

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et l'Aménagement du Littoral

(E.N.S.S.M.A.L)



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR

D'ETAT EN SCIENCE DE LA MER

Option : ENVIRONNEMENT

THEME :

**MONITORING DE LA POLLUTION INORGANIQUE PAR LES METAUX
DANS LE GOLFE DE BEJAIA.**

➤ **BENDJAZIA AHLAM**

Soutenu le 25/11/2020 devant le jury :

Mr BOUGHRIRA Abdelhak	Maitre-assistant (ENSSMAL)	Président
Mme HOUMA Bachari Fouzia	Professeur (ENSSMAL)	Promotrice
Mr KADA Mohamed	Maitre-assistant (ENSSMAL)	Examineur
Mme ADEM Amina Amel	Maitre-assistante(ENSSMAL)	Examinatrice

Promotion 2018/2019

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de mon stage et qui m'ont aidé lors de la rédaction de ce mémoire.

Je remercie tout d'abord Allah tout puissant de m'avoir donné le courage, la patience et la force de finir ce modeste travail.

Je voudrais remercier ma promotrice de mémoire Mme Houama Bachari Fouzia professeur de Télédétection à l'école supérieure des sciences de la mer et l'aménagement de littoral, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

Je remercie également les membres de jury qui ont accepté d'examiner mon travail.

Je tiens aussi à remercier tous les professeurs de l'ENSSMAL, qui m'ont aidé à réussir
Je remercie également toute l'équipe de la bibliothèque de l'ENSSMAL, pour avoir assuré mes recherches bibliographiques.

Je tiens à témoigner toute ma reconnaissance aux personnes suivantes, pour leur aide dans la réalisation de ce mémoire : Djamaoun linda ,belmezeti aicha , benamara kheira kheir khadidja et rahmani manal

Dédicaces

Je dédie ce travail
avec vif plaisir à ceux qui sont les plus proches à
mon cœur, qui m'ont toujours aimé et qui ont usé de toutes leurs forces pour que je sois toujours
heureuse, mes très chers parents, qui sans eux je ne serai rien ;
à ma grande mère que Dieu lui accorde longue vie
À mes frères Mohamed ,Madjid ,Hakim , karim, Nor eddin ,Abderazzek , Rayen et Adem
À mes très chères sœurs Fatima Nesrin Zahra et Soujoud
À toute ma grande famille ; mes oncles, Mohamed ,Ahmed, Nacer et Nasr eddin mes chères
tantes et mes cousins Amar et cheikh et Hamid
À mes meilleures amis Khadidja, Aicha ,Kheira ,Manal ,Ikram, Khawla ,Imen ,Amina ;Sara
benani et son fils alaa
À toute la promotion d'Environnement et d'aménagement de littoral

Tables des matières

Liste des figures.....	VII
Liste des tableaux.....	VIII
Liste des abréviations.....	IX
INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE I : GENERALITES SUR LA POLLUTION DES EAUX MARINES.....	4
I.1. Définition de la pollution des eaux marines.....	5
I.2. Les différents types de pollution.....	5
I.3. La pollution chimique.....	5
I.4. Les métaux lourds.....	6
I.5. Classification biologique des métaux lourds.....	6
I.5.1. Les éléments traces essentiels.....	6
I.5.2. Les éléments traces non essentiels.....	6
I.6. Sources de métaux lourds.....	6
I.7. Les métaux lourds dans le milieu marin.....	7
I.8. Effets des métaux lourds sur le milieu aquatique.....	8
I.9. La toxicité des métaux lourds.....	8
I.10. Contamination métallique des sédiments.....	9
I.11. Piégeage des métaux sur les sédiments.....	9
I.12. Les métaux étudiés.....	9
I.12.1. Le Zinc (Zn).....	9
I.12.2. Le Manganèse (Mn).....	9
I.13. Qualité du milieu récepteur.....	12
I.13.1. La température.....	12
I.13.2. Potentiel d'hydrogène (pH).....	12
I.13.3. La conductivité électrique.....	12
I.13.4. La salinité (PSU).....	13

III.5.2.3. Extraction des métaux lourds (minéralisation en digestion	25
III.5.2.3.1. Minéralisation à blanc.....	25
III.5.2.3.2. Minéralisation des échantillons	26
III.5.3. Analyse des métaux traces	26
III.5.3.1. Analyse des métaux par Spectroscopie d'Absorption Atomique (SAA)	26
III.5.3.2. Principe de la Spectroscopie d'Absorption Atomique	27
III.5.4. Appareillage.....	28
III.5.4.1. Source lumineuse.....	28
III.5.4.2. Nébuliseur.....	28
III.5.4.3. Chambre d'absorption	29
III.5.4.4. Monochromateur.....	29
III.5.4.5. Détecteur et dispositif de mesure	29
III.5.5. Etalonnage	29
III.5.6. Détermination des concentrations des métaux lourds	30
III.5.7. Les indices de contaminations.....	30
CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSION	31
IV.1. Les résultats des paramètres physico-chimiques	32
IV.1.1. La température (°C)	32
IV.1.2. La chlorophylle (µg/l).....	33
IV.1.3. La salinité (PSU)	34
IV.2. Concentration des métaux lourds dans le golfe de Bejaia.....	36
IV.2.1. Le chrome (Cr)	38
IV.2.2. Le cuivre (Cu)	38
IV.2.3. Le manganèse (Mn)	39
IV.2.4. Le zinc (Zn).....	40
IV.2.5. Le fer (Fe).....	41
IV.2.6. Le plomb (Pb)	42
IV.2.7. Le cadmium (Cd).....	43
IV.3. L'état de la pollution de golfe de Béjaïa.....	44
IV.4. Discussion générale	46
CONCLUSION	47
BIBLIOGRAPHIE.....	49

Liste des figures

Figure 1 : Classification de la pollution marine (Galaf et al ., 2003).....	5
Figure 2 : interactions subies par les métaux aux cours de leur transport au milieu aquatique(Gilbin,2002).....	7
Figure 3 : Situation géographique du Golfe de Béjaïa (Google Earth, 2020).	17
Figure 4 :La mesure des paramètres physico-chimiques a été réalisée par une valise multi-paramètres qui mesure la température, la salinité, l'oxygène dissous, le potentiel d'hydrogène, la conductivité et ainsi que d'autres paramètres.	22
Figure 5 : Sonde de mesure des paramètres physico-chimiques.	22
Figure 6 : Benne « Van-Veen »	23
Figure 7 : Lyophilisateur de marque CHRIST-Beta 1- 8	24
Figure 8 : Mortier en porcelaine.	25
Figure 9 : minéralisation sur plaque chauffante.	25
Figure 10 : Spectromètre d'absorption atomique de marque HITACHI, modèle Z-500.	27
Figure 11 : Courbe représentant les variations de la température dans les différentes zones de golfe de Béjaïa	33
Figure 12 : Courbe de changement de chlorophylle dans différentes stations étudiées de golfe de Béjaïa.	34
Figure 13 : Courbe de variation de salinité dans différentes zones de golfe de Bejaïa.	35
Figure 14 : Carte de variation de température, salinité et chlorophylle dans le golfe de Bejaïa par le logiciel ocean data view ODV.	36
Figure 15 : Variation du chrome dans différentes stations de golfe de Bejaia.....	38
Figure 16 : Variation du cuivre dans le golfe de Bejaia.	39
La station 9 indique la valeur la plus faible, tandis que la station 2 indique la valeur la plus élevée, cette station semble être contaminée par un rejet industriel. (Figure 17).....	39
Figure 18 : variation du cuivre dans le golfe de Bejaia.	40
Figure 19 : Variation du zinc dans le sédiment de golfe.	41
Figure 20 : variation du fer dans le sédiment de golfe de Béjaïa.	42
Figure 21 : Variation de plomb du sédiment de golfe de Bejaia.	43
Figure 22 : Variation du cadmium du sédiment de golfe de Béjaïa.	44

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les effets des métaux lourds étudié sur le milieu aquatique.....	8
Tableau 2 : Les éléments traces métalliques ciblés (Cd, Pb, Cu, Fe)	11
Tableau 3 : Normes de pollution par les métaux lourds (Résultats exprimés en $\mu\text{g/g}$).....	30
Tableau 4 : Les paramètres physico-chimiques dans différentes stations de golfe de Bejaia.....	32
Tableau 5 : Résultats des concentrations des métaux lourds dans le golfe de Bejaia.....	37
Tableau 6 : indice de contamination des sédiments de golfe de Bejaia	45

Liste des abréviations

µg/l : Microgramme par litre

C° : Degré Celsius

Cd : Cadmium

Cr : Chrome

Cu : Cuivre

DBO5 : Demande biochimique en oxygène

DCO : Demande chimique en oxygène

Fe : Fer

GESAMP : Groupe mixte d'experts sur les aspects scientifiques de la protection du milieu marin

IC : indice de contamination

Mg/kg : Miligramme par kilogramme

Mn : Manganèse

OMS : organisation mondiale de la santé

pH : Potentiel hydrogène

Pb : Plomb

RN : Route nationale

SAA : Spectrométrie d'absorption atomique

Zn : Zinc

Introduction Générale

Le caractère bio-accumulatif et les effets délétères à faibles concentrations des métaux traces en milieu marin expliquent la publication d'un nombre considérable d'ouvrages et d'articles scientifiques depuis plusieurs décennies (Kantin et Marchand, 1997). Des études ont été effectuées concernant la concentration des métaux, leur distribution, association, mobilisation, toxicité pour les micro-organismes marins et l'humain et leur bioaccumulation le long de la chaîne trophique (Hirose, 2006 ; Verlecar *et al.*, 2006; Motelay-Massei *et al.*, 2005 ; Adamo *et al.*, 2003 ; Prego et Cobelo García, 2003 ; Fatoki et Mathabatha, 2001 ; Munksgaard et Parry, 2001 ; Steimle *et al.*, 1994; Fowler *et al.*, 1983).

Actuellement, l'usage de nombre de ces métaux est réglementé, tant en ce qui concerne leur utilisation et leur rejet que les teneurs admissibles dans les milieux aquatiques (Kantin et Marchand, 1997).

En Algérie, plusieurs études ont été menées dans ce sens, portant sur l'étude de l'état de divers milieux aquatiques, tels que les Oueds (Seybouse d'Annaba, Bouaroua et Boussalem de Sétif, Soummam de Béjaïa,...etc.), les nappes, des baies (Alger, Annaba et Jijel,...etc.) (Derradji *et al.*, 2005 ; Matmed, 2004 ; Derradji *et al.*, 2003 ; Debieche, 2002).

Le milieu aquatique constitue près de 71% de la superficie de la terre, et l'équilibre de notre planète en dépend fortement. La pollution de ce milieu risque de causer de grands dégâts écologiques (perturbation de cycles biogéochimiques, carence en eau, extinction de certaines espèces, etc.) (Ramade, 2007).

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 80% des maladies chroniques peuvent être causées, directement ou indirectement, par la pollution environnementale. Parmi les polluants les plus dangereux se trouvent ces fameux métaux lourds, à savoir le mercure, le cadmium, le plomb, l'arsenic, l'aluminium et le cuivre (OMS, 2010).

Au cours des dernières décennies, Le milieu marin est un défi important en terme de développement économique. La pollution des océans est devenue une occupation croissante à l'échelle internationale. Parmi les substances chimiques susceptibles de constituer un danger pour la vie aquatique, nous signalons les métaux lourds. Ces éléments traces peuvent ainsi affecter les organismes directement en s'accumulant dans leur corps ou indirectement par leur transfert à travers la chaîne alimentaire du fait qu'ils soient non biodégradables (Bricka & *al.*, 1994 ; Maroi & *al.*, 2004 ; Thiboutot & *al.*, 2004 ; Wingfors & *al.*, 2006).

La contamination des écosystèmes aquatiques par les métaux lourds peut être confirmée dans l'eau, les sédiments et les organismes (Forstner & Wihman, 1983).

Le golfe de Bejaia est actuellement dans un état grave et constitue de ce fait un danger sérieux pour la santé publique, et une source de contamination permanente de l'environnement à cause de l'ensemble de rejets des eaux usées urbaines et industrielles. C'est dans ce contexte bien précis que

s'induit le présent travail qui contribue à étudier la qualité physico-chimique des eaux côtières et la détermination de la concentration de quelques métaux lourds tel que Pb, Zn, Cd, Cr, Mn, , et Cu, présent dans le sédiment. Le travail s'articule sur cinq parties à savoir :

- ✓ Une première partie traite des généralités sur la pollution inorganique par les métaux lourds.
- ✓ Une deuxième partie décrit le site d'échantillonnage, l'échantillonnage ainsi que les méthodes analytiques et l'appareillage utilisé pour l'obtention des résultats exploités.
- ✓ Une troisième partie, présente les résultats. L'analyse des résultats est une étape déterminante, elle révèle les principales sources d'éléments déjà analysés et leur origine ainsi que les facteurs influençant leurs variations. Cette étude préliminaire nous a permis principalement d'avoir d'une part, une image actuelle sur la variation de la concentration des métaux étudiés et les paramètres physico-chimiques du golfe de Béjaïa, d'autre part d'estimer l'état actuel de pollution de ce dernier. Cette étude est réalisée au niveau de laboratoire ENSSMAL à la fin au mois de mars 2019.
- ✓ La quatrième partie consacrée à la discussion des différents résultats obtenus et à leurs interprétations.
- ✓ Ce travail est achevé par une conclusion générale.

**Chapitre I : Généralités sur la pollution des
eaux marines**

I.1. Définition de la pollution des eaux marines

Selon la définition du GESAMP (Groupe mixte d'experts sur les aspects scientifiques de la protection du milieu marin (1983), la pollution se définit comme : "l'introduction par l'homme, 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 à la pêche, altération de la qualité d'utilisation de l'eau de mer et réduction des agréments"

I.2. Les différents types de pollution

À partir de la nature prédominante de la pollution, on distingue plusieurs catégories (Figure 1)

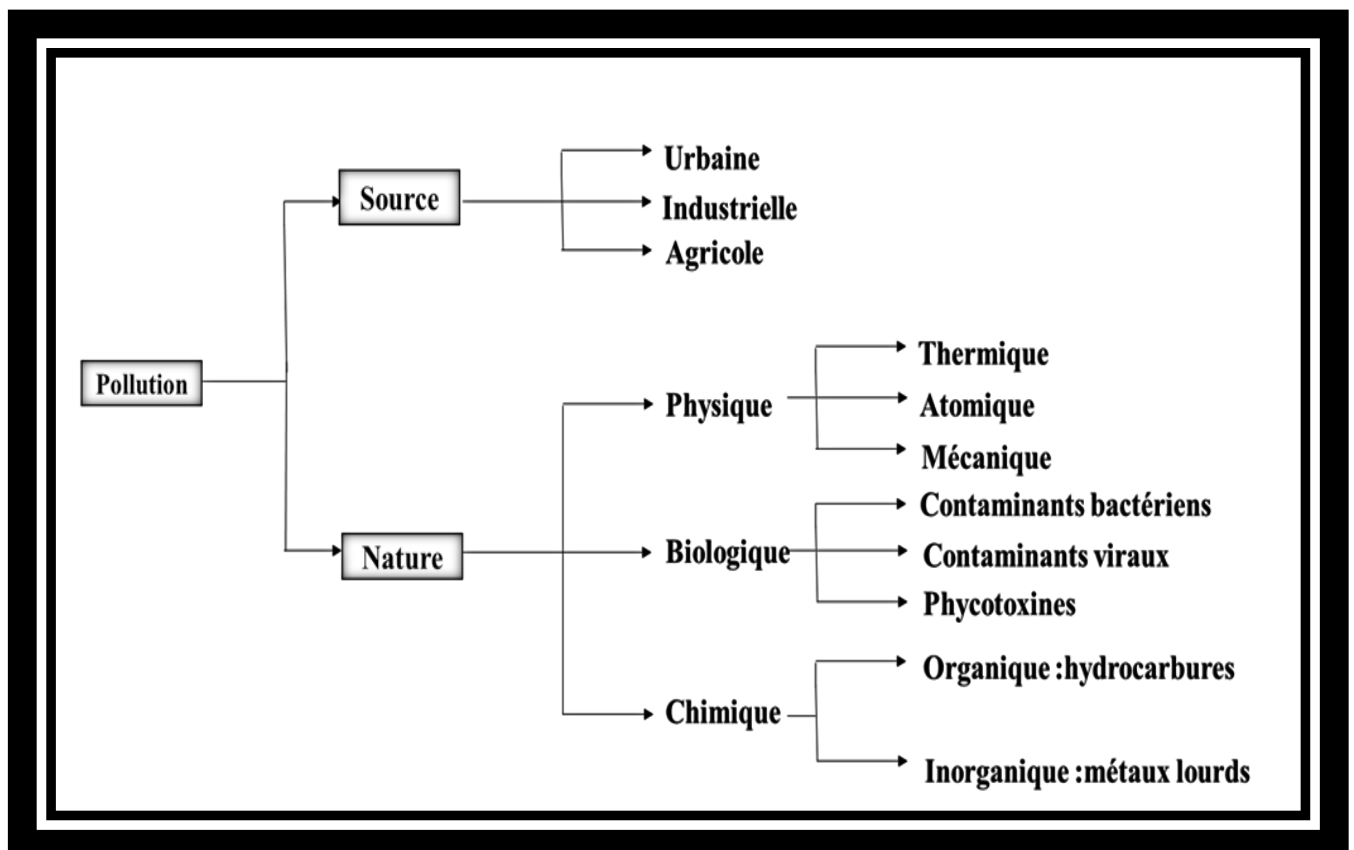


Figure 1 : Classification de la pollution marine (Galaf et al ., 2003).

I.3. La pollution chimique

La pollution chimique est le rejet dans l'environnement soit directement par l'homme ou indirectement sous formes de déchets industriels (Mouchel & Thévenot, 2003).

I.4. Les métaux lourds

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

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

I.5. Classification biologique des métaux lourds

La plupart des scientifiques préfèrent l'appellation des métaux lourds par « Eléments traces Métalliques » (ETM), ou par éléments traces (Bouguenoune et Amirat ,2018).

les oligo-éléments sont indispensables aux organismes vivants, par contre, les autres ne sont pas essentiels Bouguenoune et Amirat ,2018). .

I.5.1. Les éléments traces essentiels

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

I.5.2. Les éléments traces non essentiels

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

I.6. Sources de métaux lourds

Les métaux lourds qui entrent dans l'environnement aquatique proviennent de sources naturelles et de sources anthropogènes. Leur entrée peut être le résultat soit de déversements effectués directement dans les écosystèmes marins, soit d'un cheminement indirect comme dans le cas des décharges sèches et humides et du ruissellement agricole(Baga ,2014).

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

Les sources anthropogènes sont les suivantes :

- Effluents d'extractions minières ;
- Effluents industriels ;
- Effluents domestiques et ruissellements orageux urbains ;
- Lessivage de métaux provenant de décharges d'ordures ménagères et de résidus solides ;
- Apports de métaux provenant de zones rurales, par exemple métaux contenus dans les pesticides ;
- Sources atmosphériques, par exemple combustion de carburants fossiles, incinération des déchets et émissions industrielles ;
- Activités pétrochimiques. (Biney, A.T 2008).

I.7. Les métaux lourds dans le milieu marin

Dans le milieu aquatique, un métal est un élément chimique qui peut former des liaisons métalliques et perdre des électrons pour former des cations. (Belanger, David, 2007). Ceux-ci sont présents le plus souvent dans l'environnement sous forme de traces : Mercure, Plomb, Cadmium, Cuivre, Arsenic, Nickel, Zinc, Cobalt, Manganèse. Les plus toxiques d'entre eux sont le Plomb, le Cadmium et le Mercure. L'origine des métaux présents dans le milieu marin est double. Naturellement présents dans la biosphère, ils proviennent, d'une part, de l'érosion mécanique et chimique des roches et du lessivage des sols (Lacoue-Labarthe, 2009). (Figure 2)

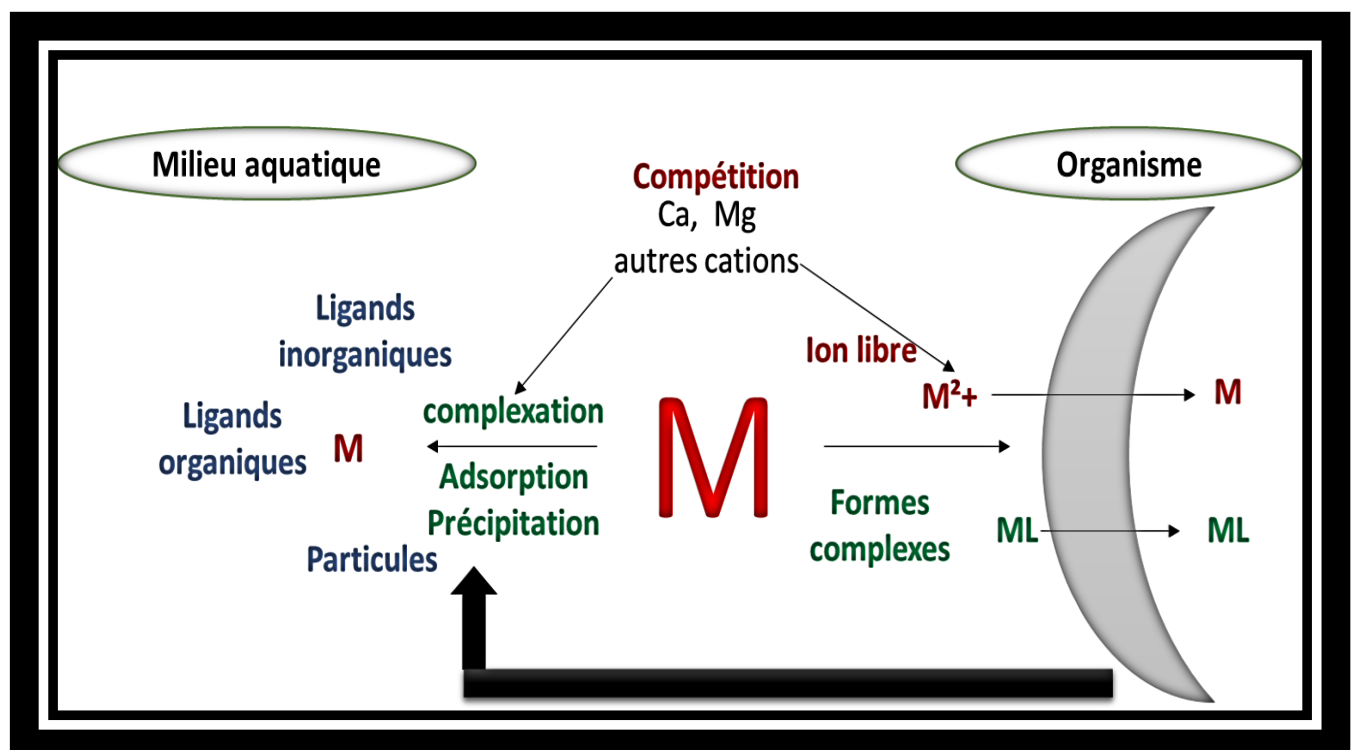


Figure 2: interactions subies par les métaux aux cours de leur transport au milieu aquatique(Gilbin,2002).

I.8. Effets des métaux lourds sur le milieu aquatique

Les effets observés à des niveaux trophiques supérieurs se manifestent notamment par un retard du développement des embryons, des malformations et une moins bonne croissance tout au long de la chaîne alimentaire (Tableau 1) (Casas, 2005).

Tableau 1 : Les effets des métaux lourds étudiés sur le milieu aquatique.

Les métaux lourds	Effets sur le milieu aquatique
Cadmium	Anomalies dans le développement embryonnaire et larvaire chez mollusques bivalves à la concentration 0,05 à 1,2 µg.L ⁻¹ , inhibitions de croissance des mollusques
Plomb	Inhibition de la croissance des moules (<i>mytilus galloprovincialis</i>) Effet sur la croissance de certaines espèces phytoplanctonique à partir 0,05 µg.L ⁻¹
Zinc	Effets sur la reproduction des huîtres et la croissance des larves

I.9. La toxicité des métaux lourds

Une des principales conséquences de la présence des métaux dans l'eau de mer est leur passage dans la biomasse. Ce transfert peut enchaîner des toxicités directes qui se manifestent rapidement par une atteinte de la biomasse, ou indirectes qui sont liées à l'accumulation progressive de ces métaux par les organismes (Ramade, 2000). Les composés métalliques ont une toxicité variable selon leur nature et leur voie de pénétration (ingestion, respiration, contact avec la peau) (Chiffolleau et al., 2001).

Par ailleurs, si les métaux sont souvent indispensables au métabolisme des êtres vivants (oligoéléments), nombreux d'entre eux sont cependant toxiques lorsque leur concentration dépasse un seuil, lui-même fonction de l'état physicochimique de l'élément considéré. C'est le cas du fer (Fe), du cuivre (Cu), du zinc (Zn), du nickel (Ni), du cobalt (Co), du molybdène (Mo), du manganèse (Mn), du chrome (Cr), du titane (Ti)...etc. (Miquel, 2001).

D'autres ne sont pas nécessaires à la vie et sont préjudiciables dans tous les cas comme le plomb (Pb), le cadmium (Cd) et l'antimoine (Sb) (Chiffolleau et al., 2001).

I.10. Contamination métallique des sédiments

Lorsque les polluants sont libérés dans l'environnement, ils sont fréquemment mobilisés dans la rivière et dans l'atmosphère et durant leur transport, ils peuvent être incorporés dans les sédiments. Dans la plupart des systèmes aquatiques, les sédiments contiennent significativement plus de métaux lourds que l'eau et ils jouent un grand rôle dans le cycle hydrologique. Pour cela l'analyse des métaux lourds est un outil de reconnaissance de localisation d'un minerai, de détermination de la qualité de l'eau et d'identification des sources de pollution (Horowitz et Elrick, 1988).

I.11. Piégeage des métaux sur les sédiments

Les formes majeures de métaux sont adsorbées sur les particules minérales par des interactions ioniques ou liées à la matière organique formant ainsi des complexes métalliques par l'intermédiaire de liaisons covalentes. De plus, l'adsorption dépend de l'origine des substances et des conditions environnementales (pH, potentiel redox ...). L'influence de ces dernières est importante, car elles définissent les liens participant à la fixation des cations métalliques sur les sédiments, ainsi que les capacités d'adsorption, variables selon la nature du métal. (Serpaud et al, 1994).

I.12. Les métaux étudiés

I.12.1. Le Zinc (Zn)

Métal essentiel pour la croissance et le développement normal d'espèces animales et végétales, il devient nuisible quand il est en excès (Bennouna, 1990).

La forme la plus exploitée est le sulfure. Il est accompagné d'autres métaux (Cd, Pb, ...) qui peuvent faire l'objet d'une exploitation simultanée. L'utilisation la plus importante est la galvanisation. Viennent ensuite la préparation d'alliages et du laiton. L'oxyde est utilisé comme catalyseur de vulcanisation dans la préparation des caoutchoucs et le zinc-métal en feuilles, sert dans le bâtiment et dans la fabrication des piles électriques. C'est donc un métal très commun des effluents industriels.

I.12.2. Le Manganèse (Mn)

Le manganèse présente des changements de forme (soluble, particulaire et colloïdale), il est plus concentré dans la fraction colloïdale, ce qui implique qu'il a une sédimentation plus lente (Dojlido & Best, 1993).

On le retrouve dans les accumulateurs électriques, dans la fabrication de l'acier, dans les engrais ainsi que dans l'industrie du verre. Les sources anthropiques de manganèse dans le milieu

aquatique sont essentiellement dues à l'activité industrielle et aux consommations des énergies fossiles. Le Mn est un élément essentiel à faible concentration, il devient toxique lorsque ses teneurs dépassent certains seuils de tolérance. Ainsi, on observe une altération de la croissance et de la reproduction chez certains organismes aquatiques lorsqu'il est ingéré a forte concentration (Fairbrother et al, 2007 ; Boust, 1999). Les niveaux normaux du manganèse s'étendent de 40 à 900 mg/kg, avec un moyen estimé de 330 mg/kg du poids sec (Tonnelier, 1984 ; Corde et al., 1988). Le reste des métaux (Cd, Pb, Cu, Fe) sont représentés dans le tableau 2 .

Tableau 2: Les éléments traces métalliques ciblés (Cd, Pb, Cu, Fe) (Fautlane, 1983 ; Colpaert et al., 1993 ; Rodier, 1996 ; Gaujous, 1995 ; Chiffolleau et al., 2001 ; Gérard, 2001; Ohta et al., 2002 ; Wright & Welbourn, 2002 ; Cassas, 2005 ; Dhaou-Eldjabine, 2005 ; Belkhouche, 2006 ; Gunnar et al., 2007; EL-Asri, 2009; Nakib, 2010; Belhoucine, 2012).

Eléments	Forme	Source	Utilisation	Toxicité sur la santé	Toxicité sur l'environnement
Plomb	-En suspension - Dissous Pb ²⁺	-Incinérations de déchets- Poussières volcaniques -Combustion des carburants automobiles -Se trouve à l'état de trace	- Imprimerie - Peintures - Carburants -Automobiles - Métallurgie -Batteries électriques	-Saturnisme : troubles digestifs -Problèmes rénaux - du système nerveux central -Cancérogène	-Effet sur la reproduction des poissons - Anomalies dans le développement embryonnaire des bivalves
Cadmium	-En suspension -Dissous *forme ionique libre Cd ²⁺ *forme complexe	-Eruptions volcaniques -Combustions de charbon et pétroles -Irradiation pour l'analyse du plomb - Accumulateurs alcalins : alliages	-Raffinage des métaux non ferreux - Combustion du carbone et produits pétroliers - Incinérateurs d'ordures ménagères -Fabrication des accumulateurs électriques	-Cancérogène -Atteintes de la fonction rénale - Atteintes du foie et des reins - Gastro-entérites avec des vomissements, diarrhées ...été. -Déformation osseuse (maladie d'itai-itai)	-Perturbation de la photosynthèse chez les plants quand il présente dans le sol -Perturbation du système nerveux et la nécrose des gonades mâles chez les poissons -Anomalies dans le développement embryonnaire chez les mollusques. -Atteinte du potentiel reproducteur des poissons
Cuivre	-En suspension - Dissous *forme ionique (Cu+et Cu ²⁺) *forme complexe	-Présent naturellement dans l'écorce terrestre -Activités agricoles -Eruptions volcaniques -Incinération des ordures ménagères	-Canalisations d'eau - Industrie : électrotechnique, production des alliages -Bon conducteur de chaleur et d'électricité - Peintures	-Gastro-entérites -Cirrhose de foie -Nécroses -Scléroses -Diarrhées, nausées -Irritations intestinales	-Altération des branchies des poissons, - Retard dans la ponte des poissons -Diminution de l'activité photosynthétique
Fer	-En suspension - Dissous : *ionique (Fe ²⁺ , Fe ³⁺) *complexe (organique, minéral)	-Activité industrielles -Transformation des minerais -Industriel sidérurgique -Conservation alimentaire	-Fabrication des engrais -Industrie technologique -Utilisation dans la métallurgie - Décapages	- Anémie -Troubles inflammatoires ou infections et à des pertes de sang -Perte de la vision -Toxicité systématique avec choc	- Colmatage des branchies des poissons - Effets esthétiques pour le milieu aquatique : coloration rouge et goût métallique goût et odeur de poisson pourris

I.13. Qualité du milieu récepteur

Il s'agit des paramètres facilement mesurables et qu'il est généralement utile de connaître. Ces paramètres peuvent être mesurés en continu par des sondes installées dans des stations d'observation de la qualité des eaux (Gaujous, 1995).

I.13.1. La température

La température est un facteur important dans la réparation de la vie aquatique, Ses variations ont une grande influence sur cette dernière, en particulier sur les phénomènes respiratoires (les eaux froides étant plus riches en oxygène que les eaux chaudes). Ses variations peuvent tuer certaines espèces, mais également, elles en favorisent le développement d'autres (Arrigon, 1991).

Une élévation de température peut perturber fortement le milieu (pollution thermique). Elle peut aussi être un facteur d'accroissement de la productivité biologique, qui peut être mis en valeur par l'aquaculture (Gaujous, 1995).

I.13.2. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH est une échelle logarithmique qui varie de 0 à 14. Il traduit l'acidité, alcalinité ou la neutralité d'une eau et mesure l'activité des ions H^+ contenus dans cette eau.

Le pH a une influence majeure sur les formes physico-chimiques du métal et des composants métalliques dans l'environnement aquatique, du fait qu'il contrôle la solubilité et la concentration des métaux (Gendronneau, 2006).

I.13.3. La conductivité électrique

La conductivité est la mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique. Elle varie en fonction de la présence d'ions, de leur concentration, de leur mobilité et de la température de l'échantillon. 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 et colloïdale, 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 de l'eau et d'estimer le volume d'échantillon nécessaire pour certaines déterminations chimiques. La mesure de la conductivité électrique est l'une des plus simples. Elle est importante pour le contrôle de la qualité des eaux résiduaires. Valeur inverse de la résistivité, paramètre très largement utilisé en hydrogéologie, la conductivité est en fonction de la concentration en espèces ionisés, principalement la matière minérale (Gaagai, 2009).

Ce paramètre doit impérativement être mesuré sur le terrain. La procédure est facile et permet d'obtenir une information très utile pour caractériser l'eau (Lapegue& Ribstien, 2006).

I.13.4. La salinité (PSU)

Elle est définie comme la somme des matières solides en solution contenues dans une eau, après conversion des carbonates en oxyde, après oxydation de toutes les matières organiques et après remplacement des iodures et bromures par une quantité équivalente de chlorure (Bentekhici&Zebbar, 2008).

I.13.5. L'oxygène dissous (OD)

C'est un constituant vital de tous les tissus vivants, végétaux et animaux. Ils ont besoin, pour vivre de dioxygène à l'état libre ou combiné. La présence de matière organique réduit la teneur en oxygène dissous dans l'eau par oxydation à travers un procédé microbiologique (AFNOR, 2000). C'est l'un des paramètres les plus sensibles à l'apport de pollution organique dans un cours d'eau (Bontoux, 1983).

Le dosage de l'oxygène dissous est d'une importance capitale dans les études portant sur la qualité des eaux, et ce, parce qu'il régit les réactions d'oxydoréduction (Belhadj, 2006). La concentration en oxygène est directement influencée par la température et la salinité : une eau moins salée est plus froide dissous relativement plus d'oxygène (Sacchi & Testard, 1971).

I.14. Les paramètres indicateurs de pollution

I.14.1. La turbidité

La turbidité est le caractère trouble de l'eau. Elle est causée par les matières en suspension telles que l'argile, le limon, les particules organiques, le plancton et les autres organismes microscopiques. Elle est également due à la présence des matières colloïdales d'origine organique ou minérale. Une turbidité trop élevée empêche la pénétration de la lumière dans la colonne d'eau et peut ainsi diminuer la croissance des algues et des plantes aquatiques (Vilagines, 2003).

La variabilité de la turbidité dépend des facteurs locaux et des conditions spécifiques

- L'état des sols avant les chutes de pluies et le degré de cohésion des particules.
- La fréquence et l'intensité des pluies.
- L'arrivée d'une grande quantité de boue liée au rôle du ruissellement de surface et celle ramenée par les Oueds affluents et les effondrements locaux des berges en périodes de hautes eaux ce qui augmente la turbidité des eaux (Garet. Garet& al, 2005).

I.14.2. Les matières en suspension (MES)

Les matières en suspension (MES) constituent l'ensemble des particules minérales et/ou organiques présentes dans une eau naturelle ou polluée. Elles peuvent être composées de particules de sable, de terre et de sédiment arrachées par l'érosion, de divers débris apportés par les eaux usées ou les eaux pluviales très riches en MES, d'êtres vivants planctoniques (notamment les algues). Elles correspondent à la concentration en éléments non dissous d'un échantillon. L'abondance des matières en suspension dans l'eau favorise la réduction de la luminosité et abaisse la production biologique du fait, en particulier, d'une chute de l'oxygène dissous consécutive à une réduction des phénomènes de photosynthèse (Bouanani, 2005).

I.14.3. La Demande Chimique en Oxygène (DCO)

C'est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau et oxydables par voie chimique dans les conditions opératoires définies (Bontoux, 1993). En fait, la mesure correspond à une estimation des matières oxydables présentes dans l'eau, qu'elles soient d'origine organique ou minérale (chlorure, sulfure, fer ferreux, nitrite et ammoniac).

La DCO est fonction des caractéristiques des matières présentes, de leurs proportions respectives et des possibilités de l'oxydation.

I.14.4. La Demande Biochimique en Oxygène (DBO5)

C'est la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes vivants pour assurer l'oxydation et la stabilisation des matières organiques présentes dans l'eau usée. Par convention, la DBO est la valeur obtenue après 5 jours d'incubation (DBO5). L'essai normalisé prévoit un ensemencement microbien à l'aide d'eau usée domestique, d'une eau de rivière ou d'un effluent de station et une incubation à 20°C.

Dans le cas des eaux usées industrielles, l'ensemencement microbien, la durée d'incubation, la toxicité et la nitrification sont des facteurs pouvant influencer la DBO et doivent par conséquent être particulièrement pris en considération (Eckenfelder, 1982). La DBO est le meilleur indicateur de pollution organique et peut beaucoup varier au cours de la journée.

I.14.5. Matière organique (MO)

La matière organique désigne différents types de composés carbonés et azotés. Elle est principalement issue de l'activité biologique des végétaux et des animaux et de leurs produits de décomposition, mais peut également avoir une origine anthropique : composts, boues, pesticides, hydrocarbures (Kabata-Pendias et Pendias, 2001). La matière organique est donc un facteur clef dans les échanges ioniques et dans les cycles géochimiques des éléments métalliques.

I.14.6. La chlorophylle (Chl)

La chlorophylle **a** est considérée comme étant un indicateur de l'abondance (biomasse) des algues microscopiques. Étant à la base de la chaîne alimentaire, les algues déterminent la productivité, c'est-à-dire le taux de production de matière organique. La chlorophylle est un composé chimique indispensable à la photosynthèse. Sa présence dans tous les organismes végétaux, associée à l'énergie solaire, lui permet de synthétiser ses propres matières organiques carbonées à partir du carbone minéral. Dans les milieux aquatiques, les algues possèdent une diversité de pigments dont les plus importants sont les chlorophylles a, b, c1, c2 et d.

La chlorophylle a est le pigment photosynthétique principal du phytoplancton qui est considéré comme étant un bon indicateur de la santé de l'océan et de son niveau de productivité et de la biomasse phytoplanctonique (Aminot & Chaussepied, 1983). La concentration de chlorophylle est utilisée pour l'estimation de la production primaire (Eppley & Peterson, 1979). La mesure de la concentration de chlorophylle a est donc utilisée pour estimer la biomasse phytoplanctonique dans la mesure où la synthèse organique d'origine végétale ne peut se faire qu'en passant par l'intermédiaire de ce type de chlorophylle.

Chapitre II : Zone d'étude

II. Présentation de la zone d'étude

II.1. Situation géographique

La wilaya de Béjaïa est limitée administrativement par cinq wilayas : Tizi-Ouzou et Bouira à l'ouest, Jijel à l'Est, Sétif et Bordj Bouarreridj au sud. Au nord, elle s'ouvre sur la Méditerranée sur une longueur qui avoisine 100 Km. Elle s'étend sur une superficie de 33261,26 Km² et comprend 52 communes et 19 daïras (Korichi, 2011).

Le golfe de Béjaïa est une importante échancrure de littoral algérien, il est situé à environ 250 km à l'est d'Alger et 420 km à l'ouest de Annaba , il est délimité par cap carbon à l'ouest (36°46'36"N _5°6'27"E) et Ras Afia à l'est (36°49'6"N_5°41'34"E) .



Figure 3: Situation géographique du Golfe de Béjaïa (Google Earth, 2020).

II.2. Bathymétrie

Le golfe de Béjaïa se singularise par sa morphologie très particulière avec un plateau continental peu étendu, et un talus continental festonné par d'imposantes «criques» (Cap Aokas, Béni- Segoual) d'où partent des vallées sous-marines et un littoral sablonneux (dunes) qui borde le pied des falaises (Leclaire, 1972). La profondeur maximale du golfe est d'environ 1000 m avec une largeur moyenne de 1,5 km.

Le golfe de Béjaïa s'étend sur 1,669 km. Le plateau de la baie de Béjaïa est raviné de 40 à 100 m par un petit canyon, unique en son genre par ses dimensions et sa localisation. Il entaille légèrement le rebord de plateau et disparaît au-delà de 150 m (LECLAIRE,1972).

II.3. La sédimentologie

Elle est caractérisée par la présence de trois types du sédiment :

- ❖ **Les sédiments calcaires** tels que les sables, les graviers et la vase calcaire siliceuse qu'on retrouve dans les deux extrémités de la baie.
- ❖ **Les sédiments siliceux** qui représentent le plus important pourcentage du recouvrement sédimentaire et de son rebord, constitués de sable et sablons siliceux, des vases silico-calcaires, des boues silico-argileux et des vases silico-argileuses.
- ❖ **Les sédiments argileux** avec un seul faciès de boues argilo-siliceuses (LECLAIRE, 1972).

II.4. Courantologie

Les courants jouent un rôle essentiel dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques, influençant dans l'ajustement des températures marines et dans la circulation des éléments minéraux nutritifs, contrôlent aussi le cycle vital de nombreux animaux pélagiques et benthiques (Ramade, 1984). Dans le golfe de Béjaïa le courant principal est celui qui pénètre par le détroit de Gibraltar formant des tourbillons anticycliques de 100 km de diamètre en se déplaçant vers l'est à une vitesse inférieure de 7 nœuds (12,6 km/h). Il crée alors des courants résiduels se dirigeant vers la côte dans la vitesse est inférieur à 0,5 nœuds. Ces derniers, au contact de la côte, engendrent des courants de dérive littorale qui agissent dans les zones de déferlement par une remise en suspension des sédiments (MILLOT,1987).

II.5. Pluviométrie et température

La région de Béjaïa est l'une des régions les plus arrosées du pays avec une pluviométrie moyenne avoisinant les 900 mm /an. La répartition des pluies dans le cycle annuel est très inégale. Le maximum est atteint entre novembre et mars et culmine entre 160 mm entre janvier et février. Le minimum annuel est enregistré entre mai et août avec une hauteur de pluie de 6 mm. Pour la température, la moyenne pour la wilaya de Béjaïa est de l'ordre de 18.6 °C. La température moyenne de l'eau de mer est de 20.2 °C (Données pour 30 ans) (l'ONM, 2006).

II.6. Les houles et les vents

Le courant algérien induit au niveau du golfe un contre-courant de surface d'est en ouest dont les vitesses moyennes sont de 0.1 à 0.6 m/s (Leclaire, (1972). Le relief de djebel de gouraya et la vallée de Soummam influent considérablement sur les mouvements des masses d'eau de surface notamment en entraînant vers le large les eaux côtières chargées d'éléments fins amenés par les oueds en particulier la Soummam.

Les vents du matin sont de l'ouest, alors que ceux de midi et du soir varient selon les saisons, en hivers les vents de l'ouest à nord-ouest sont des dominants (vitesse : 08m/s), par ailleurs en été, les vents dominants sont de nord-est est (OMN de Béjaïa).

Les houles sont des mouvements ondulatoires de la mer formée par une succession de vagues qui ne se brisent pas. Le régime des houles dans le golfe selon Leclaire (1972) Bakalem, A. (2008) est le suivant : - Des houles hivernales de direction nord-ouest et ouest. Les promontoires de Cap Carbon et Cap Bouak mettent à l'abri des houles hivernale toute la zone s'étendant du port jusqu'au-delà l'embouchure de la Soummam, zone où la sédimentation fine sera maximale en hiver, saison où les apports solides fins de la Soummam sont très élevés ; - Des houles estivales de direction nord et nord-est qui balayent l'ensemble du golfe.

II.7. Hydrologie

La wilaya de Béjaïa fait partie d'une région côtière assez arrosée, traversée par plusieurs Oueds drainant les eaux superficielles de ruissellement vers la mer, plus exactement dans la baie, les plus importants sont :

- Oued Soummam : 90 km
- Oued Agrioun : 80 km
- Oued Djemaa : 46 km
- Oued Zitouna: 30 km

II.8. Source de pollution dans le golf de Bejaia

II.8.1. Agriculture

La terre destinée à l'agriculture dans les zones côtières de la wilaya de Béjaïa s'accapare d'une partie très importante, ce qui induit une augmentation de l'utilisation des produits chimiques comme les engrais et les pesticides qui atteignent les nappes sous terraines par irrigation. Ces nappes déversent directement dans la mer et entraînent des effets nuisibles sur les ressources biologiques (Ait ziane , 2012).

II.8.2. Rejets industriels

La plupart des entreprises industrielles implantées dans la zone côtière de Béjaïa notamment le golfe, consomment énormément d'eau, d'électricité et de combustibles inflammables. La majorité de ces entreprises sont accusées de déverser des effluents industriels contaminés directement dans la mer. En conséquence, ces rejets déversés sans traitement dans la nature, sont fortement chargés en polluants, et l'absence de station de traitement des eaux industrielles aux niveaux de ces unités provoque des risques non négligeables sur la santé publique et les ressources naturelles animales et végétales (la faune et la flore) (Amrani, 2005).

II.8.3. Rejets solides domestiques

Le seul moyen d'élimination des ordures ménagères dans les communes côtières de Béjaïa est la mise en décharge, soit en site désigné au préalable par les autorités, soit en site créé par les citoyens tel que la décharge de Boulimat. Les ordures rejetées dans cette dernière sont ménagères et industrielles, déversés sans aucun contrôle, ce qui fait que cette décharge constitue un danger permanent pour les écosystèmes marins et continentaux. En plus de la pollution atmosphérique causée par le dégagement des gaz hautement toxiques émanant de l'incinération quotidienne et de la dégradation biologique des déchets, une importante partie de ces produits toxiques se retrouve en mer suite au lessivage provoqué par les pluies ce qui conduit à la dégradation du milieu aquatique (Moualci, 2002).

II.8.4. Eaux usées

Les eaux usées domestiques de la ville de Béjaïa et des stations touristiques sont déversées en zones côtières (en mer) en l'absence de systèmes adéquats d'assainissement et de traitement. (Ait ziane, 2012)

II.8.5. Le trafic routier

La route nationale RN 9 qui traverse toute la côte de Béjaïa représente une importante source d'émission des métaux en particulier le plomb rejeté par le gaz d'échappement des véhicules notamment en périodes estivale (Lyes S, 2012)

Chapitre III : Matériel et méthodes

III.1. Travaux sur terrain

III.2. Présentation du matériel destiné au prélèvement des sédiments

- La benne « Van-Veen ».
- Spatule inoxydable.
- Sachets en plastiques numérotés.

III.3. Conditionnement matériel

Avant toute sortie en mer, le matériel de prélèvement a été soigneusement nettoyé et préparé dans les trois jours qui précèdent (Rodier et *al.*,2009):

- Lavage aux détergents commerciaux;
- Rinçage à l'eau du robinet ;
- Rinçage à l'eau bi distillée ;
- Séchage à l'étuve à 70°C pour le matériel en verre et à 40°C pour le matériel en plastique pendant 24 h ;
- Rinçage à l'eau acidulée à 5 %, préparée à partir d'acide nitrique (HNO₃) de 68 % de pureté ; Rinçage à l'eau bi distillée ;
- Séchage à l'étuve pendant 24h.

III.4. Travaux effectués en mer

III.4.1. Mesure des paramètres physico-chimiques

La mesure des paramètres physico-chimiques a été réalisée par une valise multi-paramètres qui mesure la température, la salinité, l'oxygène dissous, le potentiel d'hydrogène, la conductivité et ainsi que d'autres paramètres. (**Figure 4**)



Figure 5 : Sonde de mesure des paramètres physico-chimiques.

III.4.2. Prélèvement des sédiments

Les prélèvements des sédiments a été réalisé à l'aide d'une benne inoxydable de type « Van-Veen ». Afin d'éviter le contact avec les parois de la benne, le prélèvement du sédiment a été effectué grâce à une spatule inoxydable du cœur du sédiment ramené par la benne. Enfin les échantillons sont recueillis dans des sachets en plastique bien fermés et étiquetés, au fin de mars 2019. (Figure 5)



Figure 6 : Benne « Van-Veen »

III.4.3. Conservation des sédiments

Les échantillons de sédiments marins, dans l'attente d'être traités au laboratoire, sont maintenus congelés à -18°C .

La congélation permet de conserver pour l'essentiel les propriétés chimiques des échantillons, d'éviter une contamination avec le milieu ambiant et les pertes d'éléments volatils tel que le mercure (Charlou et Joanny, 1983).

III.5. Travaux effectués au laboratoire

III.5.1. Le dosage des métaux trace

Le dosage d'éléments métalliques en trace dans le milieu marin nécessite un contrôle rigoureux et permanent des différentes étapes, car il existe des risques de contamination des échantillons du moment de prélèvement à celui de l'analyse finale (A.I.E.A, 2001).

III.5.2. Traitement des échantillons

III.5.2.1. Lyophilisation

La lyophilisation, ou séchage à froid, consiste à extraire progressivement l'eau contenue dans un produit probablement congelé (phase solide) par passage à la phase vapeur, sans passer par la phase liquide à basse pression ; c'est la sublimation (Romond, 2015).

Elle a été faite à l'aide d'un lyophilisateur de marque CHRIST-Beta 1 -8, pendant 48 heures sous vide (10^{-1} mbar) et à très basse température (-50°C à -60°C). Cette méthode évite la perte des métaux les plus volatiles en particulier le mercure (Charlou et *al.*, 1983). (**Figure 6**)



Figure 7 : Lyophilisateur de marque CHRIST-Beta 1- 8

III.5.2.2. Broyage et homogénéisation

Les échantillons du sédiment lyophilisés sont broyés à l'aide d'un broyeur manuel en acier inoxydable jusqu'à l'obtention d'une poudre fine. Cette dernière est récupérée dans des piluliers en verre et stockée dans un endroit sec (dessiccateur). L'homogénéisation se fait avant minéralisation par agitation manuelle.



Figure 8 : Mortier en porcelaine.

III.5.2.3. Extraction des métaux lourds (minéralisation en digestion)

La minéralisation des métaux lourds et la mise en solution des échantillons pour qu'ils puissent libérer les métaux lourds. Cette étape s'effectue par l'ajout des acides selon la nature des échantillons (Biote, sédiment) (AIEA,2001).

III.5.2.3.1. Minéralisation à blanc

Avant l'utilisation des godets, on procède à une minéralisation à blanc. Un volume de 5 ml d'acide nitrique (HNO_3) à 69 % et mis dans chaque godet à téflon puis ce dernier est fermé hermétiquement. Par la suite, les godets sont mis sur une plaque chauffante à 120 °C pendant 2h30(**Figure 8**). Après refroidissement des échantillons, la soupape de sécurité est ouverte doucement, les godets sont rincé à l'eau bi-distillée et séché à l'étuve. (BELADJINE et GUERFI ,2015)



Figure 9: minéralisation sur plaque chauffante.

III.5.2.3.2. Minéralisation des échantillons

On met 0,5 g de sédiment dans chaque godet en téflon, puis on y ajoute 6ml d'eau régale (4,5ml d'HCl + 1,5ml d'HNO₃). Un godet est réservé au blanc dans lequel il suffit de mettre 6ml d'eau régale. On ferme les godets et on les laisse pendant une nuit (minéralisation à froid). Puis on les met sur la plaque chauffante à 120°C pendant 2h 30min. Une fois refroidi, on transfère le contenu des godets dans des tubes coniques et on complète avec l'eau bi-distillée jusqu'à 50 ml. La solution obtenue est prête pour l'analyse (Saim S, 2016).

III.5.3. Analyse des métaux traces

Lors d'une analyse spectrochimique optique, les éléments contenus dans l'échantillon sont déterminés grâce à leur spectre atomique. Toutefois, ceci n'est réalisable qu'à la condition qu'une partie significative de l'échantillon liquide, soit vaporisée. Les atomes libres peuvent alors être identifiés et quantifiés autant par spectroscopie d'émission, d'absorption ou de fluorescence, ces techniques spectrochimiques présentant des avantages complémentaires. En outre, chacune de ces techniques utilise différents types d'atomiseurs (Bernhard, 1985).

III.5.3.1. Analyse des métaux par Spectroscopie d'Absorption Atomique (SAA)

La spectroscopie d'absorption atomique (SAA) est utilisée pour l'analyse des matrices liquides et solides. C'est une technique d'analyse quantitative sensible; en effet, les concentrations détectées peuvent arriver à l'ordre de ppb (ng/ml ou ng/g) (Harlyk et al., 1997).

Elle est fondée sur le phénomène d'absorption de radiations lumineuses par des atomes libres (Laurence, 2010). Les analyses des métaux traces dans le sédiment ont été réalisées sur un spectrophotomètre d'absorption atomique de marque HITACHI, modèle Z-5000 équipé de four, flamme et correction effet Zeeman (**Figure 9**).



Figure 10 : Spectromètre d'absorption atomique de marque HITACHI, modèle Z-500.

III.5.3.2. Principe de la Spectroscopie d'Absorption Atomique

Le passage de la forme ionique (métal en solution) à la forme atomique se produit par une source thermique (source d'atomisation). Les atomes ainsi formés passent d'un niveau énergétique fondamental (état initial) à un niveau plus élevé (état excité) traversé par un faisceau de lumière. L'absorption correspond à la différence entre l'intensité incidente (I_0) et l'intensité transmise (I). Cette différence ($I-I_0$) est déterminée par photomultiplicateur qui lui transforme cette intensité lumineuse en signal électrique quantifiable. La proportionnalité entre l'absorbance et la concentration permet de calculer les teneurs des échantillons (Michelot, 2001).

➤ Loi de Beer-Lambert

L'intensité de l'absorption dépend directement de nombre de particules absorbant la lumière selon la loi de Beer-Lambert. D'après cette dernière, la densité optique d'une solution d'une substance absorbante dans un solvant transparent est proportionnelle à l'épaisseur de la solution traversée et à la concentration de substances absorbante de la solution (Audigie et *al.*, 1985).

$$I=I_0 \cdot e^{-(K \cdot L \cdot C)} \dots (1)$$

La lecture s'effectue en absorbance (A) ou en densité optique (DO):

$$A=DO=\log I_0/I =\epsilon \times L \times C \dots (2)$$

Où:

I: Intensité de l'énergie lumineuse transmise (émergent).

I₀: Intensité de l'énergie lumineuse émise (incidente).

Ƶ: Coefficient d'absorption atomique (constante).

L: Longueur du trajet optique (constante).

C: Concentration de l'élément absorbant (analyte).

Selon Michelot (2001), un spectromètre d'absorption atomique comprend de façon classique :

- Une source génératrice de photons, le lampe souvent une lampe à cathode creuse ;
- Une source d'atomisation : flamme, four graphite, etc.
- Un sélecteur de radiation : monochromateur à prisme ou à réseau ;
- Un dispositif de mesure comprenant un détecteur associé à l'ensemble électronique de mesure.

III.5.4. Appareillage

Les spectrophotomètres d'absorption atomique sont essentiellement composés d'une source qui émet le spectre de l'élément à analyser, d'un atomiseur qui peut être soit une flamme soit un four en graphite, d'un monochromateur, d'un détecteur et d'un appareil de réduction des données.

III.5.4.1. Source lumineuse

Elle consiste à émettre une radiation de résonance par l'élément même qu'on veut doser. Les sources d'émission doivent être stables dans le temps, présenter une luminance élevée pour le spectre de l'élément avec un fond continu faible et enfin avoir une durée de vie assez longue. Elles sont généralement constituées de lampe à cathode creuse ou lampe à décharge électronique (Pinta, 1979).

III.5.4.2. Nébuliseur

Les échantillons destinés à une analyse par spectrométrie atomique sont pour la plupart dissous en milieu aqueux et introduit dans l'atomiseur par un nébuliseur, celui-ci aspire l'échantillon liquide à travers un capillaire par un flux de gaz à haute pression qui s'écoule autour de l'extrémité du tube « effet Bernoulli » (Skoog et al., 2003). La solution d'analyse est alors aspirée dans le capillaire et à la sortie, elle est pulvérisée en un aérosol constitué de fines gouttelettes. Cet aérosol pénètre alors dans la chambre de nébulisation dont le rôle est de faire éclater les gouttelettes et d'éliminer les plus grosses. Ce brouillard homogène pénètre alors dans le brûleur.

III.5.4.3. Chambre d'absorption

Les chambres d'absorption les plus utilisées en spectrométrie sont la flamme et le four graphite qui sont capables, à partir d'éléments présents en solution, de fournir des atomes libres en proportion suffisante pour utiliser la technique d'absorption. (Skoog et al. ; 2003)

III.5.4.4. Monochromateur

Le faisceau incident (source émise) est un spectre de raies qui contient : les raies de l'élément à doser et les raies du gaz de remplissage, les raies d'éventuelles impuretés ainsi que les raies de l'atomiseur (flamme) par conséquent, c'est une lumière polychromatique. Le rôle du monochromateur consiste à éliminer toute la lumière, quelle que soit son origine, ayant une longueur d'onde différente de celle à laquelle on travaille pour avoir un faisceau monochromatique (Benedetto, 1997).

III.5.4.5. Détecteur et dispositif de mesure

Dans les méthodes physiques d'analyse, l'appareil utilisé fournit un résultat qui sera le plus souvent un signal électrique représentatif de la grandeur à mesurer : le détecteur est donc un 'transformateur' qui fournit un courant ou une tension à partir d'une caractéristique physicochimique. En spectrophotométrie d'absorption, la grandeur physique observée est le flux lumineux reçu par un détecteur de photons (Benedetto, 1997).

III.5.5. Etalonnage

Pour chaque élément à doser on prépare une gamme d'étalons dans les mêmes conditions des échantillons, à différentes concentrations (en fonction du type de métal).

Les absorbances de ces solutions standards sont mesurées, ce qui permet de tracer la courbe d'étalonnage (absorbance = f (concentration)), pour les faibles concentrations, c'est-à-dire pour les faibles absorbances, la courbe est quasi linéaire, donc de la forme :

$$Y = aX + b... (3)$$

Y : Densité optique (DO).

X : Concentration du métal à analyser.

a : Pente de la courbe.

b : Ordonnée à l'origine.

A l'aide de la droite d'étalonnage, nous pouvons déterminer les concentrations inconnues en métaux des échantillons de sédiment à analyser.

III.5.6. Détermination des concentrations des métaux lourds

La concentration du métal dans l'échantillon minéralisé est obtenue à partir de la droite d'étalonnage par une régression linéaire aux moindres carrés.

La concentration du métal dans l'organisme est calculée selon la formule suivante (Asso, 1982).

$$C_{\text{finale}} = (C_x * F_d - C_b) * V / P_c$$

Où : C finale : Concentration du métal dans l'échantillon ($\mu\text{g/g}$).

Cx : Concentration du métal présent dans l'analyte ($\mu\text{g/ml}$).

Fd : Facteur de dilution.

Cb : Concentration du blanc ($\mu\text{g/ml}$).

V : Volume de dilution (ml).

Pc : Poids corrigé (g).

III.5.7. Les indices de contaminations

On se base sur les résultats trouvés pour l'ensemble des métaux dosés dans la matrice sédimentaire ; on évalue approximativement l'état de pollution des sédiments, en s'inspirant des normes établies par des pays et communautés industrialisés (Union Européenne, France, Allemagne...) (**Tableau 3**), par le calcul de l'indice de contamination (IC) qui est le rapport entre la teneur en métal observée et celle considérée comme normale.

$$I.C = \text{teneur observée dans le sédiment} / \text{Teneur Considérée comme normale} \dots \dots \dots (7)$$

L'interprétation de l'état de pollution par l'IC est faite comme suit :

$I.C < 3$: les sédiments correspondants sont considérés comme normaux

$3 \leq I.C \leq 10$: l'indice de contamination caractérise des sédiments pollués

$I.C > 10$: les sédiments correspondants représentent des risques pour les écosystèmes marins.

Tableau 3: Normes de pollution par les métaux lourds (Résultats exprimés en $\mu\text{g/g}$).

Normes	Pb	Cd	Cu	Zn	Cr	Mn	Fe
Françaises	22	0.6	26	88	45	400	37.4
Hollandaises	85	0.8	36	140	100	/	/

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.1. Les résultats des paramètres physico-chimiques

L'évaluation de la qualité de l'eau de mer des 7 stations choisies a été déterminée par la mesure des paramètres physico-chimiques. Les résultats obtenus sont présentés dans le **Tableau 4**.

Tableau 4 : Résultats des paramètres physico-chimiques de l'eau de mer dans le golfe de Béjaïa.

Stations	Chlorophylle($\mu\text{g/l}$)	Salinité (PSU)	Température ($^{\circ}\text{C}$)
ST 1	0,245	35,5573	14,6057
ST 2	0,248	35,0389	14,5828
ST 3	0,438	34,4015	14,5806
ST 4	0,353	34,2497	14,5777
ST 5	0,247	35,0994	14,5605
ST 6	0,25	35,8589	14,5971
ST 7	0,249	35,6122	14,7117
MOYENNE	0,29	35,1168429	14,6023
MAX	0,438	35,8589	14,7117
MIN	0,245	34,2497	14,5605
ECART TYPE	0,07614898	0,6137401	0,05034961

IV.1.1. La température ($^{\circ}\text{C}$)

La température de l'eau est un paramètre très important en océanographie et pour la vie aquatique, les valeurs mesurées sont assez stables environ $14,6^{\circ}\text{C}$ à $14,71^{\circ}\text{C}$ et de moyenne **$14,62^{\circ}\text{C}$** Et d'écart type **0,05**.

La **figure 10** illustre la variation de la température de l'eau de mer dans différentes zones de golfe de Béjaïa.

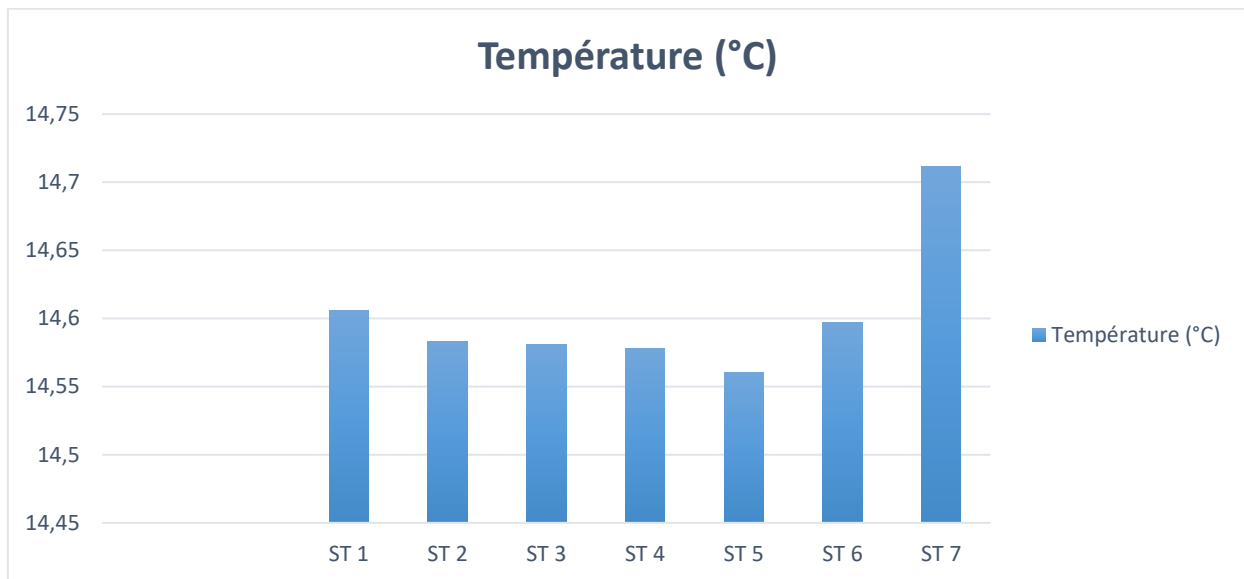


Figure 11 : Courbe représentant les variations de la température dans les différentes zones de golfe de Béjaïa .

Pour la plupart des séries de prélèvements, la température des eaux varie sensiblement d'une station à une autre. Les valeurs de températures enregistrées dans les différentes stations sont comprises entre **14.6°C** et **14.7°C**, elles sont inférieures à la valeur limite préconisée pour l'eau de mer (**20.2 °C**).

Ces valeurs de température enregistrées sont dues à la température ambiante régnant au moment du prélèvement qui était de 19 °C. En outre, la forte pluviométrie qu'a connue la ville de Béjaïa durant cette période a eu sa propre influence en baissant la température (Saim S, 2016).

D'une manière générale, les résultats des mesures de la température de l'eau sont confirmés à la période de prélèvement fin d'hiver début de printemps.

IV.1.2. La chlorophylle (µg/l)

La chlorophylle mesurée est assez stable dans les premières stations (ST 1 et 2) (0.25). Au niveau des deux stations suivantes on a un pique ou la chlorophylle était au maximum ST 3(0.45) après elle va stabiliser dans les autres stations ST 5 (0.25). La **figure 11** illustre la variation de chlorophylle dans le golfe de Béjaïa .

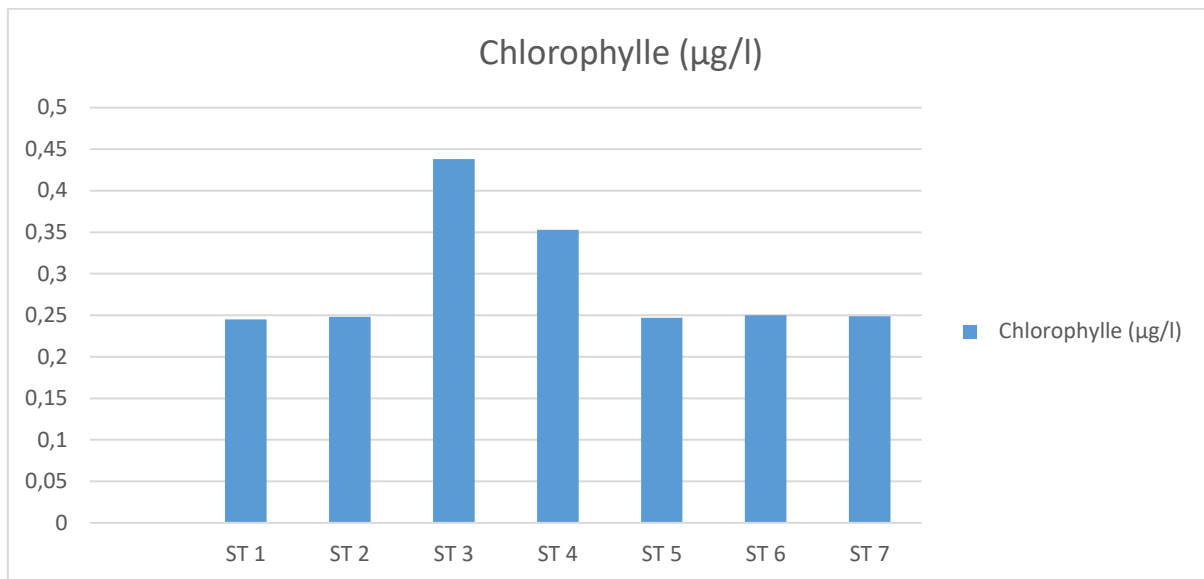


Figure 12 : Courbe de changement de chlorophylle dans différentes stations étudiées de golfe de Béjaïa.

La chlorophylle est un indicateur de biomasse des algues microscopiques sa concentration est utilisée pour l'estimation de la production primaire ; au niveau de la station 3, on a enregistré un bloom phytoplanctonique en relation avec la période de prélèvement.

IV.1.3. La salinité (PSU)

La variation de salinité est inconstante, elle varie d'une station à une autre et ce en fonction des caractéristiques de chaque zone. La salinité varie d'une manière significative sa diminution atteint 34.24 ‰ et son augmentation ne dépasse pas 35.7 ‰. La valeur maximale est enregistrée dans la station 6 et la valeur minimale dans la station 4. La figure suivante illustre la variation de salinité dans le golfe de Béjaïa.

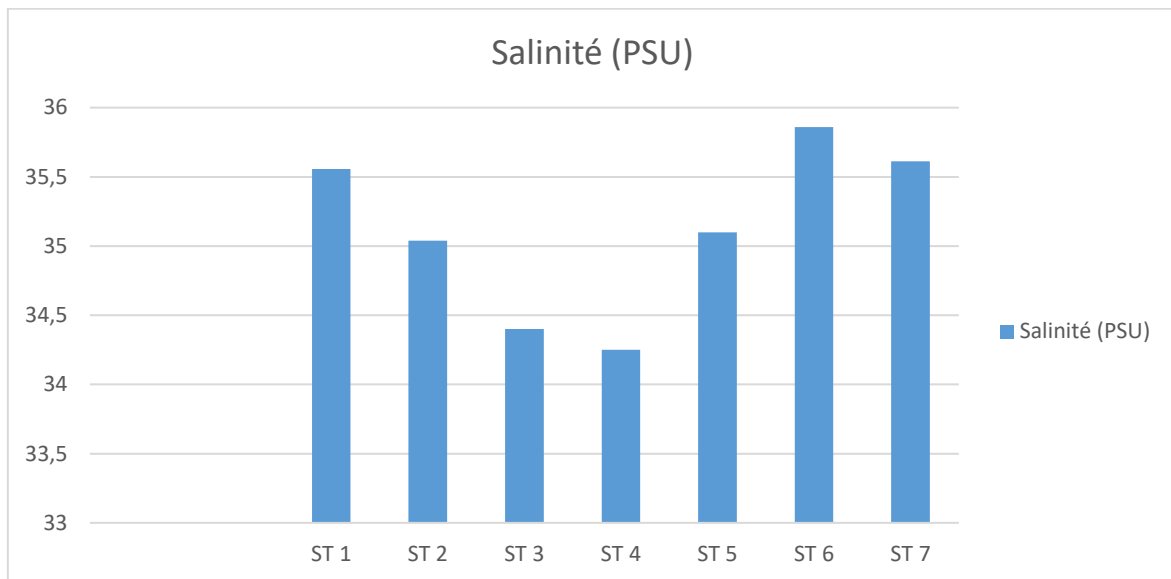


Figure 13 : Courbe de variation de salinité dans différentes zones de golfe de Bejaïa.

D'après la **figure 12** qui représente la courbe de variation de salinité dans différentes zones de golfe de Béjaïa, on constate que salinité des échantillons d'eau prélevés au niveau de notre site d'étude oscille entre (34‰ et 35‰). Les valeurs de la salinité notées au niveau des stations 01, 02, 03 sont (35.55‰, 35.03‰, 34.4‰) respectivement, ces valeurs sont inférieures à la valeur idéale des eaux Méditerranéens qui est comprise entre **37.8 psu** et **39.39 psu** (in **Bouhrira ; 2012**). La valeur la plus faible est localisée au niveau de la station **4** ce qui peut s'expliquer par les apports en eau douce par les cours d'eau (**Draredja, 2007 ; Foussard et Etcheber, 2011**).

La carte suivante illustre la variation de chlorophylle par le diagramme T. S. en utilisant le logiciel ODV (ocean data view)

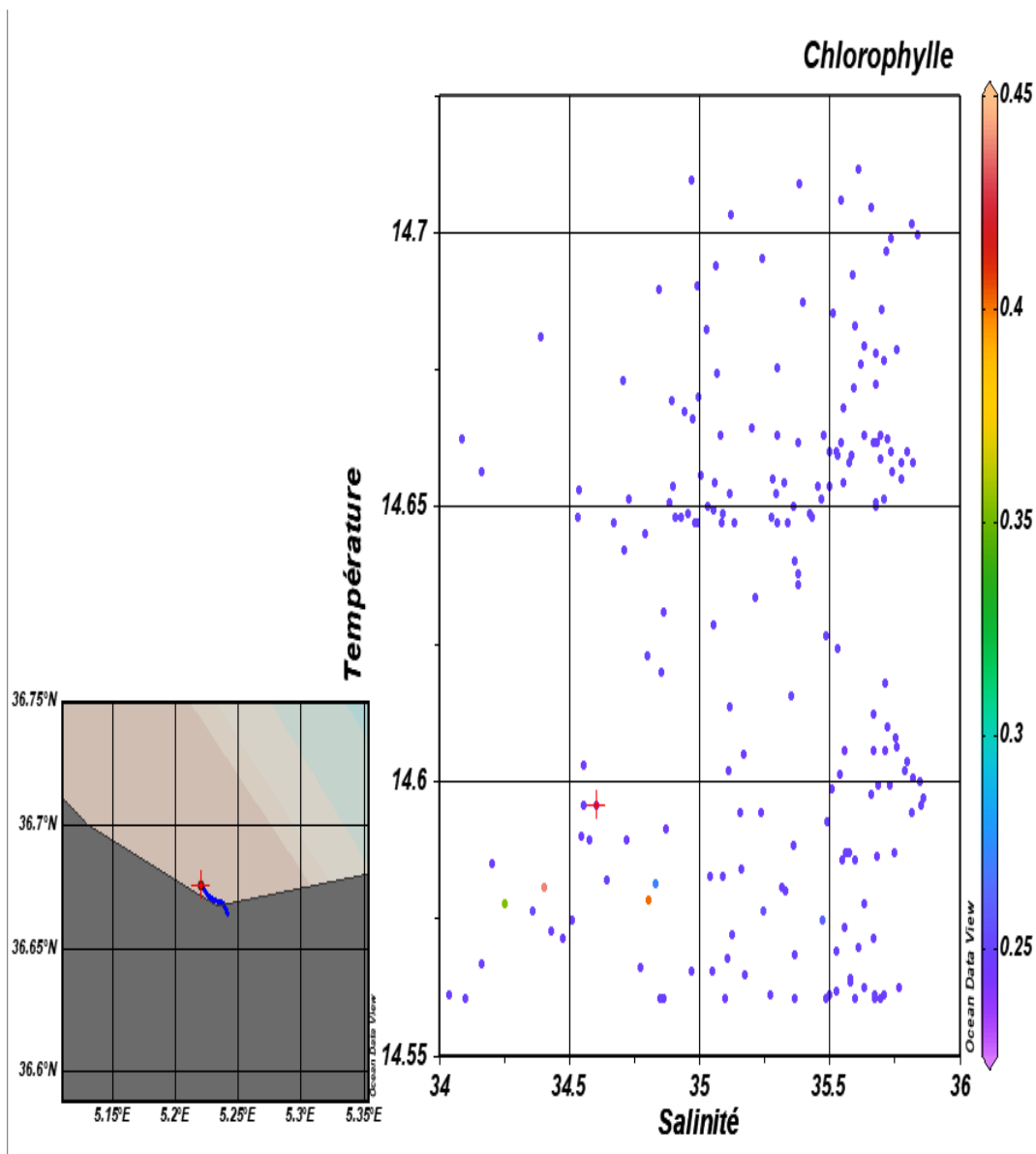


Figure 14 : Carte de variation de température, salinité et chlorophylle dans le golfe de Bejaïa par le logiciel ocean data view ODV.

La chlorophylle était au maximum ou la salinité et la température sont au maximum et au minimum quand ces deux paramètres étaient au minimum, donc il y'a une corrélation positive entre ces paramètres ; la chlorophylle est un indicateur de pollution et sa teneur élevée signifie qu'il y'a des sources de pollution au voisinage de cette station.

IV.2. Concentration des métaux lourds dans le golfe de Bejaia

Les principaux métaux lourds présents dans le sédiment de golfe de Bejaïa sont le zinc, le manganèse, le cuivre, le fer, le plomb, le chrome et le cadmium. Ces constituants naturels de l'écorce terrestre, sont, après altération géologique et l'érosion, transportés vers la mer par les eaux

de ruissellement des pluies et les oueds. A ces apports naturels, il faut considérer des apports anthropiques parfois considérables liés aux diverses activités industrielles menées à terre. Les résultats des métaux dans le sédiment sont présentés dans le tableau ci-dessous (**Tableau 5**).

Tableau 5 : Résultats des concentrations des métaux dans le sédiment de golfe de Béjaïa.

Stations	Cr (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cd (mg/kg)
ST 2	35,79	28,49	750,76	40,45	23,52	17,56	0,53
ST 4	38,77	18,35	713,58	35,11	26,42	11,34	0,63
ST 7	37,42	9,96	726,51	60,36	21,96	18,26	0,61
ST 8	36,87	21,13	723,81	41,07	22,31	21,3	0,58
ST 9	38,51	19,92	677,98	41,07	24,27	17,92	0,28
ST 10	62,62	26,07	738,36	51,89	36,47	29,44	0,38
ST 11	46,22	13,04	701,18	52,66	37,04	27,82	0,47
ST 12	43,24	26,56	711,8	73,26	29,12	21,07	0,52
ST 13	41,75	16,9	708,26	61,05	39,11	20,26	0,25
Maximum	62,62	28,49	750,76	73,26	39,11	29,44	0,63
Minimum	35,79	9,96	677,98	35,11	21,96	11,34	0,25
Moyenne	42,35	20,05	716,92	50,77	28,91	20,55	0,47
Ecart-type	8,31	6,27	21,27	12,49	6,86	5,46	0,14

IV.2.1. Le chrome (Cr)

Les valeurs du chrome enregistrées au niveau de notre site d'étude varient entre **35,79** et **62,62 mg/kg**, avec une moyenne de **42,35 mg/kg** et un écart-type de **8,31**. La valeur maximale est enregistrée dans la ST 10 et la valeur minimale est enregistrée dans la ST 2. (**Figure 14**)

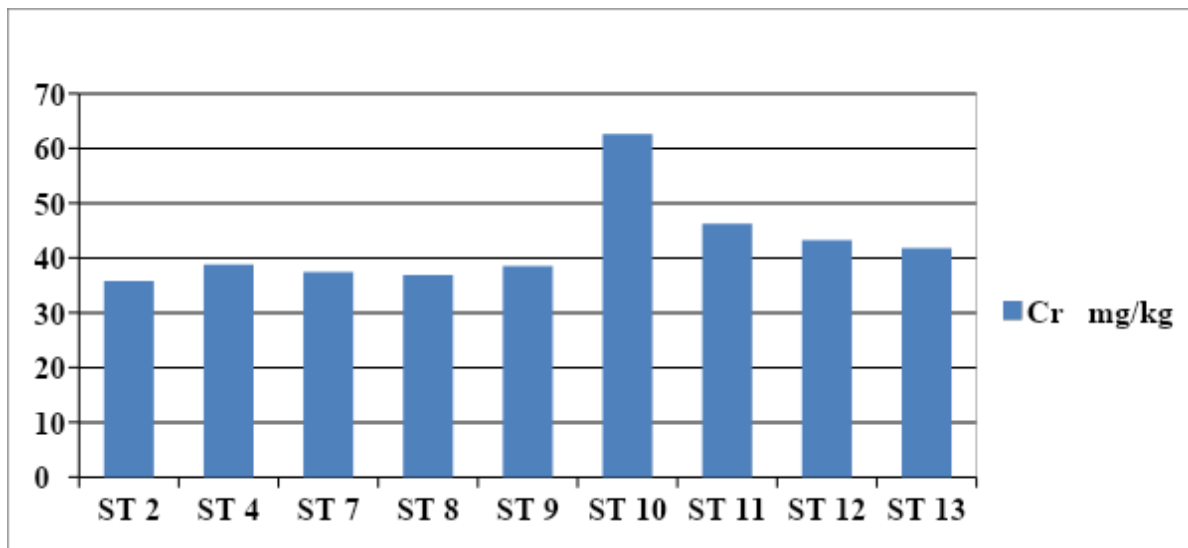


Figure 15 : Variation du chrome dans différentes stations de golfe de Bejaia.

La teneur élevée de chrome dans la ST 10 est due à sa présence dans les pigments des peintures marines et aussi à la capacité de rétention par les vases d'élément et en raison de texture du sédiment. (Rezzoug S. 2000)

La valeur la plus faible est enregistrée dans la ST 2, elle est due à la nature de sédiment et la mise en suspension par brassage des eaux et du sédiment superficiel. (Rezzoug S. 2000)

Les concentrations moyennes en chrome constatées est due au transport par les courants de surface du chrome particulaire rejeté en mer par les oueds et les effluents urbaines et industriels.

Le chrome transporter vers la mer par les fleuves et va remobiliser par les courants littoraux, ce métal est facilement provenant et piégé par les sédiments (Chiffelou, 1994).

IV.2.2. Le cuivre (Cu)

Les valeurs du cuivre du sédiment superficiel marqué au niveau de notre zone d'étude varient entre **9,96** et **28,49 mg/kg**, avec une moyenne de **20,05 mg/kg** et un écart-type de **6,25**. La station 7 indique la valeur la plus faible, tandis que la station 2 indique la valeur la plus élevée, cette station semble être contaminée par un rejet industriel. (**Figure 15**)

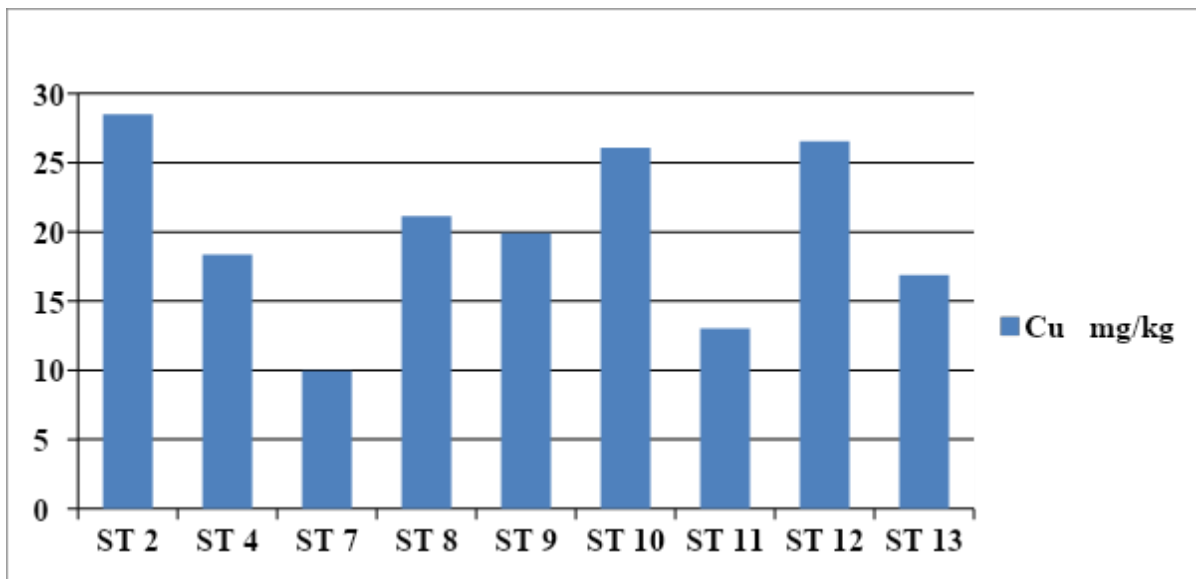


Figure 16 : Variation du cuivre dans le golfe de Bejaia.

Les teneurs élevées de cuivre se trouvent au large et les teneurs faibles au zone côtière, elles augmentent de la cote vers le large, ce métal est distribué semble fonction de la texture sédimentaire. Le cuivre proviendrait de l'érosion côtière, des eaux de ruissellement par lessivage des sols et/ou de sources éloignées dans les apports auraient été transportées par les courants de surface. (Rezzoug S,2000)

Le cuivre est un élément naturellement présent dans la nature sous forme de minerais de cuivre. Ce métal intervient dans les processus du métabolisme des organismes. Sa toxicité est en fonction de sa forme chimique et son état d'oxydation en milieu marin. (Rezzoug S,2000)

IV.2.3. Le manganèse (Mn)

Les valeurs du manganèse du sédiment superficiel enregistrées au cours de cette étude varient entre **677,98** et **750,76 mg/kg**, avec une moyenne de **716,92 mg/kg** et un écart-type de **21,27**.

La station **9** indique la valeur la plus faible, tandis que la station **2** indique la valeur la plus élevée, cette station semble être contaminée par un rejet industriel. (**Figure 17**)

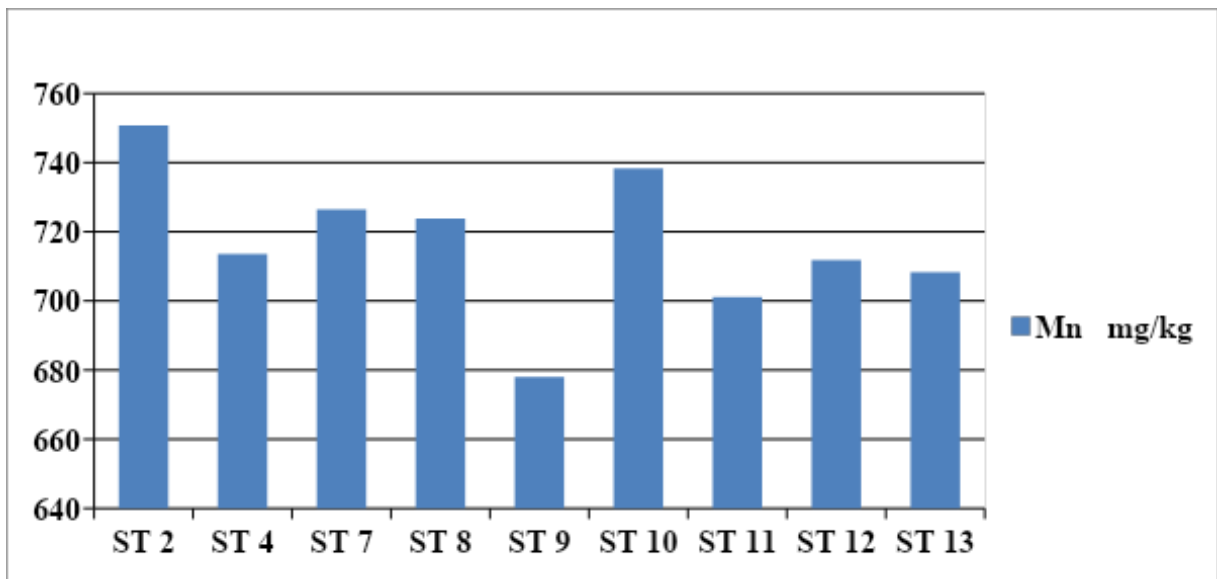


Figure 18 : variation du cuivre dans le golfe de Bejaia.

Les valeurs minimales sont enregistrées dans les stations 9 et 11 car elles sont localisées en face des embouchures et sont de texture sédimentaire fine, les concentrations moyennes se trouvent au large qu'en zone côtière, les concentrations maximales sont les plus soumises au rejets de la zone industrielle (Rezzoug S,2000).

Les sédiments situés en zone côtière et particulièrement en face aux embouchures des oueds contiennent des teneurs en Mn plus élevée que celles de sédiment au large (Rezzoug S, 2000)

Dans le milieu aquatique ses deux formes principales sont Mn (II) et Mn (IV), avec un mouvement entre ces deux formes, contrôlé par le contexte abiotique ou microbien plus ou moins oxydo-réducteur. Dans l'eau, la chimie de l'environnement du manganèse est principalement régie par le pH et les conditions redox du milieu.(Saim S, 2016)

À la limite sédiment-eau, et dans le sédiment les facteurs chimiques qui contrôlent la forme chimique du manganèse sont le taux d'oxygène de l'eau sus-jacente, et la pénétration de cet oxygène dans le sédiment, ainsi que la quantité de carbone organique benthique.(Saim S, 2016)

IV.2.4. Le zinc (Zn)

Les valeurs du zinc enregistré sont comprises entre **73,26** et **35,11 mg/kg**, avec une moyenne de **50,77 mg/kg** et un écart-type de **12,49**. La valeur maximale est enregistrée dans la ST 12 et la valeur minimale est enregistrée dans la ST 4. (**Figure 17**)

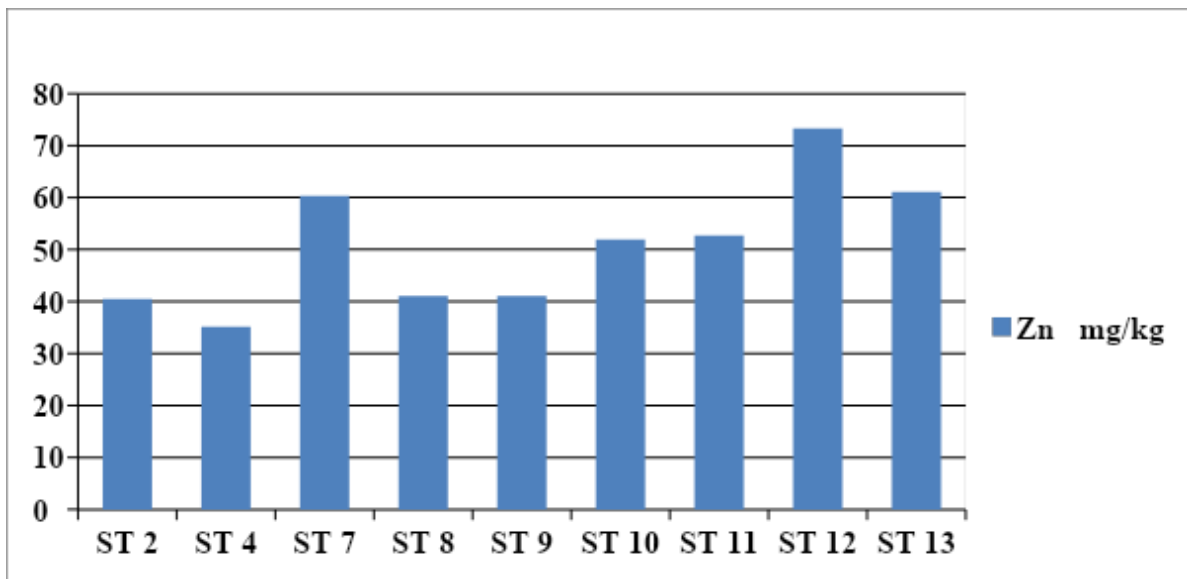


Figure 19: Variation du zinc dans le sédiment de golfe.

Le zinc est naturellement présent dans la nature, principalement sous forme de sulfure. Le minerai le plus courant est le sulfure de zinc ou blende. Les apports de zinc au milieu marin sont principalement dus à la métallurgie et à la combustion des bois et des charbons. De plus, les zones portuaires sont soumises à la dissolution des anodes destinées à la protection des coques de bateaux contre la corrosion et au relargage de zinc présent dans certaines peintures antisalissure. La station 12 renferme plus de Zn et la station 2 renferme plus de Cu. La station S12 est la station peut être la plus urbanisée ; de ce fait elle reçoit plus d'eaux usées que les autres stations. La station S2, durant la réalisation de nos prélèvements, a fait l'objet de travaux d'assainissement entrant dans le cadre de la construction de la centrale électrique. (Saim S, 2016)

IV.2.5. Le fer (Fe)

Les valeurs du fer du sédiment superficiel varient entre **21,96** et **39,11 g/kg**, avec une moyenne de **28,91g/kg** et un écart-type de **6,86**. La valeur maximale est enregistrée dans la ST 13 et la valeur minimale est enregistrée dans la ST 7. (**Figure 18**)

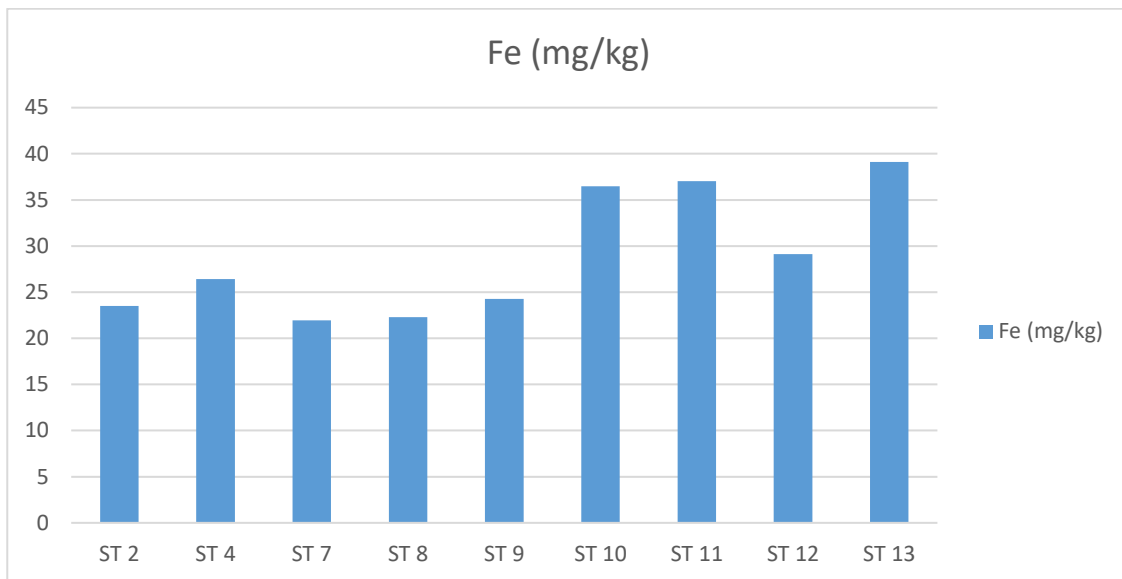


Figure 20 : variation du fer dans le sédiment de golfe de Béjaïa.

Le fer proviendrait des oueds, de l'érosion côtière, des eaux de ruissellement par lessivage des sols et des terres agricoles ; ainsi que par lessivage et altération des gites de fer, les rejets d'eaux usées urbaines et industrielles déversées directement en mer et/ou par le biais des oueds ne sont pas à exclure. (Rezzoug S, 2000)

Les concentrations élevées dans les stations 10, 11, 12, et 13 en fer proviendraient d'apport continental d'origine naturelle et/ou anthropique, le fer principalement adsorbé sur les particules argileuses (Ivanoff, 1972). Aurait été véhiculé par les courants de surface de la côte vers le large, en effet, en générale, les métaux lourds introduits dans l'eau de mer ont un temps de résidence bref dans les eaux récepteurs (Bernhard, 1981).

D'ailleurs, les sédiments marins sont souvent riches en fer (Ivanoff, 1972).

La teneur faible en fer, peut être due d'une remise en suspension de cet élément, à partir du sédiment superficiel par les courants de fond, cette hypothèse semble être confirmée vu la teneur élevée en fer dans la matière en suspension des eaux du fond (Rezzoug S, 2000).

Quant à la faible quantité de l'élément retrouvée dans le sédiment pourrait être causée par l'éloignement des sources de rejets à la libération du métal sous forme particulaire pendant le transport dans la masse d'eau de mer (Fernex et al. ; 1991).

IV.2.6. Le plomb (Pb)

Les valeurs du plomb du sédiment varient entre **11,34** et **29,44 mg/kg**, avec une moyenne de **20,55 mg/kg** et un écart-type de **5,46**. la valeur maximale est enregistrée dans la ST 10 et la valeur minimale est enregistrée dans la ST 4. (**Figure 19**)

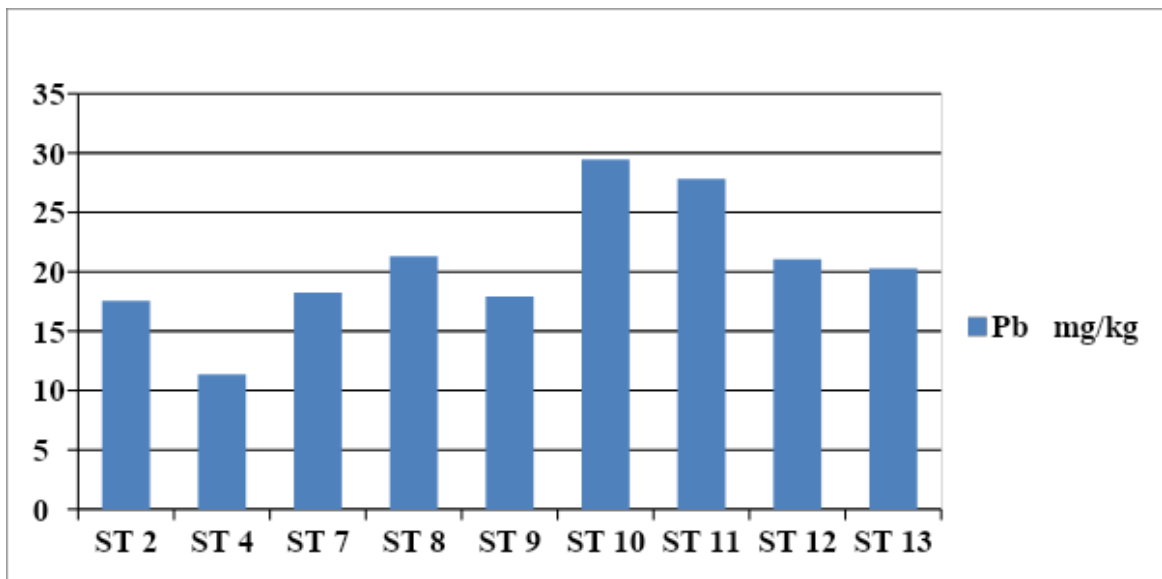


Figure 21 : Variation de plomb du sédiment de golfe de Bejaia.

Le plomb, largement répandu dans la croûte terrestre, est l'un des métaux les plus utilisés dans l'industrie, et les risques de pollution sont donc très nombreux. Les apports à l'océan se font principalement par voie atmosphérique et la source principale est la combustion des carburants automobiles, malgré la généralisation de l'essence sans plomb. Les pluies et les effluents sont également des sources de pollution en plomb pour les océans. (Saim S ,2016)

Chez les organismes phytoplanctoniques, un retard de croissance est observé à partir de **0,5 µg Pb/l**. Chez l'homme, le plomb provoque une maladie appelée le saturnisme : le plomb entre en compétition avec le calcium dans la formation des os. (Saim S ,2016)

Une intoxication au plomb peut entraîner des troubles cliniques, des anomalies biologiques et des altérations histopathologiques variées. (Saim S ,2016)

IV.2.7. Le cadmium (Cd)

Les valeurs du plomb du sédiment superficiel varient entre **0,25** et **0,63 mg/kg**, avec une moyenne de **0,47 mg/kg** et un écart-type de **0,14**. La valeur maximale est enregistrée dans la ST 4 et la valeur minimale est enregistrée dans la ST 13 (**Figure 20**)

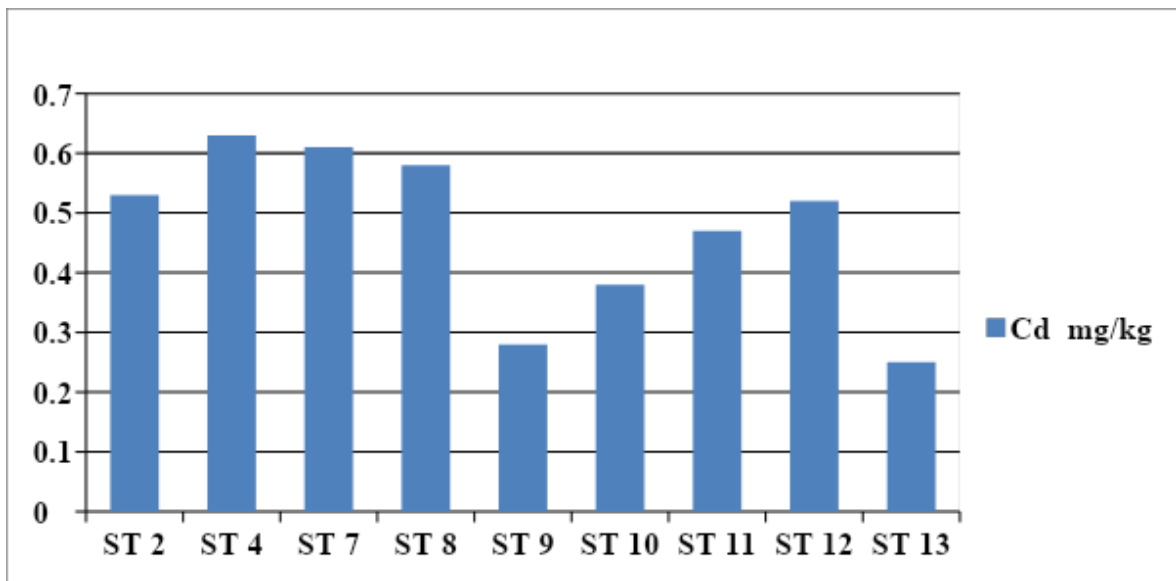


Figure 22: Variation du cadmium du sédiment de golfe de Béjaïa.

Le cadmium, naturellement présent dans les minerais de zinc, est un sous-produit important de la métallurgie du zinc. Les apports de cadmium au milieu marin, principalement par les fleuves et les pluies, sont liés à l'industrie du zinc, à la combustion du charbon, à la sidérurgie et à la fabrication et l'utilisation des engrais phosphatés. (Saim S, 2016)

Cet élément métallique ne présente pas de toxicité aiguë pour les organismes marins aux concentrations susceptibles d'être rencontrées dans le milieu. Cependant, il a été observé que des concentrations de **0,05 à 1,2 µg/l** pouvaient avoir des conséquences physiologiques sur les larves de crustacés (respiration, activité enzymatique) et sur le phytoplancton (inhibition de la croissance). Les crustacés et les mollusques sont les plus sensibles à ce polluant. Chez l'homme, il s'accumule principalement dans le foie et les reins et peut entraîner des troubles rénaux, des altérations osseuses et de l'hypertension artérielle. (Saim S, 2016)

IV.3. L'état de la pollution de golfe de Béjaïa

Comparées aux concentrations considérées comme normales, les teneurs signalées dans les sédiments de golfe de Béjaïa ne présentent pas de contamination alarmante. Ainsi l'examen des indices de contamination (I.C) des métaux étudiés ne présente pas des valeurs de pollution (I.C<3). (Tableau 6)

Tableau 7 : indice de contamination des sédiments de golfe de Béjaïa

Les métaux étudiés	IC : indice de contamination
Cr	0,8-1,39
Cu	0,38-1,09
Mn	1,69-1,87
Pb	0,01-1,33
Cd	0,41-1,05
Fe	0,59-1,04
Zn	0,4-0,83

Les résultats de l'examen des indices de contamination indiquent que les teneurs des métaux lourds étudiés dans les sédiments de golfe de Béjaïa sont nettement inférieurs aux concentrations normales. A partir de ces résultats, on peut en déduire que les sédiments de golfe de Béjaïa sont considérés comme des sédiments normaux ($IC < 3$).

IV.4. Discussion générale

L'ensemble des résultats obtenus par la SAA a montré une corrélation des teneurs métalliques détectées dans le golfe de Bejaia.

Les sources d'apports des éléments traces métalliques en milieu marin sont dans la majorité des cas d'origine anthropiques ; les industries, combustion du charbon, la sidérurgie et la fabrication et l'utilisation des engrais (Saim S, 2016)

Les fortes teneurs en polluants métalliques décelées dans nos échantillons enregistrés au niveau du port de pêche s'expliquent principalement par la charge polluante charriée par les principaux rejets anthropogéniques côtiers de l'agglomération de Bejaia correspondant aux émissaires des eaux usées sans aucun traitement préalable. De plus, cette position du golfe reste aussi sous l'influence directe du trafic maritime qui pourrait être à l'origine de ce type de pollution. Ce constat conduit à incriminer les peintures anti-salissures (peintures antifouling) qui couvrent les coques des embarcations, et qui par le phénomène de la lixiviation des couches de ces peintures entraîneraient la libération de différents métaux toxiques dans l'eau ; la contamination du golfe par ces éléments est attribuée essentiellement aux rejets liquides urbains et industriels, ainsi qu'à la pollution générée par les décharges publiques.

La caractérisation des rejets a montré qu'ils ont une importante charge polluante, notamment en Zn. Peuvent s'expliquer par les différences sur le temps de résidence des eaux (qui dépend notamment des courants et de l'enclavement des masses d'eau) et par les différences dans la production primaire (plus importante dans les eaux froides qui sont mieux oxygénées). En pratique, le degré d'industrialisation des pays avoisinants a également une influence (INERIS, 2004). En outre les niveaux mesurés dans l'eau dépendent des variations saisonnières et de la profondeur du prélèvement ; Cette variation peut être attribuée aux variations des sources de pollution et des variations des conditions environnementales au sein de la zone d'étude.

Conclusion

La préservation de la qualité du milieu littoral nécessite une connaissance quantitative des apports polluants et aussi les niveaux de présence des contaminants chimiques toxiques de l'environnement. (Belhoucine, 2012)

La mer est plus particulièrement le littoral apparaît comme le réceptacle de tous les polluants d'origine tellurique ou marine. La qualité des eaux du littoral est localement préoccupante et seule une politique globale peut remédier à la dégradation progressive du milieu marin (Belhoucine, 2012).

L'évolution des métaux lourds dans le milieu marin est caractérisée par des attitudes différentes de chaque métal.

On doit surveiller la qualité de l'environnement pour préserver la santé humaine et l'environnement. et cela permet de maintenir la biodiversité de l'environnement et les ressources potentielles pour l'Homme (les aliments, les médicaments, ...), et aussi la santé humaine. Cette surveillance doit s'effectuer Au niveau des écosystèmes pour vérifier leur qualité et notamment leur biodiversité, et aussi Au niveau des divers biotopes milieux (eaux, sédiments, flore et faune) pour apprécier la présence et la quantification des principaux polluants. Le choix des polluants à retenir dans ces études devra tenir compte notamment de leur abondance, de leur toxicité et de leur rémanence dans l'environnement marin. (Pellerin et al, 2005).

L'objectif de ce travail a été d'évaluer la contamination ou l'éventuelle pollution du littoral occidental algérien en choisissant la zone d'échantillonnage dans le golfe de Bejaïa. Cette région est soumise à différentes sources de pollution et aussi d'évaluer la bioaccumulation des métaux. De plus ce travail s'est focalisé sur l'estimation des niveaux de contamination par les métaux dans le golfe de Bejaia.

La projection des concentrations des métaux trouvés dans les différentes stations nous a permis de relier les sources de pollution de la région du golfe de Bejaia. Afin de protéger la région de la pollution par les métaux lourds tel que le Zn, Cd, Pb on recommande de :

- Placer des stations de traitement des eaux usées, industriels et les eaux pluviales issues du bassin urbain et du trafic routier afin de contrôler l'évolution de la pollution ;
- Contrôler les décharges publiques ;
- Installer des stations de surveillance ;
- Analyse physico-chimique de l'eau dans le golfe ;
- Enfin, nous recommandons d'entreprendre ce genre d'étude à l'avenir, pour pouvoir créer des bases de données qui permettent le suivi de la qualité du milieu et produits marins et l'élaboration des normes de qualité propre à notre richesse et littoral Algérien, pour mieux gérer les zones les plus vulnérables et protéger celles qui présentent un risque.

Bibliographie

AFNOR, 2000 : Qualité de l'eau. Détermination de l'indice biologique diatomées (IBD)-Norme NF T90-354, p63.

AH-Peng, C., 2003 - Mise au point d'un outil diagnostique basé sur l'utilisation de la mousse aquatique *Fontinalis antipyretica* Hedw en culture pour European Scientific Journal January 2015 edition vol.11, No.3 ISSN: 1857 – 7881 (Print) - ISSN 1857- 7431 172.

AIEA. (2001).The performance study for MED POL: Determination of trace elements and methylmercury in estuarine sediment sample. Laboratory Procedure Book. p. 64.

Ait ziane K ,(2012) .Cycle biogéochimique de quelques métaux lourds dans les eaux cotières de golfe de Bejaia.

Amrani, S. (2005). Les expériences des entreprises industrielles algériennes dans L'intégration de la dimension environnementale dans leur stratégie de gestion : Cas des entreprises industrielles de la Wilaya de Bouira. memoire de fin de cycle. Université de Bejaia 120. 126 p.

Anonyme, (2011). Direction de planification et de l'aménagement du territoire (D.P.A.T). 2012-annuaire statistique de la wilaya de Bejaia, 12 p.

Anonyme, 2008. Poison ou métaux lourds [en ligne], www.gethyimage.com. [Consulté le 22.05.2013].

Anonyme, 2013.Cycle biogéochimique. [En ligne] <http://www.universalis.fr/encyclopedie/cycles-biogeochimiques/> [consulté le 24.05.2013]

Aouameur, R., 1990 – Contribution a l'étude de certains métaux lourds dans les sédiments superficiels de la baie d'Alger. Mémoire d'Ingénieur d'Etat, I.S.M.A.L (Alger) : 62p.

Arrigon J., 1991 : Aménagement piscicole des eaux douces, 7ème édition Lavoisier. Paris, 639p.

ATSDR. 1990 (Agency for toxic substances and disease registry) –Toxicological profiles for copper., department of Health and Human Services, Public Health Services Atlanta,GA :US.

AUBERT. (1975). Utilisation d'une chaine trophodynamique de type benthique pour l'étude des transferts des polluants métalliques. Revue internationale d'océanographie médicale. Tome XXXI. p. 112-118.

AUDIGIE, C., DUPONT, G., et ZONZAIN, F. (1985). Principes des méthodes d'analyse biochimique. Tome.1. France : Doin. p. 190.

Baize, D., 1997. Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols (France), Références et stratégies d'interprétation, INRA Ed., Paris, 410 pp.

Bakalem, A. (2008). Contribution à l'étude des peuplements benthiques du plateau continental Algérien (Doctoral dissertation).

Beauchamp J. 2003. La pollution littorale. Université de Picardie Jules Verne.

BELANGER, David. Utilisation de la faune macrobenthique comme bioindicateur de la qualité de l'environnement marin côtier. Maitre en écologie internationale : maitrise en biologie incluant un cheminement de type cours en écologie internationale. Canada, Aout 2009, 67p.

Belhadj M-Z, 2006 : Etude de la pollution du barrage de ZIT EMBA (ALGERIE). Magistère en hydraulique. Option: Mobilisation des ressources hydriques. Université Labida Mohamed Tahar dite el hadj lakhdar-Batna, p33.

Belhoucine F., 2012:– Etude de la biologie, de la croissance et de la reproduction d'un poisson téléostéen le merlu (*Merluccius merluccius*, L., 1758) et son utilisation comme indicateur biologique de la pollution par les métaux lourds (Zn, Pb, Cd) dans la baie d'Oran, Algérie. Thèse de Doctorat. Université d'Oran. 275 p.

Belkhouche N., 2006:– Extraction liquide-liquide et par membrane liquide supportée des métaux lourds des extraits organophosphores synthétisés sous irradiation micro-ondes. Etude de l'effet synergique. Thèse de Doctorat. Université de Tlemcen, Alger.

BENEDETTO, MD. (1997). Les métaux lourds : Méthodes spectrométriques d'analyse et de caractérisation, spectrométrie d'absorption atomique. Document non publié. France : Ecole des mines de Saint Etienne. p. 203.

Bensaid, D et Sait, B., 2015 – Evaluation de la qualité écologique du golfe de Béjaïa : le merlu bioaccumulation, Mémoire de mastere II. Université de Béjaïa, 3 p.

Bentekhici N. & Zebbar Z-d., 2008 : Utilisation d'un SIG pour l'évaluation des caractéristiques physiques d'un bassin versant et leurs influences sur l'écoulement des eaux (Bassin versant d'Oued EL MALEH, Nord-Ouest d'Algérie). 1ère conférence international sur le Web et l'information Technologie. Sidi Bel Abbes, ALGERIE, 147p.

BERNHARD, W. (1985). Atomic absorption spectrometry. Second edition. Germany: Wiley VCH-Verlag-Ges. p. 506.

Bisson, M., Diderich, R., Houeix, N., Hulot., Lacroix, G., Lefèvre, J.P., Leveques, S., Magaud, H., morrin, A., Pepin, G., 2011 (b.). Zinc et ses dérivés. I N E R I S – fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, 69pp.

BITTEL, R. (1973). Etude du comportement des métaux lourds en milieu marin, en vue de l'évaluation de la capacité limite d'acceptation des écosystèmes océaniques pour la pollution chimique. Chemical Geology. N. 20. P. 45-55.

Bontoux M., 1983 : Introduction à l'étude des eaux douces : eaux naturelles, eaux usées, eaux de boisson. CEBEDOC édition. Lavoisier, p7.

Bouanani A., 2005 : Etude de quelques sous bassins de la TAFNA (NW-ALGERIE). Thèse de doctorat d'état en géologie appliquée : Université. ABOU BEKR BELKAID TLEMEN, ALGERIE, 250p.

- Boutiba Z. 2004.** Quid de l'Environnement Marin. Edit : Dar El Gharb, 273p.
- Bouguenoune et Amirat .2018 :** recherché de quelques métaux lourds dans quelques algues marine des cotes de Béjaia .
- Brémond R & Perrodon C. 2005.** Les paramètres de la qualité des eaux : aspects qualitatifs de la pollution.
- Brown, D .A, et Parsons, T.R., 1978-** Relationship between cytoplasmic distribution of mercury and toxic effects to zooplankton and chum salmon *Oncorhynchus keta* exposed to mercury in a controlled ecosystem. *J.Fish.Res.Board.Com*, 35 :880-884.
- Bruland K.W. , Donat J. R. et Hutchins D.A. , 1991-** Interactive influences of bioactive trace metals on biological production in oceanic waters. *Limnology and oceanography*, 36, 1555-1577.
- Burnol, A., Duro, L. M., 2006.** Recommandations pour la modélisation des transferts des éléments traces métalliques dans les eaux souterraines. Rapport final, BRGM/RP-52910 –FR, 73pp.
- Cassas S., 2005:**– Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule (*Mytilus galloprovincialis*) en milieu méditerranéen. Thèse de Doctorat en Océanographie biologique, Environnement marin. Université du Sud Toulon Var. 314-363 p.
- Cassas, S ., 2005-** Modélisation de la bioaccumulation des métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *Mytilus galloprovincialis*, en milieu méditerranéen. Thèse.Doct.Océa.Biologique.Env.Mar.Univ Sud Toulon.314p.
- CHARLOU, J., JOANNY, M. (1983).** Dosage du mercure et d'autres métaux (Pb, Zn, Cu, Co, Ni, Cr, Mn) dans les sédiments marins par absorption atomique. In AMINOT, A., et CHAUSSEPIED, M. (1983) : Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Brest : CNEXO. P. 285-295.
- CHIFFOLEAU, J C. (2001).** La contamination métallique, région haute Normandie, (Programme Scientifique Seine-Aval). Nantes : IFREMER. VOL. 8. P. 39.
- CHIFFOLEAU, JF. (2001).** La contamination métallique. France : Ifremer. p. 39.
- Colpaert J., Van Assche J., 1993:**– The effects of Cadmium on ectomycorrhizal *Pinus Sylvestris* L. *New Phytol*, 123: 325-333 p.
- Cossa D., Elbaz-Poulichet F., Gnassia-Barelli M et Romeo, M. 1993.** Le plomb en milieu marin : biogéochimie et écotoxicologie. Ed. Ifremer, Brest, France (3), 77 p.
- Cossa, D. et P. Lassus 1989-** Le cadmium en milieu marin. *Biogéochimie et écotoxicologie*, Editions Ifremer, Plouzané, France. 16 :111.
- Croot P., Moffett J. et Luther G. 1999b-** Polarographic determination of half-wave potentials for copper-organic complexes in seawater. *Marine Chemistry* 67(3-4) :219-232.

- Debieche T.H. 2002.** Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle. Thèse de doctorat, Univ. Franche-Comte, 235 p.
- Derradji F., Kherici N., Caruba R et Romeo M. 2003.** Evaluation de la pollution chimique par le zinc et le fer de la nappe profonde des graviers d'Annaba. Cahiers d'Association Scientifique Européenne pour l'Eau et la Santé. Paris, France. (8) : 3542.
- Derradji F., Kherici N., Djorfi S., Romeo M et Caruba R. 2005.** Etude de l'influence de la pollution de l'oued Seybouse sur l'aquifère d'Annaba (Algérie Nordorientale) par le chrome et le cuivre. Nappes souterraines, La Houille Blanche/N° 12005I, 8 p.
- Dhaou-Eldjabine K., 2005:–** Evaluation et comportement des métaux lourds dans le sol avocation agricole et végétation naturelle soumis a une pollution atmosphérique. Thèse de Dctorat. Université Mentouri de Constantine, Alger. 290 p.
- EL.Asir S., 2009:–** Nouveau matériaux de structure apatite préparés a partir du phosphate naturelle marocain application environnemental. Thèse de Doctorat. Université Maroc, 202 p.
- Fatoki O et Mathabatha S. 2001.** An assessment of heavy metal pollution in the East London and Port Elizabeth harbours. ISSN 0378-4738. Water SA (27) : 233 – 240.
- Flammang C. ,Trevors T. 1989 –**Copper toxicity and chemistry in the environment. A review . Water Air and Soil Pollution 44 :143-158.
- Flores-Rodriguez J. 1992 –**Les métaux toxiques dans les eaux pluviales en milieu urbain : Caractéristiques physico-chimiques. Thèse de doctorat, Sciences et techniques de l'environnement, Université Paris XII 229 pp.
- Foultane A., 1983:–** Spéciation des métaux lourds dans l'oued Moulouya au Maroc. Thèse de 3éméCycle. Université Paris XII.
- G.I.S Posidonie. 1996.** Groupement d'internet Scientifique d'études et de protection de l'environnement marin .Biologie méditerranéenne, nuisance et pollution.
- Gaagai A., 2009 :** Etude hydrologique et hydrochimique du bassin versant du barrage de BABAR sur Oued EL ARAB région Est de l'ALGERIE. Mémoire de magistère en hydraulique, Université de BATNA, 108p.
- GALAF, F., GHANNAM, S. (2003).** Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu marin. Mémoire de troisième cycle. Agronomie. Maroc : Institut agronomique et vétérinaire Hassan II Rabat. p. 101.
- Garet A., Garet J. & Garcia C., 2005 :** Dégradation spécifique et transport des solides dans le bassin de l'Oued LEBENE (pré rif central, Maroc septentrionale), Université de MURCIA, 16p.
- Gaujous D., 1995 :** La pollution des milieux aquatique : Aide mémoire 2ème édition Lavoisier TEC & DOC, 220p.

Gendronneau M., 2006 : Etude des secteurs du Croisic et de Pen-Bé : Estimation des apports continentaux et évaluation des stocks conchylicoles. Programme de surveillance et évaluation de l'état des eaux littorales. Edition IFREMER, 267p.

Gèrad M., 2001:- Rapport sur les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Office parlementaire d'évaluation des choses scientifiques et technologiques.

Gibbs R. J., 1973-Mechanisms of trace metal transport in rivers. Science, 180,71-73.

Gilbin, R 2002 –Caractérisation de l'exposition des écosystèmes aquatiques à, des produits phytosanitaires :spéciation, biodisponibilité et toxicité. Thèse. Doct.Fac.des Sciences .Univ de Genève thèse N°3315.pp195.

Gobas F & Morrison H-A., 2000. Bioconcentration and biomagnification in the aquatic environment. In : R.S. Boethling &D. Mackay(eds). Handbook of Property Estimation Methods for Chemicals : environmental and Health Science, Lewis, Boca Raton,Florida,USA, pp. 189-231.

Gravez V& Bernard G. 2006. Pollution marine : Les définition. www.com.univ-mrs.fr.

GUNNAR, F. NODBERG. BRUCE, A. NODBERG F,W. FRIBERG L.Handbook on the toxicologie of metals. 3eme edition academicpress, **25 juin 2007**.1024p.

Harding G-C. 1986. Organochlorine dynamics between zooplankton and their environment, areassessment. Mar. Ecol. Prog. Ser. 33, 167-191.

Hirose, 2006. Chemical speciation of traces metals in Seawater: a Review. Analytical Sciences (22): 1055-1063

ICA 1995- (International Copper Association) –The biological importance of copper, a literature review. Document Internet, http://environment.copper.org/e_review.htm, Lewis A.G. Ed.

IFRIMER., 2000:- La fiche du mois. Le Merlu commun du golfe du lion (Merluccius merluccius) Juin 2000.N : 16

IRPTC,1978- Data profile for chemicals and the evaluation of their hazards to the environment of the Mediterranean Sea. PNUE, Geneva, Switzerland, 927p.

JICA, MATET, ONNED. Compte rendu du séminaire Conjoint Algérie Japon pour une gestion efficace de l'environnement. Alger, du 21 au 22 avril 2008,102 p.

Kantin R et Pergent-Martini C. 2007. Monitoring de la qualité des eaux et de l'environnement marin -Rapport final – Région Corse. Programme INTERREG IIIA Sardaigne / Corse/ Toscane, MONIQUA N°MCD IIIA-03/08, Convention Ifremer PAC - Equipe Ecosystèmes Littoraux & Collectivité Territoriale de Corse MCD IIIA03/08, Ifremer publ., La Seyne : 1-222.

Korichi A., 2011 :-La sauvegarde et la réutilisation des monuments du système défensif de la ville de Bejaïa. Mémoire de Magister. Université Tizi-Ouzou. 90p.

Lacoue-Labarthe, Thomas. Incorporation des métaux dans les œufs de la seiche commune *Sepia officinalis* et effets potentiels sur les fonctions digestives et immunitaires. Thèse de doctorat : Océanologie Biologique & environnement marin. 2007 ,200 p.

Lapegue P. & Ribstein P., 2006 : La qualité et les analyses d'eaux : Action contre la Faim Espagne en Mali. Master 2 en Sciences de l'Univers, Environnement, écologie. Université Pierre et Marie Curie, Ecole des Mines de Paris & Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts, pp22-23.

Leclaire L., 1972 :-La sédimentation holocène sur le versant Méridional du bassin Algéro-Baléares(Pré continent Algérien). Mém. Mus. Ntn. Hist. Nat., Eds. Paris. France., XXIV(NIIE Ser) :391p.

Lyes S, (2012), la cote est de Bejaia entre embouteillage, pollution et incivisme des estivants. TSA, quotidien électronique, consulter le 15/07/2012, en ligne <http://www.tsaalgerie.com/divers/la-cote-est-de-bejaia-entre-embouteillage-pollution-et-incivisme-des-estivants-21449.html>

Mahan B, H.,1987 :-Quimica. Curso. Universitario. Fondo. Interamericano S.A.

Marchand M & Brunot C. 1997. L'environnement littoral et marin. Institut français de l'environnement. Etudes et Travaux n°16 : 116 pp.

Marchand M & Kantin R. 1997.Contaminants chimiques en milieux aquatiques. Oceanis Vol. 21(2), 1995, Vol. 22(3) , Vol. 23(4).

Marchand M. 2002. Pollution marine et contamination chimique. Peut-on éliminer les substances chimiques dangereuses du milieu marin ? IFREMER,DEL/PC.

Marchand M., Tissier C., Tixier C et Tronczynski J. 2004. Les contaminants chimiques dans la Directive Cadre sur l'Eau.R.INT.DIR/DEL-PC/2004.11, Ed. Ifremer, 32 p.

Marchand, M. et R Kantin 1997-Les métaux traces en milieu aquatique. Océanos 23(4) :595-629.

Matmed A. 2004. Contribution à l'étude des métaux lourds et du carbone dans le sédiment marin profond aux larges d'Alger et de Jijel. Mémoire de magister. Univ. Badji-Mokhtar, Annaba, 125 p.

Millot, C. (1985). Some features of the algerian current. Journal of geophysical research 90, 7169-7176

Millot, C. (1987). La circulation générale en méditerranée occidentale. Annales de géographie n°549.Marseille, 497-515p.

MIQUEL, G. (2001). Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport de l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. p. 346p.

- MIQUEL, G. (2001).** Rapport sur les effets des métaux lourds sur l'Environnement et la santé. Paris : Assemblée Nationale Française. p. 366.
- MIQUEL, M. (2001).** Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. France : l'Office Parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. p. 360.
- Miquel, M. G., 2001.** Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé, Rapport l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et Technologiques, 365 pp.
- Motelay-Massei A., Ollivon D., Tiphagne K et Gabran B. 2005.** Atmospheric bulk deposition of trace metals to the Seine River Basin, France: concentration, sources and evolution from 1988 to 2001 in Paris. *Water, Air and Soil Pollution* (164): 119-135.
- Moualci, K. (2002).** Etude de quelques sources de polluants atmosphériques dans la région de Bejaia. Mémoire de fin de cycle : Ecologie et environnement : Université de Béjaia, 55 p.
- Mouchel J-M, Thévenot D. 2003.** Support de cours d'Ecotoxicologie du CEREV <<Centre d'Enseignement et de Recherche Eau Ville environnement>>.
- Munksgaard C.N et Parry D.L. 2001.** Trace metals, arsenic and lead isotopes in dissolved and particulate phases of North Australian coastal and estuarine seawater. *Marine chemistry* (75): 165-184.
- Nakib L., 2010:–** Mise au point d'une technique d'extraction des éléments traces métalliques dans les produits de la mer et leurs dosages par spectrophotométrie d'absorption atomique. Mémoire Magister. Département des sciences vétérinaires. Université El Hadj Lakhdar Batna. 118p.
- Namour, P., 1992 :** « Les mono-oxygénases de poissons, un outil pour la caractérisation des pollutions chroniques ». *Etudes du CEMAGREF, série Ressources en Eau, N° 6, P 232.*
- O.N.M. de BEJAIA, (2006).** Office National de la Météorologie, direction de Bejaia.
- Ohta H., Ichikawa M., Seki Y., 2002:–** Effets of cadmium intake on bone metabolism of mothers during pregnancy and lactation. *Tohoku J. Exp Med* 196p.
- Omar Rouane Hacène 2007** Biosurveillance de la pollution marine au niveau de la côte occidentale algérienne par l'étude de la contamination du Merlu méditerranéen (*Merluccius merluccius* L., 1758) par les polluants organochlorés (HCB, DDT, DDE, DDD, Lindane).
- OMS-IPCS 1998-environmental Health Criteria n°200 :** copper, World Health Organisation, International Programme on chemical safety. <http://www.inchem.org/fullist.htm>.
- Phinney J. et Bruland K. 1997b-** Trace metal exchange in solution by the fungicides Ziram and Manab (dithiocarbonates) and subsequent uptake of lipophilic organic zinc, copper and lead complexes into phytoplankton cells. *Environmental Toxicology and Chemistry* 16(10) :2046-2053.

- Phinney J. et Bruland K.1994-** Uptake of lipophilicorganic Cu, Cd, and Pb complexes in the coastal diatom *Thalassiosira weissflogii*. *Environmental Toxicology and Chemistry* 16(10) :2046-2053.
- PINTA, M. (1979).** Spectrométrie d'absorption atomique. Application à l'analyse chimique. Tome I. 2e éd. France : Masson. p.262.
- Prego A et Cobelo-García A. 2003.** Twentieth century overview of heavy metals in the Galician Rias (NW Iberian Peninsula). *Environment Pollution* (121): 425-452.
- Price, N. M. et F . M. M. Moral 1990** – Cadmium and cobalt substitution for, zinc in marine diatom. *Nature* 344(6267) :658-660.
- Rainbow, P.S., Phillips, D.J.H., 1993** - Biomonitoring of trace aquatic contaminants. Environmental management series, Alden Press LTD,Oxford: 371 p.
- Ramade F. 1992.** Précis d'écotoxicologie. Masson, Paris, 300 p. (p. 32, 34, 42, 160, 162, 176, 186, 220).
- Ramade, (1984).** Précis de l'écologie, Edition paris. 67-70p.
- RAMADE, F. (2000).** Dictionnaire encyclopédique des pollutions - les polluants de l'environnement à l'homme. Paris : science international. p. 690.
- Ramade, F., 2000.** Dictionnaire encyclopédique des pollutions, les polluants de l'environnement à l'homme. Ediscience international, Paris, 50-186 pp.
- Ramade, F., 2005.** Eléments d'écologie, écologie appliqué 6eme édition, Dunod, Paris.
- Rezzoug, S ., 2000.** Contribution a l'étude de la contamination par les m'taux lourds dans la matière en suspension et le sédiment superficiel de golfe de Bejaia et de Skikda ENSSMAL.
- Ribeyre F, Boudou A. 1989.** Trophic chains and experimental ecosystems : study of bioaccumulation and transfer processes. In : A. Boudou &R. Ribeyre(eds). *Aquatic Ecotoxicology : Fundamental Concept and Methodologies*, CRC Press, Boca Raton, FL.1, 3-46.
- RNB.1999.** Réseau National de Bassin. Les micropolluants dans les cours d'eau français, 3 années d'observations (1995 à 1997). Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement et les agences de l'eau. France.
- Rodier J., Bazin C., Broutin J.P., Chambou, P., Champsaur H., Rodier L., 1996:**– L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer ». 8eme édition. Paris. Collection DUNOD. 383 p.
- Rodier J., Bazin C., Broutin J.P., Chambou, P., Champsaur H., Rodier L., 1996:**– L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer ». 8eme édition. Paris. Collection DUNOD. 383 p.
- RODIER, J. (1996).** L'Analyse de l'eau .Eaux naturelles –Eaux résiduaires-Eaux de mer. 8ème Edit. Paris: DUNOD. p. 1383.

- ROMOND, C. (2015).** LYOPHILISATION. Encyclopædia Universalis. [en ligne]. [Consulté le 11/05/2016] disponible sur le site web ([http://www.universalis.fr/encyclopedie/lyophilisation/.](http://www.universalis.fr/encyclopedie/lyophilisation/))
- Rouane , 2007 :** Biosurveillance de la pollution marine au niveau de la côte occidentale algérienne par l'étude de la contamination du merlu
- Rousselet., 1991 -Edité : Moussaoul. AA et Benbellil.S, 1999 :** « Contribution à l'étude de l'accumulation de métaux lourds (Zn, Cu, Pd et Cd) par la Sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1972), du golfe de Béjaia », mémoire de fin d'étude en biologie et physiologie animale, Université Abderrahman Mira de Béjaia. 2-6 p.
- Sacchi & Testard., 1971 :** Ecologie animale (organismes et milieu). Edition Doin, p480.
- Saim Sidali., 2016 :** suivi la qualité des sédiments superficiels de Fouka marine par les métaux lourds
- Savary, P., 2003.** Guide des analyses de la qualité de l'eau. Dossier d'expert, Editions Techni. Cités, 87-194pp.
- Shioi Y., Tamai H. et Sasa T. 1978-**Effect of copper on photosynthetic electron transport systems in.
- SKOOG, DA., HOLLER, FJ., NIEMANT, A. (2003).** Principe d'analyse instrumentale, 5e éd. France : boeck université .p.938.
- SKOOG, DA., HOLLER, FJ., NIEMANT, A. (2003).** Principe d'analyse instrumentale, 5e éd. France : boeck université .p.938.
- Steimle F.W., Zdanowicz V.S., Cunneff S.L et Terranova R. 1994.** Trace metal concentration in common benthic macrofaunal Prey from New Bight Apex. *Marine Pollution Bulletin* (28): 760-765.
- Stumm W., et Morgan J.,1996-** Aquatic chemistry – Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters – Third Ed. New York, John Wiley and Sons. 1022pp.
- Unep, 1996** –Evaluation de l'état de la pollution de la mer méditerranée par le zinc, le cuivre et leurs composés : MAP Technical Reports Series No. 105.
- Veith G-D., Defoe D-L & Bergatedt B-J. 1979.** Measuring and estimating the bioconcentration factor of chemicals in fish. *J. Fish. Res. Bd. Can.* 36, 1040-1048.
- Viala, A., Botta, A., 2005.** Toxicologie, 2ème édition, édition Lavoisier tec and doc,
- Vilagines R., 2003 :** Eau, environnement et santé publique : Introduction à l'hydrologie. 2ème édition, médicales Internationales, Lavoisier, pp71-75-183.
- Vincent M. 2006.** Etude d'expertise en Aquaculture – Environnement - Pêche – Pollution. Saint-Maximin - France
- Wright D-A., Welbourn P., 2002:–** Environnemental toxicology. combridage. University press. 288 p. (p 274-288).

Zhang, X.H., Zhang, X ., Wang, X.C, Jin, L.F. Yang, Z.P., Jiang, Qing Chen, C., Ren, X. Cao, J., Wang, Q., Zhu, Y., 2001. Chronic occupational exposure to hexavalent chromium causes DNA damage in electroplating workers. BMC Public Health, 11 :22.