



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة زيان عاشور-الجلفة

Université Ziane Achour -Djelfa

كلية علوم الطبيعة و الحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم الفلاحة و البيطرة

Département d'Agro-vétérinaire

## Projet de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Science Alimentaire

Spécialité: Qualité de produit et sécurité alimentaire

# Dosage de cuivre, fer, zinc et arsenic dans certains produits de pêche vendus dans certaines poissonnières détaillants de la ville de Djelfa et impact sur la santé publique

Présenté par : ARAR Hadjila

ZENATI Nedjma

Soutenu devant le jury :

M<sup>r</sup> LOUNIS M.

Université de Djelfa

Président.

M<sup>r</sup> BOUMEHRES A.

Université de Djelfa

Promoteur.

M<sup>r</sup> LAATAMNA A.

Université de Djelfa

Examinateur.

M<sup>me</sup> BOUHAROUD R.

Université de Djelfa

Examinatrice.

Année Universitaire : 2018/2019

## **Remerciements**

*Remercions Dieu de nous avoir donné la patience et le courage d'accomplir notre devoir, nous espérons être le début de nouveaux horizons.*

*Nous remercions très chaleureusement notre promoteur monsieur BOUMEHRES .A , qui n'a ménagé aucun effort pour que ce mémoire . Nous lui exprimons notre gratitude de nous avoir dirigé, encouragé et sur tout aidé afin de réaliser ce travail.*

*Nous remercions les membres du jury: Mr LOUNIS M ,Mr LAATAMNA A , Mme BOUHAROU D d'avoir accepté de juger notre travail . Et nous remercions tous les enseignants de notre cursus universitaire qui ont contribué à notre formation.*

*Nos plus vifs remerciements vont, également, à tout le personnel du laboratoire du département biologie de notre faculté, un grand merci à monsieur AISSA et Mademoiselle ZINEB.*

*Nos plus vifs remerciements vont, également, à tout le personnel du laboratoire du chimie des réacteurs au niveau de centre de recherche de Birine, un grand merci à monsieur ARBAOUI FAHID.*

*Nous remercions nos amis MERRAKCHI Ouidad et ZERROUKIF Fatima Zohra Pour les aider et tous nos amis en particulier les étudiants de la Spécialité de qualité des produits et sécurité alimentaire.*

*Enfin, il nous serait difficile d'omettre de remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ce travail. Qu'ils trouvent dans ses quelques lignes l'expression de mes sincères remerciements.*

## ***Dédicace***

*Je dédie ce travail à mes parents, qu'ils trouvent ici toute ma gratitude pour leur soutien tout au long de mes études, A ma grande mère Zohra,*

*A Mes très chers frère et sœurs pour leur soutien,*

*A toute ma famille ARAR et ZENATE,*

*Je dédie à Mon partenaire dans ce travail nedjma*

*À tous mes amis.*

*Merci*

***HADJILA***

# *Dédicace*

*Je dédie ce travail*

*A mon très cher père*

*A très cher ma mère*

*Pour mes frères*

*Pour mes sœurs*

*Et toutes mes familles Zenati et Arar*

*Je dédie à Mon partenaire dans ce travail Hadjila*

*Et à mes très chers amis*

*A tous les étudiants et les profs de Biologie et QPSA.*

*Nedjma*

## SOMMAIRE

### I- LISTE DES ABREVIATIONS

### II - LISTE DES FIGURES

### III- LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION.....	01
-------------------	----

## PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

### CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES ELEMENTS TRACES

#### METALLIQUES

<b>I. POLLUTION METALLIQUE.....</b>	<b>03</b>
1. Eléments traces métalliques.....	03
1.1. Définition.....	03
1.2. Origine des éléments traces métalliques .....	03
1.2.1 Origine naturelle.....	03
1.2.2. Origine anthropique.....	04
2. Transport et accumulation des ETM par les organismes marins.....	04
2.1. Bioaccumulation des ETM dans les organismes marins.....	04
2.1.1. Assimilation.....	05
2.1.2. Bioaccumulation par l'individu : Bioconcentration.....	05
2.1.3. Bioaccumulation entre individus : Bioamplification.....	06
2.2. Accumulation préférentielle des métaux dans les divers organes de poisson.....	06
2.2.1. Branchies.....	07
2.2.2. Foie et Muscles.....	07
3. Effets des ETM sur la santé humaine.....	07
4. effets des ETM sur la vie aquatique.....	07
<b>II. CARACTERISTIQUES GENERALES DES METAUX LOURDS.....</b>	<b>08</b>
<b>1. CUIVRE.....</b>	<b>08</b>
1.1. Utilisation.....	08
1.2. Source de cuivre.....	08
1.3. Toxicité.....	08
1.4. Effets chez l'homme.....	08
<b>2. ZINC .....</b>	<b>09</b>
2.1. Utilisation.....	09
2.2. Source de zinc.....	09

2.3. Toxicité.....	09
2.4. Effets chez l'homme.....	09
<b>3. CADMIUM.....</b>	<b>10</b>
3.1. Utilisation.....	10
3.2. Source de cadmium.....	10
3.3. Toxicité.....	10
3.4. Effets chez l'homme .....	11
<b>4. PLOMB.....</b>	<b>11</b>
4.1. Utilisation.....	11
4.2. Source de plomb.....	11
4.3. Toxicité.....	11
4.4. Effets chez l'homme.....	12
<b>5. L'ARSENIC.....</b>	<b>12</b>
5.1. Utilisation.....	12
5.2. Source de l'arsenic.....	12
5.3. Toxicité.....	13
5.4. Effets chez l'homme.....	13
<b>6. LE FER.....</b>	<b>14</b>
6.1. Utilisation.....	14
6.2. Source de fer.....	14
6.3. Toxicité.....	15
6.4. Effets chez l'homme.....	15

## **CHAPITRE II : GENERALITES SUR LES ESPECES D'ETUDE**

### *(sardinella aurita, Sardina Pilchardus)*

1. Présentation sur <i>sardinella aurita</i> (Valenciennes, 1847).....	16
1 .1. Position systématique.....	16
1 .2. Morphologie.....	16
1 .3. Alimentation.....	17
1.4. Reproduction.....	18
2. Présentation sur le <i>Sardina Pilchardus</i> (Walbaum, 1792) .....	18
2.1. Position systématique .....	18
2.2.Morphologie .....	18
2.3. Alimentation .....	19
2.4. Reproduction .....	19

3. Différences entre <i>Sardina pilchardus</i> et <i>sardinella aurita</i> .....	20
--	----

## **PARTIE EXPERIMENTALE**

### **CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODE**

1. Objectif.....	21
2. L'échantillonnage.....	21
3. Matériels .....	21
3. 1. Matériels et appareillage .....	21
3.2. Le réactif .....	21
4. Méthode.....	22
4.1. Préparation du Matériel.....	22
4.2. Prétraitement des échantillons .....	22
4.3. Minéralisation des échantillons.....	25
4.3.1. Principe .....	25
4.3.2. Mode opératoire.....	25
5. L'analyse des ETM par la spectrométrie de fluorescence XRF .....	26
5.1. Principe de la technique.....	26
5.2. Mode opératoire.....	26

### **CHPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS**

1. Les résultats.....	28
1.1. Résultats d'un pourcentages d'humidité.....	28
1.2. Résultats relatifs au dosage du zinc.....	28
1.3. Résultats relatifs au dosage du cuivre.....	30
1.4. Résultats relatifs au dosage du fer.....	31
1.5. Résultats relatifs au dosage du arsenic.....	32
1.6. Résultats des accumulations.....	33
2. Discussions.....	35
<b>Conclusion</b> .....	39
<b>Références bibliographique</b> .....	40
<b>Annexes</b> .....	46

### **Résumés**

## LISTE DES ABREVIATIONS

<b>AFSSA:</b>	Agence française de sécurité sanitaire des aliments
<b>Al :</b>	Aluminium
<b>ANVISA :</b>	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
<b>As :</b>	Arsenic
<b>ATSDR :</b>	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
<b>BCF :</b>	Facteur de bioconcentration
<b>Be :</b>	Beryllium
<b>BfR :</b>	Bundesinstitut für Risikobewertung
<b>C° :</b>	Degrés Celsius
<b>CCA :</b>	Arséniate de cuivre chromé
<b>Cd:</b>	Cadmium
<b>CRNB :</b>	Centre de Recherche Nucléaire de Birine
<b>Cu :</b>	Cuivre
<b>EFSA:</b>	European Food Safety Authority
<b>ETM :</b>	Elément Trace Métallique
<b>FAO:</b>	Food and Agriculture Organisation
<b>Fe :</b>	Fer
<b>g :</b>	gramme
<b>Hg :</b>	mercure
<b>INERIS:</b>	Institut National de l'environnement Industriel et des Risques
<b>kg :</b>	kilogramme
<b>mg :</b>	milligramme
<b>ml :</b>	millilitre
<b>Mn :</b>	Manganèse
<b>MS :</b>	Matière Sèche



<b>Pb :</b>	Plomb
<b>Pf :</b>	poids humide
<b>ppm :</b>	partie par million
<b>Ps :</b>	poids sec
<b>Se :</b>	Selenium
<b>WHO :</b>	World Health Organization
<b>XRF :</b>	Faisceau des rayons X
<b>Zn :</b>	Zinc
<b>µg :</b>	microgramme
<b>% :</b>	pourcentage

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 01:</b> Facteur de bioconcentration dans la chaîne alimentaire.....	06
<b>Figure 02:</b> Caractéristiques morphologiques de l'allache <i>Sardinella aurita</i> .....	17
<b>Figure 03:</b> Morphologie générale de la sardine, <i>Sardina pilchardus</i> .....	19
<b>Figure 04:</b> Les différences entre les espèces <i>Sardina pilchardus</i> et <i>sardinella aurita</i> .....	20
<b>Figure 05:</b> Séchage des échantillons.....	23
<b>Figure 06:</b> Refroidissement des échantillons.....	23
<b>Figure 07:</b> Broyage des échantillons après le séchage.....	24
<b>Figure 08:</b> Pesée du poids sec.....	24
<b>Figure 09:</b> Programme de température du four à moufle.....	25
<b>Figure 10:</b> Minéralisation des échantillons.....	26
<b>Figure 11:</b> Refroidissement des échantillons après la minéralisation.....	26
<b>Figure 12:</b> Teneurs en Zinc (moyenne $\pm$ écart-type) des Sardines et Allaches des deux régions (Oran et Mostaganem).....	28
<b>Figure 13 :</b> Teneurs en Cuivre (moyenne $\pm$ écart-type) des Sardines et Allaches des deux régions (Oran et Mostaganem).....	29
<b>Figure 14 :</b> Teneurs en Fer (moyenne $\pm$ écart-type) des Sardines et Allaches des deux régions (Oran et Mostaganem).....	31
<b>Figure 15 :</b> Teneurs en Arsenic (moyenne $\pm$ écart-type) des Sardines et Allaches des deux régions (Oran et Mostaganem).....	32

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1:</b> Sources industrielles et agricoles des métaux présents dans l'environnement (Biney et al., 1991).....	04
<b>Le tableau 2:</b> les teneurs de poids frais et sec des échantillons et le pourcentage d'humidité.....	27
<b>Tableau 3:</b> Valeurs moyennes (mg/kg) et écart-types pour le zinc dans deux espèces sardine et allache de deux régions(Oran, Mostaganem )(rapportées au poids humide et sec).....	28
<b>Tableau 4:</b> Valeurs moyennes (mg/kg) et écart-types pour le cuivre dans deux espèces sardine et allache de deux régions(Oran, Mostaganem )(rapportées au poids humide et sec).....	29
<b>Tableau 5 :</b> Valeurs moyennes (mg/kg) et écart-types pour le fer dans deux espèces sardine et allache de deux régions(Oran, Mostaganem )(rapportées au poids humide et sec).....	30
<b>Tableau 6:</b> Valeurs moyennes (mg/kg) et écart-types pour l'arsenic dans deux espèces sardine et allache de deux régions(Oran, Mostaganem )(rapportées au poids humide et sec).....	32
<b>Tableau 7 :</b> Accumulation des ETM selon l'espèce.....	33
<b>Tableau 8:</b> Accumulation des ETM selon région.....	33
<b>Tableau 9:</b> comparaison des concentrations moyennes relevées chez <i>Sardina pilchardus</i> (mg/kg)avec les données bibliographiques.....	34
<b>Tableau 10:</b> comparaison des concentrations moyennes relevées chez <i>Sardinella aurita</i> (mg/kg)avec les données bibliographiques.....	35

### INTRODUCTION

Les métaux lourds sont réputés d'être toxiques alors que certains sont des oligo-éléments (Cu, Zn, Fe) c'est pourquoi le terme de métal lourd est souvent appliqué à tort à des éléments en raison de leur toxicité. De plus certains éléments sont déclarés métaux lourds alors qu'ils sont des métalloïdes (Se, As) ou qu'ils ne sont pas lourds (Al, Be). De fait; il est préférable de ne pas utiliser ce vocabulaire devenu ambigu. Ces métaux rejetés dans la nature (air, sol, eau) peuvent déclencher un bouleversement qui peut nuire à l'homme et son environnement (SLATNI, 2014).

La contamination de l'environnement aquatique par des métaux de provenance localisée, peut avoir des effets délétères, c'est-à-dire des effets toxiques aigus ou chroniques, sur la vie aquatique à l'intérieur de la zone concernée (BINEY *et al.*, 1991).

En 1956, les rejets, dans la baie de Minamata au Japon, d'une usine de pétrochimie qui produisait de l'acétaldéhyde, ont montré la présence de fortes concentrations de chlorure de méthyl mercure. La forte contamination des produits de la mer (poissons et fruits de mer) entraînera une intoxication irréversible de la population locale, forte consommatrice de poissons et de fruits de mer. Cette contamination a entraîné la mort d'environ 1200 personnes, et quelques 2200 sont encore reconnues comme souffrant de la maladie de « Minamata » (W.H.O, 2001). A Thiaroye sur mer, Dakar, Sénégal en Aout 2008, dix-huit décès inexplicables d'enfants vivants dans un village a été signalé suite à une intoxication due au plomb (J.E.C.F.A, 2010).

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).

Pour le petit pélagique (sardines, anchois, allaches), les eaux algériennes sont riches et les débarquements fluctuent d'année en année. Cependant, ces dernières années, les captures d'allaches (*Sardinella aurita*), sont bien plus importantes que celles de la sardine et l'anchois qui diminuent en abondance et en fréquence. Il semblerait donc que l'allache coloniserait, progressivement la zone de répartition de l'anchois et de la sardine en Algérie (NOUAR, 2011).

Depuis toujours, dans de nombreuses régions du monde, les produits de la mer font partie des ressources en protéines animales. De plus en plus nombreux sont ceux qui voient

dans le poisson un substitut à la viande rouge, jugée meilleure pour la santé (AFSSA., 2003) très digestes avec une grande variété de sels minéraux, d'oligo-éléments et des vitamines qui sont de constantes caractéristiques de la chair de poisson et en font de lui un produit unique dans le monde animal.

Le présent travail, consiste en la recherche et la quantification de quatre métaux lourds (Cuivre, Fer, Zinc et Arsenic) au niveau de la chair musculaire de Sardine (*Sardina pilchardus*) et L'allache (*Sardinella aurita*), provenant de deux régions de l'ouest algérien (Oran et Mostaganem).

Les métaux choisis sont les plus représentés et les plus problématiques dans l'environnement. D'une part le Zinc, le Cuivre et le fer sont des oligo-éléments donc indispensables à la vie, mais dangereux à fortes concentrations. D'autre part, l'Arsenic, le Cadmium et le Plomb sont des éléments toxiques, pour les organismes vivants, même à faibles concentrations.

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

La première partie est une synthèse bibliographique. Elle est divisée en deux chapitres : le premier est consacré à la présentation des généralités sur les éléments traces métalliques étudiées, le second parlera sur les généralités et caractéristiques des espèces étudiées.

La deuxième partie est consacrée à l'étude expérimentale qui expose le matériel, les méthodes d'une part et les résultats et leurs discussions d'autre part.

## CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES ELEMENTS TRACES METALLIQUES

### I. POLLUTION METALLIQUE

#### 1. Les éléments traces métalliques

##### 1.1. Définition

Le rapport d'information au Senat français « *Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé* » (**Rapport n° 261, Senat français, 2001**), indique : « L'appellation métaux lourds est cependant une appellation courante qui n'a ni fondement scientifique, ni application juridique ».

C'est pourquoi la classification des métaux lourds est souvent discutée. Par confusion, compte tenu du caractère potentiellement toxique des composés de certains des métaux lourds (mercure, plomb, cadmium en particulier), on inclut même parfois dans la catégorie des métaux lourds certains éléments toxiques comme l'arsenic (élément non métallique), voire certains composés organiques. Il vaut mieux dans ce cas parler d'"éléments traces".

Cette notion de « métaux lourds » est maintenant uniquement médiatique et sans valeur scientifique (**PICOT, 2002**). Toujours, selon le même auteur, pour les scientifiques, ces métaux lourds doivent être regroupés dans ce que l'on appelle les « métaux en traces », ETM, car, normalement, on les retrouve dans les milieux naturels, en très faibles concentrations. Le mercure (Hg), le plomb (Pb) et le cadmium (Cd), considérés ici comme les seuls métaux lourds, sont en fait des éléments traces toxiques et il faut les regrouper ainsi si l'on veut concilier le langage populaire et l'exactitude scientifique.

Un métalloïde est un élément qui combine certaines caractéristiques du métal et d'autres caractéristiques opposées, l'absence de conductivité électrique par exemple. L'arsenic est un métalloïde.

##### 1.2. Origine des éléments traces métalliques

###### 1.2.1. Origine naturelle

Les métaux lourds sont présents naturellement dans l'environnement marin avec des concentrations variables. Ils proviennent à 80% des altérations physiques et chimiques des roches sédimentaires (**DEVALLOIS, 2009**).

Selon (DIXIT *et al.*,2015), les sources naturelles des métaux lourds sont l'altération des minéraux, les incendies de forêts, les particules libérées par la végétation , ainsi que l'érosion et les activités volcaniques (BIN *et al.*, 2013).

### 2.2.2. Origine anthropique

Les métaux résultent des activités humaines telles que l'exploitation minière, la galvanoplastie, l'utilisation de pesticides, les rejets d'engrais phosphatés, les effluents d'élevage et les boues issues des stations d'épuration, ainsi que les dépôts atmosphériques (DIXIT *et al.*, 2015).

Le tableau présente quelques exemples de sources industrielles et agricoles d'où peuvent provenir les métaux présents dans l'environnement :

**Tableau1** :Sources industrielles et agricoles des métaux présents dans l'environnement (BINEY *et al.*, 1991).

Utilisations	Métaux
Batteries et autres appareils électriques	Cd , Pb , Zn
Verre	As, Mn
Matières plastiques	Cd, Pb
Textiles	Cr, Fe, Al

## 2.Transport et accumulation des ETM par les organismes marins

### 2.1.Bioaccumulation des ETM dans les organismes marins

La bioaccumulation est le processus d'assimilation et de concentration des ETM dans l'organisme. Le processus se déroule en trois temps:

-l'assimilation,

-la bioaccumulation par l'individu, ou bioconcentration,

-la bioaccumulation entre individus, ou bioamplification.

### **2.1.1. Assimilation**

L'exposition aux polluants peut être réalisée à travers deux voies principales: la voie externe, par contact (par l'air ou l'eau...) qui provoque un phénomène d'adsorption (la substance toxique reste à la surface), et la voie interne par assimilation ou absorption (**Rapport n° 261, Senat français, 2001**)

L'absorption -a fortiori- le contact avec un polluant- n'est pas nécessairement dangereux le degré du danger en question dépend d'une part, des concentrations du polluant et d'autre part, de la fraction soluble (bio disponible à 95 %) du métal; l'autre fraction, insoluble, peu bio disponible étant éliminée par différentes voies: voie solide (fèces), voie liquide (urine), voie cutanée (sueur). La partie soluble bio disponible, assimilable, se concentre dans certains organes. C'est ce qu'on appelle l'organotropisme. Parmi les organes d'accumulation des polluants, le foie, siège de métabolisation (transformation des matières), ou le rein, siège de l'excrétion. Selon la nature des métaux, le cadmium, par exemple, se concentre presque exclusivement dans le tube digestif, le foie et les reins. Le plomb diffuse également dans la peau, les muscles, la colonne vertébrale. Le mercure, dans sa forme organique, diffuse dans le système nerveux et le fœtus (**Rapport n° 261, Senat français, 2001**).

### **2.1.2. Bioaccumulation par l'individu (Bioconcentration)**

Le mot « bioconcentration » désigne le phénomène d'augmentation de la concentration d'un élément (oligoélément, polluant, radionucléide ...) par le fait, d'un organisme vivant ou d'une association d'êtres vivants capable de capter cet élément à partir du milieu et de le conserver (**KAYALTO et MBOFUNG, 2009**).

La bioconcentration concerne tous les métaux lourds, mais plus particulièrement le mercure. Ce processus s'exprime par un ratio entre la concentration du composé étudié dans le milieu et la concentration dans l'organisme. Ce ratio porte le nom de facteur de bioconcentration (BCF). Les organismes vivants concentrent beaucoup plus les métaux que l'eau et l'air (**Rapport n° 261, Senat français, 2001**).



### 2.1.3. La bioaccumulation entre individus (la bioamplification)

La bioaccumulation s'effectue par le biais de l'alimentation d'organismes, et via tout le réseau trophique. Naturellement, plus la chaîne trophique est longue, plus l'accumulation est importante et plus les effets délétères risquent d'être marqués. Les prédateurs, situés en parties terminales des chaînes alimentaires sont donc particulièrement vulnérables à ce type de pollution, et leur présence est le signe d'une qualité satisfaisante du milieu où ils ont effectué l'essentiel de leur croissance (PICOT, 2002).



**Figure 1:** Facteur de bioconcentration dans la chaîne alimentaire (BAGHDADI, 2012)

### 2.2. Accumulation préférentielle des métaux dans les divers organes de poisson

Plusieurs études ont montré, qu'en général, le foie, les branchies et les reins sont des organes qui participent à la détoxification de l'organisme après exposition à des solutions métalliques, ils sont susceptibles d'accumuler des quantités plus importantes en ions métalliques (CANLI *et al.*, 2001).

Les ETM peuvent être stockés sous forme de dépôts granuleux dans le cytoplasme. Ils peuvent également précipiter sous formes de sels minéraux insolubles (ex.: sélénure de mercure). Enfin, ils peuvent être liés avec des protéines de faible poids moléculaire, comme les métallothionéines, localisées au niveau des branchies, du foie, des reins, de l'intestin et en faible quantité dans le sang (CANLI et ALTI, 2003).

### 2.2.1. Branchies

Les branchies constituent un organe en contact directe avec le milieu extérieur, elles apportent donc une information essentielle quant à la contribution de la voie directe (respiration) dans la contamination de l'individu (**BUSTAMANTE *et al.*, 2003**).

### 2.2.2. Foie et Muscles

Comme les branchies qui accumulent les éléments présents dans le milieu de vie du poisson, le foie est recommandé en tant qu'indicateur des pollution aquatique.

Il est considéré comme étant un organe d'accumulation, siège de métallisation de certains éléments et constitue l'organe principal de détoxification de l'organisme. Enfin, les ETM présentent peu d'affinité pour les muscles, excepté pour le mercure qui est un élément lipophile (**BUSTAMANTE *et al.*, 2003**).

## 3. Effets des ETM sur la santé humaine

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

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

## 4. effets des ETM sur la vie aquatiques

Quelques métaux lourds, comme Zn, Cu, Mn et Fe sont indispensables à la croissance et au bien-être des organismes vivants, y compris de l'homme. Mais des effets toxiques peuvent survenir lorsque ces organismes sont exposés à des niveaux de concentrations supérieurs à ceux qu'ils requièrent normalement. D'autres éléments, comme Pb et Cd, ne sont pas indispensables aux activités métaboliques et manifestent des propriétés toxiques.

La contamination de l'environnement aquatique par des métaux peut avoir des effets toxiques aigus ou chroniques, sur la vie aquatique. (BINEY *et al.*, 1991).

## **II. CARACTERISTIQUES GENERALES DES ETM**

### **1. LE CUIVRE**

#### **1.1. Utilisation**

Le Cuivre est un métal très employé 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 Etain), de Laiton (avec le Zinc) ou de joaillerie (avec l'Or et l'Argent). Il est très largement utilisé dans la fabrication de matériels électriques (fils, enroulements de moteurs, transformateurs), dans la plomberie, dans les équipements industriels, dans l'automobile et en chaudronnerie (CASAS, 2005).

#### **1.2. Source de cuivre**

A travers les dépôts atmosphériques (secs ou humides), les applications en agriculture, les déchets solides ou encore les boues provenant des stations d'épuration, le cuivre arrive en majeure partie dans le sol. Dans ce compartiment, la plus grande partie du cuivre est fortement adsorbée et demeure dans les centimètres supérieurs du sol. La nature du sol (pH, composition chimique et granulométrie) conditionne de façon importante son transfert vers le milieu aquatique. Le lessivage et l'érosion des sols, mais aussi les rejets ponctuels et diffus sont l'origine de la présence du cuivre dans l'eau (INERIS, 2003).

#### **1.3. Toxicité**

L'absorption du cuivre a lieu dans l'estomac et le duodénum et. Un régime alimentaire normal entraîne une absorption moyenne d'environ 30% à 40%. Le foie est l'organe central du métabolisme du cuivre. Le cuivre y est partiellement stocké. On trouve des concentrations élevées de cuivre dans le foie et le cerveau. Environ 80% du cuivre est excrété dans la bile, 15% est sécrété dans la lumière par la paroi intestinale et seulement 2% à 4% est excrété dans l'urine. Sa demi-vie biologique dans le corps est d'environ 20 jours chez l'adulte (BfR, 2004).

#### **1.4. Effets chez l'homme**

Le cuivre a à la fois des fonctions essentielles et des effets potentiellement toxiques. Les symptômes de l'intoxication aiguë au cuivre comprennent la salivation, les nausées, les

vomissements et la diarrhée. Le corps possède un système d'homéostasie au cuivre très bien régulé. Si la capacité de cette homéostasie est dépassée, de graves problèmes de santé peuvent en résulter. Une surcharge en cuivre dans le foie provoque de graves lésions du foie et du système nerveux central, des yeux et du sang. Les nourrissons sont particulièrement sensibles à un apport accru de cuivre, car la capacité d'excrétion biliaire du cuivre par le foie ne se développe pleinement que durant les premières années de vie. Une cirrhose du foie chez les jeunes enfants peut survenir si les aliments pour nourrissons sont préparés avec de l'eau contaminée par du cuivre (EFSA, 2006).

## **2. ZINC**

### **2.1. Utilisation**

Le Zinc entre dans la composition de divers alliages (laiton, bronze, alliages légers). Il est utilisé dans la construction immobilière, les équipements pour l'automobile, les chemins de fer et dans la fabrication de produits laminés ou formés. Il constitue un intermédiaire dans la fabrication d'autres composés et sert d'agent réducteur en chimie organique et de réactif en chimie analytique (BELABED, 2010).

### **2.2. Sources de zinc**

Le zinc et ses composés sont présents naturellement dans la croûte terrestre à des concentrations de l'ordre de 40 à 120 mg/kg dans les roches magmatiques, les sédiments argileux<sup>21</sup> et les schistes. Les apports naturels de zinc se font principalement par transport éolien de particules du sol, émissions liées aux éruptions volcaniques, génération d'aérosols marins et par émissions suite aux feux de forêts (INERIS, 2014).

### **2.3. Toxicité**

Le zinc est absorbé par l'alimentation dans l'intestin grêle. L'absorption varie de 15% à 60% et est contrôlée par l'homéostasie. La biodisponibilité du zinc provenant de denrées alimentaires d'origine animale est généralement supérieure à celle de denrées alimentaires d'origine végétale. Il semble n'y avoir aucun organe de stockage spécifique pour le zinc, mais les plus grandes quantités se trouvent dans les muscles et les os. Le zinc est principalement excrété dans les matières fécales (BfR, 2004).

### **2.4. Effets chez l'homme**

Les cas d'intoxication aiguë chez l'homme sont rares, les symptômes étant des nausées, des vomissements et de la diarrhée. Plusieurs effets biochimiques et physiologiques ont été

observés après l'ingestion chronique de doses de zinc comprises entre 50 et 300 mg / jour. L'inhalation de vapeurs contenant du zinc peut provoquer une fièvre des fondeurs, une réaction pulmonaire inflammatoire. De plus, les sels de zinc facilement solubles dans l'eau provoquent une irritation après une inhalation, une ingestion et un contact avec les yeux (ATSDR, 2005).

### **3. CADMIUM**

#### **3.1. Utilisation**

Le Cadmium est généralement utilisé dans :

- Fabrication des baguettes de soudure ;
- Fabrication des accumulateurs électriques ;
- Industrie atomique ;
- Pigments pour peintures (SAHBAOUI, 2015).

#### **3.2. Source de cadmium**

Le cadmium (Cd) est un contaminant retrouvé dans l'environnement en raison de sa présence naturelle sur l'écorce terrestre (dans les minerais de zinc, de plomb, et dans le sol, du fait de l'érosion) aux concentrations moyennes comprises entre 0,1 et 1 mg.kg<sup>-1</sup>(DAS *et al.*, 1997).

Mais aussi et surtout en raison des activités humaines telles l'utilisation d'engrais phosphatés dans l'agriculture, les industries d'extraction et de raffinage du cadmium, les fonderies, etc. Le cadmium facilement dispersé dans le sol et les milieux aquatiques, est adsorbé sur les sédiments ou les particules en suspension, conduisant à sa bioaccumulation dans les poissons et les coquillages (DAS *et al.*, 1997).

#### **3.3. Toxicité**

Les aliments sont la principale source d'exposition au cadmium chez les non-fumeurs, tandis que l'inhalation contribue de manière importante à l'exposition chez les fumeurs. L'apport alimentaire moyen en cadmium est estimé à 2,3 mg / kg de poids corporel. par semaine. L'absorption du cadmium dans l'alimentation est estimée entre 3% et 5% et dépend de nombreux facteurs, tels que le sexe, l'état nutritionnel et la composition de l'alimentation. Après absorption, le cadmium se lie à la métallothionéine dans le foie et présente la plus forte accumulation dans le foie et les reins. Le cadmium a une longue demi-vie biologique

d'environ 10 à 30 ans, et le cadmium absorbé est excrété très lentement, les excréments urinaires et fécales étant à peu près égales (EFSA, 2009b).

### 3.4. Effets chez l'homme

La toxicité aiguë est rare, mais la consommation d'aliments contenant beaucoup de cadmium entraîne des symptômes gastro-intestinaux. La toxicité causée par une exposition chronique au cadmium comprend principalement un dysfonctionnement rénal (néphropathie) et des effets cardiovasculaires et osseux. Le cadmium est considéré comme cancérigène pour l'homme (Groupe 1 du CIRC et catégorie 1 de la Commission MAK) (EFSA, 2009b).

## 4. PLOMB

### 4.1. Utilisation

L'utilisation du plomb est directement liée à la métallurgie ; Dans l'antiquité, pour la production de la monnaie, les canalisations et la vaisselle ; mais actuellement dans l'industrie, l'imprimerie, les peintures et les carburants automobiles. Cette dernière utilisation qui consistait à ajouter du plomb à l'essence comme antidétonant est aujourd'hui prohibée (Rapport n° 261, Senat français, 2001).

### 4.2. Source de plomb

Le Plomb est majoritairement présent dans le compartiment atmosphérique et provient des fonderies, des industries de la métallurgie, de la combustion du charbon, de l'incinération des déchets et des gaz d'échappement des véhicules. Le flux le plus important de Plomb à l'océan provient de l'atmosphère. En milieu marin, il arrive majoritairement par les apports atmosphériques et le lessivage des zones urbanisées (GAGNEUX-MOREAUX, 2006).

### 4.3. Toxicité

Chez l'adulte, l'ingestion quotidienne moyenne de plomb dans l'alimentation est comprise entre 0,36 et 1,24 mg / kg de poids corporel. en Europe, avec un maximum de 2,43 mg / kg de poids corporel par jour chez les grands consommateurs. L'absorption de composés inorganiques du plomb après ingestion dépend d'un grand nombre de facteurs. Une absorption de 40% et 50% a été déterminée chez l'enfant, alors qu'elle était d'environ 15% et 20% chez l'adulte. Outre l'âge, l'état nutritionnel, la composition de l'alimentation, les niveaux de fer et de calcium, ainsi que d'autres facteurs contribuent à l'absorption chez l'homme et chez l'animal. Le plomb s'accumule principalement dans les os après absorption. Des

concentrations élevées sont également présentes dans le foie et les reins. Chez l'adulte, les os représentent jusqu'à 94% de la charge corporelle totale. La demi-vie du plomb est d'environ 30 jours dans le sang, alors qu'elle est de 10 à 30 ans dans les os. Il est principalement excrété dans l'urine et les matières fécales (ATSDR, 2007; EFSA, 2010).

#### **4.4. Effets chez l'homme**

L'intoxication aiguë au plomb est aujourd'hui rare, avec des symptômes allant des vomissements et des coliques intestinales à l'insuffisance rénale. Les dommages chroniques à la santé se manifestent par des effets sur l'hématopoïèse, ainsi que par des effets néphrotoxiques et neurotoxiques. Ce dernier risque de se produire à une très faible exposition au plomb. Les enfants sont particulièrement sensibles au plomb. Le CIRC (groupe 2A) et la commission MAK (catégorie 2) ont classé le plomb comme cancérogène (ATSDR, 2007).

### **5. ARSENIC**

#### **5.1. Utilisation**

L'arsenic est utilisé en tant qu'agent protecteur du bois, notamment sous forme d'arséniate de cuivre chromé (CCA) (ATSDR, 2007).

L'arsenic a été utilisé dans le domaine vétérinaire. ont été utilisés dans l'élevage pour traiter les porcs et les volailles. permettait de traiter efficacement les animaux contre des parasites intestinaux (CHAPMAN et JOHNSON, 2002).

#### **5.2. Source de l'arsenic**

Les eaux souterraines de nombreux pays sont contaminées par l'arsenic. Cette contamination peut résulter de :

Les contaminations naturelles ont pour la plupart une origine géologique. A la faveur de divers processus biogéochimiques, l'arsenic peut se dissoudre dans l'eau et parvenir ainsi dans les aquifères, les sources et les cours d'eau (KIM *et al.*, 2003)

L'activité volcanique, les feux de forêt et la volatilisation via des micro-organismes constituent également des sources naturelles d'émission de l'arsenic dans l'atmosphère. Celui-ci sera ensuite redistribué sur la surface terrestre par l'intermédiaire des précipitations. (MOLENAT *et al.*, 2000)

Les résidus de l'activité minière représentent donc des sources de pollution importantes par lessivage des haldes et infiltration des eaux (BRIL et FLOC'H, 2001).

De plus, des études menées sur le devenir des minéraux piégeant l'arsenic au sein de stériles miniers (**COURTIN-NOMADE *et al.*, 2003**) montrent que l'arsenic est progressivement libéré au fur et à mesure de la cristallisation de ces minéraux, et une proposition de la séquence de développement de la phase retenant l'arsenic est proposée. Par ailleurs, des contaminations localisées près des fonderies (**FERGUSON et GAVIS, 1972**) indiquent que la plus grande partie de l'arsenic contenu dans les fumées est éliminée rapidement sous forme de retombées sèches et dans les précipitations.

### 5.3. Toxicité

L'ingestion moyenne de composés inorganiques de l'arsenic par le régime alimentaire est estimée à 0,13-0,56 µg / kg de poids corporel. par jour. La biodisponibilité après ingestion dépend en grande partie de la forme du composé et des autres composants alimentaires (**EFSA, 2009a**).

### 5.4. Effets chez l'homme

L'arsenic était autrefois principalement connu comme un poison utilisé pour le meurtre, alors que les effets toxiques chroniques observés dans les régions à forte teneur en arsenic dans l'eau de boisson sont aujourd'hui d'une importance majeure. Les effets toxiques après une exposition chronique à des composés inorganiques de l'arsenic comprennent des modifications cutanées et des perturbations vasculaires périphériques (maladie du pied noir), une neurotoxicité, une toxicité pour le développement. Les cancers de la peau, des poumons et de la vessie sont également associés à l'exposition orale à des composés inorganiques de l'arsenic (**EFSA, 2009a**).

Une incidence tumorale accrue a été observée à des concentrations d'arsenic relativement faibles, d'environ 50 mg / L dans l'eau de boisson. L'arsenic et ses composés inorganiques ont été classés comme cancérogènes pour l'homme par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) (groupe 1) et la Commission permanente du Sénat sur les risques pour la santé des composés chimiques dans l'espace de travail (Commission MAK) (Catégorie 1) (**EFSA, 2009a**).



## **6. LE FER**

### **6.1. Utilisation**

Les premières preuves de l'utilisation du fer remontent à environ 4000 av, chez les Égyptiens et Sumériens. Quelques objets comme des pointes de lances, des dagues et des ornements étaient forgés de fer provenant de météorites (MAHAN, 1987).

L'utilisation du fer est largement appliquée sous forme d'acier dans la construction. Mais le fer est aussi utilisé dans l'industrie technologique sous forme de fer métallique et d'oxydes, depuis des décennies pour fixer des informations analogiques ou numériques sur des supports appropriés (bandes magnétiques, cassettes audio et vidéo, disquettes) (ARANGUREN, 2008).

### **6.2. Source de fer**

Le fer peut être entraîné dans les eaux par diverses voies dont principalement la dissolution superficielle des roches, le lessivage des terrains miniers, les rejets industriels directement dans les eaux ou bien dans l'atmosphère et les particules émises retombant à la surface de la terre avec les pluies.

C'est l'industrie sidérurgique qui semble la source de pollution la plus importante. Le déversement des eaux résiduaires des ateliers de décapage dans les cours d'eau et les égouts est particulièrement dangereux en raison de la présence de concentrations d'acides et de sels de fer ; les formes de pollution de l'eau imputable au décapage sont les suivantes :

- Transformation par hydrolyse des sels ferreux en hydroxydes ferreux insolubles qui oxydés par l'oxygène dissous dans l'eau se transforme en hydroxydes ferriques donnant un important précipité brunâtre.
- Réduction de la teneur en oxygène dissous ce qui diminue le pouvoir auto épurateur du cours d'eau.
- Dépôt ferrique sur la faune et la flore et prolifération des bactéries assimilant les matières ferrugineuses.

D'autre part, les rejets dans l'atmosphère des fumées rousses d'oxyde de fer sont un autre type de pollution dû à l'industrie sidérurgique. Ces fumées se forment lors des procédés d'élaboration de l'acier (cas du complexe sidérurgique d'El-Hadjar) (BELABED, 2010).

### 6.3. Toxicité

Le fer est absorbé principalement dans le duodénum et le jéjunum supérieur. La quantité de fer absorbée est influencée par un grand nombre de facteurs et est également contrôlée par les exigences physiologiques.

Des concentrations tissulaires élevées sont particulièrement présentes dans le foie, la rate et la moelle osseuse. Le métabolisme du fer est caractérisé par le fait que les niveaux de fer ne sont régulés que par absorption. l'excrétion de fer n'est pas réglementée (Efr, 2004).

### 6.4. Effets chez l'homme

L'activité redox du fer est responsable à la fois des effets toxiques et des fonctions essentielles du métal. Pour prévenir les réactions toxiques, le corps dispose d'un système complexe d'homéostasie du fer, dans lequel le fer est transporté dans le sang, lié aux protéines, absorbé par les cellules et stocké. Une surcharge de cette capacité de stockage peut entraîner de graves problèmes de santé, comme le montre clairement l'hémochromatose héréditaire. Ici, la régulation de l'absorption intestinale du fer est perturbée, entraînant une absorption accrue par les cellules muqueuses et une accumulation de fer dans des organes importants. La plupart des cas d'intoxication aiguë au fer chez des personnes non génétiquement sensibles surviennent après l'ingestion d'une dose excessive de médicaments contenant du fer, les enfants étant les plus touchés. Une toxicité aiguë est observée à des doses de fer comprises entre 20 et 60 mg / kg de poids corporel et à des doses de fer supérieures à 180 mg / kg de poids corporel. peut être mortel. L'intoxication aiguë au fer entraîne des vomissements sanglants, de la diarrhée, des convulsions, une hypotension et un coma avec insuffisance hépatique et rénale. Une consommation excessive prolongée de préparations à base de fer (160-1200 mg / jour) peut provoquer une cirrhose du foie, un diabète sucré et une insuffisance cardiaque. (EFSA, 2006).

## CHAPITRE II : GENERALITES SUR LES ESPECES D'ETUDE

*(sardinella aurita, Sardina Pilchardus)***1. Présentation sur *sardinella aurita* (Valenciennes, 1847)****1.1. Position systématique**

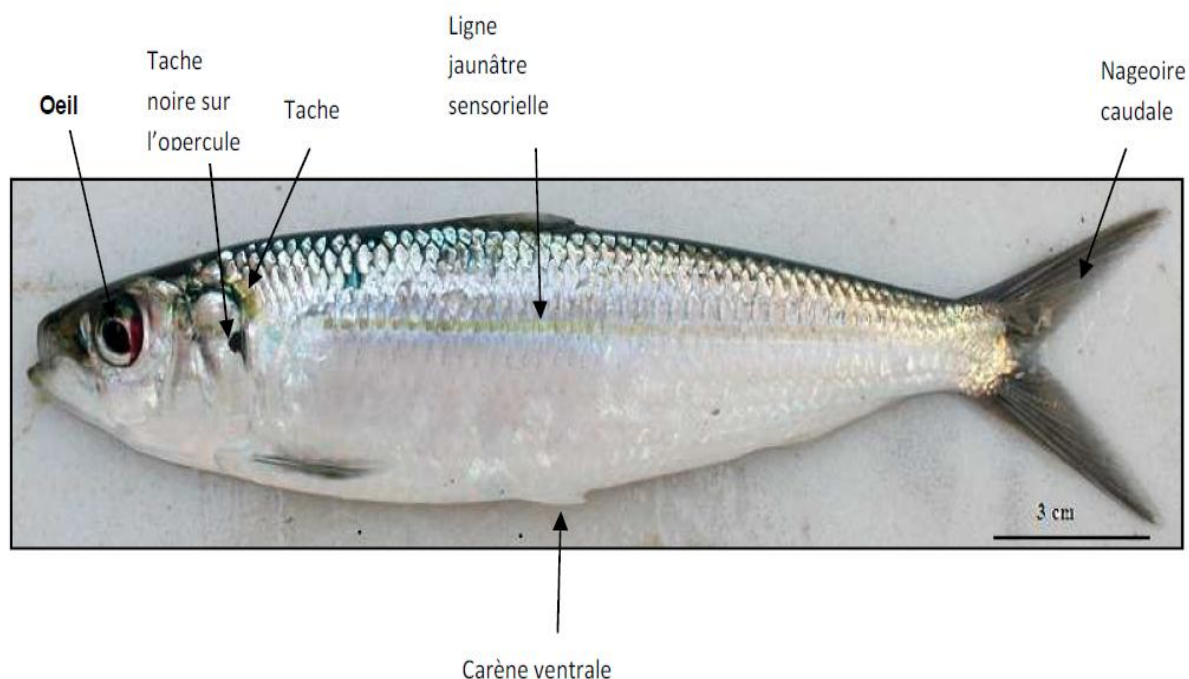
*Sardinella aurita* est définie par la place qu'elle occupe dans la classification zoologique suivante (FICHER *et al.*, 1987):

<b>Embranchement:</b>	Vertébrés
<b>Sous embranchement:</b>	Gnathostomes
<b>Super classe:</b>	Poissons
<b>Classe:</b>	Osteichtyens
<b>Sous classe:</b>	Actinoptérygiens
<b>Super ordre:</b>	Téléostéens
<b>Ordre :</b>	Clupéiforme
<b>Sous ordre:</b>	Clupéoidés
<b>Famille:</b>	Clupéidés
<b>Genre:</b>	<i>Sardinella</i>
<b>Espèce:</b>	<i>Sardinella aurita</i> (Valenciennes, 184

**1.2. Morphologie**

L'allache *Sardinella aurita* se caractérise par une tache noire sur le bord postérieure de l'opercule, ne possède pas de taches noires à l'origine de la nageoire dorsale et possède une nageoire pelvienne à 9 rayons (FISCHER *et al.*, 1987). Ce poisson possède également, à mi-hauteur des flancs, une ligne dorée pâle, qui tend à disparaître après la mort. Cette ligne est précédée par une tache dorée en arrière de l'opercule (WHITEHEAD, 1985). La mâchoire supérieure est courte et arrondie, avec une légère échancrure médiane, mais la mâchoire inférieure est plus longue. Les bords supérieurs et inférieurs du second supra maxillaire sont subégaux (FISCHER *et al.*,1987).

Les yeux sont grands et protégés par une paupière adipeuse. *S. aurita* se distingue aisément des autres espèces par un corps nettement moins aplati (sardinelle ronde), la partie 5antérieure visible, de sa langue se présentant comme une lame large, ovale ou fuselée, garnie de dents très fines (MAURIN *et al.*, 1977). Les os frontaux pariétaux présentent de nombreuses stries de 7-14 (Figure2). L'opercule est lisse et présente sur les bords postérieurs de la fente operculaire deux excroissances charnues . De plus, la partie inférieure du premier arc branchial comprends plus de 80 branchiospines (FISCHER *et al.*, 1987).



**Figure 2:**Caractéristiques morphologiques de l'allache *Sardinella aurita* (BENAMAR, 2011).

### 1.3. Alimentation

L'allache se nourrit essentiellement de zooplancton, de larves et alevins de poissons mais aussi de phytoplancton. Sa nourriture est assez variée. Des contenus stomacaux examinés par Poll en 1953 lui ont surtout révélé des fragments amorphes constitués par du phytoplancton avec parfois des larves de Mollusques et de petits Crustacés. Cadenet en 1953, pendant son travail sur des spécimens capturés au delà d'une centaine de mètres de profondeur dans l'Atlantique Africain, a signalé dans leur estomac une bouillie de microplancton à base de Copépodes, d'Euphausiacés et de larves de Crustacés divers au stade Nauplius (POSTEL, 1960).

## 1.4. Reproduction

Les sexes sont séparés. Aucun phénomène d'hermaphrodisme n'a jamais été signalé, on peut distinguer les deux sexes par la forme et la couleur des gonades, le mâle se présente avec des gonades filamenteuse de couleur blanchâtre a jaunâtre, alors que les femelles présentent des gonades assez volumineuse de couleur rouge a brique; toutes ces caractéristiques sont fonction du cycle et du stade de reproduction de l'individu (**POSTEL, 1960**).

## 2. Présentation sur le *Sardina Pilchardus* (Walbaum, 1792)

La sardine *Sardina pilchardus* appartient à un groupe taxonomique complexe qui regroupe le poisson pélagique marin et dulçaquicole comme les harengs, les sprats, les aloses.... Le genre *Sardina* ne comprend qu'une espèce, *Sardina pilchardus* (**LAVOUE et al., 2007**).

### 2.1. Position systématique

<b>Embranchement :</b>	Vertébrés
<b>Sous-embranchement:</b>	Gnathostomes
<b>Super –classe:</b>	Poissons
<b>Classe :</b>	Ostéichtyens
<b>Sous-classe:</b>	Actinoptérygiens
<b>Super-ordre :</b>	Téléostéens
<b>Ordre :</b>	Clupéiformes
<b>Sous-ordre :</b>	Clupéoidés
<b>Famille :</b>	Clupéidés
<b>Genre :</b>	<i>Sardina</i>
<b>Espèce :</b>	<i>Sardina pilchardus</i> ( <b>Walbaum, 1792</b> )

### 2.2. Morphologie

La sardine, *Sardina pilchardus* possède un ventre argenté brillant et un dos bleuté (Figure 3). Elle se caractérise par des écailles sensibles qui se détachent facilement du corps, un opercule strié, et les deux derniers rayons de la nageoire anale sont plus allongés que les précédents. Elle possède une série de tâches sombres le long des flancs supérieurs (**WHITEHEAD, 1985**).



**Figure 3:** Morphologie générale de la sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) (TOUATI et BENATMANE., 2018).

A : Rangée horizontale de taches sombres peu accentuées sur le flanc, B : tête non couverte d'écailles.

### 2.3. Alimentation

La sardine est une espèce planctonophage, elle se nourrit également de phytoplancton et de zooplancton de petite taille (crustacés, œufs, copépodes et larves de poissons) qu'elle filtre grâce à ses branchies (FISHER *et al.*, 1987).

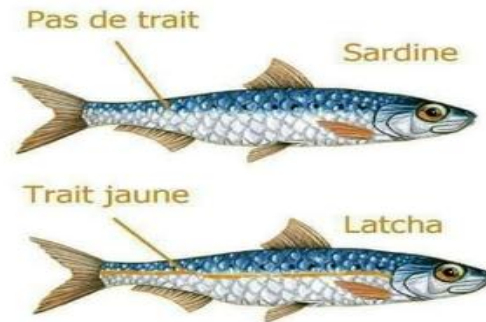
### 2.4. Reproduction

La Ponte de la sardine est fortement corrélée aux facteurs environnementaux, comme la température et l'hydrodynamisme (OLIVAR *et al.*, 2001), la température semble être un facteur essentiel dans le déclenchement de la Ponte soit par une stimulation des mécanismes physiologiques soit par un enrichissement trophique du milieu (AMENZOUÏ *et al.*, 2005).

Elle fraie toute l'année avec une période de ponte variant en fonction de la répartition géographique (GAAMOUR *et al.*, 2000; HATTOUR, 2000). La maturité sexuelle est acquise à une taille variable comprise entre 10 et 20 cm en fonction du groupe de sardine concerné (environ 2 ans). Une femelle peut pondre jusqu'à 60 000 œufs pélagiques qui flottent entre 10 et 70 mètres, éclosent 2 à 4 jours après la ponte et donnent naissance à une larve de 4 mm de long qui aboutira à une sardine juvénile au bout de 12 jours, qui retournera près des côtes (AMENZOUÏ *et al.*, 2006).

### 3. Différences entre *Sardina pilchardus* et *sardinella aurita*

La sardine peut se distinguer par l'absence d'une fente médiane à la mâchoire supérieure et par la position de l'extrémité postérieure de la bouche. Chez la sardine, cette dernière est située en avant de la verticale qui passe par le centre de l'œil. *Sardinella aurita*, diffère de *Sardina pilchardus* par l'absence de stries rayonnantes sur l'opercule et des points sombres sur les côtés du corps (HATTAB., 2017).



**Figure 4:** Les différences entre les espèces *Sardina pilchardus* et *sardinella aurita* (HATTAB., 2017)

## 1. OBJECTIF

L'objectif de notre étude est :

Evaluer le niveau de contamination métallique (Cuivre, Fer, Zinc et Arsenic) dans la chair de Sardine (*Sardina pilchardus*) et L'allache (*Sardinella aurita*), provenant de deux régions de l'ouest algérien (Oran et Mostaganem).

## 2. L'ECHANTILLONNAGE

Entre le mois d'avril et mai, nous avons acheté de poissonniers détaillants du marché de Djelfa des échantillons de poissons (500 g de chaque espèce: *Sardina pilchardus* et *Sardinella aurita* de Mostaganem et *Sardinella aurita* d'Oran). Le poisson est mis dans des sachets en plastiques, acheminé au laboratoire dans une glacière, conservé en congélation en évitant toute contamination métallique jusqu'à leur traitement et analyse.

## 3. MATERIELS

### 3. 1. Matériels et appareillage

- Four à moufle : pour la calcination, température réglable de marque **Linn High Therm**
- Etuve de laboratoire : utilisée pour le séchage des échantillons
- Un dessiccateur
- Une balance analytique
- Couteau en inox ;
- Spatule ;
- Capsules en aluminium;
- Flacons pour conserver les étalons et les échantillons ;
- Hachoir électrique;
- Des capsules en porcelaine.
  
- Spectromètre fluorescence XRF de marque : Thermo Scientific Niton XL2 XRF portable.

### 3.2. Le réactif

Acide nitrique  $\geq 69\%$ .



## 4. METHODE

Préparation les échantillons ont été effectuées au laboratoire de recherche de faculté des sciences de la nature et de la vie dans l'université de Djelfa.

### 4.1. Préparation du Matériel

Pour éviter les contaminations, verrerie et plastique utilisé dans notre travail sont minutieusement nettoyés et conditionnés selon le protocole suivant:

- Lavage aux détergents commerciaux ;
- Rinçage avec de l'eau du robinet ;
- Rinçage à l'eau distillée;
- Lavez la verrerie et le matériel en plastique après chaque utilisation et laissez tremper toute la nuit dans une bain marie de solution acide à 1% ( 990 ml (eau distillée) + 10 ml acide nitrique),
- Rinçage à l'eau distillée.
- Séchage à l'étuve pendant 24 h :
  - Pour la verrerie à 60°C
  - Pour le matériel en plastique à 40°C

### 4.2. Prétraitement des échantillons

- **Décongélation** : laissez les échantillons avec une température ambiante environ 30 minutes jusqu'à décongeler.
- **Dissection** : Nous avons procédé à la dissection de chaque individu, La dissection est réalisée à l'aide d'un couteau en inox et nettoyé à l'eau distillée, est prélevé le muscle sans la peau, pour l'analyse des métaux.
- **Broyage et homogénéisation** : Un premier broyage de la chair extraite est effectué en utilisant un hachoir électrique puis nous mettons dans un bol en plastique et on pèse le poids humide (Ph) de les échantillons en utilisant une balance.
- **Séchage** : Les échantillons sont mis dans des capsules en aluminium puis étiquetés et séchés à l'étuve à une température de 80°C pendant 24 heures (**Figure 05**).



**Figure 05:** Séchage des échantillons  
(Photo personnelle)

- Les échantillons sont retirés de l'étuve et placés dans le dessiccateur quelque minute pour subir un refroidissement dans un atmosphère sans humidité (**Figure 06**).



**Figure 06:** refroidissement des échantillons  
(Photo personnelle)

- La deuxième broyage des échantillons est effectué après le séchage afin d'obtenir une poudre sèche (**Figure 07**).



**Figure 07:** Broyage des échantillons après le séchage  
(Photo personnelle)

- Les échantillons sont mis dans des flacons et sont pesés de nouveau pour obtenir le poids sec (**Figure 08**).



**Figure 08 :** Pesée du poids sec  
(Photo personnelle)

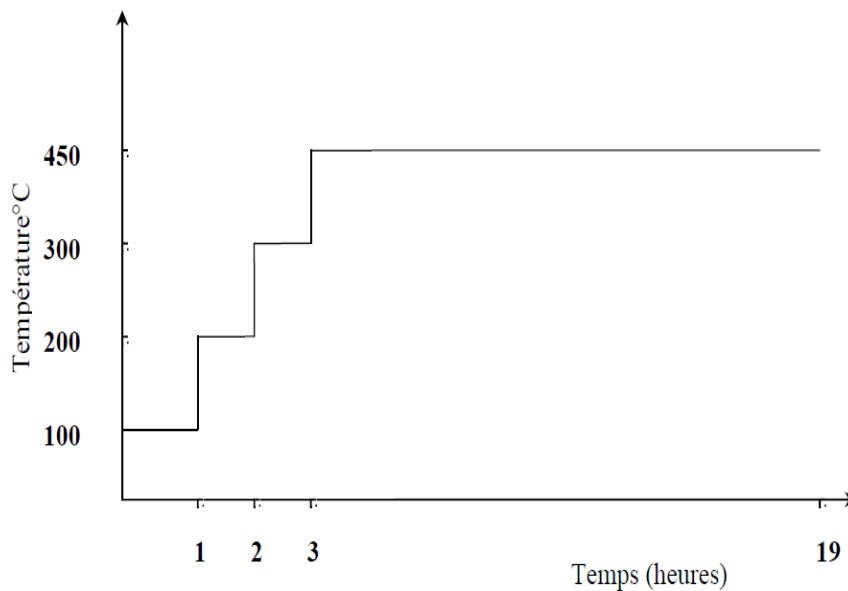
### 4.3. Minéralisation des échantillons

#### 4.3.1. Principe

La calcination s'effectue dans un four à moufle en augmentant la température par palier successif jusqu'à 450°C dont le but d'éviter les inflammations brutales de l'échantillon et qui provoquerait de perte de poids. La calcination sèche adoptée est réalisée selon la méthode décrite par (MILHAUD ET MEHENNAOUI, 1988).

#### 4.3.2. Mode opératoire

Est pris 1 gramme de chaque échantillon et placées dans des capsules en porcelaine, D'abord, il est allumé le four à moufle à température réglable, On laisse les échantillons à l'intérieur pendant 1 heure à 100°C, 1 heure à 200°C, 1 heure à 300°C et enfin 16 heures à 450°C jusqu'à ce que nous obtenions des cendres blanches, A la sortie des capsules du four il faut s'assurer qu'il a refroidi dans un dessiccateur, Après refroidissement des cendres nous plaçons dans des flacons plastique.



**Figure 09:** Programme de température du four à moufle (BOUMEHRES, 2010).



**Figure 10:** Minéralisation des échantillons  
(Photo personnelle)



**Figure 11:** Refroidissement des échantillons  
après la minéralisation (Photo personnelle)

## 5. L'analyse des ETM par la spectrométrie de fluorescence XRF :

### 5.1. Principe de la technique

L'échantillon à analyser est placé sous un faisceau de rayons X. Sous l'effet de ces rayons X, les atomes constituant l'échantillon passent de leur état fondamental à un état excité. L'état excité est instable, les atomes tendent alors à revenir à l'état fondamental en libérant de l'énergie, sous forme de photons X notamment. Chaque atome, ayant une configuration électronique propre, va émettre des photons d'énergie et de longueur d'onde propres. C'est le phénomène de fluorescence X qui est une émission secondaire de rayons X, caractéristiques des atomes qui constituent l'échantillon. L'analyse de ce rayonnement X secondaire permet à la fois de connaître la nature des éléments chimiques présents dans un échantillon ainsi que leur concentration massique (THIRION-MERLE V, 2014).

### 5.2. Mode opératoire

Les mesures élémentaires des différents échantillons ont été effectuées au Laboratoire de Chimie des Réacteurs au niveau de Centre de Recherche Nucléaire de Birine, avec l'instrument de la marque : Thermo Scientific Niton XL2 XRF portable.

Une coupelle les portes d'échantillons de a été remplie avec environ 1 g des cendres blanches, l'échantillon à analyser est placé sous un faisceau de rayons X. Sous l'effet de ces rayons X pendant quelque minute, les résultats apparaissent alors sur l'écran de l'appareil de la spectrométrie de fluorescence X.

## 1. LES RESULTATS

### 1.1. Résultats d'un pourcentages d'humidité

Le calcul du pourcentage d'humidité est comme suit :

$$\% \text{ Humidité} = \frac{\text{Ph} - \text{Ps}}{\text{ph}} \times 100$$

**Ph** : le poids humide

**Ps** : le poids sec

Le tableau suivant rassemble le poids humide et sec des allaches et sardines des deux régions ainsi que le pourcentage d'humidité calculé.

**Le tableau 2:** les teneurs de poids humide et sec des échantillons et le pourcentage d'humidité

Les échantillons	poids humide (g)	poids sec (g)	pourcentage d'humidité (%)
Sardine de Mostaganem	154,06	35,99	77 %
Allache de Mostaganem	176,57	51,78	71 %
Allache d'Oran	326	96,05	71 %

### 1.2. Résultats relatifs au dosage du zinc

Le dosage du Zinc a été effectué par spectrométrie de fluorescence x . Le tableau 3 et la figure 12 représente la teneur en Zinc des Sardines et Allaches de Oran et Mostaganem.

**Tableau 3 :** Valeurs moyennes (mg/kg) et écart-types pour le zinc dans deux espèces sardine et allache de deux régions(Oran, Mostaganem )(rapportées au poids humide et sec).

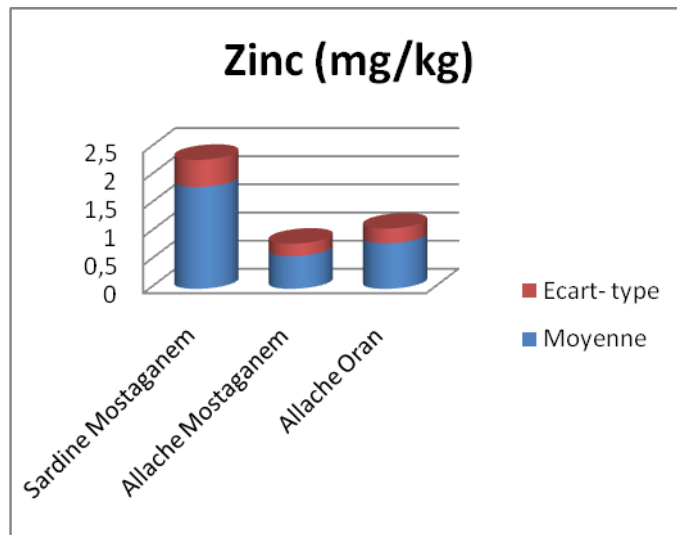
Eléments traces métalliques	Sardine de Mostaganem	Allache de Mostaganem	Allache d'Oran
<b>Zinc</b>	0,98 - 2,28 (a)	0,36 -0,89 (a)	0,37-1,17 (a)
	2,35±0.62 (b)	0,81±0,31 (b)	0.89±0.45 (b)
	<b>1,81±0.48 (c)</b>	<b>0,58±0,21 (c)</b>	<b>0,81±0,26 (c)</b>
	n=6 (d)	n=6 (d)	n=6 (d)

**a** : minimum-maximum.

**b**: moyennes ± écarts-types (poids sec).

**c**: moyennes ± écarts-types (poids humide).

**d** : Nombre d'essai.



**Figure 12** : Teneurs en Zinc (moyenne ± écart-type) des Sardines et Allaches des deux régions (Oran et Mostaganem)

Selon la figure :

- Les teneurs en zinc rapportées au poids humide dans la chair des sardines de **Mostaganem** sont supérieures (**1,81 mg/kg**) par rapport à celles des allaches de **Mostaganem**(**0,5mg/kg**). Donc le zinc s'accumule mieux dans la chair des sardines que celles des allaches.
- Les teneurs en zinc rapportées au poids humide dans la chair d'allache d'**Oran** sont nettement supérieures (**0,81 mg/kg**) à celles de **Mostaganem** (**0,58 mg/kg**). Donc le zinc s'accumule mieux dans la chair d'allache d'Oran que celles de **Mostaganem**

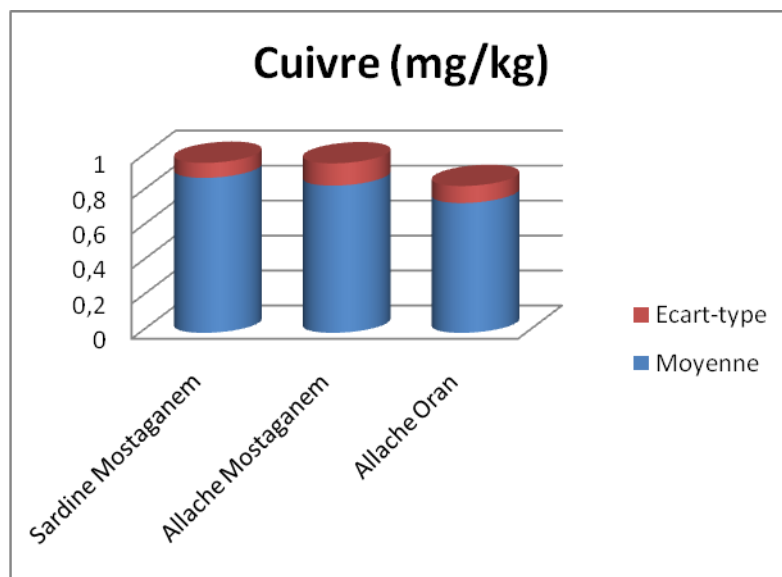


### 1.3. Résultats relatifs au dosage du cuivre

Le dosage du Cuivre a été effectué par spectrométrie de fluorescence x . Le tableau 4 et la figure 13 représente la teneur en Cuivre des Sardines et Allaches de Oran et Mostaganem.

**Tableau 4 :** Valeurs moyennes (mg/kg) et écart-types pour le cuivre dans deux espèces sardine et allache de deux régions(Oran, Mostaganem )(rapportées au poids humide et sec).

Eléments traces métalliques	Sardine de Mostaganem	Allache de Mostaganem	Allache d'Oran
<b>Cuivre</b>	0,76-1,02 (a)	0,68-1,002 (a)	0,61-0,86 (a)
	1,16±0,12 (b)	1,18±0,18 (b)	1,04±0,13 (b)
	<b>0,89±0,08 (c)</b>	<b>0,84±0,12 (c)</b>	<b>0,74±0,09 (c)</b>
	n=6 (d)	n=6 (d)	n=6 (d)



**Figure 13 :** Teneurs en Cuivre (moyenne ± écart-type) des Sardines et Allaches des deux régions (Oran et Mostaganem).

Selon la figure :

- Les teneurs en cuivre rapportées au poids humide dans la chair des sardines de **Mostaganem** sont supérieures (**0,89 mg/kg**) par rapport à celles des allaches de

**Mostaganem (0,84 mg/kg)**. Donc le cuivre s'accumule mieux dans la chair des sardines que celles des allaches.

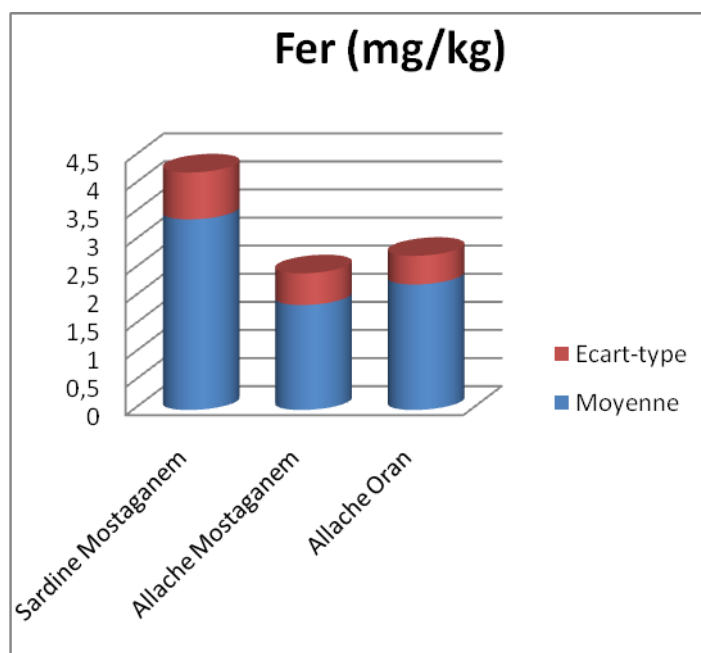
- Les teneurs en cuivre rapportées au poids humide dans la chair d'allache d'**Oran** sont inférieures (**0,74 mg/kg**) à celles de **Mostaganem (0,84 mg/kg)**. Donc le cuivre s'accumule mieux dans la chair d'allache de **Mostaganem** que celles d' **Oran**.

**1.4. Résultats relatifs au dosage du fer**

Le dosage du Fer a été effectué par spectrométrie de fluorescence x . Le tableau 5 et la figure 14 représente la teneur en Fer des Sardines et Allaches de Oran et Mostaganem.

**Tableau 5 :** Valeurs moyennes (mg/kg) et écart-types pour le fer dans deux espèces sardine et allache de deux régions(Oran, Mostaganem )(rapportées au poids humide et sec).

Eléments traces métalliques	Sardine de Mostaganem	Allache de Mostaganem	Allache d'Oran
<b>Fer</b>	2,25-4,66 (a)	1,36-2,62 (a)	1,65-2,97 (a)
	4,4±1,09 (b)	2,63±0,79 (b)	3,14±0,72 (b)
	<b>3,39±0,84 (c)</b>	<b>1,87±0,56 (c)</b>	<b>2,23±0,51 (c)</b>
	n=6 (d)	n=6 (d)	n=6 (d)



**Figure 14 :** Teneurs en Fer (moyenne  $\pm$  écart-type) des Sardines et Allaches des deux régions (Oran et Mostaganem).

Selon la figure :

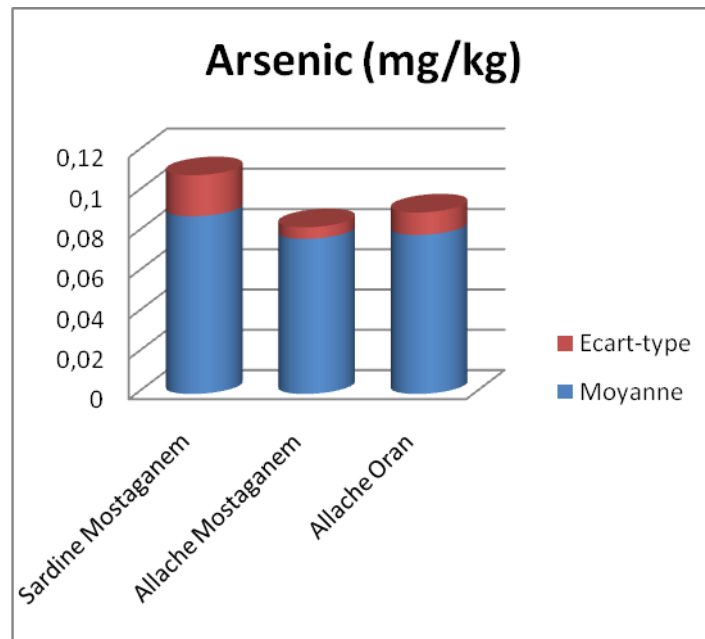
- Les teneurs en fer rapportées au poids humide dans la chair des sardines de **Mostaganem** sont nettement supérieures (**3,39 mg/kg**) par rapport à celles des allaches de **Mostaganem** (**1,87 mg/kg**). Donc le fer s'accumule beaucoup dans la chair de sardines que celles des allaches.
- Les teneurs en fer rapportées au poids humide dans la chair d'allache d'**Oran** sont supérieures (**2,23 mg/kg**) à celles de **Mostaganem** (**1,87 mg/kg**). Donc le fer s'accumule beaucoup dans la chair d'allache d'**Oran** que celles de **Mostaganem**.

### 1.5. Résultats relatifs au dosage du arsenic

Le dosage du Arsenic a été effectué par spectrométrie de fluorescence x . Le tableau 6 et la figure 15 représente la teneur en Arsenic des Sardines et Allaches de Oran et Mostaganem.

**Tableau 6 :** Valeurs moyennes (mg/kg) et écart-types pour l'arsenic dans deux espèces sardine et allache de deux régions(Oran, Mostaganem )(rapportées au poids humide et sec).

Eléments traces métalliques	Sardine de Mostaganem	Allache de Mostaganem	Allache d'Oran
<b>Arsenic</b>	0,07-0,11 (a)	0,07-0,08 (a)	0,07-0,09 (a)
	0,12 $\pm$ 0,03 (b)	0,11 $\pm$ 0,01 (b)	0,11 $\pm$ 0,01 (b)
	<b>0,08<math>\pm</math>0,02 (c)</b>	<b>0,077<math>\pm</math>0,005 (c)</b>	<b>0,079<math>\pm</math>0,011 (c)</b>
	n=6 (d)	n=6 (d)	n=6 (d)



**Figure 15 :** Teneurs en Arsenic (moyenne  $\pm$  écart-type) des Sardines et Allaches des deux régions (Oran et Mostaganem).

Selon la figure :

- Les teneurs en Arsenic rapportées au poids humide dans la chair des sardines de **Mostaganem** sont supérieures (**0,08 mg/kg**) par rapport à celles d'allaches de **Mostaganem** (**0,077 mg/kg**). Donc l'Arsenic s'accumule mieux dans la chair des sardines que celles des allaches.
- Les teneurs en Arsenic rapportées au poids humide dans la chair d'allache d'**Oran** sont supérieures (**0,079 mg/kg**) à celles de **Mostaganem** (**0,077 mg/kg**). Donc l'Arsenic s'accumule mieux dans la chair d'allache d'**Oran** que celles de **Mostaganem**.

### 1.6. Résultats des accumulations

**Tableau 7:** Accumulation des ETM selon l'espèce (mg/kg poids humide)

Espèce	Zn	Cu	Fe	As
<i>S. pilchardus</i> Mostaganem	0,81	0,89	3,39	0,08
<i>S. aurita</i> Mostaganem	0,58	0,84	1,87	0,077

Test Student	0,0005	0,6	0.009	0.4
--------------	--------	-----	-------	-----

**Tableau 8:** Accumulation des ETM selon région(mg/kg poids humide)

Espèce	Zn	Cu	Fe	As
<i>S. aurita</i> Mostaganem	0,81	0,89	3,39	0,08
<i>S. aurita</i> d'Oran	0,81	0,74	2,29	0,079
Test Student	0,08	0,1	0,2	0,4

## 2. DISCUSSIONS :

D'une manière générale, les quatre métaux lourds recherchés sont omniprésents dans la chair musculaire de la sardine (*Sardina pilchardus*) et de la (*sardinella aurita*) (Tableau 9 , Tableau 10).

Les résultats apportés par cette étude ont montrés que chaque métal s'accumule dans la chair de la sardine à un gradient différent.

L'ordre général de la bioaccumulation des métaux analysés dans chair musculaire du poisson est comme suit:

Pour *Sardina pilchardus* de Mostaganem et *sardinella aurita* d'Oran :Fe(3,39)> Zn(1,81)>Cu(0,89)>As(0.08).

pour *sardinella aurita* de Oran : Fe(1,87)> Cu(0,81) > Zn(0,74) >As(0,0879).

*sardinella aurita* de Mostaganem : Fe(2,23)> Cu(0,84) > Zn(0,58) >As(0,077).

**Tableau 9 : Comparaison des concentrations moyennes relevées chez *Sardina pilchardus* (mg/kg poids humide) avec les données bibliographiques**

Site	Espèce	Métaux lourds				Références
		Fe	Zn	Cu	As	
Ghazouat	<i>Sardina pilchardus</i>	-	0,25	0,02	-	Sahbaoui, 2015
Bejaia	<i>Sardina pilchardus</i>	-	0,24	0,69	-	Mansouri et Khenache 2016
Méditerranée Turquie	<i>Sardina pilchardus</i>	39,60	34,58	4,17	-	Canli et al 2003
Mostaganem	<i>Sardina pilchardus</i>	<b>3,39</b>	<b>1,81</b>	<b>0,84</b>	<b>0,08</b>	Présent étude 2019

**Tableau 10: Comparaison des concentrations moyennes relevées chez *Sardinella aurita* (mg/kg poids humide) avec les données bibliographiques**

Site	Espèce	Métaux lourds				Références
		Fe	Zn	Cu	As	
golfe de Tunis	<i>Sardinella aurita</i>	-	10.96	-	-	(Ennouri et al., 2008)
Oran	<i>Sardinella aurita</i>	-	3.19	-	-	Benamar, 2011
Mostaganem	<i>Sardinella aurita</i>	<b>1,87</b>	<b>0,58</b>	<b>0,89</b>	<b>0,077</b>	Présent étude 2019
Oran		<b>2,23</b>	<b>0,81</b>	<b>0,74</b>	<b>0,079</b>	

D'après les teneurs moyennes enregistrées, nous pouvons tirer les observations suivantes :

### ZINC

Le zinc est un oligo-élément important dans la nutrition humaine et remplit de nombreuses fonctions biochimiques dans le métabolisme humain. Une carence en Zn dans l'organisme humain entraîne plusieurs troubles, mais une ingestion excessive de Zn peut entraîner des effets indésirables aigus (SCHERZ et KIRCHHOFF, 2006).

Selon **Food and Agriculture Organisation of the United Nations** et **World Health Organization**, la teneur maximale en Zn établie pour le poisson est de **30 mg/kg poids humide** (FAO, 1983) et (WHO, 1989).

Les concentrations les plus faibles et les plus élevées de zinc observées étaient de **0,36 mg/kg** pour *S. aurita* de Mostaganem et de **2,28 mg/kg** pour *S. pilchardis* de Mostaganem. Avec une moyenne totale de **1,06 mg/kg poids humide**. La différence entre les deux espèces est considérée comme significative au niveau de probabilité ( $P < 0,05$ )

Les teneurs dans le muscle de tous les échantillons analysés ne dépassent pas les limites recommandées par (FAO, 1983) et (WHO, 1989).

Les concentrations en zinc sont élevées par rapport à celles rapportées par Sahbaoui (2015) et Mansouri & Khenache (2016) chez l'espèce *Sardina pilchardus* (Tableau 9).

Les concentrations en zinc chez l'espèce *Sardinella aurita* sont faibles par rapport à celles signalées par **Benamar (2011)**, qui a travaillé sur la même espèce à Oran. (**Tableau 10**).

## CUIVRE

Le cuivre joue un rôle important dans le processus de transfert biologique des électrons et est essentiel à la synthèse des globules rouges et au maintien de la structure et du fonctionnement du système nerveux. Une carence en cuivre chez les adultes peut entraîner des troubles du sang et du système nerveux (**DABBAGHMANESH, 2011**).

Selon **Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO, 1983)**, la teneur maximale en **Cuivre** établie pour le poisson est de **30 mg/kg poids humide**.

Les concentrations les plus faibles et les plus élevées de **Cuivre** observées étaient de **0,61 mg/kg** pour *S. aurita* d'Oran et de **1,02 mg/kg** pour *S. pilchardus* de Mostaganem. avec une moyenne total de **0.82 mg/kg poids humide**

Les teneurs dans le muscle de tous les échantillons analysés ne dépassent pas les limites recommandées par (**FAO, 1983**).

Les concentrations en cuivre sont élevées par rapport à celles rapportées par **Sahbaoui (2015)** et **Mansouri et Khenache (2016)** chez l'espèce *Sardina pilchardus* (**Tableau 9**).

Par ailleurs, **Zeghdoudi et al. (2018)**, qui ont travaillé sur une espèce de poisson (*sarpa salpa*) à Skikda ont enregistré une moyenne de **23,34 mg/kg poids humide**. Nos résultats obtenus pour la moyenne totale en cuivre sont inférieurs (**0,82 mg/kg**) par rapport à ceux rapportés par ces auteurs.

## FER

La carence en fer est souvent associée à une anémie et donc à une capacité de travail réduite et à un développement intellectuel limité. L'apport nutritionnel recommandé (ANR) pour les enfants (0,5-1 an) et les adultes (hommes et femmes) est de 11 et 18 mg / jour, respectivement (**SCHÜMANN, 2007**).

Selon l'organisation mondiale de la santé (**OMS, 1989**), la teneur maximale en **Fer** établie pour le poisson est de **100 mg/kg poids humide**.

Les concentrations les plus faibles et les plus élevées de **fer** observées étaient de **1,36 mg/kg** pour *S. aurita* de Mostaganem et de **4,66 mg/kg** pour *S. pilchardus* de Mostaganem.



avec une moyenne totale de **2,5 mg/kg poids humide**. La différence entre les deux espèces est considérée comme significative au niveau de probabilité ( $P < 0,05$ )

Les teneurs dans le muscle de tous les échantillons analysés ne dépassent pas les limites recommandées par (OMS, 1989)

Les concentrations en fer sont très faibles par rapport à celles rapportées par **Canli et al., (2003)** chez l'espèce *Sardina pilchardus* (Tableau 9).

#### ARSENIC

L'arsenic est un élément présent dans la nature qui peut être toxique pour l'homme, les animaux et les plantes; cependant, sa toxicité varie selon les différentes formes chimiques (Devesa et al, 2008).

Selon la loi Malaisienne sur l'alimentation et la législation Brésilienne, la teneur maximale en As établie pour le poisson est de **1,0 mg / kg poids humide (MFA, 1983 ; ANVISA, 1998)**.

Les concentrations les plus faibles et les plus élevées d'As observées étaient de **0,067 mg / kg** pour *S. aurita* d'Oran et de **0,115 mg / kg** pour *S. pulchardis* de Mostaganem. Avec une moyenne totale de **0,08 mg/kg poids humide**.

Les teneurs dans le muscle de tous les échantillons analysés ne dépassent pas les normes recommandées par la (MFA, 1983 ; ANVISA, 1998).

**Abdul baki et al. (2018)**, qui ont travaillé sur certains poissons en Bengladesh, ont enregistré une moyenne totale en Arsenic de **0,28 mg/kg poids humide**. Celle-ci est inférieure à la notre.

## CONCLUSION

Cette étude s'est inscrite dans la compréhension des niveaux d'accumulation des éléments traces métalliques (ETM) dans la chair musculaire de la sardine. L'étude du dosage des ETM a été menée sur des échantillons de poissons appartenant à l'espèce *Sardina pilchardus* et *sardinella aurita* pêchées à Oran et Mostaganem commercialisés chez des poissonniers détaillants du marché de Djelfa. Le choix de l'espèce s'est porté sur la sardine à cause de leur large consommation par l'homme.

L'étude s'est basée sur l'analyse des éléments métalliques suivant : Cuivre, Zinc, Fer et Arsenic.

La quantification des métaux traces a été effectuée par spectrométrie de fluorescence X.

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

- ❖ L'ordre général de la bioaccumulation des métaux lourds analysés au niveau de la chair musculaire de
- ❖ *Sardina pilchardus* de Mostaganem : Fe(3,39) > Zn(1,81) > Cu(0,89) > As(0,08)
- ❖ *Sardinella aurita* d'Oran : Fe(1,87) > Zn(0,81) > Cu(0,74) > As(0,0879)
- ❖ *Sardinella aurita* de Mostaganem : Fe(2,23) > Cu(0,84) > Zn(0,58) > As(0,077)

Les concentrations moyennes des métaux ciblés au cours de notre étude, semble bien inférieurs aux limites 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.

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

1. **ABDUL BAKIA M., HOSSAINA M., AKTERA J., SHAMSHAD B. QURAIHIB,M., SHOJIBAF. H., ULLAHB A., KHANC F., 2018** - Concentration of heavy metals in seafood (fishes, shrimp, lobster and crabs)and human health assessment in Saint Martin Island, Bangladesh. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 159 (2018) 153–163.
2. **AFSSA., 2003** - Acides gras de la famille Oméga 3 et système cardiovasculaire : intérêt et allégations.
3. **AMENZOU K., FERHAN-TACHINANTE F.,YAHYAOUI A.,MESFIOUI A et KIFANI S., 2005** - Etude de quelques aspects de la reproduction de *Sardina pilchardus* (walbaum,1792) de la région de Laâyoune (Maroc).Bulletin de l'institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Vie,n<sup>o</sup>26-27,43-50.
4. **AMENZOU K., FERHAN-TACHINANTE F.,YAHYAOUI A.,MESFIOUI A et KIFANI S., 2006** - Analysis of the cycle of reproduction of *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) off the Moroccan Atlantic coast, C. R. Biologies 329: 892 – 901.
5. **ANVISA., 1998** - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria N \_ 685, de 27/08/1998.
6. **ARANGUREN M. M. S., 2008** - Contamination en métaux lourds des eaux de surface et des sédiments du Val de Milluni (Andes Boliviennes) par des déchets miniers Approches géochimique, minéralogique et hydrochimique. Thèse doctorat, Université Toulouse III - Paul Sabatier, 379p.
7. **ATSDR., 2005** - Toxicological Profile for Zinc. US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
8. **ATSDR., 2007**- Toxicological Profile for Lead. US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Available from<<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id%490>>.
9. **BAGHDADI M.D., 2012**- Pollution de l'environnement marin et santé humaine : Mesure, évaluation et Impact des contaminants chimiques et biologiques dans les produits de la pêche au niveau du littoral marocain. Thèse. Tanger, Université abdelmalek essaadi faculte des sciences et techniques, Tanger, 184p.
10. **BELABED., 2010** - la pollution par les métaux lourds dans la région d'Annaba "sources de contamination des écosystèmes aquatiques". mémoire de doctorat en sciences de la mer, université de Badji Mokhtar, Annaba,11p.

11. **BENAMAR N., 2011-** Etude de la biologie, de l'exploitation et de la contamination par les métaux lourds (cadmium, plomb et zinc) d'un poisson osseux : *la sardinella ronde sardinella aurita (Valenceiennes, 1847)* pêchée dans la baie d'Oran. Thèse doctorat, Université d'Oran, 137p.
12. **BENSAHLA- TALET L., 2001-** Contamination du rouget de vase (*Mullus barbatus* L.1758).
13. **BfR, 2004.** Verwendung von Mineralstoffen in Lebensmitteln. Toxikologische und Ernährungsphysiologische Aspekte (Use of Minerals in Foodstuffs. Toxicological and Nutritional Aspects) (German). Bundesinstitut für Risikobewertung.
14. **BIN H., ZHAOJUN Y., JIANBO S., GUIBIN J., 2013-** Research progress of heavy metal pollution in China: Sources, analytical methods, status, and toxicity. Springer, 7 p.
15. **BINEY Ch., AMAZU A.T., CALAMARI D., KABA N., MBOME I.L., NAEVE H., CHUMBA O., OSIBANJO O., RADEGONDE V et MASSAD A.H.S., 1991-** Etude des métaux lourds présents dans l'environnement aquatique africain. Rapport de la troisième session du groupe de travail sur la pollution et les pêches Accra, Ghana, 25-29, novembre 1991.
16. **BOUMEHRES A., 2010 -** étude comparative des techniques d'extraction des éléments traces Métalliques dans le foie, le rein et le lait Et leur détermination par Spectrophotométrie d'absorption Atomique (flamme et four graphite). Mémoire Magister en médecine vétérinaire, Université mentouri de Constantine, 85p.
17. **BRIL H., FLOC'H J. P., 2001-** Le devenir des métaux provenant des anciennes mines; l'exemple du Massif Central Français, *Géologues*, 131, 233-241.
18. **BUSTAMANTE P., BOCHER P., CHEREL Y., MIRAMAND P et CAURANT F., 2003-** Distribution of trace elements in the tissues of benthic and pelagic fish from the Kerguelen Islands. *Science of the total environment*, 313(1): p. 25-39.
19. **CANLI M., ALTI G., 2003-** The relationships between heavy metal (Cd, Pb, Cu, Fe, Zn, Cr) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environmental pollution*. 121 p. 129-136.
20. **CANLI M., KALAY M., Ay O., 2001-** Metal (Cd, Pb, Cu, Fe, Zn, Cr, Ni) Concentrations in tissues of a Fish *Sardina pilchardus* and a Prawn *Penaeus japonicus* from three Stations on the Mediterranean Sea. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 67: p. 75-82.

21. **CASAS S, 2005-** modélisation de la bioaccumulation des métaux traces (Hg,Cd,Pb,Cu et Zn) chez la moule *Mytillusgalloprovincidis* en milieu méditerranéen. Thèse doctorat, ENV MAR univ sud Toulon ,314P.
22. **CHAPMAN H.D., JOHNSON Z.B ., 2002-** Use of antibiotics and roxarsone in broiler chickens in the USA: analysis for the years 1995 to 2000. *Poult. Sci.* 81, 356–364.
23. **COURTIN-NOMADE A., BRIL H., NEEL C., LENAIN J. F., 2003-** Arsenic in iron cements developed within tailings of a former metalliferous mine: Enguialès, Aveyron, France, *Appl. Geochem.*, 18, 395-408.
24. **DABBAGHMANESH H., SALEHI N. M., SIADATAN J et OMRANI G. R., 2011-** Copper concentration in a healthy urban adult population of Southern Iran Moham-mad. *Biological Trace Element Research*, Available from <http://www.springerlink.com/content/4173g831p1782586/fulltext.pdf> Accessed 14.05.11
25. **DAS P., SAMANTARAY S., ROUT R., 1997-** Studies on cadmium toxicity in plants: a review. *Environ Pollut*, 98: 29-36.
26. **DEVALLOIS V., 2009-** Transferts et mobilite des elements traces metalliques dans la colonne sedimentaire des hydrosystemes continentaux. Thèse doctorat : Marseille, 252 p.
27. **DEVESA V., VELEZ D., MONTORO R., 2008 -** Effect of thermal treatments on arsenic species contents in food. *Food and Chemical Toxicology*, 46, 1e8.
28. **DIXIT R., WASIULLAH., MALAVIYA D., PANDIYAN K., SINGH U.B., SAHU A., SHUKLA R., SINGH B.P., RAI J.P., SHARMA P.K., LADE H et PAUL D., 2015-** *Bioremediation of Heavy Metals from Soil and Aquatic Environment: An Overview of Principles and Criteria of Fundamental Processes*. Ed. Vincenzo Torretta, India, sustainability, 24p.
29. **EFSA., 2006-** Tolerable Upper Intake Levels for Vitamins and Minerals. Scientific Committee on Food, Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies, European Food Safety Authority.
30. **EFSA., 2009a-** Scientific opinion on arsenic in food. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). *EFSA J.* 7 (10), 1351.
31. **EFSA., 2009b-** Cadmium in food. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on cadmium in food. *EFSA J.* 980, 1e139.
32. **EFSA., 2010-** Scientific opinion on lead in food. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM). *EFSA J.* 8 (4), 1570.

33. **FAO., 1983** (Food and Agriculture Organisation) - Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products, FAO fishery circular, No. 464, pp.5-100.
34. **FERGUSON J.F., GAVIS J., 1972-** A review of the arsenic cycle in natural waters, *Water Res.*, 16, 1259-1274.
35. **FISHER W., SCNEIDER M., BAUCHTM L., 1987-** Fiches FAO d'identification des Espèces pour les besoins de la pêche Méditerranéenne et Mer Noir, Zone de pêche 37 FAO et CEE. VolumeII, Vertébrés.
36. **GAAMOUR A., BEN ABDALLAH L., KHEMIRI S ET MILI S., 2000-** Etudes de la biologie et de l'exploitation des petits pélagiques en Tunisie, ISMAR, *MedSudMed Technical Documents No.5* : 48 - 66.
37. **GAGNEUX-MOREAUX S., 2006 -** Les métaux (Cd, Cu, Pb et Zn) dans la production des micro algues sur différents milieux de culture : biodisponibilité-bioaccumulation et impact physiologique. Thèse de doctorat en biologie marine, Université de Nantes, 257p.
38. **HATTAB M., 2017-** Caractérisation morpho métrique et identification de la sardine au niveau de la station de Ghazaouet et la baie de Béni-Saf. Mémoire Master, Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen, 42p.
39. **HATTOUR A., 2000-** Contribution A L'étude Des Poissons Pélagiques Des Eaux Tunisiennes. Thèse de doctorat, Université de Tunis II, Tunis, 343p.
40. **INERIS., 2003-** Approches analytiques pour l'évaluation de la biodisponibilité des métaux dans les milieux aquatiques. DRC-03-46820-PMo/JL-03.0672. Paris, 87p.
41. **INERIS., 2014-** Données technico-économiques sur les substances chimiques en France : Zinc et principaux composés. DRC-14-136881-02237A, 74 p.
42. **J.E.C.F.A., 2010-** Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Summary and Conclusions. Seventysecond meeting. Rome, 16–25 February 2010. Issued 16th March 2010: Rome, Italy: OMS.
43. **KAYALTO B., MBOFUNG C., 2009-** Contribution a l'évaluation de la contamination par les métaux lourds, de trois espèces de poissons, des sédiments et des eaux du lac Tchad. Food and Nutrition. <hal-00825482>.
44. **KIM M.J., NRIAGU J., HAACK S., 2003-** Arsenic behavior in newly drilled wells, *Chemosphere*, 52, 623-633.
45. **LAVOUE S., MIYA M., SAITOH K., ISHIGUR N.B., NISHIDA M., 2007-** Phylogenetic relationships among anchovies, sardines, herrings and their relatives

- (Clupeiformes), inferred from whole mitogenome sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 43( 2007)-1096-1105.
- 46. MAHAN B.H., 1987** - Química. Curso Universitario. Fondo Educativo Interamericano S. A.
- 47. MANSOURI K., KHENACHE L., 2016** - 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. Mémoire Master, Université A. MIRA, Bejaia, 29p.
- 48. MAURIN C., BONNET M., OUERO J.C., 1977**- Poissons des côtes Nord-Ouest Africaines (Campagnes de la Thalassa 1962, 1968, 1971 et 1973) Clupéiformes, Scopélistiformes et Cétomimiformes. *Rev.Trav. Int. Pêches. Marit.*, vol. 41 n°1, p. 5-92
- 49. MILHAUD G., MEHENNAOUI S., 1988** - Indicators of lead zinc and cadmium exposure in cattle: I-Results in a polluted area. *Vet. Hum. Toxicol.* 30(6), 513-517.
- 50. MOLENAT N., HOLEMAN M., PINEL R., 2000**- L'arsenic, polluant de l'environnement : origines, distribution, biotransformation, *L'Actualité Chimique*, juin 2000, 12-23.
- 51. NOUAR A., 2001**- Pour une exploitation rationnelle de nos ressources halieutiques Idées-débats : *article EL Watan* : 02- 01- 2011 in <http://www.djazaires.com/fr/elwatan/305348>.
- 52. OLIVAR M.P., SALAT J., PALOMERA I., 2001**-Comparative study of spatial distribution patterns of the early stages of anchovy and pilchard in the NW Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series* 217: 111-120.
- 53. PICOT A., 2002**-Expert européen de toxicologie. Le trio mercure, plomb, cadmium. *Les métaux lourds : de grands toxiques*. 2002.
- 54. POSTEL., 1960**- Rapport sur la sardinelle (*Sardinella aurita* Val.) atlantique africaine. *FAO Fisheries Biology*, No. 6, Rome.
- 55. Rapport n° 261 du Sénat français, 2001**. Déposé le 5 avril 2001. Rapport no 2979, Assemblée nationale, 2001.
- 56. 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 Master, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, 42p.
- 57. SCHERZ H., KIRCHHOFF E., 2006** - Trace elements in foods: zinc contents of rawfoods - a comparison of data originating from different geographical regions of the world. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 420e433.

- 58. SCHOETERS G., DEN HOND E., ZUURBIER M., NAGINIENE R., VAN DEN HAZEL P., STILIANAKIS N., RONCHETTI R et KOPPE J.G., 2006.**-Cadmium and children: exposure and health effects. *Acta Paediatr.* 95 (Suppl.), 50–54.
- 59. SCHÜMANN K., ETTLE T., SZEGNER B., ELSENHANS B et SOLOMONS N. W., 2007-** On risks and benefits of iron supplementation recommendations for iron intake revisited. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 21, 147e168.
- 60. SLATNI I., 2014-** Etude de la destruction ou la perturbation des espèces végétales par la pollution. Mémoire de magister, Université de M<sup>ed</sup> Cherif Messaadia, Souk-Ahras, 68p.
- 61. THIRION-MERLE V., 2014 -** Spectrométrie de fluorescence X. Circulation et provenance des matériaux dans les sociétés anciennes, Editions des archives contemporaines, Collection Sciences Archéologiques, 9782813001634. hal-01393984.
- 62. TOUATI S et BENATMANE K., 2018-** Contribution à l'étude de parasitofaune de la sardine, *Sardina pilchardus* du golfe de Bejaia. Mémoire Master, Université Abderrahmane MIR, Bejaia, 32p.
- 63. W.H.O., 2001-** Evaluation of certain food additives and contaminants. 55th report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives and Contaminants. Geneva, Switzerland.
- 64. WHITEHEAD P. J. P., 1985-** Clupeoid fishes of the world (suborder Clupeoidei). An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, shads, anchovies and wolf-herrings. Part 1 - Chirocentridae, Clupeidae and Pristigasteridae. *FAO Fish. Synop.* 125 (7/1) : 1-303.).
- 65. WHO., 1989**(World Health Organization) - Thirty-third report of the joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. (WHO technical report series, No. 776), World Health Organization, Geneva.
- 66. ZEGHDOUDI F., TANDJIR L., OUALI N., RACHEDI M., 2018 -** Evaluation of four metals (Cd, Pb, Zn and Cu) contamination in the superficial sediment and in *Sarpa salpa* caught in the Gulf of Skikda (Mediterranean coast, East of Algeria). *AAFL Bioflux.* 11 (4) : 1311 – 1322.



## ANNEXES 1

**Tableau 1 :** Valeurs moyennes (mg/kg) et écart-types pour les ETM dans deux espèces sardine et allache de deux régions(Oran, Mostaganem )(rapportées au poids humide et sec).

Eléments traces métalliques	Sardine de Mostaganem	Allache de Mostaganem	Allache d'Oran
<b>Zinc</b>	0,98 - 2,28 (a)	0,36 -0,89 (a)	0,37-1,17 (a)
	2,35±0.62 (b)	0,81±0,31 (b)	0.89±0.45 (b)
	<b>1,81±0.48 (c)</b>	<b>0,58±0,21 (c)</b>	<b>0,81±0,26 (c)</b>
	n=6 (d)	n=6 (d)	n=6 (d)
<b>Cuivre</b>	0,76-1,02 (a)	0,68-1,002 (a)	0,68-1,002 (a)
	1,16±0,12 (b)	1,18±0,18 (b)	1,18±0,18 (b)
	<b>0,89±0,08 (c)</b>	<b>0,84±0,12 (c)</b>	<b>0,84±0,12 (c)</b>
	n=6 (d)	n=6 (d)	n=6 (d)
<b>Fer</b>	2,25-4,66 (a)	1,36-2,62 (a)	1,65-2,97 (a)
	4,4±1,09 (b)	2,63±0,79 (b)	3,14±0,72 (b)
	<b>3,39±0,84 (c)</b>	<b>1,87±0,56 (c)</b>	<b>2,23±0,51 (c)</b>
	n=6 (d)	n=6 (d)	n=6 (d)
<b>Arsenic</b>	0,07-0,11 (a)	0,07-0,08 (a)	0,07-0,09 (a)
	0,12±0,03 (b)	0,11±0,01 (b)	0,11±0,01 (b)
	<b>0,08±0,02 (c)</b>	<b>0,077±0,005 (c)</b>	<b>0,079±0,011 (c)</b>
	n=6 (d)	n=6 (d)	n=6 (d)

**a :** minimum-maximum.

**b:** moyennes ± écarts-types (poids sec).

**c:** moyennes ± écarts-types (poids humide).

**d :** Nombre d'essai.

**Tableau 2:** les teneurs en Zinc des Sardines et Allaches de Oran et Mostaganem  
(effectué par spectrométrie de fluorescence x)

sardine Mostaganem	Allache Mostaganem	Allache Oran
2,28	0,82	0,75
1,5	0,49	0,37
2,09	0,44	0,78
1,98	0,89	1,17
2,01	0,5	0,92
0,98	0,36	0,88

**Tableau3:** les teneurs en Cuivre des Sardines et Allaches de Oran et Mostaganem  
(effectué par spectrométrie de fluorescence x)

Sardine Mostaganem	Allache Mostaganem	Allache Oran
0,86	0,86	0,68
0,9	0,96	0,84
0,87	0,71	0,86
0,9	0,84	0,69
0,76	1,002	0,77
1,02	0,68	0,61

**Tableau 4:** les teneurs en Fer des Sardines et Allaches de Oran et Mostaganem  
(effectué par spectrométrie de fluorescence x)

Sardine Mostaganem	Allache Mostaganem	Allache Oran
3,98	2,62	1,91
3,14	1,61	1,65
4,66	1,36	1,85
3,33	2,53	2,97
2,99	1,68	2,55
2,25	1,4	2,48

**Tableau 5:** les teneurs en Arsenic des Sardines et Allaches de Oran et Mostaganem

(effectué par spectrométrie de fluorescence x)

Sardine Mostaganem	Allache Mostaganem	Allache Oran
<LOD	0,08	0,08
0,09	<LOD	<LOD
0,08	0,08	<LOD
<LOD	0,07	0,07
0,07	<LOD	<LOD
0,11	0,08	0,09

ANNEXES II



**Figure 16 :** Spectrométrie de Fluorescence X (XRF)

**Source :** Laboratoire de Chimie des Réacteurs CRNB



**Figure 17 :** Un four à moufle utilisé pour la calcination

**(photo personnelle)**

## RESUME

Evaluation de la qualité en ETM de certains produits de pêche vendus dans certains poissonniers détaillants de la ville de Djelfa et impact sur la santé publique.

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 cause de leur accumulation dans toute la chaîne trophique.

La présente étude a pour but d'évaluer la concentration de quatre métaux traces (Cuivre, Fer, Zinc et Arsenic) dans la chair musculaire de deux espèces de Sardine : *Sardina pilchardus* et *Sardinella aurita*, provenant de deux régions de l'ouest Algérien (Oran et Mostaganem).

Le dosage a été réalisé sur les échantillons par Spectrométrie de Fluorescence X (XRF). Les résultats obtenus montrent que les concentrations les plus fortes de quatre métaux traces trouvés dans *S. pilchardus* de Mostaganem suivi par *S. aurita* d'Oran puis *S. aurita* de Mostaganem. Les concentrations trouvées sont inférieures aux limites maximales admissibles.

**Mots clés :** La pollution, les métaux lourds, limites maximales, *Sardina pilchardus*, *Sardinella aurita*.

## ABSTRACT

Evaluation of the quality in ETM of certain fishery products sold in some retail fishmongers of the city of Djelfa and impact on public health.

Heavy metal pollution in the marine environment is one of the most worrying problems in environmental degradation and human health because of its accumulation throughout the food chain.

The present study aims to evaluate the concentration of four trace metals (Copper, Iron, Zinc and Arsenic) in the muscle flesh of two Sardine species: *Sardina pilchardus* and *Sardinella aurita*, originating from two regions of western Algeria (Oran and Mostaganem).

The assay was performed on the samples by X-ray Fluorescence Spectrometry (XRF). The results obtained show that the highest concentrations of four trace metals found in *S. pilchardus* from Mostaganem followed by *S. aurita* from Oran and *S. aurita* from Mostaganem. The concentrations found are below the maximum allowable limits.

**Key words:** Pollution, heavy metals, maximum limits, *Sardina pilchardus*, *Sardinella aurita*.

## الملخص

تقييم نوعية العناصر المعدنية الثقيلة لبعض المنتجات السمكية المباعة عند بعض تجار التجزئة في مدينة الجلفة وتأثيرها على الصحة العامة.

التلوث الناجم عن المعادن الثقيلة في البيئة البحرية هي واحدة من المشاكل الأكثر إثارة للقلق من تدهور البيئة وصحة الإنسان بسبب تراكمها في السلسلة الغذائية بأكملها.

الهدف من الدراسة هو تقييم تركيز المعادن الثقيلة الأربعة (النحاس ، الحديد ، الزنك والزرنيخ) في لحم العضلي لنوعين من أنواع السردين : *Sardina pilchardus* و *Sardinella aurita* مصدرها منطقتان غرب الجزائر ( وهران ومستغانم).

تم إجراء الفحص على العينات بواسطة مطياف الأشعة السينية (XRF). أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن التركيزات الأعلى نسبة للعناصر الأربعة وجدت في *Sardina pilchardus* القادمة من مستغانم تليها *Sardinella aurita* القادمة من وهران ثم القادمة من مستغانم ، و التركيزات التي وجدت هي أقل من الحد الأقصى المسموح به. الكلمات المفتاحية : التلوث ، المعادن ، الثقيلة ، الحد الأقصى ، *Sardina pilchardus* ، *Sardinella aurita*

***CHAPITRE I***  
***GENERALITES SUR LES ELEMENTS***  
***TRACES METALLIQUES***

*CHAPITRE II*  
*GENERALITES SUR LES ESPECES*  
*D'ETUDE*

# ***INTRODUCTION***



***CHAPITRE III***  
***MATERIELS ET METHODE***

*CHPITRE IV*  
*RESULTATS ET DISCUSSIONS*

## ***PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE***

# ***PARTIE EXPERIMENTALE***