temps

- ✚ Pollution permanente (chronique);
- ✚ • Pollution accidentelle;
- ✚ • Pollution saisonnière (sels de déneigement, etc.).

### I.1.3. Les formes de pollution

#### I.1.3.1. La pollution atmosphérique

On parle de pollution atmosphérique lorsque « une ou plusieurs substances ou des mélanges de substances polluantes sont présents dans l'atmosphère dans des quantités ou sur une période telles qu'ils sont dangereux pour les hommes, les animaux, les plantes ou bien, qu'ils contribuent à leurs mise en péril ou nuisent à l'activité et au bien-être des personnes » (OMS) (Heinrich et Hergt, 1990).

### **I.1.3.2. La pollution des sols**

Elle résulte de nombreuses causes, retombées de polluants atmosphériques, d'origine agricole (engrais, pesticides) ou par des apports de produits industriels (métaux lourds,...) (**Ramade, 2000**).

### **I.1.3.3. La pollution des eaux**

La pollution des eaux est l'introduction dans le milieu aquatique de toute substance susceptible de modifier les caractéristiques physiques, chimiques et/ou biologiques de l'eau et de créer des risques pour la santé de l'homme, de nuire à la faune et à la flore terrestres et aquatiques, de porter atteinte à l'agrément des sites ou de gêner toute autre utilisation normale des eaux. Par le jeu de la circulation hydrique à la surface des continents, les fleuves et les apports telluriques directs dus au ruissellement et au lessivage des terres émergées dans les zones côtières apportent de nombreux polluants dans les eaux littorales causant ainsi un grand problème environnemental qui est la pollution marine (**Ramade, 2000**).

## **I.2. La pollution marine**

### **I.2.1. Généralité**

Avec les développements technologiques qu'on vit plus en plus, la croissance démographique et la surexploitation des ressources naturelles, l'homme a contribué d'une façon directe ou indirecte à l'intensification de la pollution qui constitue un problème de l'hygiène du milieu et de la santé humaine.

En effet la pollution engendre d'une part une diminution des ressources naturelles et d'autre part elle entraîne des perturbations au niveau des compartiments abiotiques fondamentaux des milieux (atmosphère, sol, eau)

L'une des plus importantes et des plus inquiétantes des pollutions de l'environnement est celle du milieu marin.

### **I.2.2. Définition de la pollution marine**

Selon le **G.E.S.A.M.P (1990)**, la pollution marine est «l'introduction, directement ou indirectement, dans le milieu marin (estuaires compris), de substances ou d'énergie provoquant des effets nuisibles tels que dommages aux ressources biologiques, risques pour la

santé humaine, entraves aux activités maritimes, notamment la pêche, altération de la qualité d'utilisation de l'eau de mer et réduction des agréments» (Lacaze, 1996).

### **I.2.3. Les types de la pollution marine**

#### **I.2.3.1. Pollution par les hydrocarbures**

Celle-ci est liée à l'extraction, au transport, et à l'utilisation du pétrole et de ses dérivés (lubrifiants, carburants).

A cela s'ajoutent le nettoyage de citernes (dégazage) et les opérations de déballastage : 450000 tonnes par an de ballast et 90000 tonnes par an de substances liquides et nocives (surtout l'huile) sont rejetées en méditerranée (Bouquet, 2001).

#### **I.2.3.2. Pollution organiques**

Microorganismes, et matière organiques, fermentescibles :

Cette forme est provoquée par les eaux usées d'origine domestiques et industrielles. Pendant la saison estivale, on constate sur les côtes nord Méditerranéennes, due à l'affluence massive des touristes, une augmentation de pollution des eaux marines par des matières organiques fermentescibles d'autant plus que les stations d'épuration sont saturées (Delavif, 2001).

Eutrophisation, l'excès des sels nutritifs comme le nitrate entraîne le développement d'algues vertes (les ulves) qui recouvrent alors de vastes surfaces, ce phénomène perturbe les conditions de vie de la faune locale, parfois jusqu'à la mort (Bendimered, 2000).

#### **I.2.3.3. Pollution chimique**

Ce type de pollution est engendré par des rejets de produits chimiques à la fois d'origine industrielle et domestique. Ces polluants sont de deux catégories (Galaf et Ghannam, 2003).

- **Les micropolluants chimiques organiques:**

Hydrocarbures, pesticides, détergents et autres... Ces polluants sont appelés les polluants organiques permanent.

- **Les micropolluants chimiques inorganiques:**

Métaux lourds et autres...

Le danger de ces polluants dépend de leur nature biochimique. Certains sont hydrosolubles, facilement dilués et donc leur action est minime. D'autres sont liposolubles avec un pouvoir de se concentrer au niveau des lipides et par conséquent, ils vont emprunter la chaîne trophique.

Il y a d'autres polluants ayant un pouvoir contaminant plus nuisible, il s'agit des molécules qui échappent à la dégradation, elles sont appelées récalcitrantes (Galaf et Ghannam, 2003).

### **I.2.4. La pollution marine en méditerranée**

La mer méditerranée est peu profonde dans son ensemble en moyenne 1500 m. C'est un bassin presque entièrement fermé ou le faible afflux d'eau superficielle provenant de l'océan atlantique constitue sa source majeure de renouvellement. Son renouvellement complet prend plus d'un siècle par le détroit de Gibraltar (profond seulement de 300 m). Ce faible flux, couplé avec une forte évaporation, rend la Mer Méditerranée plus salée que l'océan atlantique.

Bien que cette mer ne représente que 1% de la surface totale couverte par les océans dans le monde, l'activité humaine y exerce une pression considérable. L'urbanisation du littoral, l'activité industrielle, l'agriculture intensive, les ports et la navigation sont les principaux facteurs de la pollution marine nuisibles aux ressources naturelles.

En effet, la méditerranée représente 30% du transport maritime, elle connaît à elle seule 1/5 des accidents pétroliers mondiaux. La méditerranée est la première destination touristique au monde (30 % du tourisme mondial). Plus de 500 millions de tonnes d'égouts sont évacuées dans la mer chaque année, dont 120 000 tonnes d'huiles minérales, 60 000 tonnes de plomb et 3600 tonnes de phosphates. L'industrie de la pêche exerce elle aussi une pression constante sur l'environnement (P.N.U.E, 2004)

### **I.2.5. La pollution des eaux marines en Algérie**

Les apports telluriques de polluants sont importants. Le volume d'eaux usées non traitées (eaux usées des populations urbaines, pôles industriels) qui arrivent dans les enceintes et les rades portuaires est estimé à 1 million de m<sup>3</sup>/jour. Les flux de pollution vers les ports révèlent des charges importantes: 88.000 tonnes/an de DB05 et 186.000 tonnes/an de DCO. En ce qui concerne la pollution par les métaux lourds, 5 ports dépassent les normes pour le mercure, 3 pour le plomb, 4 pour le cuivre, 4 pour le zinc et 1 pour le chrome. Pour les HCT (hydrocarbures totaux), la quasi-totalité des grands ports présentent des pics qui dépassent de loin les normes de référence.

Enfin, 5 ports dépassent la valeur limite pour la pollution microbienne (>100.000 E. coli/100 ml). En dehors des zones portuaires, de nombreux sites sont interdits à la baignade en raison d'une mauvaise qualité bactérienne des eaux: 135 19 plages sont interdites de baignade sur 409 plages ayant fait l'objet d'analyses en 1996 (MATE., 2002).

### **I.3. Généralité sur les éléments tracs métalliques**

#### **I.3.1. Définition**

Un métal est une matière, issue le plus souvent d'un minerai ou d'un autre métal, dotée d'un éclat particulier, bon conducteur de chaleur et d'électricité, ayant des caractéristiques de dureté et de malléabilité, se combinant ainsi aisément avec d'autres éléments pour former des alliages utilisables dans l'industrie, l'orfèvrerie... On appelle en général métaux lourds les éléments métalliques naturels, métaux ou dans certains cas métalloïdes (1) caractérisés par une masse volumique élevée, supérieure à 5 grammes par cm<sup>3</sup>. On retrouve dans certaines publications anciennes l'appellation de « métal pesant ». Quarante et un métaux correspondent à cette définition générale auxquels il faut ajouter cinq métalloïdes. Ces métaux sont présentés dans le tableau ci-après (Miquel, 2001).

Les métaux lourds sont présents dans l'environnement marin sous différentes formes chimiques, qui résultent d'équilibres entre les ions métalliques et les complexes organiques et inorganiques (Duquesne, 1994).

#### **I.3.2. Source de pollution par les éléments trac métalliques**

##### **I.3.2.1. Les sources naturelles**

Les métaux lourds sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, mais en général en quantités très faibles. On dit que les métaux sont présents «en traces». Ils sont aussi «la trace» du passé géologique et de l'activité de l'homme. Les métaux sont des composants naturels de l'écorce terrestre dans laquelle on les rencontre généralement sous forme de minerais, associés entre eux et à de nombreux éléments (oxygène et soufre en particulier). Ils sont donc aussi naturellement présents dans les roches drainées par les eaux de surface et les nappes souterraines, de même que dans les poussières atmosphériques. Par ailleurs, les volcans et les incendies de forêts, constituent aussi des sources naturelles importantes de métaux (Chiffolleau et al, 2001).

##### **I.3.2.2. Les sources anthropiques**

L'activité humaine n'a apporté aucun changement dans les volumes de métaux lourds. Il n'y a ni création, ni suppression. Elle a surtout changé la répartition des métaux, les formes chimiques (ou spéciations) et les concentrations par l'introduction de nouveaux modes de dispersion (fumées, égouts, voitures...). Si

une partie des métaux lourds part directement dans le sol et les eaux, l'essentiel est d'abord émis dans l'atmosphère avant de rejoindre les deux autres éléments. (Miquel, 2001).

Il existe trois sources principales de métaux lourds:

- Apports d'origine agricole (amendements organiques, engrais minéraux, pesticides).
- Résidus industriels et urbains.
- Retombés atmosphériques (Duchaufour, 1997).

### I.3.3. Classification des métaux lourds

Ils sont divisés en deux classes : les métaux essentiels et les métaux non essentiels.

#### I.3.3.1. Les métaux essentiels

Les métaux essentiels sont des éléments indispensables, à l'état de traces, pour de nombreux processus cellulaires et qui se trouvent en très faible proportions dans les tissus biologiques (Loué, 1993). Ces oligoéléments doivent répondre aux critères fixes par :

- ✚ être présent dans les tissus vivants à une concentration relativement constante.
- ✚ provoque, par leur absence dans l'organisme, des anomalies structurelles et physiologiques.
- ✚ prévenir ou guérir les troubles par l'apport de ce seuil d'élément (Cotzias, 1967)

#### I.3.3.2. Les métaux non essentiels

Les métaux non essentiels n'ont aucun effet bénéfique connu pour la cellule mais présentent un caractère polluant avec des effets toxiques pour les organismes vivants même à faibles concentrations, c'est le cas du plomb, du mercure, du cadmium (Chiffolleau, 2004)

### I.3.4. La toxicité des métaux lourds

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

métaboliques de ces derniers. Dans le cas contraire, une carence ou un excès de ces éléments essentiels peut induire des effets délétères.

D'autres ne sont pas nécessaires à la vie, et peuvent être même préjudiciables comme le Mercure (Hg), le Plomb (Pb), le Cadmium (Cd) et l'Antimoine (Sb) (Casas, 2005).

### **I.3.5. Les métaux en milieu marin**

Un métal est un élément chimique, issu le plus souvent d'un minerai doté d'un éclat particulier, bon conducteur de chaleur et d'électricité, ayant des caractéristiques de dureté et de malléabilité, se combinant aisément avec d'autres éléments pour former des alliages utilisés pas l'homme depuis l'Antique.

Si les métaux sont souvent indispensables au déroulement des processus biologique (oligo-éléments), nombre d'entre eux peuvent s'avérer contaminants pour diverses formes de vie, lorsque leur contamination dépasse un seuil, lui-même fonction de l'état physico-chimique (spéciation) de l'élément considéré. C'est le cas du Fer (Fe), du Cuivre(Cu), du Zinc (Zn), du Nickel (Ni), du Vanadium (V), du Sélénium (Se), du Molybdène (Mo), du Manganèse (Mn), du Chrome (Cr), de l'Arsenic (As), et du titane (Ti) (Miquel 2001)

D'autre ne sont pas nécessaire à la vie et peuvent être même préjudiciables comme le Mercure (Hg), le plomb (Pb), le cadmium (Cd), et l'antimoine (Sb) (chiffolleau *et al*, 2001)

L'appellation « éléments en traces métalliques » (ETM) ou par extension « éléments traces » est communément utilisée pour désigner les éléments métalliques naturels, caractérisés par une masse volumique élevée, supérieure à 5 g.cm<sup>-3</sup>.

Les utilisations des métaux sont multiples et très diversifiées, depuis les additifs de plomb dans les carburants jusqu'aux sels d'argent de l'industrie photographique, au nickel ou au cadmium des batteries d'accumulateurs, au zinc des gouttières ou au chrome des aciers inoxydables, au cuivre de l'industrie électrique ou à l'arsenic des produits phytosanitaires. Les sources de contamination le sont par conséquent aussi. Durant toutes les phases d'élaboration, d'utilisation et/ou de recyclage de ces produits, des métaux sont rejetés dans l'environnement, soit directement dans les eaux continentales ou marines, soit dans l'atmosphère transportés par les vents, associés aux aérosols avant de se déposer par voie sèche ou humide à la surface de la terre ou de l'océan.

Ainsi, les métaux traces sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, à la fois parce qu'ils sont naturellement présents (sources naturelles) ou

parce que certaines activités de l'homme favorisent leur dispersion (source anthropique). Enfin, ils présentent un danger potentiel pour le consommateur de produits marins du fait de leur possibilité de concentration dans les espèces marines, de leur élimination difficile et de leur large répartition dans le milieu aquatique.

### **I.3.6. Situation générale des métaux en Méditerranée**

Comme son nom l'indique, la Méditerranée est une mer semi-fermée, entourée de trois continents, les apports atmosphériques et telluriques sont donc importants. Sa superficie est de  $2,5.10^{12}$  m<sup>2</sup>, alors que son bassin versant représente  $1,8.10^{12}$  m<sup>2</sup>. Le rapport des surfaces bassin versant sur mer est donc de 0,7 alors qu'il est de 0,3 pour l'océan mondial. Cet effet du bassin versant reste toutefois inférieur à ce que subit la mer Noire où le rapport des surfaces respectives atteint 4,4. Dans la vingtaine de pays riverains de la Méditerranée sont hébergés près de 400 millions d'habitants, dont 100 millions de résidents sur la zone côtière, recevant 120 millions de visiteurs par an. En conséquence, au lessivage naturel des sols et à l'érosion éolienne, s'ajoutent les apports (ou rejets) liés aux activités industrielles, agricoles et urbaines du bassin versant. De plus, les apports atmosphériques, inclus dans la circulation atmosphérique, peuvent venir de régions extérieures au bassin versant: Europe du Nord et régions sahariennes.

Les premières mesures fiables d'éléments traces, réalisées en 1983, ont montré des profils verticaux très différents en Méditerranée de ceux mesurés dans les océans Atlantique et Pacifique (**Ruiz-Pino et al, 1990**).

Dans ces deux océans, pour le zinc et le cadmium, par exemple, les profils verticaux s'apparentaient à ceux des éléments nutritifs, à savoir de très faibles concentrations en surface et une augmentation progressive en profondeur.

En Méditerranée, ces métaux traces sont plus concentrés dans les couches supérieures que dans les couches inférieures où ils restent en quantité relativement stable. Ces profils particuliers en Méditerranée ont été interprétés par un état non stationnaire, les apports superficiels étant plus forts que le transfert vertical par l'activité biologique et les mouvements hydrologiques. Cette caractéristique a permis aux chercheurs d'analyser avec plus de facilité l'évolution de la concentration des métaux traces (mercure, cadmium, plomb, cuivre et zinc) provenant de l'atmosphère et des rivières: dus pour l'essentiel aux activités humaines.

## I.4. Les métaux lourds étudiés

### I.4.1. Le Zinc

Le Zinc entre naturellement dans l'atmosphère à partir du transport par le vent de particules du sol, des éruptions volcaniques, des feux de forêts et d'émission d'aérosols marins. Les apports anthropiques de Zinc dans l'environnement résultent des sources minières industrielles (traitement minéral, raffinages, galvanisation du Fer, gouttières de toitures, piles électriques, pigments, matières plastiques, caoutchouc), des épandages agricoles (alimentation animale, lisiers) et des activités urbaines (trafic routier, incinération ordures). Dans les zones portuaires, le Zinc est introduit à partir de la dissolution des anodes destinées à la protection des coques de bateaux contre la corrosion, et est contenu dans certaines peintures antisalissure, (Casas 2005)

Le Zinc est un oligo-élément nécessaire au métabolisme des êtres vivants, essentiel pour de nombreux métallo enzymes et les facteurs de transcription qui sont impliqués dans divers processus cellulaires tels que l'expression des gènes, transduction du signal, la transcription et la réplication.

Le Zinc est un des métaux les moins toxiques et les problèmes de carence sont plus fréquents et plus graves que ceux de toxicité. Les risques tératogènes, mutagènes et cancérigènes sont pratiquement nuls aux doses utilisées chez l'homme. Si les signes digestifs aigus n'apparaissent qu'à dose élevée, une anémie sévère par interaction avec le Cuivre peut survenir avec des doses peu supérieures aux apports recommandés. En outre, des problèmes non résolus persistent dans des domaines importants en santé publique: maladie d'Alzheimer, patients diabétiques ou séropositifs (Pichard, 2005 ; Gunnar et al, 2007).

**Tableau N° 01 : Caractéristiques de Zinc (Rodier, 1996)**

Élément	Étymologie d'élément	Symbole	Année de découverte	Numéro atomique (Z)	Masse atomique (Ar)	Masse volumique (g/cm <sup>3</sup> )
Zinc	De, zink, nom allemand de l'étain	Zn	16 <sup>ème</sup> siècle	30	65,38	7,133

#### ✚ Origine du Zn

- Les émissions de Zn sont dues à des procédés industriels appartenant à la métallurgie des ferreux et des non ferreux, aussi à l'incinération des déchets (**EI, 1997**).
- Les mines de Zn, le raffinage de Zn, la galvanoplastie, les engrais phosphatés, les insecticides, les pigments sont des sources de contamination de l'eau (**Arnaud et Favier 1995**)

#### I.4.2. Le Cadmium

C'est un métal rare qui n'existe pas à l'état natif il est stable à une température ordinaire mais s'oxyde lentement à l'air en présence d'humidité, il est présent en faible quantité dans la biosphère (0,1 – 0,2 ppm). En milieu aquatique se trouve sous diverses formes (dissoute, colloïdale, particulaire). Les formes dissoutes (< 1 nm) de cet élément sont des espèces libres ( $Cd^{2+}$ ) et formées par des associations (complexation) de cadmium avec des composés minéraux ou organiques, l'ion libre du cadmium se trouve majoritairement dans le milieu. Ce dernier influence par la salinité (plus la salinité augmente, plus la concentration en  $Cd^{2+}$  diminue). En zone côtière, lors du mélange des eaux douces avec l'eau de mer, le cadmium forme des complexes avec les chlorures (**Casas, 2005**)

La toxicité aiguë n'apparaît qu'à des doses de plusieurs milligrammes par litre, qui ne sont jamais rencontrées même dans un environnement contaminé. Des effets sublétaux comme l'érosion des nageoires des poissons plats ou des perturbations des fonctions respiratoires ou reproductrices chez les invertébrés marins peuvent apparaître à des concentrations de quelques microgrammes par litre, qui ne sont pratiquement jamais observées dans l'environnement littoral. Les risques encourus par les individus exposés au cadmium ont été réévalués récemment par un groupe d'experts du Centre international de recherches sur le cancer, qui l'ont classé dans la catégorie des substances "probablement cancérogènes pour les êtres humains (**Boutier et al, 1989**).

**Tableau N° 02 : Caractéristiques de Cadmium (Rodier, 1996).**

Elément	Etymologie d'élément	Symbole	Année de découverte	Numéro atomique (Z)	Masse atomique (Ar)	Masse Volumique (g/cm <sup>3</sup> )
<b>Cadmium</b>	Du Grec, Kadmia terre	Cd	1817	48	112,4	8,7

**✚ Origine de Cd**

- Les sources naturelles sont assurées essentiellement par les agents atmosphériques et l'érosion terrestre qui libèrent et transportent le Cadmium ainsi que d'autres oligo-éléments dans le milieu marin (Casas, 2005).
- Industrie : métallurgie de Zn, de Pb, traitement des surfaces, industrie chimique (la matière plastique).
- Batteries.
- Agricole : engrais chimiques (Gaujous.D, 1995)

**I.4.3. Le fer**

Le Fer (Fe) est un métal essentiel, entre dans la composition de nombreux alliages dont les aciers inoxydables. Il est utilisé dans les machines et ustensiles divers utilisés quotidiennement ainsi que dans les infrastructures du monde moderne. Le Fer est classé au quatrième rang des éléments de la croûte terrestre par ordre d'abondance, sa présence dans l'eau peut avoir diverses origines : lessivage des terrains avec dissolution des roches et des minerais contenus dans le sous-sol ; rejets industriels (pollutions minières, métallurgiques, sidérurgiques) ; corrosion des canalisations métalliques (en fonte ou en acier) ou existence de dépôts antérieurs.

La régulation du Fer dans le sang est contrôlée par deux protéines d'absorption et d'exportation. La carence ou l'excès en Fer peut être potentiellement toxique pour les cellules, c'est pourquoi son transport est rigoureusement contrôlé. Un faible niveau de Fer chez l'homme cause l'anémie, l'un des problèmes de santé publique les plus répandus qui peut être imputable à des causes d'ordre nutritionnel, notamment la carence en Fer, à des troubles inflammatoires ou infectieux et à des pertes de sang.

Le mécanisme toxique principal du Fer réside dans sa capacité à induire la formation de radicaux libres, avec, pour conséquence, une peroxydation lipidique. Classiquement, l'intoxication au Fer est décrite comme évoluant en cinq phases : troubles digestifs, amélioration clinique transitoire, toxicité systémique avec choc, acidose métabolique, coma, toxicité hépatique avec coagulopathie, séquelles digestives à type de sténose. Le traitement comporte, hormis le traitement symptomatique, la décontamination digestive avec irrigation intestinale et traitement chélateur par déféroxamine. Le charbon activé est inefficace. L'exposition chronique au Fer est principalement d'origine professionnelle et se traduit par une pneumoconiose de surcharge consécutive à l'inhalation de poussières et d'oxydes de Fer. La sidérose oculaire est une pathologie chronique grave pouvant aboutir à la perte de la vision de l'œil touché. Elle survient lorsqu'un corps étranger contenant du Fer se retrouve dans l'œil ou à son contact (Nestel et Davidsson, 2003 ; Gunnar et al, 2007).

**Tableau N° 03 : Caractéristiques de Fer (Rodier, 1996).**

Élément	Étymologie d'élément	Symbole	Année de découverte	Numéro atomique (Z)	Masse atomique (Ar)	Masse Volumique (g/cm <sup>3</sup> )
Fer	du latin, Ferrum	Fe	/	26	55,847	7,87

**✚ Origine de Fe :**

- Naturelle (sous-sol) : il est fréquent dans les eaux sous terraines.
- Industrielle : la sidérurgie, métallurgie et l'industrie minière.
- Une source très importante, les bois traité par la CCA (EI, 1997).

**I.5. Devenir des ETM dans le milieu aquatique**

Beaucoup d'organismes marins accumulent des contaminants à de très fortes concentrations dans leurs tissus. Ces processus d'accumulation dépendent des taux d'assimilation, d'excrétion et de stockage de chaque élément (Rainbow et Phillips, 1993).

**I.5.1. La bioaccumulation**

Est un mécanisme physiologique qui se traduit par la fixation des substances toxiques dans les organismes marins, c'est donc la possibilité pour une espèce donnée de concentrer un toxique donné à partir du milieu extérieur, ces substances non biodégradables vont se concentrer le long des divers maillons de la chaîne trophique, les concentrations maximales se

trouvent chez les grands prédateurs (poisons, mammifères marins, l'homme) ou chez les mollusques filtreurs comme les moules (**Boutiba,2004**).

### **I.5.2. La bioconcentration**

La bioconcentration est un cas particulier de bioaccumulation. Elle est définie comme 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. C'est donc l'accroissement direct de la concentration d'un contaminant lorsqu'il passe de l'eau à un organisme aquatique. Le facteur de concentration FC est défini comme une constante issue du rapport de la concentration d'un élément dans un organisme en état d'équilibre à sa concentration dans le biotope (**Ramade, 1992**).

### **I.5.3. La bioamplification**

C'est une concentration d'un toxique après consommation de plus petit organisme de la chaîne par le plus grand; il s'agit dans ce cas de la possibilité pour un toxique d'être cumulé par une chaîne trophique, si le toxique n'est pas dégradé ou éliminé, il va s'accumuler de plus en plus au niveau de chaque maillon de la chaîne alimentaire (**Boutiba, 2004**).

## **I.6. Effets des métaux lourds sur la santé humaine**

Parmi les éléments chimiques minéraux, les métaux occupent une place prépondérante dans notre monde moderne car ils interviennent dans la plupart des secteurs d'activité. Par ailleurs, ils sont, pour beaucoup d'entre eux, indispensables au monde vivant (Fer, Zinc...) parfois en très faible quantité (oligo-éléments essentiels). Certains de ces oligo-éléments (Chrome, Nickel, Manganèse...) indispensables à petite dose, deviennent toxiques à forte concentration. Enfin, il y a des métaux comme le Mercure, le Plomb et le Cadmium qui sont uniquement toxiques pour les organismes vivants (**Picot, 2002**).

L'intoxication au Cadmium, chez la femme enceinte, a été liée à la diminution, de la durée de la grossesse, du poids du nouveau-né et récemment, au dysfonctionnement du système endocrinien et/ou immunitaire chez l'enfant (**Schoeters et al, 2006**).

Plusieurs études ont été effectuées sur la fertilité en testant la vitalité des spermatozoïdes ; ce qui fait que l'exposition à ces métaux réduit cette capacité. Alors qu'un traitement d'oeufs avec chaque métal (Cd, Hg, Pb, Ni et Zn) n'a pas empêché la fertilisation, mais a retardé ou bloqué les premières divisions mitotiques, et un changement précoce dans le développement embryonnaire est envisagé (**Lidsky et Schneider, 2003**).

***MATERIELS ET  
METHODES***

## II.1. Zone d'étude

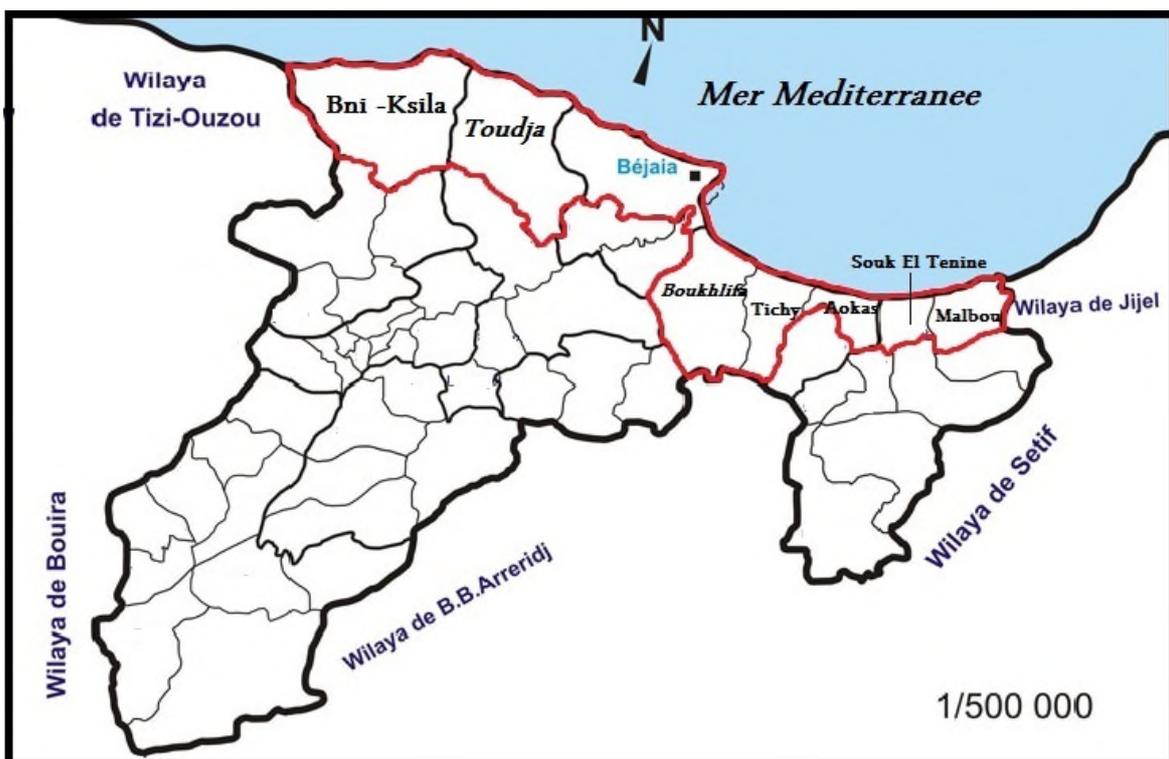
### II.1.1. Situation géographique

#### 📍 La wilaya de Bejaia

La Wilaya de Bejaia est située sur la partie orientale de l'Algérie septentrionale à 200 Km à l'Est de la capital. Elle est limitrophe des wilayas de Tizi Ouzou et Bouira à l'Ouest ; Sétif et Bordj-Bou-Arreidj au sud ; Jijel à l'Est et la mer Méditerranée au Nord la wilaya s'étend sur une superficie de 3328.5 Km<sup>2</sup>(**ORGM, 1999**).

#### 📍 La zone côtière de la wilaya de Bejaia

Le littoral de la wilaya de Bejaia s'étend sur plus de 120 Km définie en côtes Est et Ouest renfermant 46 plages en passant par 8 communes qui sont :Malbou, Souk-El-Tnine, Aokas, Tichy, Boukhelifa, Bejaia, Toudja, Beni-Ksila.Comme l'illustre la Figure N°01, les communes forment une ceinture parallèle au rivage, la superficie de ces commune égale à 746 Km<sup>2</sup> qui présente 22.5 % de la superficie total de la wilaya (**DPSB, 2015**).



**Figure N°01** : carte représente la zone d'étude, réalisé pour notre étude (2017)

### II.1.2. La population

La wilaya de Bejaia compte 935 200 habitants. La population des communes côtières de la wilaya de Bejaia se repartie sur le territoire comme le montre le tableau ci-dessous :

**Tableau N°04:** population des villes côtières de la wilaya de Bejaia (DPSB, 2015).

Communes côtières	Bejaia	Tichy	Aokas	S-Tnine	Malbou	Toudja	B-ksila	Boukhelifa
Nombre d'habitants	187 065	17 390	16 805	14 760	11 975	10 330	4 605	9210

### II.1.3. la Végétation

La région de Bejaia est d'une richesse faunistique et floristique. En effet, étant l'un des points de l'Algérie où il pleut le plus (avec une moyenne 600 à 1.100 mm/an), la végétation s'y développe dans les meilleures conditions.

C'est par excellence la région de l'olivier, du figuier, du caroubier, du câprier, du peuplier, des chaînes (liège, zen, afarés et vert) et autres pins d'Alep, cèdre et sapin de Numidie. Au niveau du parc National de Gouraya existe une endémique de la région, il s'agit de l'euphorbia dendroïdes (DPAT 2012).

### II.1.4. Les activités industrielles

La zone industrielle de Bejaia est classée 3ème pôle industriel de l'Est Algérien, après Annaba et Constantine. Elle est située à l'Est de la ville de Bejaia et s'étend sur plus de 228 ha. L'entreprise Portuaire de Bejaia se propose de concilier le bon fonctionnement du port, l'activité économique et humaine qu'elle représente avec l'exigence morale de traiter toutes les contraintes liées à ses activités (Amarnia-lahlah, 2009).

### II.1.5. Les activités agricoles

La surface agricole totale (SAT) est de près de 164 794 ha soit 51,12 % de la superficie totale de la Wilaya, la Superficie agricole utile (SAU) est de 130 348 Ha, soit 79,1 % de la surface agricole totale, dont 6 003 Ha irrigués soit 4,61 % de la SAU qui est répartie comme suit :

1. Cultures permanentes : 70 672 Ha (dont 97,73 % en arbres fruitiers).
2. Terres labourables : 59 676 Ha

3. Pacages et parcours : 30 859 Ha (DSA, 2015).

Le foncier agricole est composé sous forme des plaines situées près de littoral. La fertilité de sol confère au secteur de l'agriculture des aptitudes à une exploitation intensive (irrigation, mécanisation) dans le domaine d'arboriculture, les agrumes et les fourrages. Cependant, Ce secteur crée la pollution à partir de l'utilisation des engrais contenant les produits polluants qui affecte dans les nappes sous terrains et qui débouche par la suite dans la mer avec le temps (Boutarcha et Chrifaînouche, 2009)

### II.1.6. L'activité de la pêche dans la wilaya de Bejaia

L'activité de la pêche représente une partie très importante dans le cadre économique et social, pour cela cette activité a connu une nette évolution en matière de flottille de la population maritime et de la production halieutique, dans le tableau N°05.

**Tableau N°05: Evolution de la flottille de pêche (DPRH, 2015).**

Année Type et nombre	2003	2005	2006	2009	2015
Chalutiers	11	11	14	18	22
Sardinier	14	32	34	34	51
Petit Métiers	90	163	166	163	197
Corailleur	01	01	01	//	//
Total	116	208	215	216	270

### II.1.7. Le climat

Appartenant au domaine méditerranéen, le climat de la wilaya de Bejaia varie d'une zone à une autre. La zone littorale et la vallée de la Soummam jouissent d'un climat pluvieux et doux en hivers, sec et chaud en été favorable au développement du tourisme balnéaire, la Figure N°02 montre les quantités moyennes en (mm) de précipitation mensuelle pour l'année 2015 (D E B, 2015).

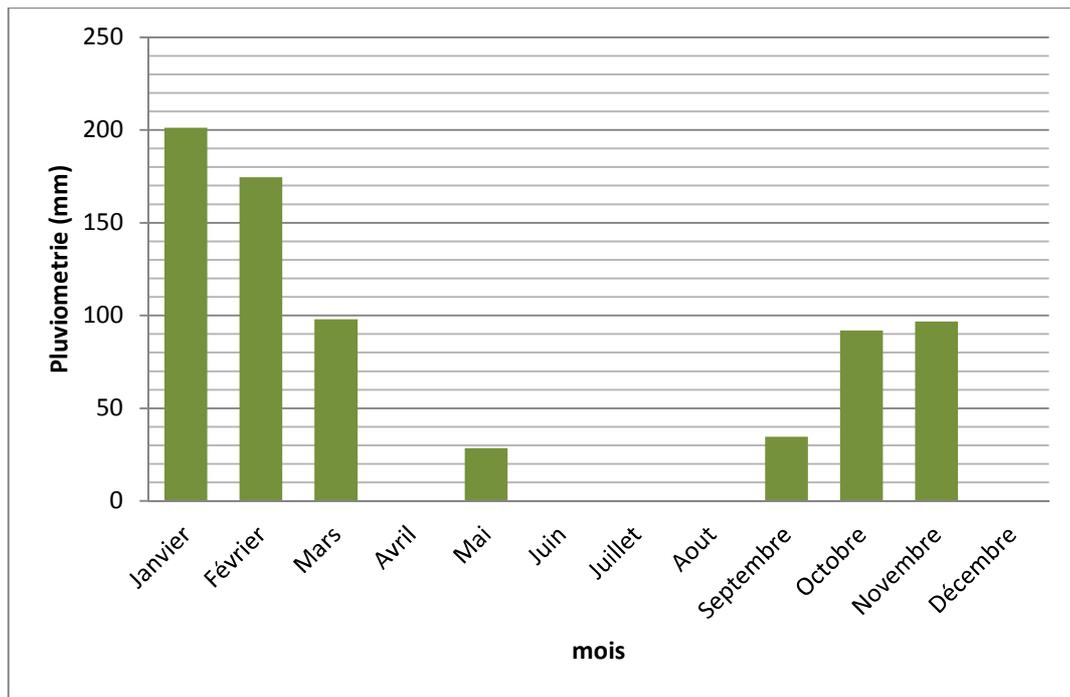


Figure N°02 : quantités moyenne de précipitation en (mm) mensuelle pour l’année 2015

### II.1.8. Les températures

La température est un facteur écologique limitant de toute première importance, car elle intervient d’une part, dans l’étude hydro climatique d’une région et d’autre part, elle contrôle l’ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne, de ce fait, la répartition des espèces animales et végétales (Saou, 2013).

Le Tableau N°07 présent les températures durant la période allant de 1978- 2012 Dans notre site d’étude.

Tableau N°07 : Températures moyennes mensuelles pour la région de Bejaia (1978 – 2012) (SONMB, 2013)

Mois	J	F	M	A	M	J	JT	A	S	O	N	D
M	16.5	16.9	18.6	20.3	22.9	26.4	29.5	30.2	28.1	25.3	20.8	17.5
m	7.7	7.8	9	12	14.4	18	20.9	21.7	19	16.4	12.2	9
M+m/2	12.1	12.3	13.8	16.1	18.6	22.2	25.2	25.9	23.5	20.8	16.5	13.2

**M** :température maximale mensuelle

**m**: température minimale mensuelle

**M+m/2** : température moyenne mensuelle

- ✚ D'après ce tableau on voit que le moins le plus froid est celui de janvier avec une température minimale 7.7°C
- ✚ Et le mois le plus chaud correspond au mois d'Aout avec une température maximale 30°C

## **II.1.9. Sources de pollution dans la zone côtière de la wilaya de Bejaia**

### **II.1.9.1. La pollution domestique**

Le tableau N°08 énumères le totale des nombres de rejets qui sont en nombre de 18 ainsi que la nature et source des eaux usées domestiques des communes côtières qui se jettent directement dans la mer de la wilaya de Bejaia avec les différentes situation de l'état de la station d'épuration si toute fois elle existe si non en observation on constate les différentes situation de cette dernière (**D E B 2015**).

**Tableau N°08 : Nombre de point de rejet et leur nature dans les communes côtières de la wilaya de Bejaia**

Communes	Plages/ partie de la côte	Nombre de rejets	Nature/ Source de rejets	Observation
Melbou	Tassifet el Merssa	01	Eaux usés domestique	Aucun réseau
	Plage du lac	01	Eaux usés domestique	Si la STEP est en panne
Souk El Tennine	Plage Ighilhsein	01	Eaux usés domestique	Aucun réseau
	Plage Lota	01	Eaux usés domestique	Aucun réseau
Aokas	Oued tablout	01	Eaux usés domestique	STEP dépassée
	Aokas Centre	01	Eaux usés domestique	Aucun réseau
	Oued djemaa	01	Eaux usés domestique	Refoulement du réseau
	Oued zitouna	01	Eaux usés domestique	Réseau relié au Oued
Tichy	Cité Ben Said	01	Eaux usés domestique	Refoulement du réseau
	Tichy centre	01	Eaux usés domestique	Refoulement du réseau
	Tassifet	01	Eaux usés domestique	Réseau détérioré
Boukhelifa	Oued Afalou	01	Eaux usés domestique	Aucun réseau
	Oued Djoua	01	Eaux usés domestique	Aucun réseau
Bejaia	Oued Soumam	01	Tout type de rejet	Aucun réseau
	M'Sid El Bab du côté PNG	01	Eaux usés domestique	Aucun réseau
	Boulimat	01	Eaux usés domestique	Aucun réseau
	Saket	01	Eaux usés domestique	Aucun réseau
Toudja	Oued Mraid	01	Eaux usés domestique	Aucun réseau

Les 18 points qui se jet directement dans la mer, seulement deux points sont pris en charge par une station d'épuration, 4 grand rejet sortent de la commune Bejaia, parmi ces points

de rejets on trouve l'oued soumame qui reçoit tous les type de rejets, pareille pour la commune Aokas avec 4 points rejets domestiques, un seul rejet dans la commune Toudja.

### **II.1.9.2. Les décharges**

Le phénomène de décharge sauvage à ciel ouvert au niveau de zones côtières de la wilaya de Bejaia représente un danger emmenant sur la qualité de vie des citoyens mais aussi sur la dégradation du milieu ils se déplacent avec les eaux de la pluie vers la mer via les ouedsà savoir dans notre caspar l'oued soummam et agrioune.

**Tableau N°09 : Les décharges littorales dans la wilaya de Bejaia (DEB 2015)**

Localisation		Superficie M <sup>2</sup>	quantité journalière évacuée T/J
Communes	Lieux dit		
Bejaia	Boulimata	29000	/
Tichy	Boutahar	10000	30
Boukhelifa	Ighilouberouak	20000	20
Beni-ksila	Bkheldad	10000	05
Souk El-Tnine	Oued agrion	10000	35
Malbou	Oued agrion	10000	/
Aokas	Acherite	30000	12

D'après le tableau N°09 on constate que le long des zones côtières de la wilaya de Bejaia on trouve 7 décharges, dans chaque commune il y' a une décharge sauf la commune Toudja, la plus grande décharge c'est celle de la commune de Aokas avec une superficie de 30000m<sup>2</sup> mais la plus chargé c'est celle de souk El Tnine malgré que sa superficie est petite avec 35 ton par jour, les quantités journalières dans les décharges de Boulimata et Acherite sont inconnu.

### **II.1.9.3.L'agriculture**

Les superficies agricoles couvrent environ 11141 ha dans les communes côtières de la wilaya de Bejaia, les principales cultures pratiquées dans ces périmètres sont: les Céréales, Légumes Secs, Cultures maraîchères, Fourrages, Agrumes, Oliviers, Figuiers, Ces cultures emploient des quantités importantes d'engrais azotés et des pesticides qui risquent de contaminer les ressources en eau par voie de lessivage et de ruissellement (**DPSB 2015**).

### **II.1.9.4.Industries et mines**

La wilaya de de Bejaia contient en total 95 unités industrielles, 67 unités privé et 28 Unités industrielles du secteur public, qui possède des différents activités :

- Préfabrication léger et d'aluminium
- Fabrication d'Emballage
- Transformation du bois
- Fabrication des grues et épanduses engins
- Fabrication de Margarine, Sucre, huile, Eau minérale

Plusieurs de ces unités situées près de la mer, on trouve trois unités dans l'angle du port et arrière port ou se trouve la plus grande unité industrielle de la wilaya de Bejaia (CPA CIVITAL) avec un membre de 4330 employés, et quatre unités au niveau de Route des Aurès, ces sept unités peu causé une pollution des eaux de mer d'une façon direct (**D I P I, 2015**).

## **II.2. Echantillonnage**

Pour évaluer le degré de contamination métallique sur la bande côtière de la wilaya de Bejaia, Plusieurs prélèvements ont été réalisés dans différentes stations. L'analyse des traces de métaux et porter sur l'eau de mer. Les métaux recherchés sont : Cd, Fr et Zn (éléments très toxiques).

### **II.2.1. Choix des points de prélèvement**

Trente sites ont été échantillonnés. Un prélèvement a été fait dans chaque station, Le choix du site de prélèvement des échantillons est conditionné par, la facilité d'accès, proximité des sources de pollution en particulier de l'émissaire principal des eaux usées et la zone industrielle de la région côtière de la wilaya de Bejaia.

La période d'échantillonnage a eu lieu du début du mois d'Avril jusqu'à la fin du mois de mai de l'année 2017. Les figures 03, 04, et 5 montrent l'emplacement des différentes stations de notre étude. Le tableau 10 (Annexe2) présente les coordonnées de ces stations et les noms des places où l'échantillonnage a été effectué.

Des photos ont été prises pour chaque point de prélèvements, les Figures N° : 06, 07, 08, 09, 10, et 11 dans l'annexe 6 montrent les stations les plus importantes d'après la couleur et l'odeur de l'eau (les stations plus polluées).

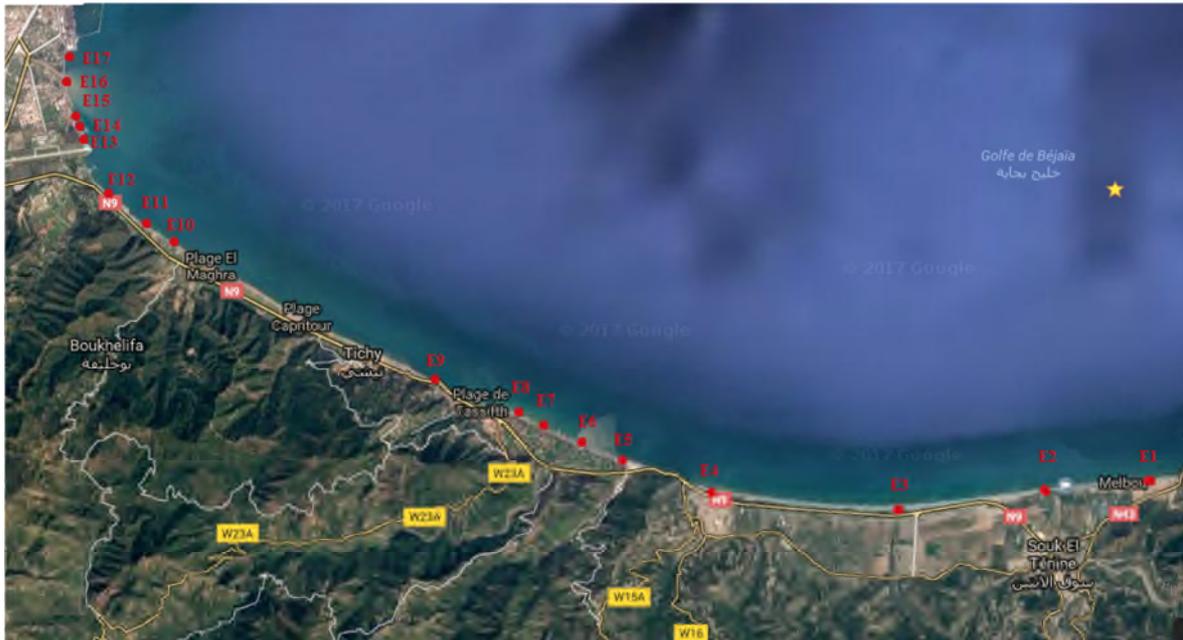


Figure N°03 : carte présentes les stations de 1 à 17



Figure N°04 : carte présentes les stations de 18 à 22



Figure N°05 : carte présentes les stations de 23 à 30

## II.3. Méthode de prélèvement et analyse

### II.3.1. Préparation de matérielles

Les bouteilles en polythène ont été préparées et lavé la veille du prélèvement selon le mode opératoire suivant :

- laver les récipients et les bouchons avec de détergent et d'eau.
- Rincer abondamment avec l'eau du robinet.
- Rincer avec une solution aqueuse d'acide Nitrique à 10%.
- Vider et remplir complètement avec une solution aqueuse d'acide Nitrique 10%.
- Fermer avec le bouchon et laisser reposer pendant au moins 24h.
- Vider les récipients, rincer avec de l'eau bidistillé, et remplacer immédiatement le bouchon (ISO, 2003).

### II.3.2. Prélèvements

Les échantillons ont été recueillis dans des bouteilles en polyéthylène de capacité d'un litre, en respectant les précautions d'usage suivant :

Après rinçage des bouteilles 3 fois avec l'eau de mer, les échantillons ont été prélevé,

2ml d'acide nitrique sont ajoutés sur place afin d'éviter toute dégradation des échantillons lors de leur stockage, les absorptions de métaux sur les parois des flacons et certaines précipitations. Une fois prélevés, les bouteilles sont numérotées et étiquetées. Les échantillons sont transportés dans des glacières jusqu'au laboratoire.

### II.3.3. Les paramètres mesurés sur terrain

En outre, des paramètres physicochimiques (pH, températures, conductivité...) sont mesurés parallèlement in situ, ces paramètres sont analysés avec un multi paramètre de terrain comme illustré dans la Figure N°09.



**Figure N°12 :** multi paramètres de terrain utilisé pendant les sorties sur le terrain.

#### II.3.3.1. La température

C'est une caractéristique physique importante, elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH pour la connaissance de l'origine de l'eau des mélanges éventuels. Sa mesure est nécessaire pour accéder à la détermination du champ de densité et des courants. D'une façon générale, la température des eaux

superficielles est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus que leur origine est moins profond (**Ramade, 2011**).

### **II.3.3.2. La conductivité électrique**

La conductivité est la mesure de la capacité d'une eau à conduire un courant électrique. La conductivité varie en fonction de la température. Elle est liée à la concentration et à la nature des substances dissoutes. En général, les sels minéraux sont de bons conducteurs par opposition à la matière organique qui conduit peu. Par conséquent, dans le cas des eaux usées fortement chargées en matière organique, la conductivité ne donnera pas forcément une idée immédiate de la charge du milieu. Dans les autres cas, elle permet d'évaluer rapidement le degré de minéralisation d'une eau (**CDAEQ, 2015**).

### **II.3.3.3. Le PH**

Ce paramètre donne le degré d'acidité ou d'alcalinité d'une eau. Le pH (potentiel hydrogène), est le reflet de la concentration d'une eau en ions H<sup>+</sup> :  $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$  (**Ramade, 2011**)

### **II.3.3.4. L'oxygène dissous**

C'est la quantité d'oxygène présente dans l'eau à l'état dissous. Elle revêt une importance fondamentale au plan écologique car elle conditionne la vie de tous les peuplements d'organismes hétérotrophes dans les biotopes aquatiques (**Ramade, 2011**).

### **II.3.3.5. La salinité**

Est un facteur écologique propre aux biotopes aquatiques (mais aussi aux sols) qui caractérise leur teneur en sel (Na Cl) et autres sels dissous dans les eaux. Par ailleurs, toute modification intempestive de la salinité due à l'action de l'homme peut présenter un impact redoutable sur les biotopes aquatiques concernés (**Ramade, 2011**).

## **II.3.4. préparation des échantillons**

### **II.3.4.1. matérielles utilisé**

Le matériel utilisé lors des expériences au laboratoire est composé de :

- Tube à essai
- Erlenmeyers
- Eprouvette graduée

- Entonnoir
- Papier filtre
- Plaque chauffante
- Acide nitrique 67%
- Acide chlorhydrique 37%
- Eau bidistillé
- les détergents (eau de javel, Isis)

## **II.4. Dosage des métaux lourds par la Spectroscopie d'absorption atomique(SAA)**

Après la préparation des échantillons, ils ont été transporté jusqu'au laboratoire de génie des procédés de l'université de Bejaia ou le dosage des métaux étudiés (Zn, Fr, Cd) a été effectué par la spectromètre d'absorption atomique à flamme (Figure N°10) à l'aide d'un technicien qualifié.

### **II.4.1. la Spectroscopie d'absorption atomique (SAA)**

La spectrométrie d'absorption atomique (SAA) est une technique qui s'est largement développée ces dernières années mais dont le phénomène de base était connu depuis très longtemps. Les possibilités intéressantes de la méthode et en particulier sa rapidité, l'ont fait adapter au dosage d'un certain nombre d'éléments rencontrés dans les eaux (**Rodier et al, 2009**).

### **II.4.2. Principe**

Proposée par WALSH en 1995, la spectrophotométrie d'absorption atomique est une méthode d'analyse quantitative s'adressant essentiellement aux métaux. Elle est basée sur la propriété des atomes de l'élément qui peuvent absorber des radiations de longueur d'onde déterminée.

La solution de l'élément à analyser est nébulisée dans une flamme, ce qui provoque successivement l'évaporation du solvant, la vaporisation de l'élément sous forme de combinaisons chimiques, la dissociation de ces combinaisons avec production d'atomes libres à l'état fondamental.

La vapeur est alors exposée à une radiation produite par un élément identique à celui à analyser.

### **II.4.3. Etalonnage**

Pour chaque élément à doser, une gamme d'étalons a été préparée à différentes concentrations (en fonction du type de métal), à partir d'une solution mère. Les courbes d'étalonnages de l'étude se trouvent dans l'annexe N° 2, 3, et 4.



**Figure N°13 :** spectrométrie d'absorption atomique (SAA) utilisé pour réaliser le dosage de l'étude.

***RESULTATS ET  
DESCUSSIONS***

### III.1. Caractéristiques physicochimiques de l'eau de mer

Les paramètres physicochimiques des échantillons de l'eau de mer sont mesurés sur place à l'aide d'un multi paramètre de terrain qui mesure la température, le Ph, la conductivité et la salinité. Les résultats d'analyses des échantillons d'eau prélevés en Avril 2017 sont présentés dans le tableau 11.

**Tableau N°11** : Paramètres physicochimiques des eaux de mer de la wilaya de Bejaia

Eau	T°	Do mg/l	Sal %	Tds g/l	Conductivité (us/cm)	Ph
E1	18,06	1,04	33,74	25,62	51230	8,13
E2	16,11	0,61	33,34	3,587	1174	9,06
E3	19,06	0,62	22,61	17,87	35740	8,99
E4	19,13	0,81	33,6	25,58	51150	8,81
E5	20,11	0,84	11,36	0,481	961	8,97
E6	18,93	2,13	11,75	1,64	3279	9,16
E7	21,26	1,40	29,45	22,69	45390	9,2
E8	19,98	1,69	20,3	16,21	32420	8,11
E9	18,93	1,63	25,69	20,05	40100	8,06
E10	19,57	1,91	33,31	25,33	50660	8,01
E11	19,36	1,73	33,07	25,16	50330	8,15
E12	18,97	0,39	12,33	10,27	20530	7,82
E13	20,08	0,28	24,38	19,16	38260	7,81
E14	20,23	0,60	25,99	20,27	40550	7,85
E15	23,24	0,34	19,12	15,38	30760	7,57
E16	19,83	0,52	5,08	1,58	3915	7,67
E17	24,01	0,98	22,51	17,85	35690	6,41
E18	21,26	0,86	33,52	25,48	50960	8,13
E19	21,62	0,41	33,19	25,26	50510	8,03
E20	22,05	1,05	33,67	25,59	51180	8,18
E21	22,37	1,10	33,97	25,8	51600	8,14
E22	21,17	0,86	32,65	24,63	50840	8,11
E23	20,89	1,35	32,48	24,77	49530	8,25
E24	20,22	0,58	33,31	25,33	50660	8,36
E25	21,19	0,78	32,79	24,98	49970	8,39
E26	20,61	0,83	32,37	24,69	49380	8,31
E27	23,76	0,23	31,66	24,25	48490	8,57
E28	19,41	1,40	33,74	25,62	51230	8,41
E29	22,24	0,84	10,61	8,953	17910	8,16
E30	20,78	1,66	32,53	24,8	49600	8,34

### III.1.1. La température de l'eau

L'évolution de la température d'un cours d'eau reste liée d'une part aux conditions locales telles que le climat régional, la topographie, la durée de l'ensoleillement, le débit et la profondeur (Neely et al, 1980) et d'autre part aux rejets éventuels d'eau chaude provenant soit des centrales électriques soit des usines utilisant l'eau comme moyen de refroidissement. Les températures enregistrées varient entre 24,01°C (E17) et 16,11 °C (E2). Ces valeurs mesurées ne dépassent pas la valeur limite préconisée pour les eaux de mer (30°) (JORA, 2006), Globalement la température de l'eau de stations étudiées suit celle de l'air qui dépend du climat régional, par conséquent l'eau de la mer de la wilaya de Bejaia appartient à la classe moyenne (Figure14).

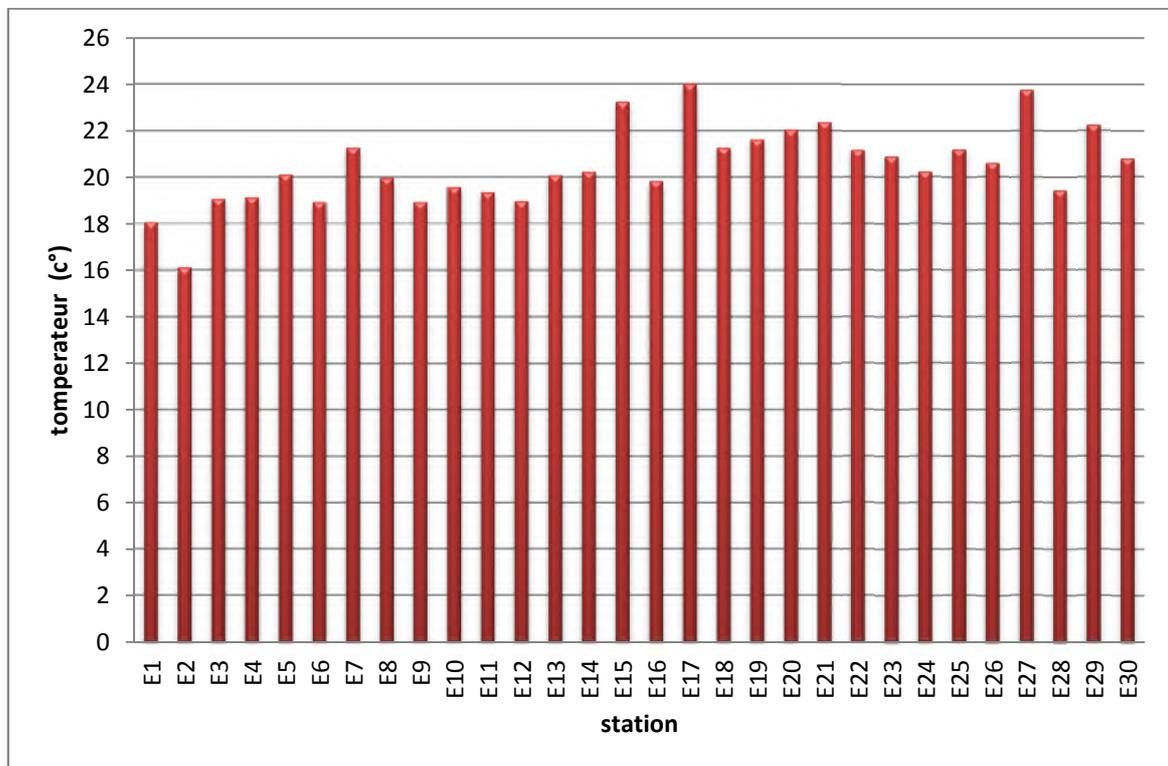


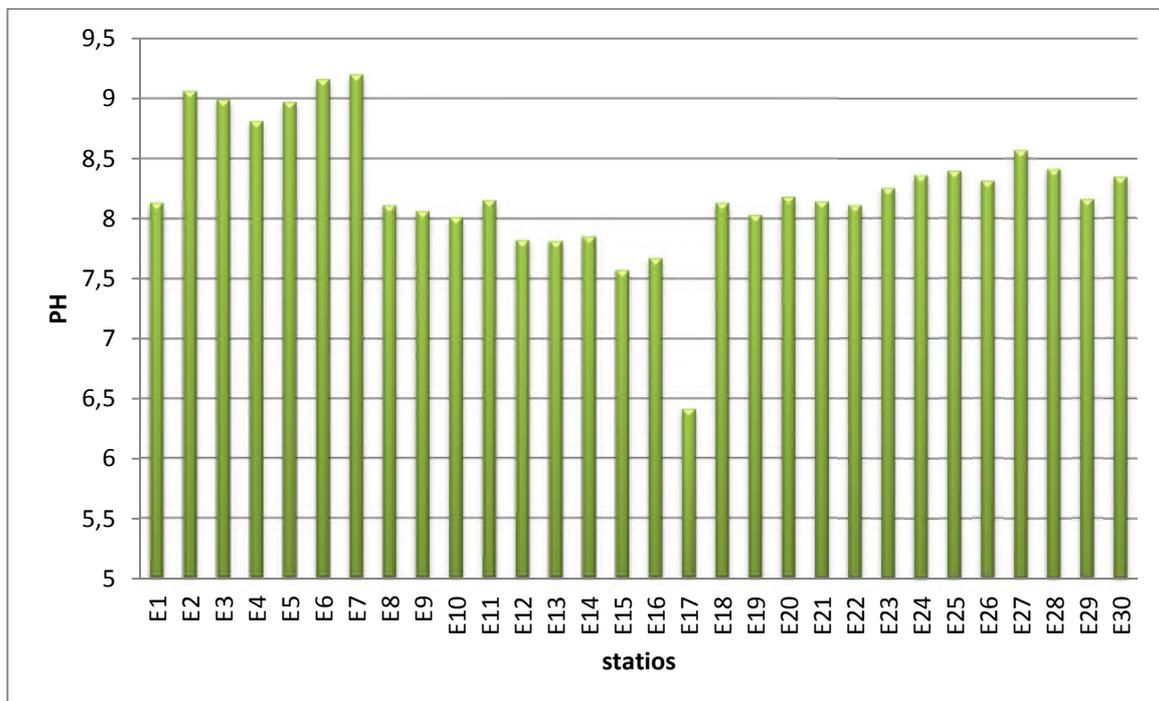
Figure N°14 : Variation spatiotemporelle de la température (C°) dans l'eau de mer de la wilaya de Bejaia

### III.1.2. Le ph

Le pH de l'eau résume la stabilité de l'équilibre établi entre les différentes formes de l'acide carbonique. Il est lié au système tampon développé par les carbonates et les bicarbonates. Il dépend de la diffusion du gaz carbonique à partir de l'atmosphère, du bilan des métabolismes respiratoires et photosynthétiques (Hutchinson, 1987). ainsi que de

l'origine des eaux, la nature géologique du milieu traversé, les rejets des eaux usées, etc. (Dussart, 1966). Il est indissociable des valeurs de la température, de la salinité et du taux du CO<sub>2</sub> (Nisbet et Verneau, 1970), ainsi il a été démontré que la minéralisation de la matière organique provoque une chute du pH (Goterman, 1995). Il a une action directe sur la disponibilité des ions métalliques dans l'environnement marin et donc sur le taux de leur accumulation par les organismes tout en modifiant la forme du métal et en agissant sur la physiologie des organismes (Bryan, 1979).

Le PH exprime l'acidité ou l'alcalinité selon qu'il se trouve dans la bande de 0 à 7 ou de 7 à 14, le 7 constitue la neutralité du milieu. Les valeurs de PH mesurées montrent des valeurs avec une grande variation, elle oscille entre 6,41 et 9,16. La station E17 enregistre 6,41, elle est au-dessous de la valeur minimal limité par l'Etat Algérienne (JORA 2006), plusieurs valeurs dépassent la valeur maximal (E2, E3, E4, E5, E6, E7, E27) qui présentent des sites différents (tableau 10, Annexe 2), Le PH de l'eau de ces stations est légèrement alcaline, la valeur la plus élevée est celle de la station E6 (9,16), un PH légèrement basique dans le reste des stations (Figure15).



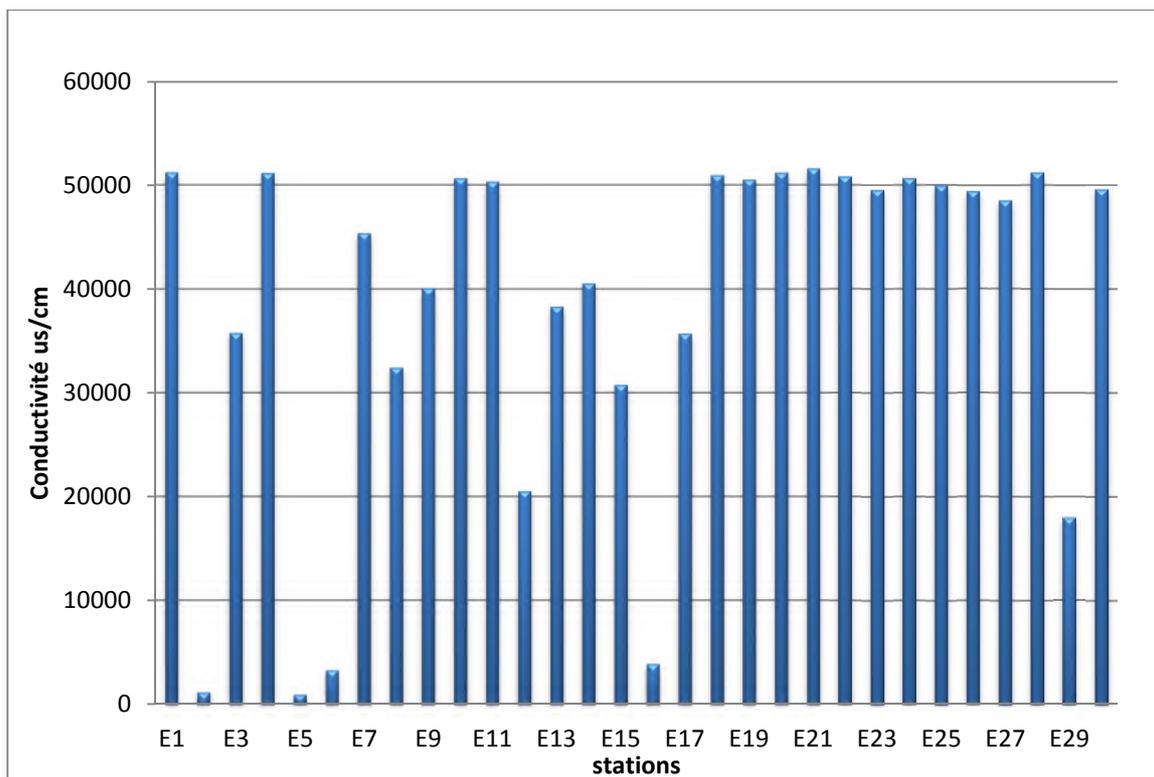
**Figure N°15 :** Variation spatiotemporelle de potentiel hydrogène dans l'eau de mer de la wilaya de Bejaia

### III.1.3. La conductivité électrique

La conductivité d'une eau est un indicateur des changements de la composition en matériaux et leur concentration globale. Elle est proportionnelle à la quantité de sels inusables dissous (**Nisbet et Verneau, 1970**). Elle renseigne sur le degré de minéralisation globale des eaux superficielles. Des températures élevées agissent sur la conductivité électrique par action sur la mobilité des sels (**Dussart, 1966**). Les eaux naturelles servent comme solvant d'un nombre considérable de solutés, qui en solutions aqueuses sont soit complètement associées en ions ou partiellement ionisées. Une conductivité élevée traduit soit des pH normaux, soit le plus souvent une salinité élevée (**Bremond et Perrodon, 1979**).

Selon **Rodier (2009)**, La conductivité permet d'apprécier le degré de minéralisation de l'eau dans la mesure où la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement.

La conductivité électrique est très importante dans plusieurs échantillons analysés. Afin d'atteindre la plus haute valeur est de 51600 us/cm dans la station E21, comme le montre la Figure 16, suivi de les stations (E1, E4, E10, E11, E18, E20, E21, E22, E24, E28) avec des valeurs Très proche oscille entre 50330 et 51230 us/cm, tous ces valeurs sont supérieures que la valeur maximale (20000 us/cm > norme > 50000 us/cm) (**Reinhard M, 2007**). Ces valeurs très élevées ne sont pas seulement en relation avec la salinité importante de l'estuaire à dominance maritime, mais la forte minéralisation est due aux rejets urbains et industriels. Donc on peut dire que les eaux de ces stations sont très minéralisées, Dans la station E5. La valeur la plus basse a été enregistrée: 961 us/cm, On trouve une faible minéralisation enregistré dans les stations E2, E5, E6, E16, E29 (inférieur de la valeur minimale par contre les eaux de reste stations sont moyennement minéralisé).



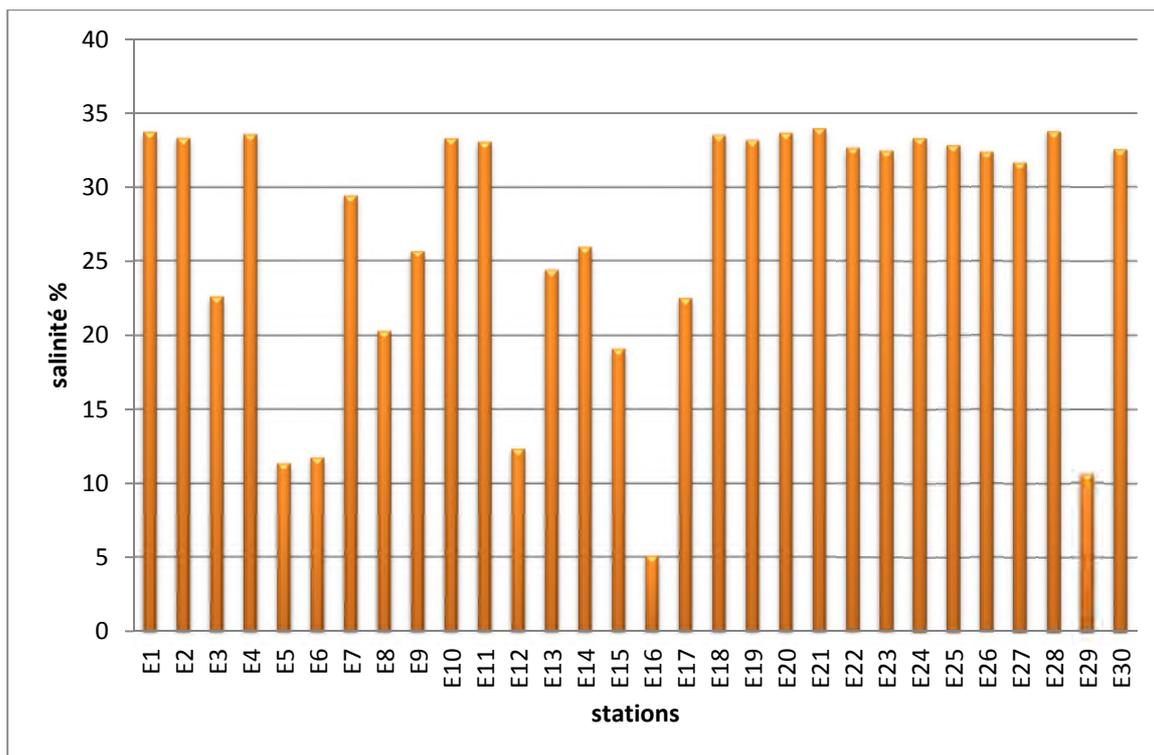
**Figure N°16 :** Variation spatiotemporelle de conductivité électrique (us/cm) dans l'eau de mer de la wilaya de Bejaia

### III.1.4. La salinité

La salinité explique la chlorosité de l'eau qui est le pourcentage de chlorure dans l'eau. Les chlorures existent dans toutes les eaux à des concentrations très variables dont l'origine peut être une percolation à travers les terrains salés, des infiltrations des eaux marines dans les nappes phréatiques ou profondes, des rejets humains (urines), des industries extractives (industries pétrolières, houillères...) et surtout les industries de sel (saline), de lasoude et de la potasse (**Bremond et Perrodon, 1979**).

La salinité correspond à la teneur en sels dissous de l'eau de mer la salinité des échantillons d'eau prélevés au niveau de notre site d'étude oscille entre 5.08% et 33.97%.

Les valeurs de la salinité notée au niveau des 30 stations sont inférieure à la salinité des eaux de la méditerranée, qui avoisine 37%, Les valeurs basse par rapport à cette dernière sont enregistré dans les stations E3, E5, E6, E8, E12, E15, E16, E29 (Figure17), on explique sa Étant que l'échantillonnage a été fait dans les point convergence soit des oueds ou des eaux usées avec les eaux de mer.



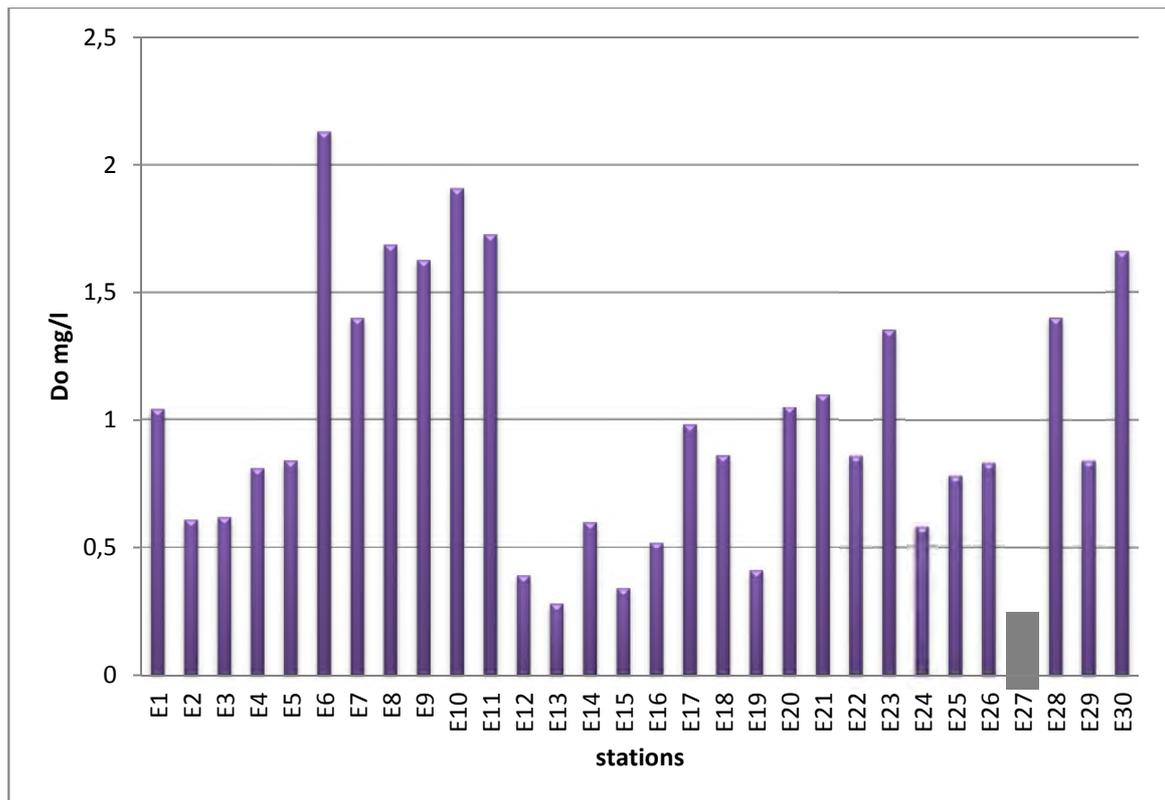
**Figure N°17 :** Variation spatiotemporelle de salinité (%) dans l'eau de mer de la wilaya de Bejaia

### III.1.5. L'Oxygène dissous

L'oxygène est l'un des facteurs fondamentaux de la vie. Il entre pour 21% dans la composition de l'air atmosphérique, et représente 35% environ des gaz dissous dans l'eau à pression normale (**Bremond et Perrodon, 1979**).

L'oxygène dissous est un paramètre vital qui gouverne la majorité des processus biologiques des écosystèmes aquatiques, Les teneurs en oxygène dissous dans l'eau de mer dépendent de facteurs physiques (température, salinité) et biologiques (photosynthèse, respiration, dégradation des matières organiques). En général, les concentrations en oxygène dissous varient entre 5 et 10 mg/l dans l'eau de mer (**Frontier et Pichod-Viale, 1991**).

Dans notre étude, Des valeurs basses ont été enregistré dans les 30 stations, la valeur maximale est de 2,13mg/l dans la station (E6), Et la valeur minimale atteint à 0,23 mg /l dans la station (E27). Ces résultats sont très faible, comparées aux résultats apporter dans les cotes Algérienne (3.8 mg/l a 3.9mg/l) (**Furnestin, 1957**).

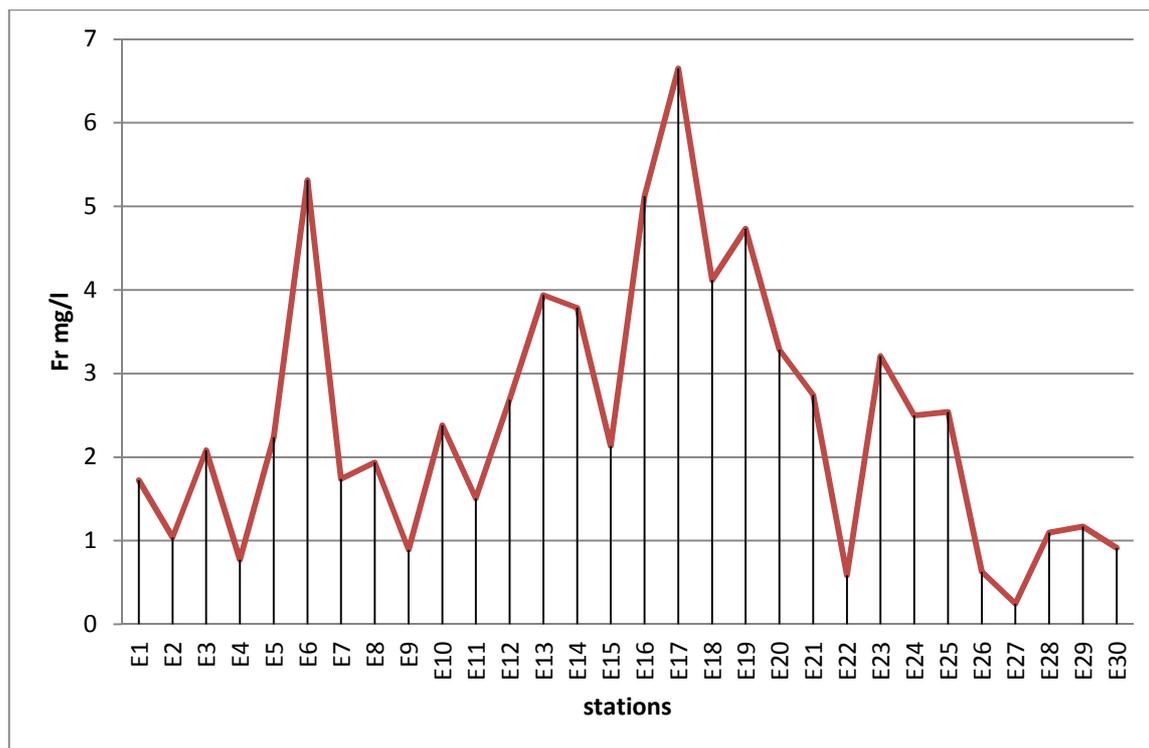


**Figure N°18 :** Variation spatiotemporelle d'Oxygène dissous (mg/l) dans l'eau de mer de la wilaya de Bejaia

## III.2. Dosage des métaux lourds étudié (Fr, Cd, Zn)

### III.2.1. Le Fr

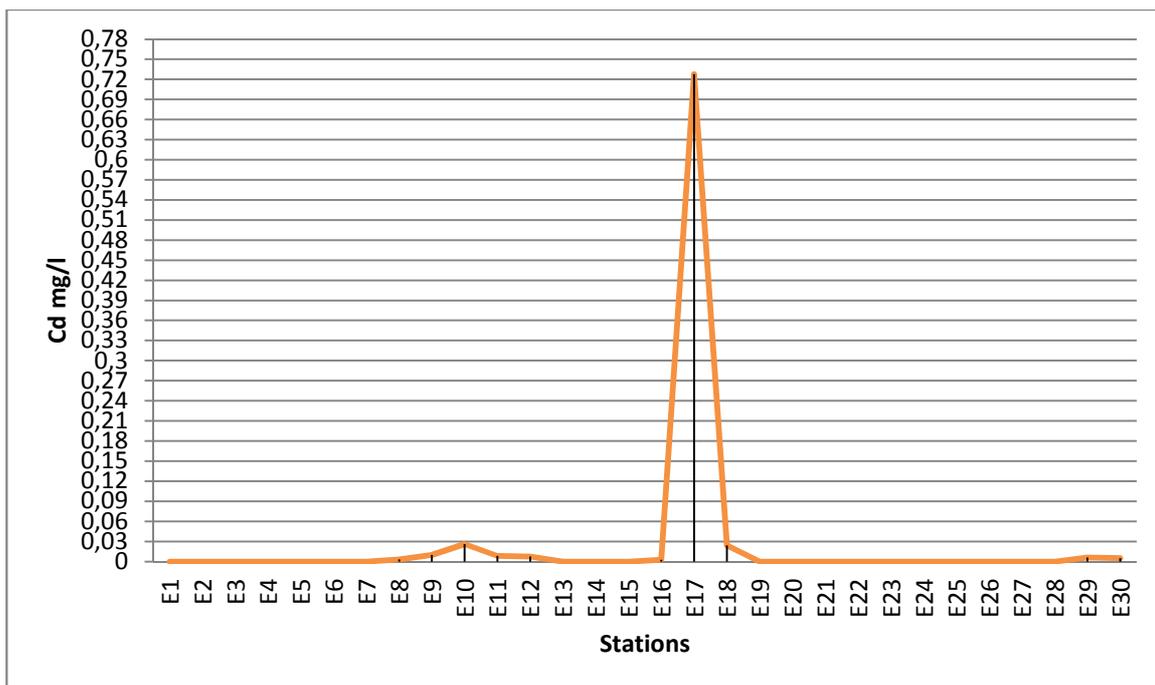
Les valeurs enregistrées en fer témoignent d'une contamination inégale et parfois importante. En effet, elles varient, au niveau des 30 stations, entre une valeur minimale de 0,2448 mg/l dans la station E27 et une valeur maximale de 6,6516 mg/l à la station E17, Les station suivantes ; E6, E13, E14, E16 E17, E18, E19, E20, E23 (figure 10 ,annexe 2) présentent des valeurs dépassant la concentration limite des norme algérienne qui et de 3mg/l(**JORA 2006**),la présence du fer dans le milieu , pourrait provenir de nombreux et variées rejets que ce soit industriels, comme le cas de la station E17 (Oued Sghir) ,soit domestiques, le cas des stations (E6, E13, E14 ...),selon **Gaujous(1995)** et **Rodier (1996)** le fer développe une turbidité, la prise des photos du jour de l'échantillonnage montre que les eaux de Oued Sghir et ceux de Sidi Ali Labher sont trouble (Figure 05, 06, et 07) (Annexe 4) ,ce qui suppose la présence de trace de fer, tandis que les valeurs enregistrées dans les autres stations marquent aucune contamination par le fer qui sont en dessous des normes précitées pour les eaux de mer.



**Figure N°19 :** Variations spatiotemporelle des concentrations de Fer (mg/l) dans l'eau de mer de la wilaya de Bejaia

### III.2.2. Le cadmium

Selon **Gaujous (1995)**, les eaux naturelles n'en contiennent que quelques  $\mu\text{g/l}$  ou le cadmium est peu soluble à pH normal. Les concentrations de Cd enregistré sont liées aux rejets domestiques et industriels, comme le montre la station E17 qui présente le point d'échantillonnage Oued Sghir, ou on a enregistré une valeur maximal de  $0,0728\text{mg/l}$ , suivi par la station E10 avec  $0,261\text{mg/l}$  qui présent le point d'échantillonnage oued joua ,ce qui est probablement due au faite que ses eaux reçoivent des rejets industriels en outre des rejets domestiques, dans ces deux station les valeurs dépasse la valeur limite qui est de  $0,2\text{mg/l}$  (**JORA,2006**), par contre une absence de contamination par le cadmium dans le reste des stations avec des valeur inférieure à la valeur limite enregistré dans les stations E8, E9, E11, E12,E16, E18, E29, E30 ,un absence de trace du Cd dans le reste des stations comme illustré par la Figure 20.

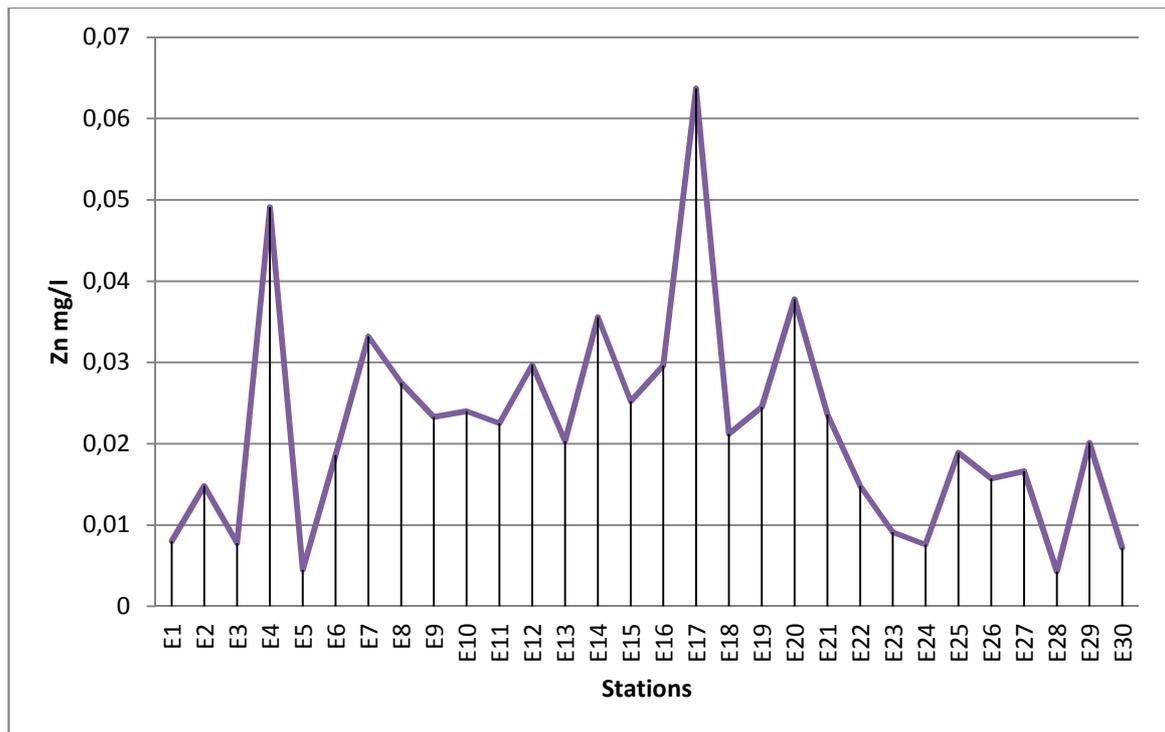


**Figure N°20 :** Variations spatiotemporelle des concentrations du cadmium (mg/l) dans l'eau de mer de la wilaya de Bejaia

### III.2.3. Le Zinc

L'examen global des concentrations de Zinc dans les eaux des 30 stations étudiées, indique une absence de contamination en Zinc au niveau de toutes les stations suivie par l'étude. En effet, elles sont inférieures à la valeur maximale admissible par les normes nationale qui est de 3mg/l (JORA 2006).

La valeur la plus élevée en zinc a été enregistré au niveau de la station E17 (0,0637 mg/l), Ceci est lié à l'importance de rejet industrielle et domestique que reçoit l'Oued Sghir, suivi par la station E4 (0,0491) qui est probablement liée à l'importance des rejets domestique au niveau de Sidi Ali Labher et la station E20 (0,0378) situer au port pétrolière affecter par les activités portuaires ce qui justifie la présence de zinc .alors que les valeurs minimal qui sont 0,0080. 0,0078. 0,0045. 0,0092 .0, 0076. 0,0043. 0,0072 mg/l), ont été trouvées dans respectivement dans les stations comme suit E1, E3, E5, E23, E24, E28, E30 (figure 10, Annexe 2). La corrélation positive entre le Zn le Cd est souvent observée dans les rejets d'origine anthropiques. Le restent des stations montre des valeurs variable qui oscillent entre 0,0148mg/l et 0,0356mg/l. (Bovard, et al, 1998).



**Figure N°21 :** Variations spatiotemporelle des concentrations du Zinc (mg/l) dans l'eau de mer de la wilaya de Bejaia

### III.3. Impact des métaux lourds étudiés

Pour le Cd, dont la source principale est les activités industrielles, diffusé dans l'air. Le Cadmium retrouvé dans l'eau est issu de l'érosion des sols, sa présence est surtout d'origine anthropique comme les rejets industriels (**Martin-Garin et Simon, 2004**). Dans les milieux aquatiques, cet élément est rapidement transféré aux sédiments et absorbé par les organismes benthiques vivant dans la vase. Possédant pour effet par sa concentration essentiellement dans le foie, les reins et la chair des poissons (**Boisset, 1996**).

L'impact environnemental des rejets de produits pétroliers issus de toutes les activités portuaires confondues, généralement hydrophobes comme les métaux lourds et de beaucoup de composés organiques de synthèse, parfois moins denses que l'eau. Et les contaminants hydrophiles représentés par des produits phytosanitaires. Leur devenir en mer est complexe et dépend des courants, de la houle, de la température et de la salinité de l'eau mais aussi de la nature des hydrocarbures présents. Plusieurs processus chimiques, physiques et biologiques se mettent en place dès le rejet avec un temps variables allant de quelques heures à plusieurs années via les phénomènes comme évaporation, muséification, dissolution, photo-oxydation, étalement, sédimentation et biodégradation. Assez rapidement, jusqu'à 50 % des volumes déversés, surtout les gaz et les solvants,

s'évaporent. Pour les autres composés, seule une petite partie, essentiellement des cycles aromatiques comme le benzène, est dissoute au fil du temps. Une autre fraction, les produits les plus lourds, coule et sédimente. Cette part est souvent faible sauf pour les fiouls lourds ou les boues de fond de cuve. Lorsque des nappes assez fines se forment, les hydrocarbures en surface peuvent être oxydés par la lumière (photo-oxydation) par un processus lent et ne concernant qu'une assez faible part du pétrole. Par ailleurs, suivant les conditions de houle et la viscosité des nappes, le pétrole émulsionne avec l'eau pour former un produit stable. Outre les effets immédiats de contact sur la faune et la flore, les hydrocarbures peuvent avoir des conséquences éco-toxicologiques sur un plus long terme. Cela concerne l'ensemble de la chaîne alimentaire, du phytoplancton aux consommateurs finaux. Les principaux effets sont l'obstruction des systèmes de filtration des bivalves, du zooplancton ou des vers marins, l'atteinte des branchies des poissons et des crustacés, l'altération du développement des espèces, et la possibilité d'apparition d'anomalies (effet mutagène) et d'effet létal tout au long des chaînes alimentaires. Cela implique principalement les composés aromatiques comme le benzène ou le Benz pyrène cancérigènes et affectant les réponses immunitaires des organismes. En parallèle, les rejets d'hydrocarbures ont un impact direct sur l'économie et les activités maritimes comme la pêche, la conchyliculture ou le tourisme. L'impact de ces polluants sur le vivant varie du petit désagrément à la toxicité aiguë ou chronique. Cela peut concerner ponctuellement quelques espèces ou provoquer des dysfonctionnements majeurs sur tout un écosystème. Ils peuvent impliquer des retards de croissance, des lésions organiques ou des paralysies lors d'importantes accumulations, limiter la calcification des exosquelettes ou avoir des effets cancérigènes ou reprotoxiques à long terme **(ELM 2001)**.

Le zinc a des usages proches de ceux du cadmium. Il provient surtout de la combustion de bois ou de charbon, de la métallurgie et, dans les zones de stationnement de navires, des peintures antisalissure et des anodes protégeant leur coque. La toxicité du zinc peut débiter avec quelques milligrammes par litre chez le poisson. Il s'agit d'un oligoélément chez l'homme permettant la synthèse de nombreuses enzymes **(ELM 2001)**.

Pour la vie aquatique, le zinc présente une certaine toxicité qui varie selon l'espèce considérée **(Gaujous, 1995)**.

Il semble aussi que le zinc exerce son action toxique par formation de composés insolubles au niveau des muqueuses recouvrant les branchies ou par action toxique interne **(Benguedda, 1993)**.

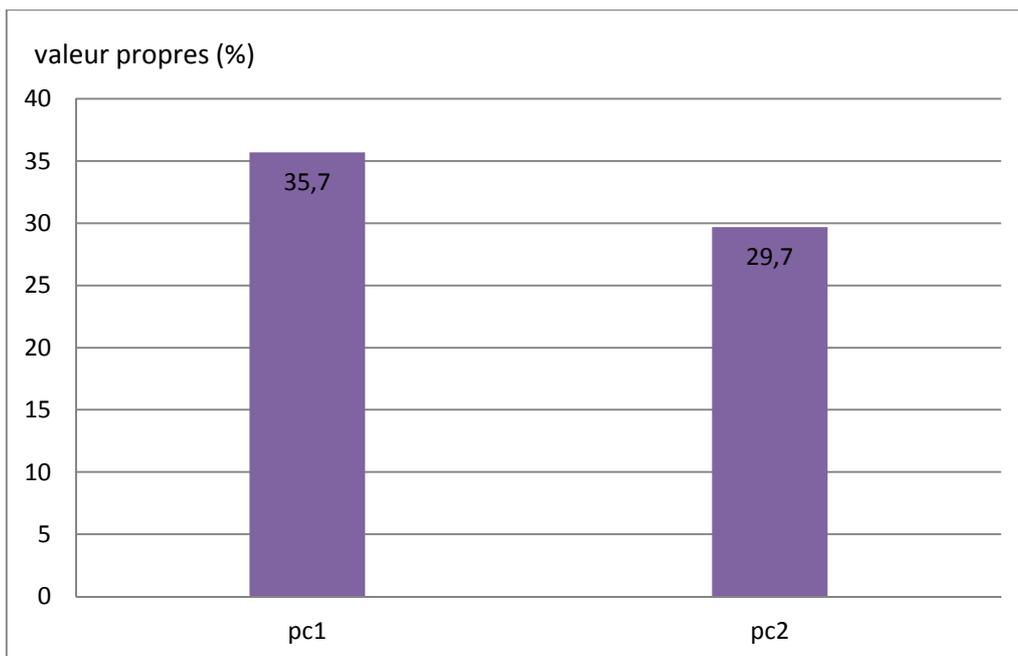
Les métaux lourds suivant leurs utilisations et les règlements successifs qui les régissent, l'évolution de la concentration des métaux lourds dans les organismes filtreurs marins varie. D'ordinaire, le cadmium n'a pas de toxicité aux concentrations observé dans le milieu marin. À des concentrations élevées, il peut influencer le développement des larves de crustacés et du plancton. Chez l'homme, il s'accumule dans les reins et le foie et peut provoquer des troubles, il est donc suivi pour la protection sanitaire.

#### **III.4. Analyse en composantes principales (ACP)**

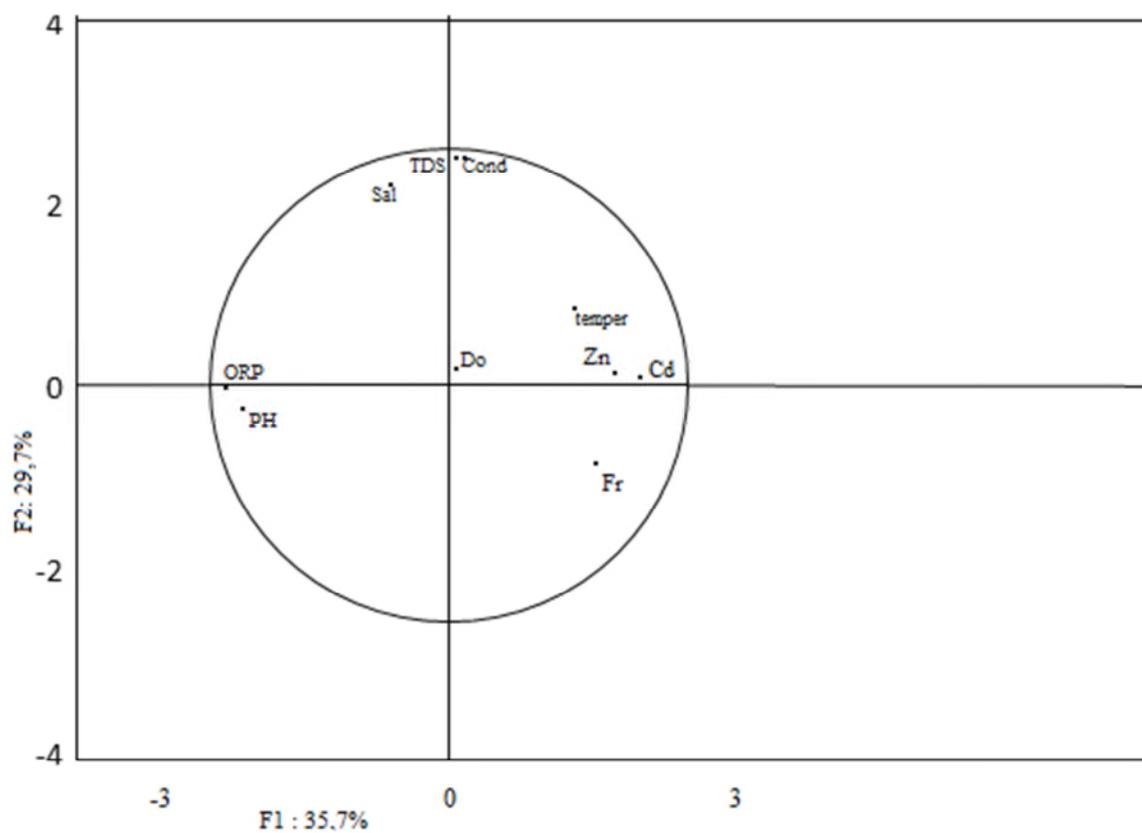
Dans le but d'établir une relation entre les différents paramètres physicochimiques et métalliques et pour mieux évaluer l'effet des activités anthropiques sur la qualité de l'eau de mer de la wilaya de Bejaia, un traitement statistique ACP a été appliqué à l'ensemble des paramètres, cette méthode est largement utilisé pour interprété les données hydrochimique (**EL Morhit et al, 2008**).

Pour cella cette ACP a été effectuée sur une matrice des données constituée de 30 prélèvements au cours desquels les 10 variable : température(T), salinité (sal), conductivité (cond), solide dissoute totale (TDS), Le potentiel redox (ORP), l'oxygène dissous (OD), (PH), Cadmium(Cd), Zinc (Zn), Fer (Fr) ont été mesurées.

Les valeurs propres de l'ACP des deux composantes F1 et F2 et leur contribution à l'inertie totale sont présenté sur les Figures 22 et 23.



**Figure N° 22 :** Répartition de l’inertie entre les axes des paramètres physico-chimiques et des métaux dans l’eau de mer de Bejaia selon le plan F1×F2.



**Figure N°23 :** répartition des variables (paramètres physico-chimiques et des métaux) dans l’eau de mer de Bejaia selon le plan F1×F2, cercle de corrélation des variables.

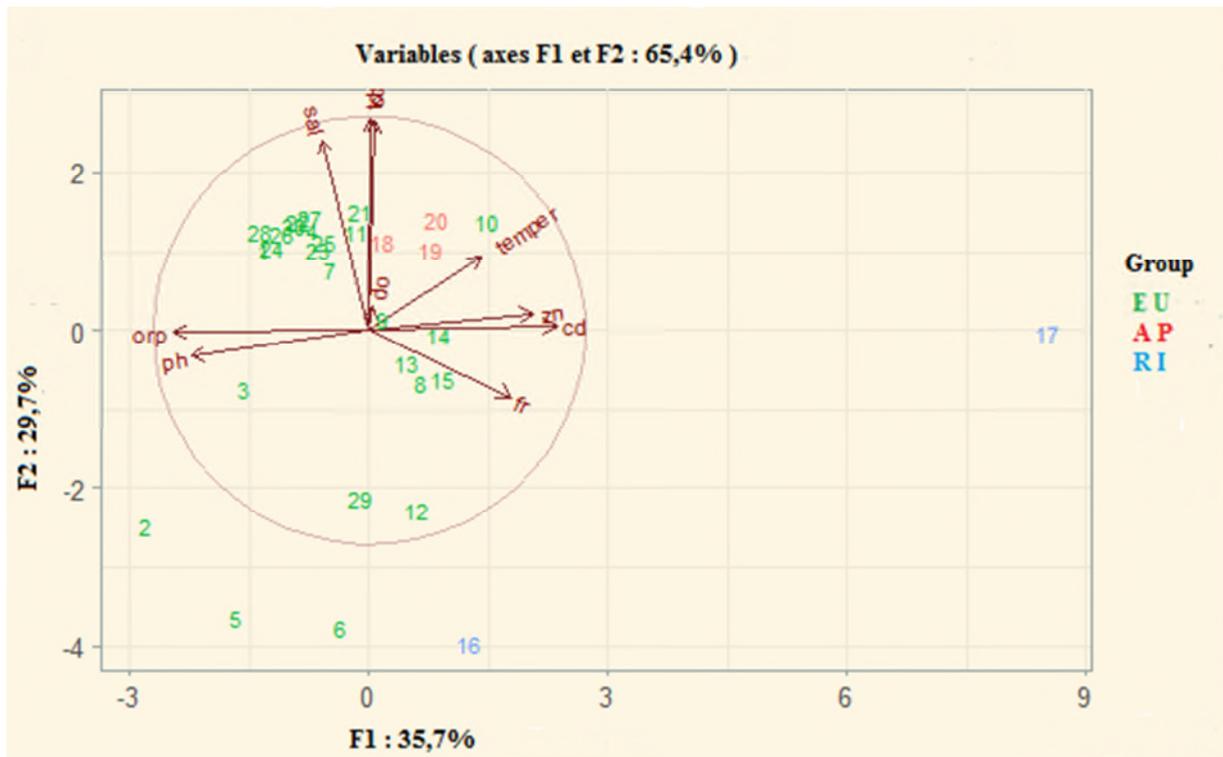
L'analyse du plan factoriel F1 et F2 montre que plus de 65,4% sont exprimés. L'axe F1 de la figure 23, présente une corrélation positive avec le Zinc (Zn), le Cadmium(Cd), et le Fer (Fr), il décrit l'enrichissement des eaux par ces métaux, il représente aussi une corrélation négative avec le ph et le potentiel redox (Orp), la Salinité (Sal), la Conductivité électrique (Cond), et Solides totaux dissous (TDS), ont une corrélation positive avec l'axe F2, le Fr (Cd) s'oppose systématiquement avec la salinité , a l'axe F1.

Les variables avec une forte corrélation ces sont les variables qui sont proche de bord de cycle contrairement au variable qui sont proche du centre de cercle.

L'examen de la matrice de corrélation entre variables (Tableau 12) révèle la présence d'un premier ensemble de variables, constitué de variables bien corrélées entre elles. Il s'agit de : Cd&Zn, Cd&Fr, Cd&Orp, Cd&PH, Zn&Fr, Zn&Orp, Zn&PH,Fr&Orp, Fr&PH, T&PH, Orp&PH, Sal&Tds, Sal&Cond, Sal&PH,

**Tableau N°12 : corrélation entre les variables**

	Cd	Zn	Fr	T°	Orp	Do	Sal	TDS	Cond	PH
Cd	1.00									
Zn	0.64	1.00								
Fr	0.42	0.40	1.00							
T°	0.31	0.27	0.23	1.00						
Orp	-0.82	-0.64	-0.51	-0.38	1.00					
Do	0.18	0.08	-0.06	-0.23	-0.17	1.00				
Sal	-0.09	-0.05	-0.34	0.05	0.19	0.11	1.00			
TDS	0.00	0.07	-0.25	0.32	-0.02	0.09	0.85	1.00		
Cond	0.00	0.07	-0.24	0.34	-0.03	0.10	0.82	1.00	1.00	
PH	-0.65	-0.49	-0.47	-0.45	0.66	0.18	0.12	-0.14	-0.15	1.00



**Figure N°24 :** répartition des variables et des individus en fonction des axes F1 et F2

L'application de l'analyse en composantes principale sur les données physicochimique et métalliques de l'eau de mer de la wilaya de Bejaia nous confirme la distinction en groupe associe au caractère identifier sur la zone d'étude.

Groupe 1 (Gr1) présent par les stations 1, 4, 11, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30 exprimé par l'axe F2 (Figure 24) qui présent la minéralisation, vue l'emplacement de ces stations que en direction de la conductivité, la salinité et le Tds les eaux de ces stations caractérisé par une minéralisation forts par rapport aux autres stations, la source de pollutions caractéristiques dans ces stations se sont les eaux usées (EU).

groupe 2 (Gr2), situé sur le côté positif de l'axe F2 (Figure 24), caractérisé par une eau dont la température et conductivité sont élevé et légèrement chargée par le Zn, présenté par les échantillons des stations 18, 19, 20,10 qui illustrent les échantillons présent dans les stations de port ou on trouve des activité portuaire dont la source probable du zinc est la dissolution des anodes destinées à la protectiondes coques de bateaux contre la corrosion, contenu dans certaines peintures antisalissure le cas des échantillons 18, 19, 20 . L'échantillon 10 prélevé sur Oued Djoua justifié la présence de zinc par les apports anthropiques qui résultent des sources minières industrielles (traitement minerais, raffinages, galvanisation du Fer, gouttières de toitures, pilesélectriques, pigments, matières

plastiques, caoutchouc), des épandages agricoles (alimentation animaux, lisiers) et des activités urbaines (trafic routier, incinération ordures) (Casas, 2005). ce dernier peut avoir un effet néfaste sur la qualité de cette eaux

Le Groupe 3 (Gr3) comprend les stations 8, 13, 14, 15, qui reçois des rejets domestique directement sans être traite achemine directement vers la mer, le cas de Sidi Ali Lebher, situé sur le côté positif de l'axe F1 de l'ACP (Figure 21), ceci nous indique un taux très important de pollution par les trac métalliques comme suit : Zn, Fr, Cd, et une minéralisation faible.

Le groupe quatre (Gr4) contenant les échantillons 2, 5, 6, 12, 29, et 16 localisé dans les déférents oueds (Oued Soummam, Oued Agrioun, Oued djemaa, ...), ils sont caractérisé par une minéralisation très faible, ces points se trouvent sur le côté négatif de l'axe F1 (figure 21) ce qui montre que cette eau ne présent aucun danger de point de vue présence de trace métallique a l'exception de l'échantillon 16(Oued Soummam), et 12(Oued Djbira) ou le taux la pollution métallique est plus remarquable avec des concentrations qui ne dépassent pas les normes nationale.

L'échantillon 17 fait l'exception e n'appartenir a aucun groupe, il est situé sur le côté positif de l'axe F1 (Figure 24), ce qui lui confère un taux élevé en trace métallique représenter par le Zn, Fr, et le Cd. Ce taux élevé et interpréter par l'existence des rejets industriels (RI) et urbains qui sont charrier ver la mer dans ce point plus précisément.

La totalité des écosystèmes de la planète sont désormais affectés d'une façon ou d'une autre par le développement des sociétés humaines et les rejets agricoles, urbains et industriels peuvent mener à de hauts niveaux de pollution dans les écosystèmes marins côtiers (Smolders et al, 2003 ; Rao et al, 2007 ; D'Adamo et al, 2008). En termes de l'analyse en composantes principales effectuées dans l'étude on détermine certains points d'état concernant la zone d'étude de notre thématique à savoir, les rejets d'origine urbaine, agricole et industrielle altèrent les communautés et affectent les organismes qui les composent (Boening, 1999 ; Viaroliet et al, 2005 ; Warwick, 2005). Les zones portuaires de certains points échantillonner, comptent parmi les régions côtières les plus polluées, menacent les communautés benthiques et pélagiques (Guerra-García et García-Gómez, 2004).

Les eaux usées qui dans de nombreuses régions ne sont que très peu ou pas traitées, transportent et déversent leur lot de polluants et de matière organique dans les eaux côtières favorisant ainsi l'eutrophisation et la bioaccumulation d'éléments toxiques dans les organismes marins dont le transport le long de la chaîne alimentaire représente un danger pour la santé humaine (**Boening, 1999 ; Daby, 2006**). Dans le milieu aquatique, les substances toxiques peuvent exercer leurs effets négatifs sur l'environnement même à de très faibles concentrations comme signaler dans les résultats au par avant, présentent souvent une grande variabilité de concentrations dans le temps et dans l'espace. Ceci complique l'évaluation des quantités rejetées et de leurs impacts sur les écosystèmes. Pour ces raisons, un grand nombre d'intervenants du milieu marin (scientifiques, gestionnaires, agences gouvernementales, et le public en général) s'intéressent au développement de différents moyens permettant de mesurer les effets de la pollution urbaine, industrielle et agricole sur les écosystèmes marins (**Burger, 2006**) pour cela il faut que les autorités locales agissent au plus vite face à cette situation.

# ***CONCLUSION***

---

## Conclusion

Le présent travail dont l'objectif principal était :

D'évaluer la distribution de quelques métaux lourds dans le littoral de la wilaya de Bejaia, par le biais de dosage de certains éléments métalliques, a permis de tirer les conclusions suivantes :

Au niveau des stations soumises à l'effet permanent des apports des principaux cours d'eau, Oued Soummam et Oued aguerioune et oued seghir, la contamination métallique est révélée présente et importante, par ailleurs, la station E17 est caractérisée par une forte contamination en Fer contrairement à la station E27 qui présente une très faible contamination, la même station E17 est caractérisée par une fort contamination pour les métaux (Cd et Zn), Cela a été expliqué par les activités agricoles intenses qui se pratiquent tout le long de l'Oued Soummam, faisant appel à un usage excessif d'engrais qui sont responsables d'un apport important de métaux à l'oued, mais aussi au rejets domestiques et industrielles intenses et l'inexistence de station d'épuration dans certains points le long des embouchures des oueds et sur le littoral.

La répartition spatiale des métaux dans les différentes stations de prélèvement montre que les sites E3, E6,E7, E8, E10, E11, E12, E13, E14, E15, E16, E17, E18, E19, E20, et E21, qui sont situé sur le côté Est présentent les teneurs les plus élevées en fer, en zinc et en Cadmium, par contre le côté Ouest qui est présenté par les stations E22 a E30, est caractérisé par une contamination faible en Fer, Cd, et Zn.

Notre étude nous a permis de mettre en évidence la présence effective des métaux lourds dans l'eau de mer dans plusieurs points du littoral de Bejaia. En effet, ce dernier est sérieusement perturbé par les divers rejets domestiques, portuaires, industriels et agricoles.

Cependant, l'étude d'autres facteurs est indispensable pour l'optimisation de l'évaluation de la contamination du littoral de Bejaia par les différents éléments métalliques. En effet, pour augmenter le niveau de confiance des résultats obtenus, des études plus approfondies sur les origines spécifiques de cette pollution s'est avérées intéressantes, élargir l'évaluation sur d'autres éléments de traces métalliques et suivre l'évaluation sur le sédiment et utiliser certaines espèces bios indicatrices du milieu marin semble impératif pour plus d'information à cette contribution.

Toutes ces démarches acheminent a mettre au point des informations sur l'état réel de la zone côtière et avoir des données qui vont aider les autorités locales à cerner la complexité de la

situation de la zone côtière de la wilaya de Bejaia et prendre des mesures urgentes pour répondre avec des mesures restrictives face aux pressions qui altèrent le milieu.

En perspectives, la démarche entreprise doit être reconduite dans les prochaines années à venir avec la combinaison d'autres éléments de trace métalliques, compléter par la partie sédiment et certaines espèces bio indicatrices des eaux marines méditerranéenne pour ainsi disposer d'un réseau de bio surveillance à l'échelle locale pour un meilleur suivi dans le future.

***REFERANCES***  
***BIBLIOGRAPHIQUES***

## Références bibliographiques

**Amarnia-lahlah, Z., 2009.** « Le Port de Bejaia Une vision, une évolution...», Qualité environnement : rapport environnement Bejaia 2007 2008. pdf/www.mipi.dz/file/fr/EPBEJAIA. pdf (09-02-2009) p48 annuaire statistique de la wilaya de Bejaia, 12p.

**Arnaud, J., Favier, A., 1995.** « Le Zinc » *in* « les oligo-éléments en médecine et biologie », (paris, Ed Lavoisier, Tec et Doc), p 347.

**Barbe, J., 1981.** Développement du phytoplancton dans la rivière Doubs, ses causes et ses relations avec la qualité physicochimique de l'eau. Cité par Bennacer I. Thèse d'Etat EsScience. Univ. Ibn Tofail ; Kenitra, Maroc ; 178 pp.

**Bendimered, M.A., 2000.** Effet de la pollution académique sur une population de moules *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1816) - Notion de bio essai- Mémoire de Magister en science de l'environnement université d'Oron —Es SENIA- p5-7.

**Bengudda, W., 1993.** Contribution à l'étude de quelques polluants métalliques chez la moule *Perna perna* (L) et le rouget *Mullus surmuletus* (L) dans la partie occidentale du golf d'Arzew. Magister en pollution marine. I.S.M.A.L : p 108.

**bensahla talet, L., 2001.** Contamination du rouget de vase(*Mullus barbatus*L,1758) par quatre métaux lourds (Cd,Pb,Cu et Zn) pêché dans la baie d'Arzew, Mémoire de magister, Université d'Oran,105P.

**Boening, D.W., 1999.** An evaluation of bivalves as biomonitors of heavy metals pollution *in* marine waters. *Environmental monitoring and assessment* 55, 459-470.

**Boisset, M., 1996.** Plomb, Cadmium et mercure dans l'alimentation : Evaluation et gestion du risque. Technique et documentation. Lavoisier. Paris : 73-130.

**Bouquet, D., 2001.** La méditerranée en péril : p1-4.

**Bouras, S., Maatoug, M., Hellal, B., et Ayad, N., 2010.** Quantification de la pollution des sols par le plomb et le zinc émis par le trafic routier (cas de la ville de Sidi Bel Abbès, Algérie occidentale). *Les techniques de laboratoire –volume 5, n°20 (2010) 11-17.*

**Boutarcha, F., Chrif Aïnouche, M., 2009.** L'apport de la politique environnementale algérienne pour l'activité de la pêche : Cas de la Wilaya de Bejaia.

- Boutiba, Z., 2004.** Guid de l'environnement marin Edit : Dar El Gharb, 273 p.
- Boutier, B., Chiffolleau, J.F., Jouanneau, J.M., Latouche, C., Philipps, I., 1989.** La contamination de la gironde par le cadmium. Origine, extension, importance .Ifremer N°14.
- Bovard, P., Foulquier, L., Pally, M., 1978.** Transfer du cadmium dans les eaux douces. B.I.S.T.
- Bremond, R., Perrodon, C., 1979.** Paramètres de la qualité des eaux. Ministère de l'environnement et cadre de vie. 2ème ed : 259 p.
- Bresler, V., Mokady, O., Fishelson, L., Feldstein, T., et Abelson, A., 2003.** Marine molluscs *in* environmental monitoring : II. Experimental exposure to selected pollutants. Helgoland marine research 57, 206-211.
- Bryan, G.W., 1979.** Bioaccumulation of marine pollutants. Phil. Trans. Re. Soc. Lond. B., 286 :483–505.
- Burger, J., Gochfeld, M., et Jewett, S., 2006.** Selecting species for marine assessment of radionuclides around Amchitka: planning for diverse goals and interests. Environmental monitoring and assessment 123, 371-391.
- Casas, S., 2005.** Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *mytilus galloprovincialis*, en milieu méditerranéen. Thèse de doctorat: Océanologie biologique, Environnement marin. 2005,314p.
- CDAEQ., 2015.** Centre D'expertise en Analyse Environnementale du Québec. Détermination de la conductivité : méthode électrométrique, MA. 115 – Cond. 1.1, rév. 1, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 2015, 9 p.
- Chen, C.Y., Stemberger, R.S., Klaueb, Blum, D., Pichardt, C., Folt, C., 2000.** Accumulation of heavy metals *in* food web components across a gradient of lakes. *limnol oceanogr.*,45(7):1525-1536.
- Chiffolleau, J.F., 2001.** La contamination métallique. Fasicule 8, Programme Seine-Aval, Editions Ifremer, Brest, France. 39 p.
- Chiffolleau, J.F., 2004.** La contamination métallique. Ifremer.P.39.

- Chiffolleau, J.F., Claisse, D., Cossa, D., Ficht, A., Gonzalez, J., Guyot, T., Michel, P., Miramnd, P., Oger, C., Et Petit., 2001.** La contamination métallique, programme scientifique seine aval : 39p.
- Cotzias, G.C., 1967.** Importance of traces substances *in* environmental health as exemplified by manganese. University of Missouri's first annual conférence on trace substance *in* environmental health, Missouri, U.S.A, University of Missouri Press.
- D'Adamo, R., Di Stasio, M., et Fabbrochini, A., 2008.** Migratory crustaceans as biomonitors of metal pollution *in* their nursery areas. The Lesina lagoon (SE Italy) as a case study. *Environmental monitoring and assessment* 143, 15-24.
- Daby, D., 2006.** Coastal pollution and potential biomonitors of metals *in* Mauritius. *Water, Air and soil pollution* 174, 63-91.
- Delavie, P., 2001.** Les phénomènes de pollution dans les pays en voie de développement Hachette multimédia. 25p.
- DIPI., 2015.** Direction de l'Industrie et de la promotion de l'investissement. Annuaire Statistique de la Wilaya de Bejaia, 2015.
- DPAT., 2009.** Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire. Annuaire statistique de la wilaya de Bejaia, monographie de la wilaya de Bejaia 2008, édition 2009, Bejaia, 2009.
- DPAT., 2012.** Direction de la Planification et de l'Aménagement du Territoire. Contribution a t'étude Hydrogéologique de la vallée l'Ouad sahel-soummam Annuaire Statistique de la Wilaya de Bejaia, 2012.
- DPRH., 2015.** Direction de la Pêche et des Ressources Halieutique. Annuaire statistique de la wilaya de Bejaia 2015.P.209.
- DPSB., 2015.** Direction de la Programmation et Suivi Budgétaire. Annuaire statistique de la wilaya de Bejaia 2015.P.8 – 12.
- DSA., 2015.** Direction des Services Agricole. Annuaire statistique de la wilaya de Bejaia 2015.P.170.
- Duchauffer, P., 1997.** Abrégé de pédologie. 5<sup>eme</sup> édit. Masson.

**Duquesne, S., 1994.** Bioaccumulation métallique et biomarqueurs : Les métaux lothioneines .Analisis Magazine. Volume 22, n°1 .France :20-23 du risque. Technique et documentation. Lavoisier. Paris : 73-130. Édition. Masson. Paris : 98-199.

**El Morhit, M., Fekhaoui, M., Serghini, A., El Blidi, S., El Abidi, A., Bennaakam, R., Yahyaoui, A., Jbilou, M., 2008.** Impact de l'aménagement hydraulique sur la qualité des eaux et des sédiments de l'estuaire du Loukkos (côte atlantique, Maroc). Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section sciences de la terre, n°30, 39-47.

**EL., 1997.** Estimation de L'INSERM, surveillance de la population française vis-à-vis risque saturnin, 1997.

**ELM., 2001.** Environnement littoral et marin Commissariat général au développement durable • Service de l'observation et des statistiques. mai 2001.

**Frontier, S., Pichod-Viale, D., 1991.** Ecosystèmes : structure, fonctionnement, évolution, Paris, Masson, 392p.

**Furnestin, J., 1957.** Tenure en oxygène des eaux de la Méditerranée occidentale .supplément à l'étude hydrologique de juin-juillet 1957.

**Galaf, F., Ghannam, S., 2003.** Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu, mémoire du troisième cycle présent pour l'obtention du Diplôme d'ingénieur d'Etat en Agronomie Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II. Rabat.p2.

**Gaujous, D., 1995.** La pollution des milieux aquatiques. Aide-mémoire. *Lavoisier*. Paris : 26 34.

**Goterman, H.L., 1995.** Toxico cinétique de trois polluants métalliques majeurs chez la truite arc-en-ciel (*Salmo gairdneri*), le chrome, le cuivre et le zinc ». Thèse de 3ème cycle Univ. De Claude Bernard, Lyon : 125 p.

**Guerra-García, J.M., et García-Gómez, J.C., 2004 .** Polychaete assemblages and sediment pollution *in* a harbour with two opposing entrances. *Helgoland marine research* 58,183-191.

**Gunnar, F., Nodberg, B.A., Nodberf, F.W., Friberg, L., 2007.** Handbook on the toxicology of metals. 3eme edition. Academic Press, 25 juin 2007. 1024 p. ISBN: 978-0123694133.

**Heinrich, D., Hergt, M., 1990.** Atlas de l'Ecologie. Edt. La pochothèque. 286p.

- Huang, H., Wu, J.Y., et Wu, J.H., 2007.** Heavy metal monitoring using bivalved shellfish from Zhejiang coastal waters, East China Sea. *Environmental monitoring and assessment* 129, 315-320.
- Hutchinson, T.C., et Meema, K.M., 1987.** Lead, mercury and arsenic *in the environment*. SCOPE 31. Chichester, John Wiley and Sons, 360 p.
- ISO., 1986.** Qualité de l'eau : Dosage du Cobalt, Nickel, Cuivre, Zinc, cadmium et Plomb méthodes par spectrométrie d'absorption atomique. Suisse : ISO 8288, 1986.
- ISO., 1994.** Qualité de l'eau : Dosage du cadmium par spectrométrie d'absorption atomique. Suisse : ISO 5961, 1994.10p.
- ISO., 2003.** Qualité de l'eau : échantillonnage. partie3 : Lignes directrices pour la conservation et la manipulation des échantillons d'eau. Suisse : ISO 5657-3, 2003.
- JORA., 2006.** Journal Officiel de la République Algérienne. Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006
- Key, P.B., Wirth, E.F., et Fulton, M.H.. 2006.** A review of grass shrimp, *Palaemonetes* spp., as a bioindicator of anthropogenic impacts. *Environmental bioindicators* 1, 115-128.
- Lacaz, J.C., 1996.** L'eutrophisation des eaux marines et continentale : causes, manifestations, conséquences et moyen de lutte. Edt. Ellipses. Paris. 191 p.
- Lakhili, F., Benabdelhadi, M., Bouderkha, N., Lahrach, H., Lahrach, A., 2015.** Etude de la qualité physicochimique et de la contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de Beht .Maroc.
- Lidsky, T.I., Schneider, J.S., 2003.** Lead neurotoxicity *in children*: basic mechanisms and clinical correlates. *Brain* 100: 284–293.
- Loue, A., 1993.** Oligo-élément en agriculture. 2. Paris Nathan
- Magni, P., 2003.** Biological benthic tools as indicators of coastal marine ecosystems health. *Chemistry and ecology* 19, 363-372.
- Mankou, N ., 2006.** Modèle d'évaluation des indicateurs de durabilité du littoral dans le golf de Béjaia.
- Martin-Garin A, et Simon O, 2004.** Cadmium 109 et environnement. Ed. IRSN. 14p.

- MATE., 2002.** Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Plan National d'Actions pour l'Environnement et le Développement Durable (PNAE-DD).p44
- Mersaud, O., 2005.** La méditerranée malade de la pollution, Revue de presse du 18 avril. El watan.
- Miquel, M., 2001.** Rapport sur les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Office Parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. N° 2979 Assemblée Nationale, N°261 Sénat
- Neely, R.N., Neimainis, V.P., et Dwyer, L., 1980.** Référence sur la qualité des eaux. Guide des paramètres de la qualité des eaux environnements. Canada. Direction de la qualité des eaux, Ottawa. Canada.
- Nestel, P., Davidsson, L., 2003.** Anémie carence en fer et anémie ferriprive. Etat Unis d'Amérique, 2003.
- Nisbet, M., et Verneau, J., 1970.** Composantes chimiques des eaux courantes. Ann. Limnol. T 6 Fasc., 2 : 161–190.
- ORGM., 1999.** Office National de Recherche Géologiques et Minière. Livret de la substance utile non métallique de l'Algérie, édition de service géologique de l'Algérie Boumédés .p.5, 6.
- Pichard, A., 2011.** Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques : Zinc et ses dérivés. INERIS. 14 mars 2005. [Page consultée le 06/05/2011]. 69p.
- Picot, A., 2002.**Expert européen de toxicologie. Le trio mercure, plomb, cadmium.Lesmétaux lourds : de grands toxiques.2002.
- PNUE., 2004.** Programme de Nations Unies pour l'Environnement. Mers et océans – morts ou vivants ? : La mer méditerranée publiée par P.N.U.E. Bruxelles. Edition spéciale.p.16
- Queguiner, B., 2009.** Interactions continent / Océan / Atmosphère. Centre d'Océanologie de Marseille. Mémoire de fin de cycle : Océanographie, Physique, chimique, biologique : université Aix Marseille
- Rainbow, P., Phillips, D., 1993.** Cosmopolitan biomonitors of trace metals. A review.Marine Pollution Bulletin, **26**: 593-601p.

**Ramade, F., 1992.** précis d'Eco toxicologie Masson, paris, 300p.

**Ramade, F., 2000.** Dictionnaire encyclopédique de pollution – les polluent de l'environnement a l'homme. Edt. Ediscience international.Paris.690p

**Ramade., 2011.** Introduction à l'écochimie, les substances chimique et l'écosphère a l'Homme edition. Lavoisire. Paris.

**Rao, J.V., Kavitha, P., Srikanth, K., Usman, P.K., et Rao, T.G., 2007.** Environmental contamination using accumulation of metals *in* marine sponges, *Sigmadocia fibulata* inhabiting the coastal waters of Gulf of Mannar, India. Toxicological and environmental chemistry 89, 487-498.

**Robert., 1992.** Dictionnaire de bon usage et de ses difficultés, Paris.P967.

**Rodier, J., 1996.** L'analyse de l'eau. Eaux naturelles - Eaux résiduaires - Eaux de mer.8ème edt. Dunod. 1383p.

**Rodier, J., Legube, B., Merlet, N., et Coll., 1996.** L'analyse de l'eau.9ème edt. Dunod. 1526 p.

**Saou, A., 2013.** Hydrogéochimie des eaux de la vallée de la basse Soummam Bejaia Algérie. Th. DOCT, Université A. Mira Bejaia. P.136

**Schoeters, G., Den hond, E., Zuurbier, M., Naginiene, R., Van den hazel, P., Stilianakis, N., Ronchetti, R., Koppe, J.G., 2006.** Cadmium and children: exposure and health effects. ActaPaediatr. 95 (Suppl.), 50–54.

**Smolders, R., Bervoets, L., Wepener, V., et Blust, R., 2003.** A conceptual framework for using mussels as biomonitors *in* whole effluent toxicity. Human and ecological risk assessment 9, 741-760.

**SONMB., 2013.** Station Office National Météorologique de Bejaia. La répartition des précipitations moyennes mensuelles en mm période 1978 - 2012.p.3.

**Viaroli, P., Bartoli, M., Giordani, G., Austoni, M., et Zaldivar, J.M., 2005.** Biochemical processes *in* coastal lagoons: from chemical reactions to ecosystem functions and properties. Indicators of stress in the marine benthos. IOC workshop report No. 195, pp. 27-30.

**Warwick, R., 2005.** Taxonomic distinctness as an indicator of stress *in* the marine macrobenthos. Indicators of stress in the marine benthos, IOC workshop report No. 195, pp.10-11.

# ***ANNEXES***

## Annexe 1

Tableau N°6 : Données climatologiques de la wilaya de Bejaia (DPSB 2015)

Mois	Pluviométrie (mm)	Nombre de jours de pluie
Janvier	201,2	09
Février	174,6	17
Mars	98	09
Avril	00	00
Mai	28,5	07
Juin	00	00
Juillet	00	00
Aout	00	00
Septembre	34,6	08
Octobre	91,9	07
Novembre	96,8	07
Décembre	00	00
Total	725,6	64

## Annexe 2

**Tableau N°10 : les sites de prélèvement de la zone d'étude et leurs Coordonnées Géographiques**

Echantillon	Point de prélèvement	Altitude	Longitude	Commune	Prétexte de Choi
E1	Plage malbou	36.643658	5.360788	Malbou	Eaux usée
E2	Ouedagrioun	36.642093	5.337753	S E T	Oued Agrioun
E3	Plage lota	36.638108	5.295570	S.E.T	Oued lota
E4	Aokas centre	36.641557	5.248294	Aokas	Rejet domestique
E5	Tala Khaled	36.648749	5.220703	Aokas	Oued zitouna
E6	Oued djemaa	36.650842	5.213662	Aokas	Oued djemaa
E7	Vacaro	36.657639	5.193878	Tichy	Rejet domestique
E8	Plage tasift	36.660831	5.181572	Tichy	Rejet qomestique
E9	Ighzer	36.660783	5.181592	Tichy	Oued
E10	OuedDjoua	36.692159	5.108380	Boukhelifa	Oued Djoua
E11	OuedMarsa	36.697780	5.097101	Boukhelifa	Oued Marsa
E12	OuedDjbira	36.708221	5.083867	Boukhelifa	Oued djbira
E13	Sidi-A- Lebher 1	36.720325	5.080351	Bejaia	Eaux usée
E14	Sidi-A- Lebher 2	36.722519	5.079118	Bejaia	Eaux usée
E15	Sidi-A- Lebher 3	36.726815	5.077684	Bejaia	Eaux usée
E16	Ouedsoummam	36.729329	5.076466	Bejaia	Oued soummame
E17	Oued sghir	36.734359	5.077468	Bejaia	Oued Sghir
E18	R. de plaisence	36.746973	5.087443	Bejaia	Activité portuaire
E19	Brise de mer	36.753864	5.091601	Bejaia	Activité portuaire
E20	Port pétrolière	36.758589	5.095296	Bejaia	Activité portuaire
E21	Plage Boulimat	36.813728	4.978675	Bejaia	Decharge
E22	Plage saket	36.829479	4.939896	Bejaia	Oued saket
E23	Plage Tighremt	36.858976	4.866966	Toudja	Oued
E24	R. Alpha	36.870616	4.833008	Touja	Eaux usée
E25	Plage Ddas	36.871864	4.818173	Toudja	Oued ddas
E26	Plage Ddas 2	36.871655	4.807913	Toudja	Oued
E27	BeniKsila	36.885104	4.792272	BniKsila	Rejet domestique
E28	Ath mendil	36.882023	4.721841	BniKsila	Rejet domestique
E29	Ouad tayda	36.881119	4.704186	BniKsila	Oued
E30	Plage forte	36.883674	4.675436	BniKsila	Rehet domestique

## Annexe 3

## Courbe détalonage de Zinc (Zn)

Tableau N° 13 : la courbe utilisé pour le dosage de Zn

[C]	Abs
0,1	0,0573
0,15	0,0922
0,2	0,1307
0,3	0,199
0,4	0,275

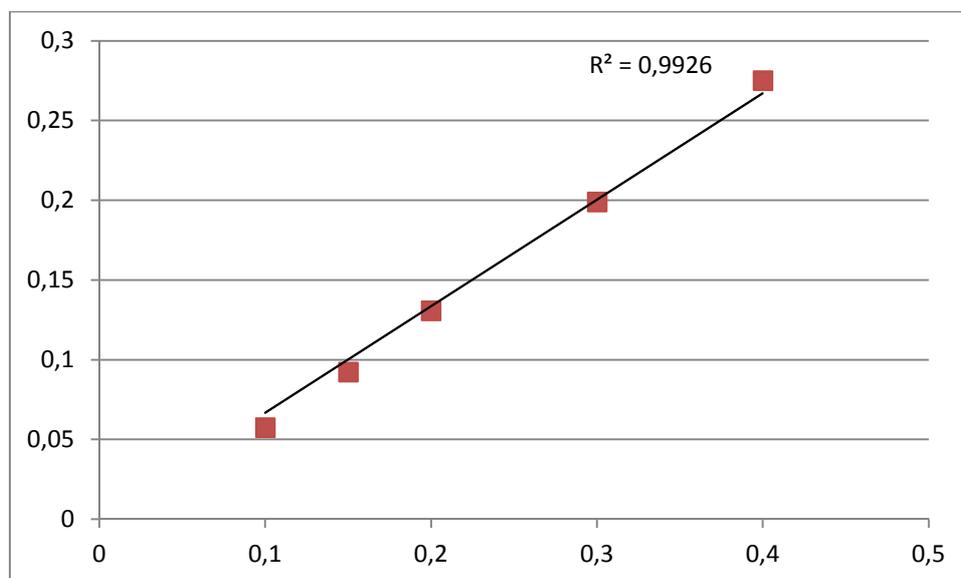


Figure 25 : Courbe d'étalonnage de Zinc

## Annexe 4

## Courbe d'étalonnage de Fer (Fr)

Tableau N°14 : la courbe utilisé pour le dosage de Fr

[C]	Abs
0,5	0,0443
1	0,108
1,5	0,1678
1,8	0,1998
2	0,2253

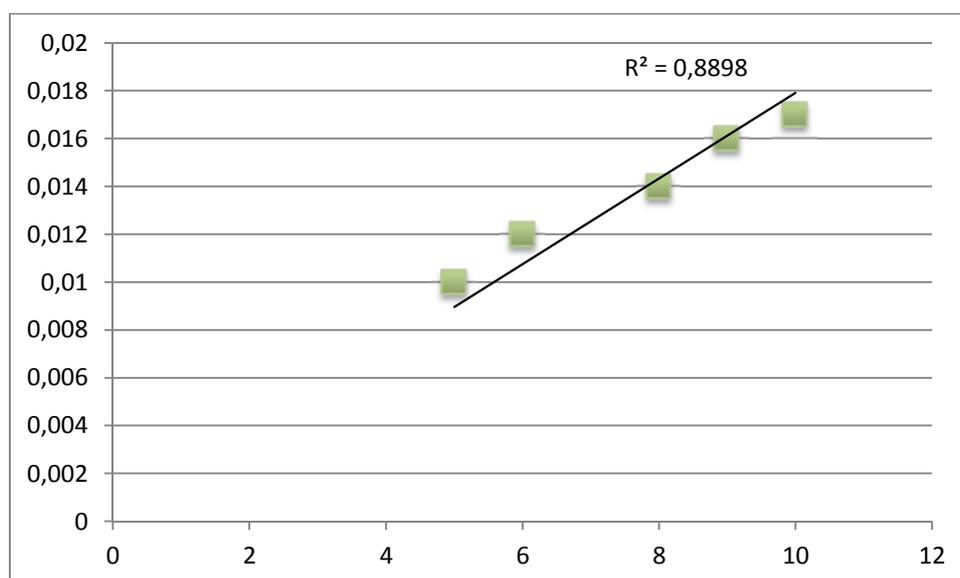


Figure 26 : Courbe d'étalonnage de Fer

## Annexe 5

## Courbe d'étalonnage de Cadmium (Cd)

Tableau N°15 : la courbe utilisé pour le dosage de Cd

[C]	abs
5	0,01
6	0,012
8	0,014
9	0,016
10	0,017

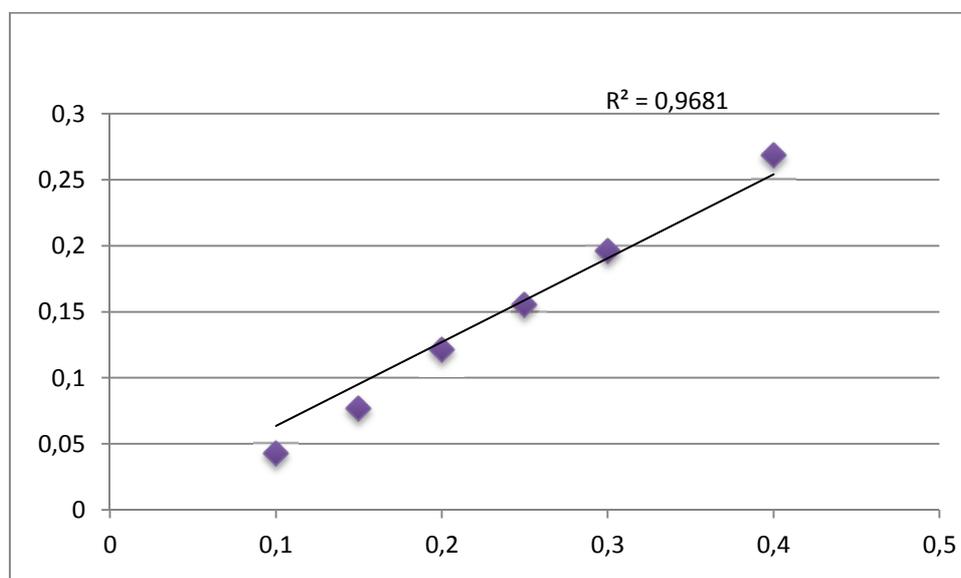


Figure 27 : Courbe d'étalonnage de Cadmium

Annexe 6



**Figure N°06** : Photo de la station 4  
(Aokas centre)



**Figure N°07** : Photo de la station 6  
(Oued djemaa)



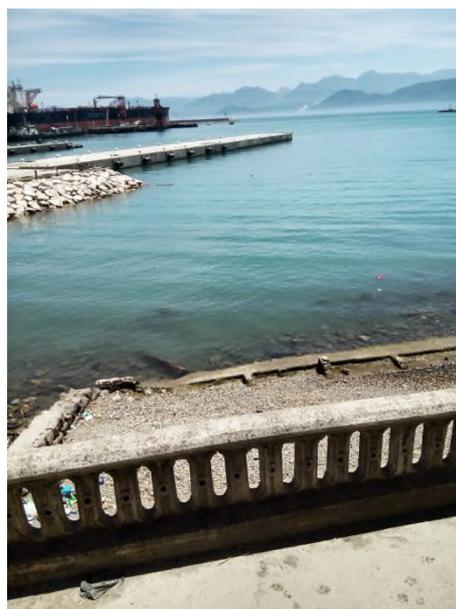
**Figure N°08** : Photo de la station 13(Sidi  
Ali Labher 1)



**Figure N°09** : Photo de la station 14(Sidi  
Ali Labher 2)



**Figure N°10** : Photo de la station 6(Oued  
Sghir)



**Figure N°011** : Photo de la station 4  
(Port petroliere)

**Annexe 7****Tableau 16 :** Valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels

Paramètre	Unité	Valeur limites	valeurs limites anciennes installations
T°	C°	30	30
PH	-	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5
Cd	Mg/l	0,2	0,25
Fr	Mg/l	3	5
Zn	Mg/l	3	5

## **Résumé :**

Le présent travail concerne d'une part l'étude des paramètres physico-chimiques de l'eau de mer du littoral de la wilaya de Bejaia et d'autre part un diagnostic sur l'état de sa pollution en éléments de traces métalliques (Cadmium, Fer et Zinc). Pour réaliser cette étude, des prélèvements mensuels entre (début du mois d'avril et fin de mois de mai de l'année 2017) des échantillons d'eau de mer ont été effectués au niveau de trente stations différentes le long de la zone côtier de Bejaia. Les résultats obtenus montrent que les teneurs métalliques dans l'eau de mer présentent des variations significatives selon les stations et les saisons de prélèvement. La station E17 (oued seghir) reste cependant la plus contaminée par les métaux lourds étudiés il s'agit de l'embouchure oued seghir en contact avec la mer. Une partie en parallèle a été réalisée sur la variation des paramètres physico-chimiques : pH, salinité, conductivité, température et l'oxygène dissous. A l'issu des résultats obtenus, une interprétation des données a été faites sur la base de la corrélation existante entre les différents paramètres et la répartition des stations d'étude en groupe et selon le degré de contamination en métaux lourds via l'analyse des composantes principale (ACP) a travers la qu'elle on a constaté une corrélation très significatifs entre les sites et la sources des apports des charges polluants caractériser par l'apport des rejets des oueds, et le manque des stations d'épuration le long des zones côtières de la wilaya de Bejaia.

**Mots clés :** la pollution, littoral de Bejaia, Eaux de mer, Paramètres physico-chimiques, Métaux lourds.

## **Abstract:**

The present study concerns the study of the physicochemical parameters of the sea water of the coast of the wilaya of Bejaia and on the other hand a diagnosis on the state of its pollution in elements of traces metal (Cadmium, Iron and Zinc). In order to carry out this study, monthly sampling between the beginning of April and the end of May of the year 2017 sea water samples were carried out at thirty different stations along the coastal zone Of Bejaia. The results obtained show that the metallic contents in the seawater show significant variations according to the stations and the sampling seasons. The E17 station (oued seghir) remains the most contaminated by the heavy metals studied. It is the oued seghir mouth in contact with the sea. A parallel part has been carried out on the variation of the physicochemical parameters: pH, Salinity, conductivity, temperature and dissolved oxygen. On the basis of the results obtained, an interpretation of the data was made on the basis of the existing correlation between the different parameters and the distribution of the group study stations and the degree of heavy metal contamination via the analysis of (ACP) through a very significant correlation between sites and the sources of inputs of pollutant loads characterized by the contribution of wastewater from the wadis, and the lack of wastewater treatment plants along the Coastal areas of the wilaya of Bejaia.

**Key words:** pollution, Bejaia coastline, Sea water, Physico-chemical parameters, Heavy metals.