

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

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département : Science Biologique de l'Environnement
Filière : Science Biologique
Spécialité: Environnement et Santé publique



Réf :.....

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

MASTER

Thème

Contribution à l'étude d'accumulation des métaux lourds (Zn, Cu, Cd, Pb) dans le muscle et la masse viscérale de la sardine *Sardina pilchardus* pêchée dans le golfe de Bejaia

Présenté par :

MANSOURI Kahina & KHENACHE Lila

Soutenu le : **13 Juin 2016**

Devant le jury composé de :

Mr BEKDOUCHE F.	MCA	Président
Mme BENBELLIL-TAFOUGHALT S.	MCA	Encadreur
Mr RAMDANE Z.	professeur	Examineur

Année universitaire : 2015 / 2016

Remerciement

Tout d'abord on tient à remercier dieu de nous avoir donné la foi et le courage pour avoir mené a terme ce modeste travail.

On remercie aussi notre promotrice Mme TAFOUGHALT d'avoir accepté d'encadrer ce travail

On tient aussi à remercier Messieurs les membres de jury; Mr BEKDOUCHE. F en tant que président et Mr REMDHANE. Z en tant qu'examineur d'avoir accepté de juger ce travail.

Nos remerciements vont aussi aux techniciens du laboratoire de génie des procédés et aux responsables du laboratoire de recherche

Et enfin on remercie Mlles SOUHILA et MERIEM pour leur soutien, leur aide et conseils au laboratoire.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à:

*Mes chères parents ma mère et mon père pour leurs
patience, leurs amour et leurs soutien et encouragement
durant toutes mes études*

A mes deux frères.

A mes sœurs, leurs maris et leurs petits enfants

*A mes amies Hayat, Kahina et Mazigha et toute la promo
de santé publique.*

*Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin a
l'élaboration de ce mémoire*

Kahina

Dédicace

Tout au début, je tiens à remercier le bon dieu de m'avoir prévu de la patience, santé et confiance afin de réaliser ce modeste travail que je dédie a :

A mes très chères parents que le dieu me les gardes : ma mère qui ma donnée tous ce qui rassemble a l'amour, pour les sacrifices qu'elle faits pour notre éducation, mon père qui ma encourager, qui m'appris le sens d'être une femme et qui m'a beaucoup aidé durant mes études que je dois tout mon respect et mon amour.

A ma très chère sœur « WALIDA » et sa petite adorable « HOUDA » et son petit « ABDRAHMAN » ainsi que son marie « ZAHIR »

A mes chères frères « SALIM et ses petits adorables ANISSE et GHILASSE », « LYACE », « YACINE », « RIDA », « RAOUF »

A mes belles sœurs « NISSAT, KAHINA, OUIZA »

A mes très chères amies surtout SIHAM et LILA, ainsi que mes copines de chambre, et toutes les autres sans exception.

A une personne très chère adlane.

LILA

SOMMAIRE

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction	1
Chapitre I : Généralités sur les métaux lourds	
I-Définition	3
II-classification des métaux lourds	3
II-1 Les éléments traces essentiels	3
II-2 Les éléments trace non essentiels	4
III-Intérêt des métaux essentiels	4
III-1-Le zinc (Zn)	4
III-1-1-Utilisation du zinc	4
III-1-2-Rôle physiologique du zinc	4
III-2-Le cuivre (Cu)	5
III-2-1-Utilisation du cuivre	5
III-2-2-Rôle physiologique du cuivre	5
IV-Usage des métaux non essentiels Cd et Pb	5
IV-1-Le cadmium (Cd)	5
IV-2-Le Plomb (Pb)	6
V-Toxicité du Zn, du Cu, du Pb, du Cd	6
V-1-Toxicité du zinc	6
V-2-Toxicité du cuivre	6
V-3-Toxicité du plomb	7
V-4-Toxicité du cadmium	7
VI-Le transfert des métaux lourds dans le milieu marin	7
VI-1- La Bioaccumulation	7
VI-2- La Bioconcentration	8
VI-3- La Bioamplification	8
VII-Cycle biogéochimique des métaux lourds dans le milieu marin	8
VII-1- La précipitation	8
VII-2- L' Absorption	8
VII-3- L' Adsorption	9

VII-4- La Sédimentation.....	9
Chapitre II : Matériel et méthode	
I--Choix de matériel biologique.....	10
II –Présentation de l'espèce.....	10
II-1 -Position systématique de <i>Sardina pilchardus</i>.....	10
II-2-Description.....	11
II-3- Distribution géographiques	12
II-4- Régime alimentaire.....	12
II-5-La croissance.....	12
II-6- La Reproduction	13
III- Présentation de la zone d'étude.....	13
III-1- Position géographique.....	13
III-2- la zone de pêche.....	13
III-3-Le port de Bejaïa.....	15
IV-Echantillonnage.....	16
IV-3-Collecte du matériel biologique.....	16
V-Travail au laboratoire	16
V-1-La mensuration et le tri.....	17
V-2-La Dissection.....	17
V-3-Le séchage.....	18
V-4-L'homogénéisation.....	18
V-5-La minéralisation.....	19
V-6-La Filtration.....	19
VI-Dosage des métaux lourds.....	19
VI-1-Principe général de la S.A.A.....	20
VI-2-Etalonnage.....	20
VII- L'analyse statistique.....	20

Chapitre III : Résultat et discussion

I-Résultat.....	22
I-1-Les concentration moyennes en métaux lourds au niveau du muscle et de la masse viscérale de <i>Sardina pilchardus</i> en fonction de la taille des individus.....	22
I-1-1-Les concentrations moyennes au niveau du muscle.....	22
I-1-1-1Concentration en métaux lourds au sein de chaque Lot.....	22
I-1-1-2-Comparaison des teneurs en métaux lourds entre les deux Lots.....	23
I-1-2- Les concentrations moyennes au niveau du la masse viscérale....	23
I-1-2-1-Concentration en métaux lourds au sein de chaque Lot.....	24
I-1-2-2-Comparaison des teneurs en métaux lourds entre les deux lots.....	24
I-2-Comparaison des teneurs moyennes en métaux lourds entre le muscle et la masse viscérale de <i>Sardina pilchardus</i>	25
II-Discussion.....	26
III-Comparaison des résultats avec les données bibliographiques.....	27
Conclusion	29

Référence bibliographique

Annexes

Liste des figures

Figure n°01: Morphologie de l'espèce <i>Sardina pilchardus</i> (photo originale, 2016).....	12
Figure n°02 : Présentation de la zone d'étude (Google earth, 2016).....	14
Figure n°03 : Position du port de pêche de golfe du Bejaïa (Google earth, 2016).....	15
Figure n°04: Mensuration et pesée des échantillons.....	17
Figure n°05: Muscles et masse viscérale de <i>Sardina pilchardus</i>	18
Figure n°06: L'étuve (Photo originale).....	18
Figure n°07: Résumé du protocole expérimental suivi dans notre étude.....	21
Figure n°08: Teneurs moyenne en métaux lourds (Zn, Cu, Cd, Pb) en ppm au niveau du muscle de <i>Sardina pilchardus</i> appartenant à deux Lots différents.....	23
Figure n°09: Teneurs moyenne en métaux lourds (Zn, Cu, Cd, Pb) en ppm dans la masse viscérale de <i>Sardina pilchardus</i> appartenant à deux Lots différents.....	24
Figure n°10: Comparaison des teneurs moyennes en métaux lourds (Zn, Cu, Cd) entre le muscle et la masse viscérale de <i>Sardina pilchardus</i>	25

Liste des tableaux

Tableau I: Systématique de <i>Sardina pilchardus</i>	11
Tableau II: Dates des quatre prélèvements.....	16
Tableau III: Concentration moyenne en métaux lourds au niveau du muscle de <i>Sardina pilchardus</i> appartenant à deux Lots différents.....	22
Tableau IV: Concentration moyenne en métaux lourds au niveau de la masse viscérale de <i>Sardina pilchardus</i> appartenant à deux Lots différents.....	23
Tableau V: Comparaison des résultats aux données bibliographiques.....	27

Liste des abréviations

Cd: Cadmium.

Cm: Centimètre.

Cu: Cuivre.

D.M.A : Dose maximale admissible.

D.P.R.H : Direction de la pêche et des ressources halieutiques de Bejaïa.

ETM: Élément Traces Métallique.

F.O.A: Food and Agriculture Organisation.

Mg/kg: milligramme par kilogramme.

Pb: Plomb.

Ppm: Partie par million.

S.A.A.a.F: Spectrométrie d'Absorption Atomique avec Flamme.

Zn: Zinc.

Introduction

Depuis tout temps, la mer a joué le rôle de réceptacle des déchets anthropiques. Si pendant longtemps son pouvoir auto épurateur a permis l'absorption des déchets urbains et agricoles, que les sociétés non industrialisées rejetaient dans la méditerranée, il n'en va plus de même depuis une vingtaine d'années, et les polluants contenus dans les déchets des nouvelles activités ne peuvent plus être complètement réduits, soit en raison de leur quantité, soit en raison de leur composition qui rend leur dégradation lente ou nulle (**Becam, 1974**).

L'Algérie est un pays méditerranéen qui se développe de jour en jour économiquement et industriellement, la source d'énergie de notre pays n'est autre que le pétrole et ses dérivés. En effet, les activités pétrolières et ses produits dérivés ne sont qu'une cause parmi tant d'autres (rejet urbains, agricoles et autres rejets industriels) de la pollution du littoral algérien (**Bensahla-Talet, 2001**).

Parmi ces rejets, on trouve les éléments métalliques qui se caractérisent par leur persistance, leur toxicité et, de plus, se trouvent en concentrations très importantes à la fois dans les organismes marins et dans l'eau de mer, en raison du phénomène d'accumulation. (**Ghomari, 1992**).

L'espèce *Sardina pilchardus*, objet de cette étude, est un poisson dont la chair est fortement appréciée en raison de sa richesse en protéines, lipides et vitamines, ce qui la rend très bénéfique pour la santé (**Arnaud & Favier, 1991**).

Le présent travail, consiste en la recherche et la quantification de quatre métaux lourds (Cuivre, Cadmium, Plomb, Zinc) au niveau du muscle et de la masse viscérale de *Sardina pilchardus* pêchée dans le golfe de Bejaia. Les métaux choisis sont les plus représentés et les plus problématiques dans l'environnement. D'une part le Zinc et le Cuivre sont des oligo-éléments donc indispensables à la vie, mais dangereux à fortes concentration, d'un autre côté, le Cadmium et le Plomb sont des éléments toxiques, pour les organismes vivants, même à faible concentration.

Le présent manuscrit comporte trois chapitres :

Le premier chapitre présente des généralités sur les métaux lourds;

Le deuxième chapitre décrit le matériel utilisés et la zone d'étude ou il a été mentionné le protocole expérimental;

Le troisième et dernier chapitre est essentiellement réservé aux résultats obtenus et a leur interprétation, suivis par une conclusion générale.

Généralités sur les métaux lourds**I-Définition**

Un métal est un élément chimique, issu le plus souvent d'un minerai ou d'un autre métal, doté d'un éclat particulier, bon conducteur de chaleur et d'électricité, ayant des caractéristiques de dureté et de malléabilité, se combinant ainsi aisément avec d'autres éléments pour former des alliages utilisables dans l'industrie et ce depuis l'antiquité. On appelle en général métaux lourds les éléments métalliques naturels, métaux ou dans certains cas metalloïdes (environ 65 éléments), caractérisés par une forte masse volumique qui est supérieure à 5g par cm³ (**Miquel, 2001**).

II-Classification biologique des métaux lourds

La classification des métaux lourds est souvent discutée, car certains métaux toxiques ne sont pas particulièrement «lourds» comme le zinc. D'un autre côté, certains éléments ne sont pas des métaux mais des metalloïdes comme le cas de l'arsenic.

Pour ces différentes raisons, la plupart des scientifiques préfèrent à l'appellation métaux lourds celle de (éléments en traces métalliques) (ETM), ou par extension éléments traces (**Miquel, 2001**).

II-1-Les éléments traces essentiels

Les métaux essentiels sont des éléments indispensables, à l'état de traces, pour de nombreux processus cellulaires et qui se trouvent en très faible proportions dans les tissus biologiques (**Loué, 1993**). Ces oligoéléments doivent répondre aux critères fixés par (**Cotzias, 1967**).

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

II-2-Les éléments traces non essentiels

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

III-Intérêts des métaux essentiels**III-1-Le Zinc (Zn)**

Le Zinc est un élément chimique de symbole Zn et de numéro atomique 30, c'est un métal du couleur bleu-gris moyennement réactif qui se combine avec l'oxygène et d'autres éléments non métalliques, et qui réagit avec des acides dilués en dégageant de l'hydrogène (Bentata, 2015).

III-1-1-Utilisation du Zinc

Le zinc entre dans la composition de divers alliages (laiton, bronze, alliage légère) il est utilisé dans la construction immobilière, dans les équipements pour l'automobile, dans les chemins de fer et dans la fabrication de produits laminés ou formés. Ce métal constitue également un intermédiaire dans la fabrication d'autres composés et sert d'agent réducteur en chimie organique et de réactif en chimie analytique (Belabed, 2010).

III-1-2-Rôle physiologique du Zinc

Le Zinc est un élément essentiel pour le développement des organismes vivants.

Le corps humains contient 2 à 4 grammes de Zinc, il sert notamment de catalyseur dans des réactions enzymatiques et d'élément coordinateur pour de nombreuses protéines et enzymes (Berg, 1986; Soliset *al.* 1999). Chez l'homme, les protéines de type doigts de Zinc, caractérisées par l'utilisation du Zinc comme élément récepteur et coordinateur, jouent un rôle d'activateur ou de répresseur de la transcription du matériel génétique (Berg & Shi, 1996).

III-2-Le cuivre(Cu)

Le cuivre est un élément chimique de symbole Cu et de numéro atomique 29, c'est un métal de couleur rougeâtre, il possède une haute conductivité thermique et électrique à température ambiante. Il est l'un des rares métaux qui existent à l'état natif (**Hurlbut & Klein, 1982**).

III-2-1-Utilisation du cuivre

Le cuivre est l'un des métaux les plus employés à cause de ses propriétés physiques et de sa conductibilité électrique et thermique. Il est utilisé dans la métallurgie, dans la fabrication des alliages, de bronze (avec étain), de laiton (avec zinc), ou de joaillerie (avec or et argent). Il est très largement employé dans la fabrication de matériel électriques (fils, enroulements de moteurs, transformateurs), dans la plomberie, dans les équipements industriels, dans l'automobile et en chaudronnerie (**Casas, 2005**).

L'acétate de cuivre est utilisé comme catalyseur, notamment dans la fabrication de caoutchouc, comme pigments pour les céramiques et les teintures, comme catalyseur, agent désodorisant, désulfurant ou purifiant, fixateurs pour la photographie. Aussi la forme hydratée de cuivre est utilisé comme fongicides agricole, bactéricides, et herbicides (**Casas, 2005**).

III-2-2-Rôles physiologique de cuivre

La nécessité du cuivre pour les êtres vivants a été découverte assez récemment, cet élément a été reconnu comme un cofacteur essentiel dans la synthèse d'un grand nombre de protéines impliquées dans les réaction d'oxydoréduction, liant ou activant l'oxygène moléculaire. Le cuivre est le coenzyme de nombreuses métalloprotéines comme l'acrobate oxydase et la tyrosinase (**Favier, 1990**). Il joue également un rôle dans la synthèse de l'hémoglobine (**Chappuis, 1991**).

IV-Usage des métaux non essentiels Cd et Pb

IV-1-Le cadmium (Cd)

Le cadmium est un métal blanc argenté, ayant des propriétés physiques proche de celle de zinc, c'est l'un des métaux les plus toxiques non essentiel dans l'environnement (**Prankel et al, 2004**). Le cadmium a servi pour protégé l'acier contre la corrosion

(cadmiage) ou encore comme stabilisant pour les plastiques et comme pigments dans les produits céramiques (**Jarup, 2002**).

IV-2-Le plomb (Pb)

Le plomb est un métal gris bleuâtre possédant 20 isotopes dont quatre sont naturels. C'est un élément très présent dans l'écorce terrestre, il s'y retrouve sous forme de minerai et il est souvent lié à l'argent et au zinc, les principaux minerais du plomb sont la galène (composé de sulfure de plomb), la cérusite (composé de carbonate naturel de plomb) et l'anglésite (composé de sulfate naturel de plomb) (**Garnier, 2005**).

V-Toxicité du Zn, du Cd, du Cu, du Pb

V-1-Toxicité du Zinc

L'intoxication aiguë par ingestion du zinc est relativement rare; elle provoque des problèmes gastro-intestinaux et des diarrhées. L'inhalation chronique du zinc peut mener à une diminution de l'absorption du cuivre diététique et à des problèmes liés à une carence cuivrique, se manifestant par une diminution du nombre d'érythrocytes (**Liu et al.2008**). Une inhalation aiguë d'oxyde de zinc peut occasionner les symptômes associés à une fièvre

des métaux : des douleurs thoraciques, fièvre, des nausées, une toux, des grelottements et une leucocytose.

Le potentiel cancérigène du zinc n'a pas été démontré jusqu'à ce jour. Par ailleurs, une carence peut s'avérer néfaste chez l'humain. (**Liu et al.2008**).

V-2-Toxicité du cuivre

Le cuivre rejeté dans le milieu marin est absorbé par les sédiments, le phytoplancton, les algues supérieures et la faune benthique et pélagique, il a été démontré que le cuivre provoque une altération des branchies chez les poissons et retarde leur ponte (**Haguenoer & Furon, 1981**).

Selon Haguenoer et Furon (1981) le cuivre est responsable de la maladie de "Wilson" chez l'homme, qui est due à l'accumulation du cuivre dans le foie.

V-3-Toxicité du plomb

L'ingestion d'aliments contaminés est considérée comme l'une des voies principales d'exposition au plomb, ce métal est une substance qui s'accumule dans les os et les tissus mous, Une exposition à de faibles doses de plomb peut avoir certains effets sur le développement intellectuel et le comportement des enfants (**Nolasco, 2013**).

D'après Nolasco (2013), une exposition à des taux élevés de plomb peut notamment causer des maladies rénales, des retards mentaux, de l'anémie et des problèmes de reproduction. Selon le même auteur, une exposition chronique au plomb peut avoir des effets cardiovasculaires négatifs sur l'humain, il s'avère aussi cancérigène.

V-4-Toxicité du Cadmium

Le Cadmium présente des risques chez le consommateur, même à faible concentration. En effet, cette molécule tend à s'accumuler dans le cortex rénal sur de très longues périodes (50 ans) où il entraîne une perte anormale de protéines par les urines (protéinurie) et provoque des dysfonctionnements urinaires chez les personnes âgées (**Chiffolleau et al. 2001**). Chez l'homme le phénomène de toxicité aiguë est connu depuis 1950 sous le nom de syndrome d'Itai-Itai défini par l'association d'une insuffisance rénale avec ostéoporose (déminéralisation et fragilisation des os) et ostéomalacie (déminéralisation et déformation des os), le nom de ce syndrome provient des cris poussés par les malades, riziculteurs (âgés de 40 à 60 ans) du bassin de la rivière Jistu au Japon intoxiqués suite à la consommation de riz contaminés par les rejets d'une usine de métaux non ferreux.

La dose hebdomadaire tolérable (DHT) pour l'homme est de 7 µg de Cadmium par kilogramme de poids corporel (**Chiffolleau et al. 2001**).

VI- Les transferts de contaminants dans le milieu marin

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

VI-1-La bioaccumulation

La bioaccumulation est un mécanisme physiologique qui se traduit par la fixation des substances toxiques dans les organismes vivants, c'est donc la possibilité pour une espèce donnée de concentrer un toxique donné à partir du milieu extérieur, ces substances non

biodégradables vont se concentrer le long des divers maillons de la chaîne trophique. Les concentrations maximales se trouvent chez les grands prédateurs (poissons, mammifères marins, l'homme) (**Boutiba, 2004**).

VI-2-La bioconcentration

La bioconcentration est un cas particulier de bioaccumulation, elle est définie comme le processus par lequel une substance ou un élément se trouve présent dans un organisme vivant, à une concentration supérieure à celle de son milieu environnant. C'est donc l'accroissement direct de la concentration d'un contaminant lorsqu'il passe de l'eau à un organisme aquatique, le facteur de concentration FC est défini comme une constante issue du rapport de la concentration d'un élément dans un organisme en état d'équilibre à sa concentration dans le biotope (**Ramade, 1992**).

VI-3-La bioamplification

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

VII) Cycle biogéochimique des métaux lourds dans le milieu marin

Le déroulement général d'un cycle biogéochimique semble s'effectuer selon deux grandes étapes.

Une première consisterait en un piégeage des polluants métalliques par des particules en suspension, par la biomasse marine et par le sédiment, en fonction des conditions physicochimiques du milieu marin et cela par :

1-La précipitation : phénomène qui s'opère lorsque le polluant métallique en solution chute par gravitation au fond du milieu marin. Cependant en eau profonde, certains métaux pourraient retourner en solution bien avant d'atteindre le fond.

2-L'absorption : phénomène qui a lieu quand les molécules ou les ions métalliques se fixent à la surface des composantes marines (particules, organisme marins, sédiments).

3-L'adsorption : c'est le passage du polluant métallique dans un organisme marin.

4-La sédimentation : phénomène qui s'effectue lorsque les ions métalliques se superposent formant ainsi des couches sédimentées. Les animaux benthiques participent à l'accélération du dépôt des particules et de leurs métaux associés en les consolidant dans des matières fécales. Ces animaux participent ainsi à la sédimentation du milieu marin (**Ramade ,1992**).

Une deuxième étape inverse à la première ,consisterait en un relargage de ces polluants par désorption ou sorption qui est le phénomène inverse à l'adsorption, par diffusion ou propagation dans le milieu marin par redissolution ou remise en solution des produits précipités par décomposition et reminéralisations des matières organiques , et parfois même par redistribution par le biais des organismes marins (**Aouameur , 1990**).

I-Choix du matériel biologique

La recherche de résidu de métaux, effectuée dans cette étude, des individus appartenant à l'espèce *Sardina pilchardus*. C'est un poisson très répondu et largement consommé dans la région de Bejaia.

II-Présentation de l'espèce

Pour les besoins de cette étude, nous avons utilisé une espèce de poisson comestible, en l'occurrence la sardine *Sardina pilchardus*.

Les poissons pélagique vivent en pleine mer entre 0 et 200 mètres et caractérisés par des migrations verticale et horizontales sont très répondu dans les eaux côtiers (**Fréon et al, 2005**).

Parmi les petits pélagiques, l'anchois (*Engraulis encrasicolus*) et la sardine (*Sardina pilchardus*) qui sont les espèces les plus importantes en termes d'intérêts commercial et de biomasse (**Pinnagar et al, 2003**).

La sardine et un aliment largement consommé, pour sa richesse en protéines, lipides, minéraux, etc. Ce poisson comme le cas de tous les organismes est menacé par la pollution marine en général et par la pollution métallique en particulier (Métaux lourds).

II-1-Position systématique

Le nom sardine vient de latin [*Sardina*] diminutif de [*Sarda*] = petit poisson, et pilchardus c'est la latinisation du mot anglais [Pilchard]=grand poisson (**Chappuis et al, 2014**).

D'après (**Chappuis et al, 2014**), la position systématique de l'espèce étudiée, est définie comme suit (**Tableau I**).

Tableau I : Systématique de l'espèce *Sardina pilchardus* .

Embranchement	Vertébrés
Sous- embranchement	Gnathostomes
Super-classe	Poissons
Classe	Ostéichtyens
Sous-classe	Actinopterygiens
Super-ordre	Téléostéens
Ordre	Clupéiformes
Sous-Ordre	Clupéoides
Famille	Clupéidés
Genre	<i>Sardina</i>
Espèce	<i>Sardina pilchardus</i>

II-2-Description de l'espèce

Les individus de l'espèce *Sardina pilchardus* sont caractérisés par leur forme allongée et fusiforme, de section ovalaire, comprimé latéralement, ils présentent un museau pointu et une bouche terminale.

Ils montrent des flancs argentés et un ventre relativement clair et brillant. Leurs dos est vert émeraude, parfois bleu turquoise, présentant des irisations ainsi que des taches sombres, le long de la ligne latérale, qui ne sont pas toujours visibles sous l'eau.

La sardine possède un opercule strié bien caractéristique. Des scutelles, écailles à pointe proéminente. (Figure01).

Chez cette espèce, les nageoires pectorales sont basses, les nageoires pelviennes implantées en arrière de l'origine de l'unique nageoire dorsale. On note l'absence de nageoire adipeuse, les deux derniers rayons de sa nageoire anale sont plus longs que les autres. (Chappuis *et al*, 2014).

D'après Grime *et al* (2004), la taille commune, de cette espèce, varie entre 15 et 20 cm, mais peuvent atteindre une taille maximale de 25 cm.



Figure N°01 : Morphologie de l'espèce *Sardina pilchardus*

II-3-Distribution géographique

L'espèce *Sardina pilchardus* est présente dans le bassin occidental Méditerranéen et dans l'Adriatique, elle est rare dans le bassin oriental Méditerranéen et absente dans les côtes Libyennes.

Dans l'Atlantique, son aire de répartition s'étend de la mer du nord, jusqu'à la baie de Gorée au Sénégal (Clofnam, 1984). Elle se distribue dans le centre, l'ouest et l'est Algérien (Djaballi *et al*, 1993).

II-4-Régime alimentaire

La sardine est un animal planctophage. Elle se nourrit principalement de zooplancton et plus particulièrement de larves de crustacés, les copépodes, les cladocères et les phytoplanctons (Palomera *et al*, 2007).

Bien que la présence des végétaux, des phytoplanctons, a été constatée dans le tube digestif de certains individus, leur consommation semble plutôt accidentelle. Elle est liée au mode d'alimentation de l'animal qui se nourrit surtout par filtration, il se déplace avec la bouche ouverte (Chappuis *et al*, 2014).

II-5-La croissance

La croissance des individus de cette espèce est considérée comme étant un phénomène d'interaction entre l'individu et l'environnement (Huss, 1988).

La sardine se caractérise par une croissance rapide, notamment durant la phase juvénile. Cependant, le taux de croissance varie largement en fonction de la saison, de la zone de ponte et du sexe (Forest, 2001).

II-6-La reproduction

La sardine se reproduit sur le plateau continental, essentiellement dans les eaux côtières, plus riches en nourriture et plus chaudes (**Chappuis *et al*, 2014**)

La reproduction a durant la période allant de septembre à juin en Méditerranée (Fischer *et al*, 1987), avec un pic de ponte entre octobre et mars (**Almulsi, 2011**).

La femelle peut pondre jusqu'à 60 000 œufs, la fécondation est externe, elle a lieu dans l'eau par laitances du mal. Une fois fécondés, les œufs éclosent au bout de 2 à 4 jours pour donner des larves mesurant environs quatre millimètres (**Chappuis *et al*, 2014**).

III-Présentation de la zone d'étude

Le golfe de Bejaia est caractérisé par un grand trafic maritime et par la présence d'importante activité industrielle ; ce qui a généré une augmentation considérable des rejets en mer. Ce type de pollution a une grande influence sur la qualité des eaux marines et joue un rôle important dans la dégradation des écosystèmes littoraux.

III-1-Position géographique

Bejaïa est située à environ 250 Km à l'Est d'Alger, avec une superficie de 3261.26 Km², elle compte une façade maritime d'environ 100 Km située entre les limites géographiques du découpage administratif de la wilaya de Tizi-Ouzou à l'ouest de la wilaya de Jijel à l'Est. Elle renferme un golfe qui présente la forme d'un croissant ouvert vers le Nord au cœur de la Méditerranée (Figure n°02), limité à l'Est par le cap Aouana (ex-cavallo), à l'Ouest et au Nord par le mont de Gouraya et ses prolongements sont les caps carbon et Bouak, mais la rade proprement dite s'étend du cap Bouak à l'embouchure de la Soummam (**Milla, 1998**).

III-2-La zone de pêche

La surface de la zone de pêche est de 934 Km², et la zone exploitée par les pêcheurs, se situe entre le cap carbon à l'Ouest et la pointe d'Aouana (ex-cavallo) à l'Est dont les zones chalutables ont un caractère multi spécifique entre le cap carbon et le cap sigli (036°47'17" Nord, 05°36'00"Est à 036°49'20"Nord, 005°41'36"Est) (**DPRH, 2015**).

Le golfe de Bejaïa est une importante échancrure délimitée par les falaises jurassiques du cap Bouak à l'Ouest et le massif volcanique miocène d'El-Aouana (ex-Cavalo) à l'Est. Ce golfe se singularise par sa morphologie très particulière avec un plateau peu étendu, et un glacis continental festonné par d'imposants "cirque" (cap Aokas, Beni-Segoual) d'où partent des vallées sous-marines et un littoral sablonneux (dune) qui ourle le pied des falaises (Leclaire, 1972).



Figure N°02 : Présentation de la zone d'étude (Google earth, 2016)

La profondeur maximale du golfe est d'environ 1000 m avec une largeur moyenne de 1,5 km. Au niveau du port, entre l'isobathe -10 à -70 m, on a un fond de boues et de vases calcaires –argileuse qu'on retrouve face à l'oued Soummam entre -50 m et la rupture du plateau continental (Nait saidi & Teghanemt, 1991).

La région de Bejaïa est traversée par plusieurs Oueds drainant, les eaux de ruissellement plus exactement dans la baie de Bejaïa dont les plus importants sont ; Oued Soummam (90 Km), Oued Djemaa (46Km), Oued Agrioun (80Km) et Oued Zitoun (30Km) et le fait que cette région côtière et assez arrosée avec une pluviométrie moyenne de 900 mm/an, la température et la salinité ont des valeurs particulièrement basse, la première varie entre 18,5 à 19°C et la seconde ne dépasse jamais 36,55%.

III-3-Le port de Bejaïa

Le port de Bejaïa est subdivisé comme suit :

- Port pétrolier : Situé à l'avant-port à l'Ouest de la baie avec 60 hectares et une profondeur de 10,5 à 13,5 m.
- Port commercial : Situé à l'Est de la baie, il est le plus important de point de vue activité et superficie qui est de 75 hectares avec une profondeur de 8 à 30 m.
- Port de pêche : Situé au milieu des deux précédents (Figure n°03), Il est représenté par le mont Abdelkader qui est constitué de deux quais de 120 m linéaires chacun. L'un le protège de la houle, réservé aux chalutiers et grands senneurs, l'autre est mal protégé, du fait qu'il subit l'action des vents d'Ouest et accueillent les petits métiers et les petits senneurs. Il est d'une superficie de 26 hectares et d'une profondeur de 6,1 à 7,4 m (DPRH, 2015).

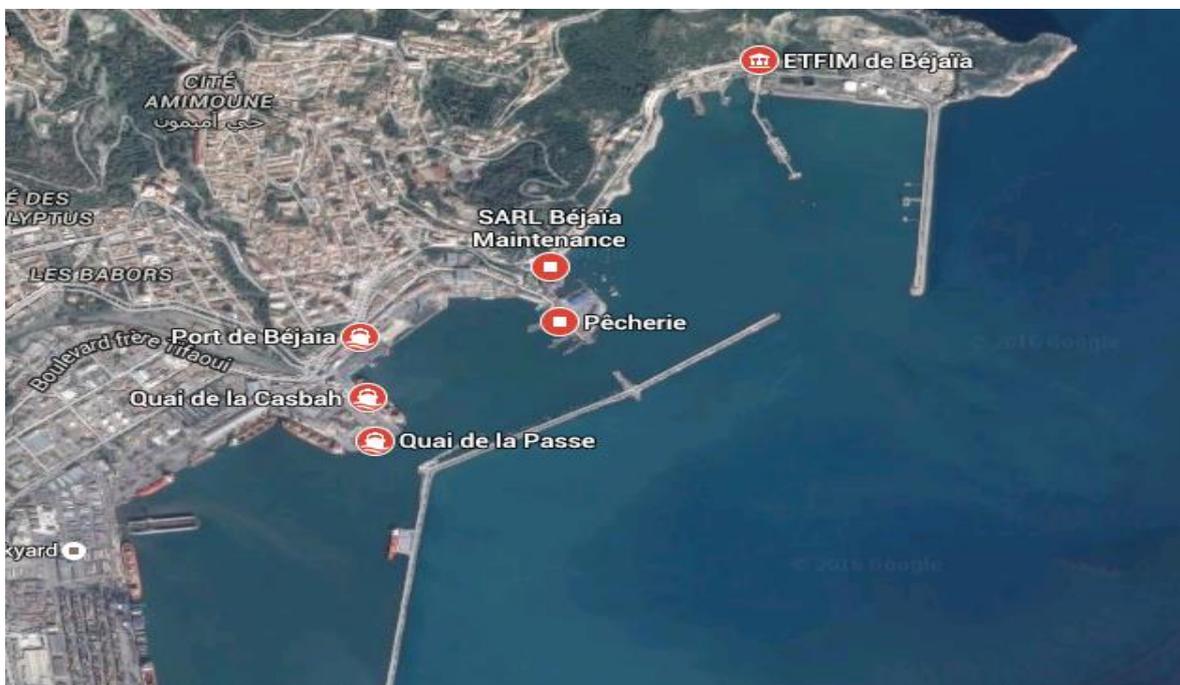


Figure N°03 : Position du port de pêche du golfe de Bejaïa (Google earth, 2016)

IV- Echantillonnage

IV-1- Collecte du matériel biologique

Les échantillons de sardine sont obtenus auprès des services de pêche au niveau du port de Bejaia. A partir d'une caisse, nous prélevons une vingtaine d'individus qui sont immédiatement transportés au laboratoire dans des sacs en plastiques étiquetés. Les spécimens ainsi prélevés sont ensuite triés au laboratoire en fonction de leur taille.

Nous avons effectué quatre prélèvements dans le golf de Bejaia durant les mois de février et mars, les dates de prélèvement sont citées dans le Tableau II.

Tableau II : Dates des quatre prélèvements effectués.

Dates de prélèvements	Nombre d'individu
08/02/2016	20
14/02/2016	20
23/02/2016	20
06/03/2016	20

V-Travail au laboratoire

Le matériel utilisé lors de nos expériences au laboratoire est comporte :

- Une pince, des ciseaux
- des boites de Pétri
- une balance
- une étuve
- de la verrerie (tubes, entonnoirs)
- du papier aluminium
- du papier filtre
- un broyeur

-un pied à coulisse.

V-1-La Mensuration et le tri

Une fois au laboratoire, les échantillons sont mesurés puis triés, en fonction de leur taille.

Nous avons ainsi obtenus deux lots de 10 individus comme suit:

- Le premier lot comporte des individus dont la taille varie entre 15 et 20 cm;
- Le deuxième lot comporte des individus dont la taille varie entre 9 et 15 cm.

Les paramètres relevés sont :

- La longueur total est mesurée à l'aide d'un pied à coulisse ;
- Le poids de chaque individu et relevé grace à une balance .



Figure N°04: Mensuration et pesée des échantillons

V-2-La Dissection

Tous les individus, concernés par cette étude, ont été disséqués dans le but de prélever les muscles ainsi que la masse viscérale. La dissection est réalisée, à l'œil nu, à l'aide d'une pince et de ciseau (Figure n°05).

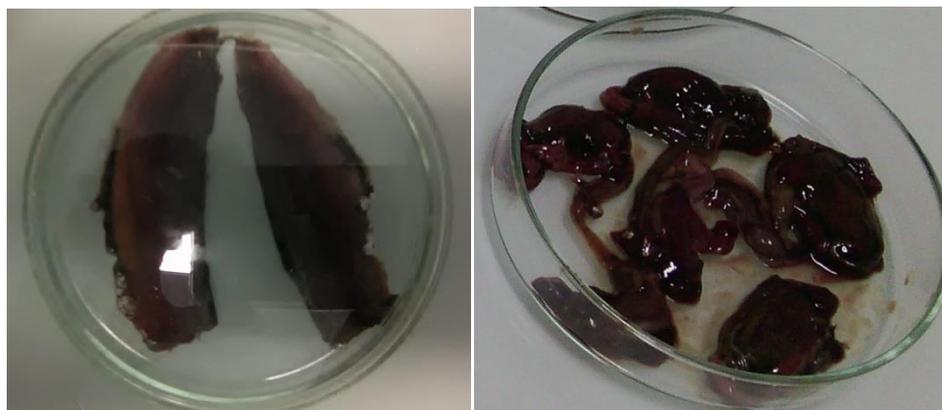


Figure N°05: Muscles et masse viscérale de *Sardina pilchardus*.

V-3-Le séchage

Cette étape consiste à sécher les échantillons de muscles et de la masse viscérale. Ces derniers sont étalés dans des boîtes de Pétris et séchés à l'étuve (Figure n°06) sous une température de 80°C pendant 24 heures. Le but de cette étape est d'éliminer toute l'eau afin d'obtenir une matière sèche facilement conservable.



Figure N°06: L'étuve (photo personnelle)

V-4-L'homogénéisation

Pour chaque prélèvement, les échantillons de muscle et de la masse viscérale, du même lot, sont broyés à l'aide d'un broyeur de marque Resch, RM200. Le broyat ainsi

obtenu, est une poudre sèche susceptible d'être conservée long temps, cette texture facilite également la solubilisation des échantillons.

V-5-La minéralisation

La spectrométrie d'absorption atomique suppose que la matière organique des échantillons soit détruite (**Bernhard, 1977**).

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

Pour notre protocole nous avons utilisé la minéralisation par voie humide. Elle consiste en l'attaque à chaud par un ou plusieurs acides forts dans le but de faire passer les métaux lourds, associés à la matière organique, en solution (**Bernhard, 1977**). Dans notre cas, nous avons utilisé l'acide nitrique. Cette méthode nous permet de minimiser les déperditions de composés volatiles organométalliques en cours de séchage (**F.A.O, 1977**). La minéralisation a pour but:

- ✚ D'éliminer l'action perturbatrice du substrat protéique;
- ✚ D'ioniser les métaux lourds;
- ✚ D'assurer leur concentration.

Les étapes de la minéralisation par voie humide sont comme suit:

- Peser 1g de l'échantillon à analyser;
- Ajouter 20ml d'acide nitrique à 65% de pureté (produit de marque prolabo);
- Chauffage dans une étuve à une température de 100°C pendant une durée de huit(8) à (10) dix heures.

V-6-La Filtration

Après l'étape de la minéralisation, le "minéralisât" obtenu est filtré à l'aide d'un papier filtre. Le filtrat obtenu est conservé dans des godets étiquetés jusqu'au moment du dosage des métaux lourds par spectrométrie d'absorption atomique.

VI-Dosage des métaux lourds

Le dosage des métaux étudiés (Pb, Cd, Cu, Zn,) a été réalisé par la spectrométrie d'absorption atomique à flamme. C'est la méthode la plus utilisée actuellement (**Janin &**

Schnitzer, 1996), cette analyse est effectuée au niveau du laboratoire de génies des procédés de l'Université de Bejaia.

VI-1-Principe général de la S.A.A

Proposé par WALCH en 1995, la spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA) est une méthode d'analyse quantitative s'adressant essentiellement aux métaux lourds. Elle est basée sur la propriété des atomes, de l'élément à doser, qui peuvent absorber des radiations de longueurs d'ondes déterminées.

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

VI-2-Etalonnage

La S.A.A est une méthode expérimentale qui exige l'étalonnage de l'appareil, avec des solutions standards de concentration connus. Pour notre cas, on a utilisé la méthode qui consiste à mesurer la concentration d'un élément dans un échantillon, et cela par comparaison directe avec des teneurs connues du même élément. L'appareil est étalonné à partir des solutions standards contenant des teneurs connues du métal.

VII- L'analyse statistique

Dans ce travail on à utilisé le Test de student, qui est un test paramétrique qui compare les moyennes des échantillons. Il a été effectué pour confirmer l'existence de différences significatives dans les teneurs en métaux lourds entre deux classe de taille et entre le muscle et la masse viscérale, exprimé en (p value).

Si p est inférieure à 0,05 il ya une différence des moyennes entre ces dernières pour chaque métal.

Le protocole expérimental suivi pour réaliser cette étude est résumé dans la Figure n°07 :

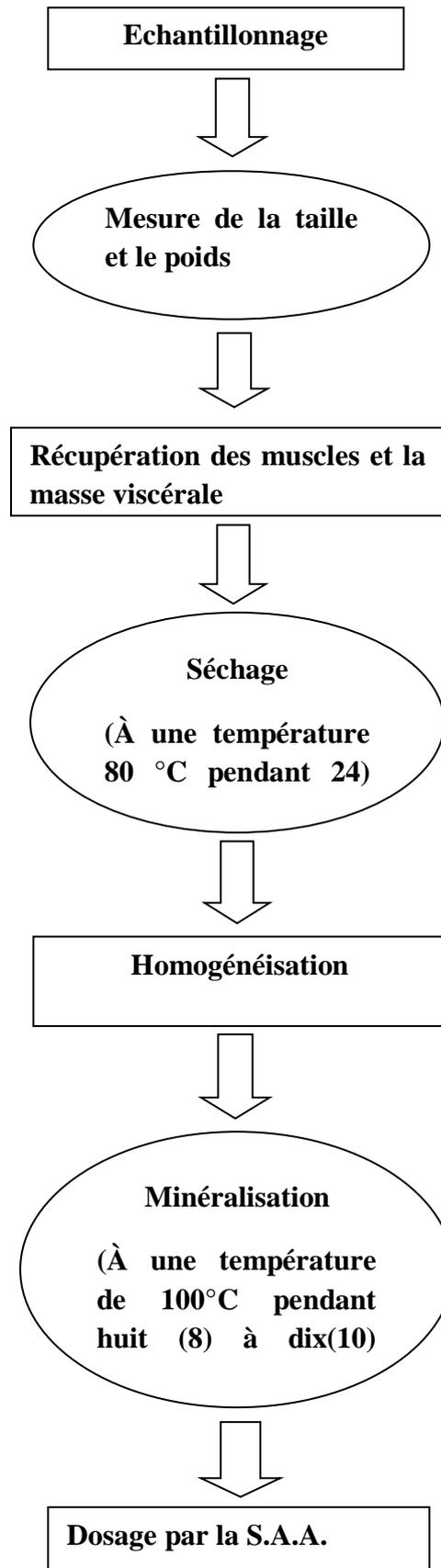


Figure N°07: Résumé du protocole expérimental suivi dans notre étude.

I-Résultats

I-1-Les concentrations moyennes en métaux lourds au niveau du muscle et de la masse viscérale de *Sardina pilchardus* en fonction de la taille des individus

Les Tableaux (III et IV) montrent les résultats du dosage des métaux lourds (Zn, Cu, Cd, Pb) au niveau du muscle et de la masse viscérale de l'espèce *Sardina pilchardus* obtenus après dosage par spectrométrie d'absorption atomique. Les échantillons de poissons ont été prélevés sur une durée de deux mois, de février à mars 2016, au niveau du golfe de Bejaïa.

Le but de cette étude est d'évaluer les doses des quatre métaux lourds, au niveau du muscle et de la masse viscérale chez des individus *Sardina pilchardus* appartenant à deux lots de poissons ayant des moyennes pondérales différentes. Nous avons pu doser le zinc, le cuivre et le cadmium, néanmoins la teneur en plomb n'a pas pu être détectée dans tous nos échantillons.

I-1-1-Les concentration moyennes au niveau du muscle

Tableau III: Concentrations moyennes en métaux lourds (exprimées en ppm) au niveau du muscle de *Sardina pilchardus* appartenant à deux Lots différents.

Métal	Lot 1	Lot 2
Cu	0,5970	0,7748
Zn	0,3653	0.1141
Cd	0,0121	0,0097

I-1-1-1-Concentration en métaux lourds au sein de chaque Lot

Les résultats du Tableau III, montrent des doses variables des trois métaux lourds (Zn, Cu, Cd), au niveau du muscle des individus de sardine, dans les deux lots étudiés.

D'un autre côté, nos données (Tableau III) indiquent clairement que les concentrations moyennes en cuivre, retrouvées au niveau du muscle dans les deux lots,

sont supérieures à celles des deux autres métaux. Les données indiquent également que les teneurs les plus faibles sont celles du cadmium.

I-1-1-2-Comparaison des teneurs en métaux entre les deux Lots

Les résultats illustrés dans la Figure n°8 révèlent des concentrations variables des trois métaux étudiés. En effet, les individus dont la taille varie entre **9 et 15 cm** (Lot 2), montrent des teneurs en cuivre bien supérieures à celles retrouvées chez les poissons dont la taille varie entre **15 et 20 cm** (Lot 1). En revanche les concentrations en zinc et en cadmium sont plus importantes chez les individus appartenant au Lot 1 comparées à celles retrouvées dans le muscle des individus du Lot 2.

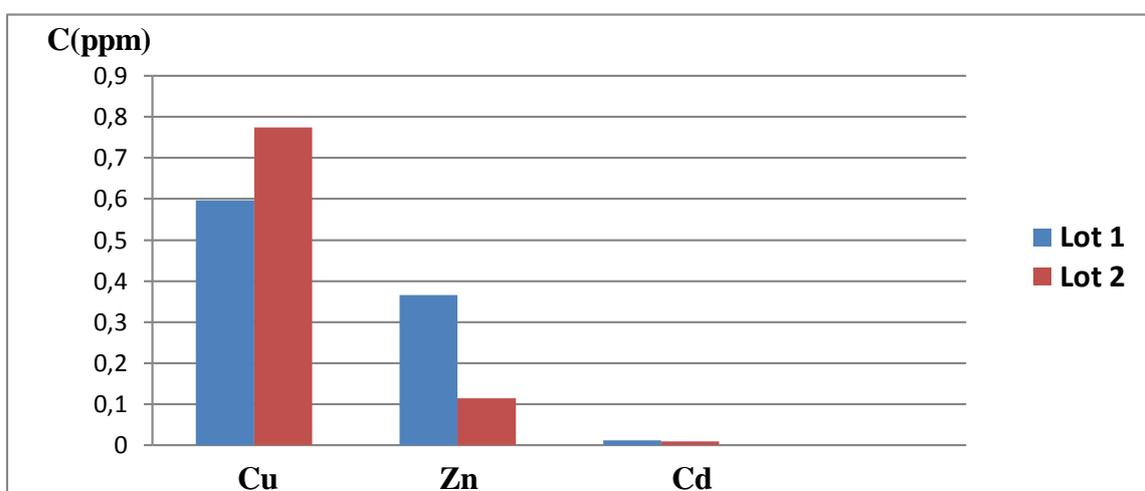


Figure N°08: Teneurs moyennes en métaux lourds (Cu, Zn, Cd) en ppm au niveau du muscle de *Sardina Pilchardus* appartenant à deux lots différents.

I-1-2-Les concentration moyenne au niveau du la masse viscérale

Tableau IV: Concentrations moyennes en métaux lourds au niveau de la masse viscérale de *Sardina Pilchardus* appartenant à deux Lot différent exprimées en ppm.

Métal	Lot 1	Lot 2
Cu	0.9182	0.7130
Zn	0.2074	0.1793
Cd	0.0210	0.0228

I-1-2-1-Concentration en métaux lourds dans la masse viscérale au sein de chaque Lot

Les résultats du Tableau IV, montrent des doses variables des trois métaux lourds (Zn, Cu, Cd), quelque soit le Lot considéré.

D'ailleurs les résultats rapportées dans le Tableau IV, indiquent clairement que les concentrations moyenne en cuivre, retrouvées au niveau de la masse viscérale, sont supérieures à celles du zinc et du cadmium, quelque soit la taille des spécimens considérée.

D'un autre côté, au sein de chaque Lot, les concentrations moyennes en zinc s'avèrent plus importantes que celle du cadmium.

I-1-2-2-Comparaison des teneurs en métaux entre les deux Lots

D'après les résultats obtenus dans cette étude (Tableau IV et Figure n° 09), les concentrations moyennes en cuivre et en zinc sont plus importantes chez les individus dont la taille varie entre **15 et 20 cm** (Lot 1) comparées à celles retrouvées chez les individus dont la taille varie entre **09 et 15 cm** (Lot 2). D'un autre côté, les concentrations moyennes en cadmium s'avèrent plus importantes chez les individus du Lot 2.

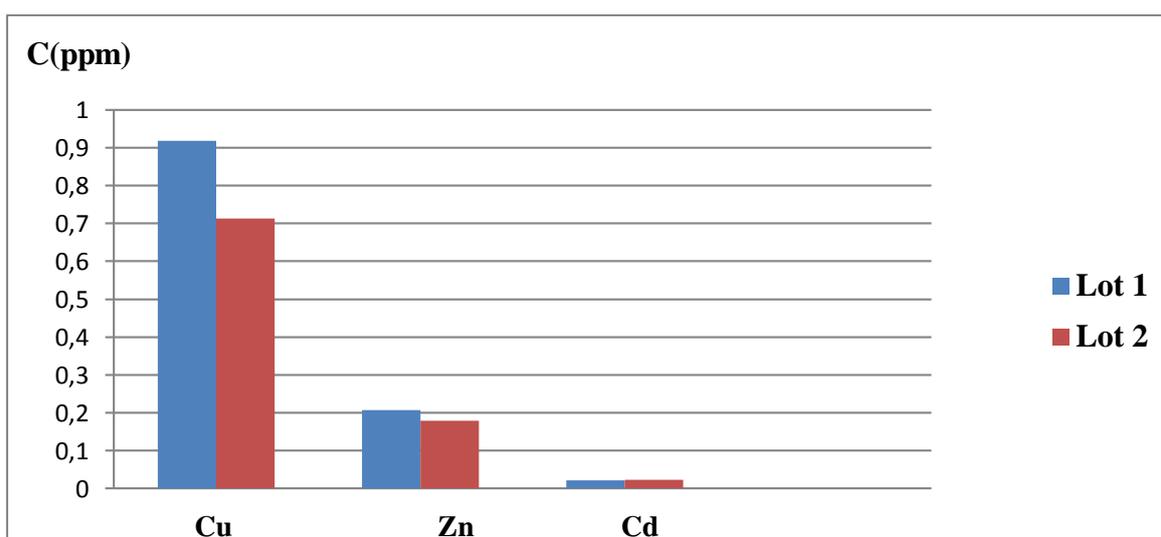


Figure N° 09: Teneurs moyennes en métaux lourds (Cu, Zn, Cd) en ppm dans la masse viscérale de *Sardina pilchardus* appartenant à deux lots différents.

Les résultats de l'analyse statistique ne montrent aucune différence significative entre les deux Lot, sauf pour le cas du zinc on a trouvé une différence significative :

- **Le Cuivre** : La valeur de p est de 0.929, (> 0.05).
- **Le Cadmium** : La valeur de p est de 0.926, (> 0.05).
- **Le Zinc** : La valeur de p est de 0.01, ($< 0,05$).

I-2-Comparaison des teneurs moyennes en métaux lourds entre le muscle et la masse viscérale de *Sardina pilchardus*.

La Figure n°10 montre les teneurs moyennes en métaux lourds (Zn, Cu, Cd) au niveau du muscle et de la masse viscérale de *sardina pilchardus*.

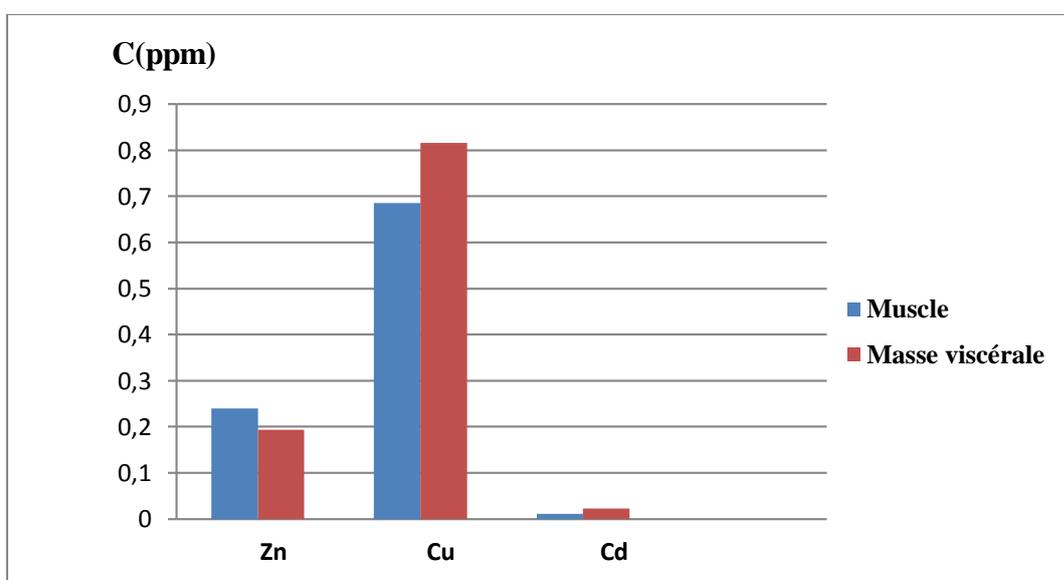


Figure N°10 : Comparaison des teneurs moyennes en métaux lourds (Zn, Cu, Cd) entre le muscle et la masse viscérale de *Sardina pilchardus*.

D'après nos données (Figure n°10) on remarque que, dans les deux lots concernés par cette étude, la concentration moyenne en zinc est plus importante dans les échantillons de muscle (0,23 mg/kg) que celle retrouvée dans la masse viscérale (0,19 mg/kg) cette différence est significative ($p < 0,05$). En revanche, pour les deux autres métaux (Cu et Cd), les données illustrées dans la figure n°10 indiquent que leurs concentrations moyennes sont plus importantes au niveau de la masse viscérale, quelque soit le Lot de poisson considéré. Le test de student montre que ces différences, dans la teneur en métaux, entre le muscle et la masse viscérale sont significatives.

II-Discussion

Les résultats obtenus dans notre étude montrent que les métaux lourds (Zn, Cu, Cd) recherchés sont présents au niveau du muscle et de la masse viscérale de *Sardina pilchardus* prélevée dans le golfe de Bejaia.

L'ordre général de la bioaccumulation des métaux lourds analysés au niveau du muscle et de la masse viscérale est comme suit :

Cu > Zn > Cd.

D'après les résultats des analyses des trois métaux lourds au niveau du muscle et de la masse viscérale de *sardina pilchardus* nous pouvons tirer les constatations suivantes :

Dans les deux Lots de poissons concernés par cette étude, la concentration moyenne en cuivre est plus importante par rapport aux deux métaux lourds, aussi bien dans le muscle que dans la masse viscérale. Ce taux élevé en cuivre pourrait être lié à deux facteurs :

-Le cuivre est un métal essentiel pour le métabolisme, donc il fait objet d'une accumulation assez importante (**Favier, 2001**).

-La contamination des eaux de mer par ce métal qui serait issue des différentes activités industrielles, comme celles de l'usine d'ECOTEX qui utilise le cuivre comme mordant pour le textile (**Amri & madjkoune, 1997**).

La concentration en cuivre et en cadmium est significativement plus élevée dans les échantillons de la masse viscérale comparée à celle retrouvée dans les échantillons du muscle. Néanmoins, nous constatons l'inverse pour ce qui concerne le zinc. En effet, pour les deux Lots de poissons étudiés, la teneur en zinc est toujours plus élevée dans les échantillons de muscle.

Cette différence a été confirmée par le test statistique qui a révélé l'existence d'une différence significative entre le muscle et la masse viscérale, $p=0,0001 (<0,05)$.

La FAO a proposé des doses maximales admissibles des concentrations en métaux lourds dans le poisson. Les D.M.A sont exprimées en mg/kg du poids sec. Ces valeurs sont de 0,15 pour le Cd, 03 mg/kg pour le Cu mg/kg, 05 mg/kg pour le Zn et 0,3 mg/kg pour le Pb.

Les teneurs en Cd (0.01 mg /kg), Cu (0.68 mg/kg) Zn (0.24 mg/kg) dans le muscle de tous les échantillons analysés ne dépassent pas les normes recommandées par la FAO.

Bien que le muscle c'est la partie principale du poisson consommé par l'homme.

III-Comparaison des résultats avec les données bibliographiques

Le Tableau V présente les teneurs moyennes en métaux lourds (Zn, Cu, Cd, Pb) au niveau du muscle(en mg/kg), obtenus par certains auteurs chez quelques espèce espèces (*Engraulis encrasicolis*, *Sardina pilchardus* et *sardinella aurita*), ainsi que celle du présent travail.

Tableau V : Comparaison des résultats avec les données bibliographiques.

Site	Espèce	Métaux lourds				Référence
		Zn	Cu	Cd	Pb	
Bejaia	<i>Sardina pilchardus</i>	57,24	11,36	0,03	0,13	Moussaoui & Benbellil, 1999
Ghazouet Algérie	<i>Sardina pilchardus</i>	7,09	4,6	0,38	1,14	Goual, 2000
Méditerranéen Turquie	<i>Sardina pilchardus</i>	34,58	4,17	0,55	5,57	Canli <i>et al</i> , 2002
Beni-Saf	<i>Sardina pilchardus</i>	1,91	0,78	-	0,094	Berrayah, 2004
Oran	<i>Sardinella aurita</i>	3,19	-	0,024	1,16	Benamar, 2006
Beni-Saf	<i>Engraulis encrasicolis</i>	14,18	0,49	0,17	0,97	Benmansour, 2009
Ghazouat	<i>Engraulis encrasicolis</i>	3,80	0,31	0,15	1,08	
Ghazouat	<i>Sardina pilchardus</i>	0,251	0,022	0,013	0,074	Sahbaoui, 2015
Bejaia	<i>Sardina pilchardus</i>	0,239	0,685	0,010	-	Présent étude 2016

D'après comparaison de nos résultat aux concentrations moyenne en métaux lourds chez les poissons clupéiforme le Tableau V, nous constatons que :

Les concentrations des éléments métalliques (Zn, Cu, Cd) évalués par notre étude sont très faibles comparées à celles des autres travaux, sauf pour le cas du cuivre.

Les concentrations en cuivre et en zinc sont les plus élevée par rapport aux autres métaux pour tous les travaux.

Nos résultats obtenus pour les teneurs moyennes en zinc et en cadmium sont comparables à celles rapportées par **Sahbaoui (2015)**, qui a travaillé sur la même espèce à Ghazaouat.

Par ailleurs, nos résultats ne semblent pas dépasser les valeurs de référence (D.M.A.). Lors de leurs travaux, menés sur la même espèce et échantillonnées dans la même station, **Mossaoui & Benbellil (1999)**, rapportent des valeurs plus élevées et qui dépassent les doses maximales admissibles.

Ces résultats révèlent des différences en fonction de plusieurs paramètres. Il est prouvé que l'accumulation des métaux lourds dans les organes des poissons dépend de divers facteurs tels que le niveau de polluants dans l'eau, l'alimentation, la taille, le sexe, le comportement et les habitudes alimentaires, le cycle de reproduction,...etc. (**Al-Yousuf et al, 2000**).

Conclusion

Cette étude s'est inscrite dans la compréhension des niveaux d'accumulation des métaux traces au niveau de la sardine. L'étude du dosage des métaux lourds a été menée sur des individus de poissons appartenant à l'espèce *Sardina pilchardus*. Le dosage de métaux lourds est effectué sur deux lots différents tous proviennent du port de Bejaïa. Le premier lot comporte des individus dont la taille varie entre 9 et 15 cm, ceux du deuxième lot ont une taille corporelle allant de 15 à 20 cm. Pour les deux lots considérés dans cette étude la recherche de métaux lourds a été effectuée au niveau du muscle ainsi que la masse viscérale des poissons.

La quantification des métaux traces (Cd, Cu, Zn et Pb) a été effectuée par la spectrométrie d'absorption atomique à flamme (SAA à F).

D'après les teneurs métalliques moyennes enregistrées dans notre étude nous pouvons constater :

- une contamination certaine de la zone d'étude, révélée par la présence des métaux lourds (Cu, Cd, Zn) recherchés au niveau du muscle et de la masse viscéral de *Sardina pilchardus*.
- La sardine *Sardina pilchardus* accumule les éléments traces métalliques de façon variable.
- L'ordre général de la bioaccumulation des métaux lourds analysés au niveau du muscle et de la masse viscéral de *Sardina pilchardus* dans notre étude est : Cu > Zn > Cd
- L'accumulation métallique par la masse viscérale est plus importante que celle du muscle pour le Cu et le Cd, alors que la teneur en Zn est plus élevée au niveau du muscle.

Les concentrations moyennes des métaux ciblés au cours de notre étude, semble bien inférieurs aux doses maximales admissibles, par conséquent ces résultats ne sont pas très inquiétants, cependant il est à rappeler que ces micropolluants ont un effet cumulatif à travers la chaîne trophique, et qu'ils ont aussi un effet néfaste à long terme sur la santé publique.

Au terme de ce travail consacré à l'évaluation de la qualité écologique du golfe de Bejaïa, par la sardine *Sardina pilchardus* bio accumulatrice des métaux lourds, plusieurs suggestions peuvent être dégagées afin de protéger et préserver la biodiversité marine:

- Penser à mettre en place un réseau de surveillance des écosystèmes aquatiques.
- La mise en œuvre d'un programme efficace destiné à résoudre le problème des eaux usées (urbaines et industrielles) par la mise en place, notamment des stations d'épuration.
- La sensibilisation du grand public en le tenant informé des dangers et risques qu'encourt sa sécurité alimentaire.
- L'instauration des programmes de surveillance afin de découvrir et de définir les sources diffuses des différents produits chimiques.
- Il appartient aux scientifiques de trouver, d'élaborer, d'améliorer et de fournir tous les remèdes et les solutions possibles pour une lutte adéquate contre les différentes formes de pollution.

Référence bibliographique

- Almulsi, E. (2011).**Contamination par les hydrocarbures d'un poisson osseux : La sardine *Sardina pilchardus* pêchée dans la baies d'Oran et Béni –Saf.*Thèse de magister en science de l'environnement*, Université d'Oran, 97p.
- Amiard, J.C., Pinneau, A., Boiteau, H.L., Metayer, C & Amiard-Triquet, C. (1987).** Application de la Spectrophotométrie d'absorption atomique Zeeman eu dosage de 8 élément traces (Hg, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, Se) dans les matières biologiques solides. *Waters* **21(6)**, 693-697.
- Aouameur, D. (1990).** Contribution a l'étude de certains métaux lourds dans les sédiments superficiels de la baie d'Alger. *Mémoire d'ingénieur d'état*. I.S.M.A.L :62p.
- Arnaud, J. et Favier, A. (1991)-"Le Zinc" in: "Les oligo-élément en médecine et biologie", (Paris, Ed. Lavoisier, Tec ET Doc), 347-361.
- Baker, A.J.M., Walker, P.L. (1989).** Ecophysiology of metal uptake by tolerant plants. In: Shaw A, dir. Heavy metal tolerance in plants Evolutionary aspects. *Florida: CRC Press*; 155-77.
- Benamar, N. (2006).**Evaluation de la pollution marine par trois élément en trace métallique (Cd, Pb, Zn) sur un poisson pélagique, l'allache *Sardinella aurita* (Valencienne, 1847)pechée dans la baie d'Oran. *Mémoire de magister*, université d'Oran, 195p.
- Barbour, T.M., Gerritsen, J., Snyder, B.D., & Shibling, J.B. (1999).**Rapid Bioassessment protocols for use instreams and Wadeable Rivers, Periphyton Benthic Macroinvertebrates and fish, Second Edition, EPA 841-B-99-002.U.S.
- Belabed, B.E. (2010).**La pollution par les métaux lourds dans la région d'Annaba "source de contamination des écosystèmes aquatiques". *Mémoire de doctorat* en sciences de la mer.Université de Baji- mokhter-Annaba, 161p.
- Benmansour, N. (2009).**Contribution à l'étude de l'anchois (*Engraulis encrascolis*, (1758) de l'escrime Ouest Algérien (Ghazaouet et Beni saf) recherche de quelque métaux lourds. *Mémoire de Magister* en écologie et biologie des populations .Université de Tlemcen.147p.
- Bensahla- Talet, L. (2001).**Contamination du rouget de vase (*Mullus barbatus* L.1758) par quatre métaux lourds (Cd, Pb, Cu et Zn) pêché dans la baie d'Arzew.*Mémoire de magister*, Université d'Oran, 105p.

Référence bibliographique

- Bentata, K. (2015).** Evaluation de la contamination métallique par trois métaux (Cd, Ni et Zn) du rouget de vase *Mullus barbatus* (L, 1758) pêché au niveau de la côte occidentale algérienne. *Thèse de magister*, université d'Oran, 122 p.
- Berg, J.M. (1986).** Potentiel-métal-binding domains in nucleic acid binding, protein. *Science* **232**: 485- 487.
- Berg, J.M & Shi, Y. (1996).** The galvanization of biology: a growing appreciation for the roles of zinc. *Science* **271**: 1081-1085.
- Bernhard, M. (1977).** "Manuel des méthodes de recherche sur l'environnement aquatique : 3^{ème} partie échantillonnage et analyse du matériel biologique", FAO. Document technique sur les pêches N° 158 ; 139.
- Boutiba, Z. (2004).** Guide de l'environnement marin, Edit : DAR EL GHARB, 273 P.
- Canli, M & Altı, G. (2002).** The relationship between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Zn, Pb) levels and the size of six Mediterranean Fish species. *Environ pollut.* **121**:129-136.
- Casas, S. (2005).** Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *Mytilus galloprovincialis*, en milieu méditerranéen. Symbioses. Université du Sud Toulon Var. French.
- Cotzias, G.C. (1967).** Importance of trace substances in environmental health as exemplified by manganese. University of Missouri's first annual conference on trace substance in environmental health, Missouri, U.S.A, University of Missouri Press.
- Chappuis, P. 1991.** Les oligoéléments en médecine et biologie. Lavoisier Tec & Doc. Paris.
- Chappuis, A., Barrabes, M & Dov J. in:** Doris, **27/03/2014**, *Sardina Pilchardus* (Walbaum, 1792), <http://doris.ffessn.fr/ref/specie/3095>.
- Chiffolleau, J.F. (2004).** La contamination métallique. Ifremer.39.
- Chiffolleau, J.F., Auger, D., Chartier, E., Michel, P., Truquet, I., Ficht, A., Gonzalez, J. L., et Romana, L. A. (2001).** «Spatiotemporal changes in Cadmium contamination in the Seine estuary (France) ». *Estuaries* **24 (6B)**: 1029-1040.
- D.P.R.H. (2015).** Direction de la pêche et des ressources halieutiques de Bejaïa.
- FAO. (1977).** Manuel des méthodes de recherche sur l'environnement aquatique 3^{ème} partie : Echantillonnage et analyse du matériel biologique. *Doc.Tech.Pêches FIRI /T 158 ; 113p.*
- Favier, A. (1990).** Le métabolisme du cuivre, voir Chappuis 1991.

Référence bibliographique

Fréon, P., Shannon, L et Roy, C. (2005). Sustainable exploitation of Small pelagic fish stocks challenged by environmental and ecosystem changes: a review. *Bulletin of marine Science*.76 (2): 385-462.

Garnier, R. (2005). Toxicité du plomb et de ses dérivés. *EMC - Toxicologie-pathologie*, vol. 2, n°2, 67-88.

Goual, M.T. (2000). Contribution au suivi de la bioaccumulation métallique dans trois tissus du sar commun sur le littoral de Ghazaouet.*Mémoire de master*, Université de Abou Bekr Belkaid-Tlemcen.56p.

Grimes,S.,Boutiba,Z.,Bakalem,A.,Bouderbala,M.,Boudjellal,B.,Boumaza,S.,Boutiba, M.,Guedioura,A.,Hafferssas,A.,Hemida,F.,Kaidi,N.,Khelifi,H.,Kerzabi,F.,Merzoug,A.,Nouar,A.,Sellabi-Merabtine,H.,Semroud,R.,Seridi,H.,Teleb,M.ZeTonabria,T.(2004).

Biodiversité marine et littorale-Ed SONATRACH ED DIWAN, Alger.362p.

Haguenoer, J.M., Furon, D. (1981). Toxicologie et hygiènes industrielles. Tome 1: Technique et documentation .*Lavoisier*. Paris: 47-61.

Hurlbut, Jr.C.S., Klein, C. (1982). Manual de Mineralogía de Dana. Editorial Reverté, Barcelona, 56.

Janin, F., Schnitzer, G.(1996)."Méthodes de dosage des métaux lourds et élément traces dans les denrées alimentaires" in "Plomb, Mercure et Cadmium dans l'alimentation: évaluation et gestion du risque", rapport du conseil supérieur d'hygiène publique de France, section de l'alimentation et de nutrition, ministère du travail et des affaires sociales, direction générale de la santé (Paris, Ed. Lavoisier; Tec & Doc); 137p.

Jarup, L. (2002). Cadmium overload and toxicity.Nephrol Dial transplant, 17Suppl 2, 35 39.

Leclaire, L. (1972).La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algero-Baléares (précontinent Algérien).Tome XXIV. Edition de Muséum, Paris, France, 391p.

Liu.,Goyer,R.A.and Waalkes,M.P.(2008).Toxic effects of Metals in Casarett,L.J.and Doull,J.,Casarett and Doull's toxicology: the basic science of poisons(chap 23, 931-979p).New york,the Mc Graw-Hill companies.

Loué, A. (1993). Oligo-éléments en agriculture. 2. Paris Nathan.

Mahan, B.H. (1987). Química. Curso Universitario. Fondo Educativo Interamericano S. A.

Référence bibliographique

- Miquel, M. (2001).** Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport Office Parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. Rapport Sénat; (261):360.
- Milla, T. (1998).** Contribution à l'étude des peuplements macro benthique de substrat meuble du port de Bejaïa. Ing. Biolog. Aquacul. Benthos .U.S.T.H.B, Alger, 76p.
- Mossaoui, A & Bebellil, S. (1999).** Contribution à l'étude de l'accumulation de métaux lourds (Zn, Cu, Cd, Pb) par la sardine, *Sardina pilchardus* du golf de Bajaia. Thèse de l'obtention du diplôme d'étude supérieure en biologie et physiologie animale. Université Abderrahmane Mira, Bajaia. 40p.
- Nait saidi, N & Teghanemt, A. (1991).** La pêche au chalut et à la senne au port de Bejaïa. Etude statistique des mises à quai et estimation du niveau d'exploitation de quelques espèces ciblées. Ing. Scien .Mer, 83p.
- Nolasco, R. (2013).** Evaluation de la contamination actuelle de métaux lourds et certains composés d'intérêt sportif du fleuve Saint –Laurene à Québec. Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement en vue de l'obtention du grade de *maître en environnement (M. Env.)* université de Sherbrooke : p.34.
- Pinnegar, J.K., Polunin, N.C.V., Badalanenti, F. (2003).** Long term changes in the trophic level of western Mediterranean fishery and aquaculture landings can. J. Fich. Aquat. Sci. **60**: 222-235.
- Prankel, S.M.; Nixon R.H.; Philips, C.J.C. (2004).** Méta-analysis of feeding trials investigating cadmium accumulation in the livers and kidneys of sheep. Environmental research 94, 171, 183. *Revue de medecine interne* , **17**: 826-835.
- Rainbow, P.S., Phillips, D.J.H. (1993).** Cosmopolitan biomonitors of trace metals. A review. Marine Pollution Bulletin, **26**: 593.
- Ramade, F. (1992).** Précis d'écotoxicologie. Ed. Masson. 224p.
- Sahbaoui, F. (2015).** Contribution à l'étude de la contamination par quelques métaux lourds chez le poisson *Sardina pilchardus* au niveau de littoral de Ghazaouet (Wilaya de Tlemcen). *mémoire de master en Ecologie et environnement*, université de abou Bekr'Belkaid.-Tlemcen,
- Solis, c. A., Olivier, E., Andrade, J.L., Ruvalcaba -Sil, I., Romero and H, Celis. (1999).** PIXE analysis of Zn enzymes, Nucl . Instr. Meth. **B 150**, 222– 252.

Annexes

Tableau A-I : Les doses maximales admissibles des métaux lourds chez les poissons en mg/kg poids sec (FAO, 2009).

Métaux lourds	Zn	Cu	Cd	Pb
D.M.A	5mg/kg	03mg/kg	0,15mg/kg	0,3mg/kg

-Les courbes d'étalonnages des métaux lourds

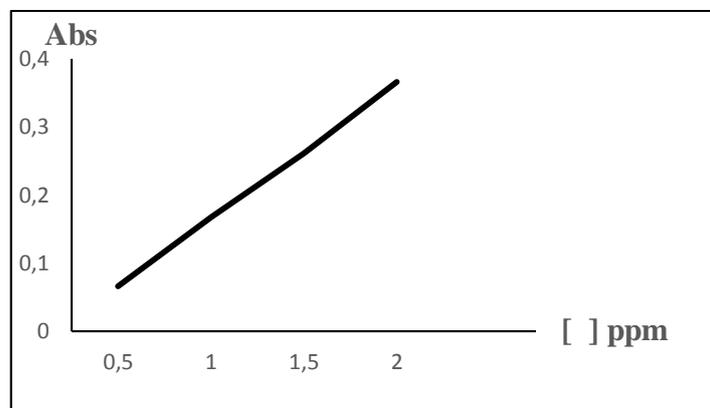


Figure N°01 : Courbe d'étalonnage du Cu

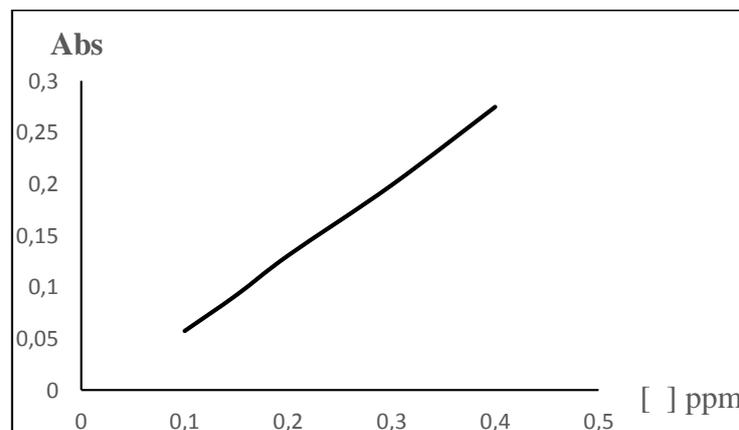


Figure N°02 : courbe d'étalonnage du Zn

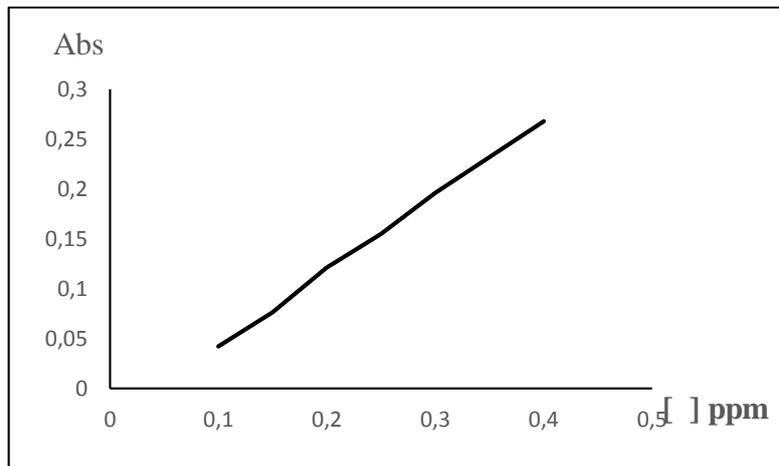


Figure N°03 : Courbe d'étalonnage du Cd

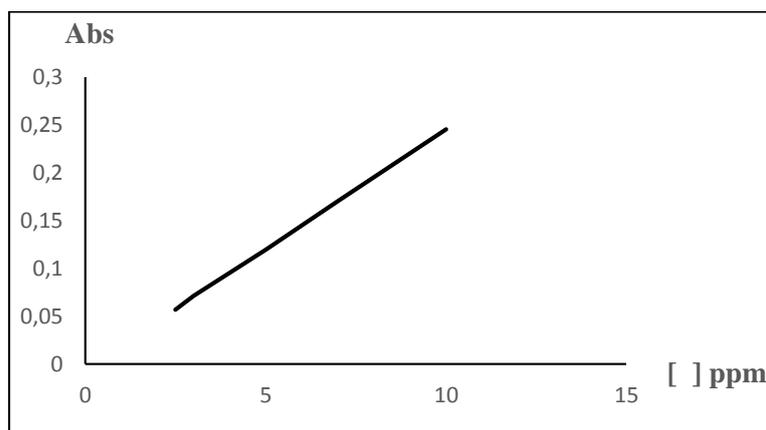


Figure N°04 : Courbe d'étalonnage du Pb

Résumé

La pollution par les métaux lourds dans le milieu marin est l'un des problèmes les plus inquiétants dans la dégradation environnementale et sur la santé humaine à long terme, à cause de leur accumulation dans toute la chaîne trophique.

L'objectif de cette étude est de rechercher les teneurs en quatre métaux lourds (Zn, Cu, Cd, Pb) au niveau du muscle et de la masse viscérale de la sardine *Sardina pilchardus* pour évaluer l'état de la pollution marine du golfe de Bejaia.

Les résultats obtenus montrent que la sardine accumule les métaux lourds recherchés, sauf le plomb. Les concentrations les plus élevées sont celles du cuivre, suivi par celle du zinc et du cadmium. Les concentrations trouvées sont inférieures aux doses maximales admissibles.

L'analyse statistique n'en révèle aucune différence significative entre les deux classes de taille, sauf dans le cas de zinc. Par contre elle révèle une différence significative entre le muscle et la masse viscérale.

Mot clés:

Métaux lourds, accumulation, sardine, *Sardina pilchardus*, golfe de Bejaia.

Summary

Pollution from heavy metals in the marine environment is one of the most worrying problems of environmental degradation and the long-term human health because of their accumulation throughout the food chain.

The objective of this study is to search the contents of four heavy metals (Zn, Cu, Cd and Pb) in muscle and visceral mass of sardine *Sardina pilchardus*, to assess the state of marine pollution from Golf of Bejaia.

The results obtained show that the sardine accumulates the desired heavy metals, except lead (Pb). The highest concentrations are those of copper (Cu), followed by that of zinc (Zn) and cadmium (Cd). The concentrations found are less than the maximum permissible doses.

Statistical analysis reveals no significant difference between the two sizes classes, except in the case of zinc. By against it reveals a significant difference between muscle and visceral masses.

Keywords:

Heavy metal, accumulation, sardine, *Sardina pilchardus*, Golf of Bejaia.