

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABOU BAKR BELKAID TLEMCEN

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES  
SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

**MEMOIRE**



En vue de l'obtention du diplôme de Master II en sciences des aliments

**THEME**

**Contribution à l'évaluation de la pollution métallique  
sur le littoral de Ghazaouet**

**Cas de la saurel (*Trachurus trachurus*) (linné, 1758)**

Présenté par :

M<sup>lle</sup> BENHABIB Naïma

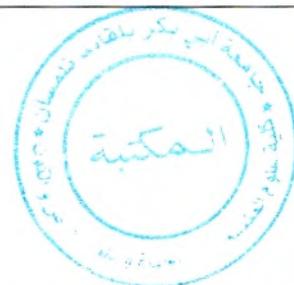
Soutenu le 25/06/2013: devant le jury composé de :

**Président** : Mr LAZOUNI Hamadi.A

**Encadreur** : M<sup>me</sup> KAID SLIMANE Nacéra.

**Examineur** : Mr BENAMMAR Chahid

**Invitée** : M<sup>lle</sup> ABOUREJAL Nesrine



M.C.A, Université de Tlemcen

Pr, Université de Tlemcen

M.C.B, Université de Tlemcen

M.A.H.U, CHU de Tlemcen

Année universitaire : 2012-2013

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABOU BAKR BELKAID TLEMCEN

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES  
SCIENCES DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

## MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en sciences des aliments

### THEME

**Contribution à l'évaluation de la pollution métallique  
sur le littoral de Ghazaouet  
Cas de la saurel (*Trachurus trachurus*) (linné, 1758)**

Présenté par :

**M<sup>elle</sup> BENHABIB Naïma**

Soutenu le 25/06/2013: devant le jury composé de :

**Président :** Mr LAZOUNI Hamadi.A

M.C.A, Université de Tlemcen

**Encadreur :** M<sup>m</sup>c KAID SLIMANE Nacéra.

Pr, Université de Tlemcen

**Examineur :** Mr BENAMMAR Chahid

M.C.B, Université de Tlemcen

**Invitée :** M<sup>elle</sup> ABOUREJAL Nesrine

M.A.H.U, CHU de Tlemcen

Année universitaire : 2012-2013

## *Dédicaces*

*A la mémoire de mon père.*

*A ma très chère mère qui m'a guidée dans mes premiers pas et  
ma soutenue.*

*A mes frères et sœurs.*

*A mes neveux et nièces.*

*A toutes mes amies et collègues.*

## *Remerciements*

Au terme de ce travail, je voudrais faire part de mes vifs remerciements aux personnes qui ont eu l'amabilité de m'aider et de me soutenir, je pense spécialement à :

Mme Kaïd Slimane Nacéra qui a accepté de m'encadrer, de me diriger ainsi que je tiens à la remercier pour sa patience et sa disponibilité.

Mr Lazouni Hamadi.A pour avoir bien voulu présider le jury.

Mr Benammar Chahid pour avoir bien voulu faire partie du jury.

M<sup>elle</sup> Abouregal Nesrine pour son aide et ses précieux conseils.

Mr Redouane Bachir, le Directeur du laboratoire de recherche de catalyse et synthèse inorganique, ainsi que Mr Choukchou Noureddine, pour m'avoir aidée et permis d'effectuer les analyses des métaux au sein de leur laboratoire.

Melle Tizaoui Khadidja pour son soutien remarquable.

Enfin à tous les ingénieurs et techniciens du laboratoire de recherche : catalyse et synthèse inorganique et le laboratoire de recherche : valorisation des actions de l'homme pour la protection de l'environnement et application en santé publique pour leur aide, soutien et formidable ambiance de travail.

# ***SOMMAIRE***

# SOMMAIRE

Introduction.....	1
<b>Chapitre I</b>	
I.LES METAUX LOURDS ET LES POISSONS .....	3
II. LA POLLUTION MARINE PAR LES METAUX LOURDS.....	4
II.1. Les types de pollutions marines.....	5
a) Pollution par les hydrocarbures .....	5
b) Pollution organiques .....	5
c) Pollution thermique .....	5
d) Pollution chimique.....	6
II.2.La pollution métallique.....	6
II.2.1. Les métaux essentiels ou Oligoéléments.....	7
II.2.2. Les métaux non essentiels ou métaux toxiques.....	7
II.2.3. La bioaccumulation des métaux lourds.....	7
a) L'assimilation .....	7
b) La bioconcentration.....	8
c) la bioamplification .....	9
III .QUELQUES PROPRIETES DES METAUX LOURDS .....	9
III.1. Définition.....	9
III.2. Origine .....	9
a) Source naturelle.....	9
b) Source anthropique.....	10
III.3. Utilisation et toxicité.....	10
IV. PRESENTATION DE QUELQUES METAUX .....	12

IV.1. Le Cadmium (Cd).....	12
IV.1.1. Propriété physico-chimique .....	12
IV.1.2.Sources naturelles et anthropiques .....	13
IV.1.3. Comportement dans l'eau .....	13
IV.1.4. Métabolisme .....	14
IV.1.5. Toxicité .....	15
IV.1.5.1. Toxicité aiguë .....	15
IV.1.5.2. Toxicité chronique .....	15
IV.1.6. Biodisponibilité et toxicité chez les organismes aquatiques .....	16
IV.2. Le Plomb (Pb).....	17
IV.2.1. Propriétés physico-chimique.....	17
IV.2.2. Sources naturelles et anthropiques.....	17
IV.2.3. Comportement dans l'eau .....	18
IV.2.4. Métabolisme.....	18
IV.2.5. Toxicité.....	19
IV.2.5.1. Toxicité aiguë.....	19
IV.2.5.2. Toxicité chronique.....	19
IV.3. Le Cuivre (Cu) .....	21
IV.3.1. Propriétés physico-chimiques.....	21
IV.3.4. Sources naturelles et anthropiques.....	21
IV.3.3. Comportement dans l'eau.....	22
IV.3.4. Métabolisme .....	22
IV.3.5. Toxicité.....	23
IV.4. Le Zinc (Zn).....	23
IV.4.1.Propriétés physico-chimiques.....	23

IV.4.2. Sources naturelles et anthropiques.....	24
IV.4.3. Métabolisme.....	24
IV.4.4. Toxicité.....	25
IV.5. Le Fer (Fe) .....	26
IV.5.1 : Propriétés physico-chimiques.....	26
IV.5.2.Sources naturelles et anthropiques.....	26
IV.5.3.Métabolisme.....	26
IV.5.4. Toxicité.....	27
V. ETUDE DU MATERIEL BIOLOGIQUE .....	28
V.1. Description.....	28
V.2. Rang taxonomique .....	29
V.3. Ecologie et habitat.....	30
V.4.Répartition géographique.....	30
V.5. Biologie.....	31
V.5.1.Reproduction.....	31
V.5.2. Nutrition.....	31
V.5.3.Respiration .....	31
V.5.4. Consommation .....	32
 <b>Chapitre II</b>	
I. SITUATION GEOGRAPHIQUE.....	33
II.TISSU INDUSTRIEL.....	34
 <b>Chapitre III</b>	
I.MATERIEL .....	36
I.1.Nature et effectif des échantillons .....	36
I.2.Travail au laboratoire .....	36

I.2.1. Mensuration .....	36
I.2.2. Indices métriques utilisés .....	37
1) Indice céphalique .....	37
2) Indice pré-anal .....	38
3) Indice pré-dorsal.....	38
I.2.3. Dissection .....	38
I.2.4. Minéralisation des échantillons.....	39
a) Matériel et réactif utilisés pour la minéralisation.....	40
b) Minéralisation par voie sèche .....	41
1. Séchage à l'étuve.....	41
2. Réduction en cendres .....	41
3. Filtration et mis en solution .....	41
 II.DOSAGE DES METAUX PAR SPECTROPHOTOMETRIE D'ABSORPTION ATOMIQUE A FLAMME (SAAF) .....	
II.1.Principe.....	43
III. Analyse statistique des résultats .....	47
a) Analyse de la variance à un facteur ANOVA1 et test de student.....	47
b) Analyse en composante principale (ACP).....	48
 <b>Chapitre IV</b>	
I. Les mensurations.....	49
II. Les caractères morpho-métriques de la saurel.....	50
III. Analyse des teneurs métalliques.....	51
IV. Etude statistique.....	56
a) ANOVA1 et test de student.....	56
b) Calcul des teneurs moyennes.....	56

c) Etude de la composante principale (ACP).....	58
Conclusion.....	63
Références bibliographiques.....	65
Annexes.....	72

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure I.1</b> : Morphologie externe de <i>Trachurus trachurus</i> (Linné ,1758).....	29
<b>Figure II.1</b> : Localisation de Ghazaouet (Wilaya de Tlemcen-ALGERIE) (M.A.T.E, 2006).....	34
<b>Figure III.1</b> : La Saurel, <i>Trachurus trachurus</i> (Photo originale).....	36
<b>Figure III.2</b> : Schéma des mensurations réalisées sur la saurel.....	37
<b>Figure III.3</b> : Dissection de la Saurel (originale).....	38
<b>Figure III.4</b> : Organes de la saurel : filet et foie (originale).....	39
<b>Figure III.5</b> : Etuve (Photo originale).....	40
<b>Figure III.6</b> : Four à moufle (Photo originale).....	40
<b>Figure III.7</b> : Balance de précision.....	41
<b>Figure III.8</b> : Swinnex (Photo originale).....	41
<b>Figure III.9</b> : Filtration de la solution obtenue par minéralisation à l'aide de swinnex.....	42
<b>Figure III.10</b> : Protocole expérimental de minéralisation par voie sèche.....	42
<b>Figure III.11</b> : Lampe à cathode creuse (Péré, 1999).....	45
<b>Figure III.12</b> : Spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme (PERKIN-ELEMER A ANALYST 300).....	46
<b>Figure III.13</b> : Schéma de principe d'un spectrophotomètre d'absorption atomique.....	46
<b>Figure IV.1</b> : Indices céphaliques (IC), pré-dorsales (ID) et pré-anales (IA) de la Saurel ( <i>Trachurus trachurus</i> ) de Ghazaouet.....	50
<b>Figure IV.2</b> : Teneurs en Fer (mg/kg) dans le filet et le foie de ( <i>Trachurus trachurus</i> ) de Ghazaouet.....	52
<b>Figure IV.3</b> : Teneurs en Cuivre (mg/kg) dans le filet et le foie de ( <i>Trachurus trachurus</i> ) de Ghazaouet.....	52

<b>Figure IV.4</b> : Teneurs en zinc (mg/kg) dans le filet et le foie de ( <i>Trachurus trachurus</i> ) de Ghazaouet.....	53
<b>Figure IV.5</b> : Teneurs en de Plomb (mg/kg) dans le filet et le foie de ( <i>Trachurus trachurus</i> ) de Ghazaouet.....	53
<b>Figure IV.6</b> : Teneurs en Cadmium (mg/kg) dans le filet et le foie de ( <i>Trachurus trachurus</i> ) de Ghazaouet.....	54
<b>Figure IV.7</b> : Teneurs moyennes en métaux (mg/kg) dans le filet et le foie de ( <i>Trachurus trachurus</i> ) de Ghazaouet.....	57
<b>Figure IV.8</b> : Plan factoriel engendré par les deux premiers axes de l'analyse en composantes principales calculé à partir des teneurs métalliques pour les différents individus de ( <i>Trachurus trachurus</i> ) dans les deux organes étudiés (filet et foie), le poids(P) et la longueur totale(LT).....	59
<b>Figure IV.9</b> : Plan factoriel engendré par les deux premiers axes de l'analyse en composantes principales calculé à partir des teneurs métalliques moyennes des différents individus de ( <i>Trachurus trachurus</i> ) dans les deux organes étudiés (filet et foie).....	60

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau I.1:</b> Sources industrielles et agricoles des métaux présents dans l'environnement.....	11
<b>Tableau I.2 :</b> Teneurs maximales autorisées de plomb dans les produits de la pêche (Lachambre et Fisson, 2007).....	20
<b>Tableau II.1 :</b> Les principales unités industrielles qui activent dans la bande littorale (D.E.T, 2006).....	35
<b>Tableau IV.1 :</b> Le poids et les différentes longueurs mesurées pour chaque individu de la Saurel (TT).....	49
<b>Tableau.IV.2.</b> Tableau comparatif avec les résultats de la littérature (exprimée en mg/kg).....	62

# ***INTRODUCTION***

## INTRODUCTION

Les zones côtières algériennes, longues de 1200 Km, sont considérées sur un plan écologique comme un système aquatique d'une très grande importance car hébergeant une très grande variété d'espèces animales et végétales. La pollution de ces zones côtières par des substances chimiques diverses peut avoir des conséquences graves sur l'équilibre écologique.

Les métaux et les métalloïdes sont naturellement présents dans l'environnement et atteignent des milieux aquatiques par l'intermédiaire de divers processus géochimiques. Les sources anthropogènes telles que des déchets industriels, des eaux d'égout agricoles et urbaines, structure géochimique et exploitation des métaux créent une source possible de pollution de métaux lourds dans le milieu aquatique et sa contamination a été identifiée comme souci dans les environnements côtiers (**Mendil et al, 2010**).

La contamination du milieu marin, particulièrement le poisson, par les métaux lourds est considéré comme un problème sérieux compte tenu de leur toxicité et de leur pouvoir cumulatif dans la chaîne trophique pour aboutir finalement à l'homme. Ainsi l'évaluation du niveau de contamination métallique dans les organismes marins permet de rendre compte de la qualité de ces zones côtières.

De nombreux accidents d'intoxication collective de populations, à la suite de la consommation de poissons contaminés par les métaux lourds ont été signalés à travers le monde. Le plus grand exemple est la maladie de Minamata au Japon en 1953, qui a sévi de nombreuses années, suite à la consommation de poissons contaminés par le mercure.

La saurel, *Trachurus trachurus* (**Linnée ,1758**) est l'une des espèces pélagiques les plus pêchées sur le littoral algérien. De part sa qualité nutritionnelle (richesse en protéines, lipides, sels minéraux et vitamines) et d'autres part son coût modéré, la saurel est considérée

un aliment de choix pour d'innombrables populations côtières dont leur principale activité est la pêche.

Notre zone d'étude se porte sur le littoral de Ghazaouet. C'est une zone qui présente un problème de pollution, surtout après l'installation et la mise en marche de l'usine d'ALZINC. Nous nous sommes intéressés essentiellement à l'étude de la biodisponibilité de quelques éléments métalliques au niveau du filet et du foie chez La saurel (*Trachurus trachurus*), procurée à la pêcherie de Ghazaouet.

Les métaux que nous avons recherchés sont le zinc (Zn), le cuivre (Cu) et le fer (Fe) qui sont des métaux essentiels à la vie, ainsi que le cadmium (Cd) et le plomb (Pb) considérés très toxiques pour les organismes marins même à de faible dose.

Nous avons effectué les mensurations de chaque individu de la Saurel puis on a réalisé une minéralisation par voie sèche du matériel biologique suivie du dosage par la spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme (S.A.A.F) et une analyse statistique.

Ce mémoire comporte cinq chapitres :

Le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique sur la pollution marine par les métaux et l'étude du matériel biologique.

Dans le deuxième chapitre nous présentons la zone d'étude.

Le troisième chapitre se concentre sur matériel et les méthodes utilisées.

Dans le quatrième chapitre nous présentons les résultats et la discussion.

Nous terminons par une conclusion.

***CHAPITRE I***  
*Synthèse*  
*bibliographique*

**I. LES METAUX LOURDS ET LES POISSONS :**

Le poisson est la partie principale du régime humain, surtout pour la population côtière vu sa disponibilité et son prix abordable. C'est est un aliment sain en raison de ses avantages nutritionnels liés à ses protéines de qualité biologique élevée, de composition en lipide souhaitable, de composés minéraux précieux et de vitamines. La composition particulière de sa fraction lipidique, riche en acides gras polyinsaturés  $\omega$ -3 essentiels (PUFA), particulièrement acide eicosapentaenoic (EPA) et acide docosahexaenoïque (DHA), et pauvre en cholestérol, en fait comme aliment d'amorce (**Carvalho et al., 2005 ; Castro-González et Méndez-Armenta, 2008 ; Groth, 2010 ; Storelli, 2008**). L'association américaine des maladies du coeur (AHA) recommande l'ingestion des poissons (de préférence huileux) au moins deux fois par semaine. Les consommateurs de poissons ont un faible risque de maladie cardiaque, d'hypertension et de cancer coronaire.

La déclaration scientifique de l'AHA indique également que les poissons et les mollusques et crustacés d'aïeron sont, potentiellement, des sources importantes d'exposition humaine à de divers polluants environnementaux tels que des métaux lourds et des métalloïdes (**Kris-Etherton et al., 2003**). Ces composés sont concernés dû à leur toxicité, persistance, bioaccumulation et biomagnification dans la chaîne alimentaire (**Castro-González et Méndez-Armenta, 2008 ; Groth, 2010 ; Mendil et al., 2010 ; Storelli 2008**).

Les poissons ont également été les cibles populaires des programmes de contrôle de métaux lourds dans les milieux marins parce que les prélèvements et l'analyse chimique sont habituellement plus simples, plus rapides et moins chers que des choix alternatifs tels que l'eau et des sédiments (**Rayment et Borry, 2000 ; Turkmène et al., 2005**).

Trois raisons justifient une attention et une vigilance particulières.

- Les poissons sont des capteurs de polluants en général et de mercure en particulier.

Ils combinent un grand facteur de bioconcentration (le mercure concentré dans les poissons est de plusieurs milliers de fois supérieur au mercure dans l'eau), et un grand facteur de bioaccumulation.

Les grosses espèces piscivores sont évidemment les plus sensibles dont la richesse en lipides, qui favorise l'assimilation, et la taille en font des poissons les plus chargés en mercure.

➤ Le mercure assimilé est aussi le mercure le plus toxique pour l'homme puisqu'il s'agit du mercure organique, le méthylmercure.

La méthylation est favorisée dans certains milieux aquatiques par la réunion de plusieurs facteurs : un sédiment riche en mercure, une faible oxygénation et une faible hydraulicité, et la présence de matières organiques en décomposition.

Les poissons sont la source principale de méthylmercure pour l'homme. 80 % du méthylmercure se trouvent dans les poissons, 10 % dans l'eau et 10 % dans les autres éléments.

➤ Enfin, les intoxications les plus importantes et les plus graves ont souvent été liées à la consommation de poisson. C'est en particulier le cas de Minamata, au Japon. La plupart des études épidémiologiques sur les effets du mercure sur la santé partent d'analyses de populations grosses consommatrices de poissons : Japon, pays Inuit (Canada), îles Féroé (Islande), Seychelles (**Miquel, 2001**).

## II. LA POLLUTION MARINE PAR LES METAUX LOURDS :

La pollution marine résulte de tous les produits rejetés dans les mers et les océans, en conséquence de l'activité humaine. Cette pollution arrive dans le milieu marin par le vecteur des voies fluviales, des vents, de l'air en basse altitude ou est directement rejetée à la mer. La pollution marine comprend la pollution de l'eau, mais aussi des sédiments marins, et plus

généralement toutes les atteintes aux écosystèmes marins causées par des rejets de substances nuisibles par leur nature ou leur quantité.

## **II.1. Les types de pollutions marines :**

### **a) Pollution par les hydrocarbures :**

Celle-ci est liée à l'extraction, au transport, et à l'utilisation du pétrole et de ses dérivés (lubrifiants, carburants). A cela s'ajoutent le nettoyage de citernes (dégazage) et les opérations de déballastage ; 450000 tonnes par an de ballast et 90000 tonnes par an de substances liquides et nocives (surtout l'huile) sont rejetées en méditerranée.

### **b) Pollution organique :**

Cette forme est provoquée par les eaux usées d'origine domestiques et industrielles. Pendant la saison estivale, on constate sur les côtes nord méditerranéennes, due à l'affluence massive des touristes, une augmentation de pollution des eaux marines par les matières organiques fermentescibles d'autant plus que les stations d'épuration sont saturées. **(Delavie, 2001)**. Eutrophisation, l'excès des sels nutritifs comme le nitrate entraîne le développement d'algues vertes (les ulves) qui recouvrent alors de vastes surfaces, ce phénomène perturbe les conditions de vie de la faune locale, parfois jusqu'à la mort. **(Bendimered, 2000)**.

### **c) Pollution thermique :**

Les processus de refroidissement des centrales thermiques et thermonucléaires peuvent provoquer une pollution par leurs effluents réchauffés qui entraînent une élévation de température de milieu récepteur qui peut engendrer une raréfaction de l'oxygène, une augmentation de la sensibilité des organismes aux autres polluants et aux agents pathogènes

ou alors une perturbation du cycle biologique de nombreuses espèces pélagiques ou benthiques.

**d) Pollution chimique :**

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

➤ **Les micropolluants chimiques organiques :**

Hydrocarbures, pesticides, détergents et autres...

Ces polluants sont appelés les polluants organiques permanent (POP).

➤ **Les micropolluants chimiques inorganiques :**

Métaux lourds et autres...

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

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

**II.2.La pollution métallique:**

**II.2.1. Les métaux essentiels ou Oligoéléments** sont tous les métaux qui présentent un rôle biologique pur dans l'organisme tel que le zinc, cuivre, fer, cobalt, molybdène, nickel, chrome, vanadium et l'étain. Ces éléments rentrent dans les réactions biochimiques de la matière vivante et ont ainsi un rôle nutritionnel (**Regoli et al., 1998**). Ces métaux sont les plus

souvent liés à des protéines, exemple : le fer contenu dans l'hémoglobine et le manganèse présent dans la chlorophylle.

Ces oligoéléments doivent répondre aux critères fixés par (**Cotzias, 1967**) :

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

**II.2.2. Les métaux non essentiels ou métaux toxiques**, sans intérêt biologique pour les organismes vivants, ingérés à des doses infimes, ils sont toxiques ; exemple : plomb, mercure, cadmium.

### **II.2.3. La bioaccumulation des métaux lourds :**

La bioaccumulation est le processus d'assimilation et de concentration des métaux lourds dans l'organisme. Le processus se déroule en trois temps (**Miquel, 2001**): l'assimilation, la bioaccumulation par l'individu, ou bioconcentration et la bioaccumulation entre individus, ou bioamplification.

#### **a) L'assimilation :**

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

Toute absorption, a fortiori tout contact avec un polluant, n'est pas nécessairement dangereuse. D'une part, tout dépend évidemment des concentrations du polluant. D'autre part, il faut s'intéresser à la seule 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 ...)(Miquel, 2001).

La partie soluble bio disponible, assimilable, se concentre dans certains organes. C'est ce qu'on appelle **l'organotropisme**. Cette « réceptivité » est due, soit à une fonction particulière (exemples : le foie, principal siège de la métabolisation c'est à-dire de la transformation des matières, ou le rein qui est le siège de l'excrétion), soit à la composition physicochimique de l'organe, favorisant le stockage du contaminant (exemple: calcium/plomb dans les os) ou permettant les accumulations (exemples : les organes riches en lipides accumuleront fortement les polluants organiques) (Miquel, 2001).

#### **b) La bioconcentration :**

La bioconcentration concerne tous les métaux lourds en général, mais plus particulièrement le mercure, lorsqu'il est présent sous forme organique (méthylmercure) qui est sa forme la plus toxique pour l'homme.

Ce processus d'accumulation s'exprime par un ratio entre la concentration du composé étudié (plomb/mercure) dans le milieu (eau/sol) et la concentration dans l'organisme. Ce ratio porte le nom de facteur de bioconcentration « **BCF** ».

Il existe d'importantes différences selon les espèces et les métaux. Les organismes vivants concentrent les métaux beaucoup plus que l'eau et l'air. Mais l'analyse des transferts met en évidence une hiérarchie entre les espèces, classées selon leur proportion à concentrer les métaux lourds. Les fruits de mer, mollusques et crustacés, et dans une moindre mesure, certains poissons sont d'excellents « capteurs de polluants ». Tandis que le BCF dans les plantes varie de 0,01 à 1 pour le mercure (une plante concentre de 1 à 100 % de mercure contenu dans le sol), le BCF dans les poissons est de plusieurs milliers, voire de plusieurs dizaines de milliers pour les mollusques et les invertébrés (Miquel, 2001).

**c) la bioamplification :**

Les transferts de métaux entre individus suivent un processus classique, dits : transferts trophiques. Le polluant, présent dans les algues et les microorganismes est ingéré par un herbivore, lui-même proie pour un carnivore, lui-même proie d'un super carnivore, animal ou homme. En bout de chaîne, on se trouve donc avec un consommateur final ayant bio accumulé les formes solubles des métaux. Il peut arriver, pour certains prédateurs et certains métaux, que les concentrations augmentent au fur et à mesure que l'on progresse dans la chaîne trophique. C'est le cas du plomb et surtout du mercure sous la forme méthylée. Le mercure s'accumule à chaque étape et se retrouve concentré en bout de chaîne alimentaire, notamment dans les gros poissons piscivores. On appelle ce phénomène la « bioamplification » ou la « biomagnification » (Miquel, 2001).

**III. QUELQUES PROPRIETES DES METAUX LOURDS :****III.1. Définition:**

On parle généralement de «**métaux lourds**» pour désigner les éléments métalliques naturels ou métaux caractérisés par une masse volumique élevée, supérieure à 5 kg par décimètre cube. (INERIS, 2006).

**III.2. Origine :****a) Source naturelle:**

Les métaux lourds sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, mais en général en quantités très faibles. On dit que les métaux sont présents «en traces». Ils sont aussi «la trace» du passé géologique et de l'activité de l'homme.

Les métaux sont des composants naturels de l'écorce terrestre dans laquelle on les rencontre généralement sous forme de minerais, associés entre eux et à de nombreux éléments (oxygène

et soufre en particulier). Ils sont donc aussi naturellement présents dans les roches drainées par les eaux de surface et les nappes souterraines, de même que dans les poussières atmosphériques.

#### **b) Source anthropique:**

En dehors de concentration de fond (ou concentration naturelle), il existe trois sources principales de métaux lourds:

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

De ce fait, l'exploitation et l'utilisation des métaux par l'homme peuvent exagérément augmenter leur dissémination dans des écosystèmes qui n'y sont pas exposés naturellement. (**INERIS, 2004**).

### **III.3. Utilisation et toxicité:**

Les métaux généralement sont des corps simples, doués d'un éclat particulier (l'éclat métallique), bons conducteurs de la chaleur et de l'électricité. Ils sont abondamment utilisés par l'homme depuis l'antiquité, d'abord pour sa survie, puis son confort et ses loisirs.

Les utilisations des métaux sont multiples et très diversifiées, depuis les additifs de plomb dans les carburants jusqu'aux sels d'argent de l'industrie photographique, au nickel ou au cadmium des batteries d'accumulateurs, au zinc des gouttières ou au chrome des aciers inoxydables, au cuivre de l'industrie électrique ou à l'arsenic des produits phytosanitaires (**Tableau I.1**). Les sources de contamination le sont par conséquent aussi.

**Tableau I.1:** Sources industrielles et agricoles des métaux présents dans l'environnement  
(FAO, 1988)

Utilisations	Métaux
Batteries et autres appareils électriques	Cd, Hg, Pb, Zn, Mn, Ni,
Pigments et peintures	Ti, Cd, Hg, Pb, Zn, Mn, Sn, Cr, Al, As, Cu, Fe
Alliages et soudures	Cd, As, Pb, Zn, Mn, Sn, Ni, Cu
Biocides (pesticides, herbicides, conservateurs)	As, Hg, Pb, Cu, Sn, Zn, Mn
Agents de catalyse	Ni, Hg, Pb, Cu, Sn
Verre	As, Sn, Mn
Engrais	Cd, Hg, Pb, Al, As, Cr, Cu, Mn, Ni, Zn
Matières plastiques	Cd, Sn, Pb
Produits dentaires et cosmétiques	Sn, Hg
Textiles	Cr, Fe, Al
Raffineries	Ni, V, Pb, Fe, Mn, Zn
Carburants	Ni, Hg, Cu, Fe, Mn, Pb, Cd

Dans l'environnement aquatique, les métaux lourds subissent de nombreuses transformations: réduction par processus biochimique interposé, méthylation, déméthylation et oxydation d'espèces de métaux isolées. Des réactions redox peuvent aussi faciliter certaines transformations. Les processus biochimiques sont effectués par des micro-organismes et par des algues. D'après Jernelöv (1975), la méthylation du mercure se produit quand des micro-organismes arrivent en contact avec des ions mercure alors qu'ils consomment des substances organiques. Cela vaut peut-être aussi pour l'arsenic (As), l'étain (Sn) et le plomb (Pb).

Les métaux lourds sont absorbés tant par la faune que par la flore. Cette absorption pourrait provoquer une augmentation de la concentration du métal dans l'organisme.

Si la phase d'excrétion est lente, il peut en résulter un phénomène d'accumulation biologique. Il a été démontré que quelques métaux, comme le mercure, subissent une amplification biologique au cours de leur progression dans la chaîne alimentaire.

Par ailleurs, si les métaux sont souvent indispensables au métabolisme des êtres vivants (oligo-éléments), nombre d'entre eux sont cependant toxiques lorsque leur concentration dépasse un seuil, lui-même fonction de l'état physico-chimique de l'élément considéré. C'est le cas du fer (Fe), du cuivre (Cu), du zinc (Zn), du nickel (Ni), du cobalt (Co), du vanadium (V), du sélénium (Se), du molybdène (Mo), du manganèse (Mn). D'autres ne sont pas nécessaires à la vie et sont préjudiciables dans tous les cas comme le plomb (Pb), le cadmium (Cd) et l'antimoine (Sb).

Les composés métalliques ont une toxicité variable selon leur nature et leur voie de pénétration (ingestion, respiration, contact avec la peau). (Chiffolleau et al., 2001).

#### **IV. PRESENTATION DE QUELQUES METAUX :**

##### **IV.1. Le Cadmium (Cd):**

###### **IV.1.1. Propriété physico-chimique :**

Le cadmium est un métal blanc, argenté, lourd, mou, tendre. Il est ductile (résistance à l'étirement), malléable (résistance à l'aplatissement) et résiste à la corrosion atmosphérique, ce qui en fait un revêtement de protection pour les métaux ferreux (Pichard et al., 2005).

Le cadmium est un élément naturel peu répandu qui se trouve dans différents minerais mais généralement en quantité insuffisante pour être extrait. La greenockite (CdS), le seul minerai de cadmium d'importance, est presque toujours associée à la sphalérite (ZnS).

Le cadmium est également présent comme impureté dans presque tous les minerais de zinc, de plomb, de cuivre, ainsi que dans des phosphates naturels. Les propriétés chimiques du cadmium sont semblables à celles du zinc. L'ion cadmium est déplacé par le zinc métallique en solution : il est donc plus noble que le zinc. Il s'oxyde très peu à la température ambiante et brûle dans l'air en donnant de l'oxyde anhydre (CdO), insoluble dans un excès d'hydroxyde de sodium. Il réagit avec les acides et les bases. Le cadmium est soluble dans l'acide nitrique dilué et dans les acides chlorhydrique et sulfurique concentrés et chauds. En revanche, ses propriétés physiques et chimiques, proches de celles du calcium, lui permettent de traverser les barrières biologiques et de s'accumuler dans les tissus.

#### **IV.1.2.Sources naturelles et anthropiques :**

Le cadmium se trouve dans la croûte terrestre, dans certains minerais (notamment le zinc), dans les pesticides et les engrais, il peut donc pénétrer dans l'environnement par le sol. L'adsorption du cadmium se fait essentiellement par la nourriture. Les fumées de tabac transportent le cadmium dans les poumons. Environ 25000 tonnes de cadmium sont libérées par an, la moitié est libérée dans les rivières lors de l'usure de la roche, une partie est libérée dans les aires lors des feux de forêts et par les volcans et le reste du cadmium relâché provient des activités humaines.

Il est principalement utilisé pour la fabrication de batteries et le traitement de surface des aciers (revêtement anti corrosion). Il est également employé pour la décoration, en peinture, en caoutchouterie (**Ifremer, 2001**).

#### **IV.1.3. Comportement dans l'eau :**

Le cadmium est un élément rencontré en milieu aquatique sous diverses formes physiques (dissoute, colloïdale, particulaire) et chimique (minérale ou organique).

Un ensemble de variables physicochimiques du milieu (salinité, pH, caractéristique sédimentologique, concentration en chlorure...) gouvernent les transformations du cadmium dans l'environnement (**Chiffolleau et al., 1999; Chiffolleau et al., 2001**).

Dans l'eau de mer, le cadmium s'associe aux ions chlorures  $Cl^{2-}$ , de façon variable selon la salinité. Les acides fluviqes et la matière humique sont de bons chélateurs du cadmium : cette fixation du cadmium est surtout importante en eau douce (**Cossa et Lassus, 1989**).

#### **IV.1.4. Métabolisme :**

Le cadmium est absorbé par les voies respiratoires et digestives. Le taux d'absorption du cadmium ingéré est cependant plus faible que celui du cadmium déposé dans les voies respiratoires (**Nordberg et al., 1985**).

Divers facteurs peuvent influencer l'absorption intestinale du cadmium dont le jeune âge ou une déficience en fer qui augmente le taux de son absorption gastro-intestinale.

Une déplétion des réserves en fer augmenterait le taux d'absorption d'un facteur de 5 à 8 (**Andersen et al., 2004**). Ce dernier facteur explique probablement le taux d'absorption plus important chez la femme que chez l'homme. Chez les femmes enceintes ce taux serait encore accru suite à une déplétion plus importante de la charge en fer (**Akesson et al., 2002 ; Lagerkvist et al., 1993**).

Le cadmium perturbe l'absorption du fer et du cuivre en entrant en compétition avec leurs transporteurs. Il se substitue au calcium et modifie la perméabilité membranaire, cellulaire et intracellulaire.

A l'intérieur de la cellule, du fait de sa forte affinité pour les groupements thiols, il inhibe les enzymes contenant du zinc et perturbe la fonction respiratoire. Le cadmium inhibe l'ARN polymérase et perturbe la synthèse protéique. Enfin, le cadmium se lie à l'ADN du noyau (**GUY et al., 2007**).

**IV.1.5. Toxicité :****IV.1.5.1. Toxicité aigue :**

Les effets aigus n'apparaissent qu'après ingestion d'au moins 10mg de cadmium. Les symptômes observés sont des gastro-entérites avec des vomissements, des diarrhées, des myalgies et des crampes épigastriques.

**IV.1.5.2. Toxicité chronique :****➤ Effets systémiques**

Les effets toxiques du cadmium sont nombreux, mais les principales atteintes de l'organisme suite à une exposition prolongée au cadmium sont, chez l'animal comme chez l'homme, des atteintes de la fonction rénale. Après 60 à 75 jours d'exposition à 50 mg/kg, il se produit une dégénérescence des cellules des tubules proximaux se traduisant par une perte anormale de protéines de faible poids moléculaire dans les urines (protéinurie).

L'endémie **Itai-Itai** illustre bien la contamination de l'homme par ce métal, en effet cette maladie est apparue en 1950 au Japon et se traduisait par une atteinte rénale très importante associée avec une ostéoporose (déméralisation et fragilisation des os) et des symptômes d'ostéomalacie (déméralisation et déformation des os). Son nom provient des cris poussés par les malades riziculteurs (âgés de 40 à 60 ans), du bassin de la rivière Jintsu au Japon, intoxiqués par l'eau de boisson et la consommation de riz contaminés par les rejets d'une usine de métaux non ferreux.

Le JECFA (Joint Expert Committee for Food Additives) comité mixte FAO/OMS, a recommandé chez l'homme une dose hebdomadaire tolérable (DHT) de 7 µg de cadmium par kilogramme de poids corporel par semaine.

➤ **Effets cancérigènes :**

Le cadmium est aussi considéré comme un agent tératogène et carcinogène (Waalkes, 2000), il a été classé dans la catégorie 1 « cancérigène pour l'homme » par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC), mais cette classification a été basée sur l'exposition par inhalation.

**IV.1.6. Biodisponibilité et toxicité chez les organismes aquatiques :**

Le cadmium se comporte comme un analogue du calcium (rayon ionique  $\text{Ca}^{2+}=0.97\text{\AA}$  et  $\text{Cd}^{2+}=0.99\text{\AA}$ ). Par conséquent son accumulation et son effet toxique dépend de sa forme chimique, d'autre part la salinité et le pH du milieu sont deux paramètres majeurs conditionnant l'entrée du Cadmium (Jumaric et al., 2001).

Une fois la barrière biologique est franchis, la forme  $\text{Cd}^{2+}$  est pris en charge par de nombreux ligands intracellulaires dont les métallothioneines (MTS), protéines impliquées dans la régulation des concentrations cellulaires en métaux libres essentiels ( $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ). La forte affinité du cadmium pour les MTS entraîne le déplacement du  $\text{Zn}^{2+}$  (initialement fixés sur la MT) et perturbe l'absorption et le transport du zinc, ainsi les tissus cibles comprennent les barrières biologiques (branchies, tractus digestif) et les organes de détoxification (rein et foie), par ailleurs le muscle n'apparaît pas un site de stockage de cet élément.

La toxicité chronique du cadmium chez les poissons s'exprime par une perturbation du métabolisme des glucides, des chlorures plasmatiques et du potassium tissulaire, ainsi que du métabolisme calcique, se traduisant par des lésions vertébrales diminuant la capacité natatoire. Elle s'exprime aussi par des troubles nerveux (moindre résistance au stress), et une atteinte du potentiel reproducteur des poissons (diminution du taux d'éclosion des œufs, stade embryonnaire plus sensible) (Lavoix, 1978).

## IV.2. Le Plomb (Pb):

### IV.2.1. Propriétés physico-chimique :

Elément chimique métallique d'un gris bleuâtre, rarement disponible à l'état natif, le plomb est très souvent associé au zinc dans les minerais, Le principal minerai du plomb est la galène (PbS) très souvent associée à la blende et à la pyrite (**Chiffolleau et al., 2001**).

Le plomb est mou, malléable, il a une faible conductivité électrique.

Ce métal est lentement dissous par l'acide chlorhydrique, beaucoup plus rapidement par l'acide nitrique et est solubilisé par les acides organiques (acide acétique, aliments acides et par l'eau contenant du citrate et des sels d'ammonium).

Le plomb possède un rayon ionique et une charge de valence, identique à celle du calcium. Cette analogie structurale, est à l'origine des interactions avec le calcium.

### IV.2.2. Sources naturelles et anthropiques :

Le plomb est un polluant environnemental que l'on retrouve dans les sols et l'atmosphère, en particulier au voisinage des sites industriels.

Le plomb est principalement utilisé dans les batteries électriques, son utilisation comme additif antidétonant dans les essences, de la sidérurgie, des industries de décapage et de traitement des métaux, de l'incinération des déchets, de la combustion du bois, des cimenteries et des industries de fabrication des accumulateurs.

En milieu marin, il arrive majoritairement par les apports atmosphériques et le lessivage des zones urbanisées (**Pichard et al., 2003**)

Depuis le retrait du plomb dans les carburants, sa concentration dans les eaux de surfaces marines méditerranéennes a diminué de moitié (**Nicolas et al., 1994**).

D'autres origines persistent, notamment dues aux différentes activités industrielles utilisant le plomb comme matière première ou comme adjuvant, ce qui amène à un

déversement annuel de 3800 tonnes de plomb uniquement dans les zones côtières méditerranéennes (**Danovaro, 2003**). La contribution anthropique de ce métal dans les aérosols et les pluies est là encore largement majoritaire avec respectivement 91,6 % et 99,0% (**Migon et Caccia, 1990 ; Migon et Caccia, 1993**).

#### **IV.2.3. Comportement dans l'eau :**

Le plomb existe sous trois formes essentielles : le plomb dissous, colloïdal et le plomb particulaire.

Sous forme dissoute, les espèces dominantes dans l'eau de mer sont les carbonates  $\text{PbCO}_3$  ou les chlorures  $\text{PbCl}_2$  et  $\text{PbCl}^+$ . Il présente une forte affinité pour la matière particulaire. La fraction adsorbée sur les particules en suspension augmente avec le pH et diminue lorsque la chlorinité augmente (**Cossa et al., 1993**). De même que pour le mercure, le plomb peut être méthylé par les bactéries dans les sédiments.

#### **IV.2.4. Métabolisme :**

Le plomb existe principalement sous forme inorganique. L'ingestion est la voie d'exposition principale du plomb. Le taux d'absorption est compris entre 5 et 10% chez l'adulte, il est de 20% chez l'enfant et de 50% chez l'enfant de moins de 2 ans.

Après absorption, le plomb passe facilement dans l'organisme, après quelque semaines 90% du plomb conservé dans l'organisme est stocké dans les os (**Links et al., 2001**) ou dans les dents ou il peut rester des dizaines d'années s'il n'est pas remobilisé (grossesse, lactation, vieillesse), de même certaines pathologies (ostéoporose, fracture) pourraient entraîner une mobilisation intense du plomb osseux.

Le plomb sanguin représente 2% de la quantité présente dans l'organisme. Sa demi-vie biologique chez l'adulte est de 20 à 30 jours.

Le plomb est absorbé en compétition avec le calcium par des mécanismes assez proches. Il se fixe sur les groupements thiols de deux enzymes essentielles à la biosynthèse de l'hémoglobine. L'accumulation de leur substrat sert au dépistage du saturnisme professionnel. Il agit au niveau du système nerveux périphérique, réduit la vitesse de conduction des nerfs centraux et peut créer des encéphalopathies graves (**Guy et al., 2007**).

Le plomb qui n'est pas stocké est éliminé par les urines ou les fèces.

La consommation des produits de la mer (poissons frais, crustacés et mollusques représente 3 à 11% de l'apport en plomb via l'alimentation.

#### **IV.2.5. Toxicité :**

##### **IV.2.5.1. Toxicité aigue :**

L'intoxication aigue est très rare.

##### **IV.2.5.2. Toxicité chronique :**

###### **➤ Effets systémiques**

Le plomb est un toxique cumulatif dont l'intoxication à long terme est le **saturnisme**, dont une manifestation aigue est la colique du plomb. Il modifie le fonctionnement cellulaire en perturbant différents processus physiologiques. Il peut ainsi provoquer l'anémie sanguine, des effets rénaux (insuffisance rénale). Il possède des effets sur le système nerveux central (retard de développement, irritabilité, troubles du sommeil, perte de mémoire,...) et à long terme sur la fertilité (**Bisson et al., 2003**).

Les effets du plomb sont généralement amplifiés chez le fœtus et l'enfant (anomalies congénitales, déficits neuro-comportementaux durables) (**Payen , 2007**).

Les règlements 466/2001/CE et 221/2002/CE ont établi des limites maximales de plomb autorisées dans les produits pêches qui sont rassemblés dans **le tableau (I.2)**.

### ➤ Effets cancérogènes

Le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) a classé le plomb et ses dérivés inorganiques dans la catégorie 2B (potentiellement cancérogènes pour l'homme). Des études montrent des cas de cancer chez les professionnels.

Chez les organismes aquatiques, le plomb se fixe au niveau des os et au niveau des coquilles chez les mollusques, ses formes inorganiques sont moins toxiques que les formes organiques qui provoquent des anomalies dans le développement embryonnaire des bivalves.

**Tableau I.2** : Teneurs maximales autorisées de plomb dans les produits de la pêche  
(Lachambre et Fisson, 2007)

Produits	Teneur maximale (mg/kg de poids frais)
Chair musculaire de poisson telle que définie dans les catégories a), b),c), de la liste de l'article 1 <sup>er</sup> du règlement 104/2000/ CE du conseil, à l'exclusion des espèces de poissons répertoriées aux points suivants	0.2
Chair musculaire de l'anguille ( <i>Anguilla anguilla</i> ), du chinchard ( <i>Trachurustrachurus</i> ) et de la sardine ( <i>Sardina pilchardus</i> )	0.4
Crustacés, à l'exception de la chair brune de crabe	0.5
Mollusques bivalves	1.5
Céphalopodes (sans viscères)	1

## IV.3. Le Cuivre (Cu) :

### IV.3.1. Propriétés physico-chimiques :

C'est un métal de couleur rouge, brunâtre, ductile et malléable. Il possède une haute conductivité thermique et électrique.

Exposé à l'air et à l'eau, le cuivre se couvre d'une fine couche de carbonate qui lui donne une teinte verdâtre (lauwerys et al., 2007).

#### IV.3.4. Sources naturelles et anthropiques :

Le cuivre est présent dans l'environnement de manière ubiquiste. Sa concentration dans l'écorce terrestre est estimée à environ 70 mg.kg. Le transport par le vent des poussières de sol, les éruptions volcaniques, les décompositions végétales, les feux de forêts et les aérosols marins constituent les principales sources naturelles d'exposition. Les principales sources anthropiques sont l'industrie du cuivre et des métaux en général, l'industrie du bois, l'incinération des ordures ménagères, la combustion du charbon, d'huile et d'essence et la fabrication de fertilisants (phosphate) (Nakib, 2010), dans la fabrication de matériels électriques, dans la plomberie, dans les équipements industriels, dans l'automobile en chaudronnerie.

Dans les eaux, le cuivre provient pour la majeure partie de l'érosion des sols par les cours d'eau (68%), de la contamination par le sulfate de cuivre (13%) et des rejets d'eaux usées qui contiennent encore du cuivre, même après traitement.

L'augmentation des concentrations de cuivre dans les écosystèmes marins est principalement due à une utilisation intensive du cuivre dans les peintures antifouling (Claisse et Alzieu, 1993). Environ 1192 tonnes de cuivre sont déversées chaque année dans la Méditerranée occidentale (UNEP, 2003).

#### IV.3.3. Comportement dans l'eau :

Dans le milieu aquatique le cuivre existe sous forme particulaire, colloïdale et dissoute. L'oxyde cuivreux  $\text{Cu}_2\text{O}$  est insoluble dans l'eau (Bisson et al., 2005). En revanche, le cuivre est légèrement soluble dans l'acide dilué et lentement soluble dans l'eau

ammoniaquée. Les formes  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  et  $\text{CuCl}_2$  sont solubles dans l'eau (**Bisson et al., 2005**).

Il a tendance à former des complexes avec des bases fortes telles que carbonates, nitrates, sulfates, chlorures. Le cuivre est introduit sous forme particulière dans les océans. Etant rapidement adsorbé sur les sédiments riches en ligands, tels qu'hydroxydes de fer et de manganèse, les niveaux de présence peuvent atteindre des valeurs très élevées dans les zones sous influence des apports.

#### **IV.3.4.Métabolisme :**

A très faible dose, Le cuivre est un élément essentiel chez l'homme et l'animal, impliqué dans de nombreuses voies métaboliques, notamment pour la formation d'hémoglobine et la maturation des polynucléaires neutrophiles. De plus, il est un co-facteur spécifique de nombreuses enzymes et métalloprotéines de structure (**OMS ICPS, 1998**).

Il a une importance capitale dans l'entretien des processus biologiques. Chez les mollusques, le sang renferme un pigment respiratoire à base de cuivre, l'hémocyanine (**Nakib, 2010**).

Il semble que les dangers d'une carence en cuivre soient plus importants que ceux d'un excès de cet élément (**WHO, 1998**).

Le cuivre d'origine alimentaire est absorbé au niveau de l'estomac et l'intestin. Son absorption se fait sous forme de cuivre ionique ou liés à des acides aminés.

Le cuivre est stocké principalement dans le foie avec des concentrations allant de 10 à 50 ppm poids sec en générale (exception faite des ruminants et de certains poissons dont les concentrations hépatiques en cuivre varient de 100 à 400 ppm poids sec) (**Cassereau, 2001**).

La principale voie d'élimination du cuivre est la bile, l'élimination urinaire étant faible.

#### IV.3.5. Toxicité :

La toxicité vis-à-vis des organismes marins dépend de la forme chimique du cuivre et de son état d'oxydation. En particulier, la concentration létale en 48h pour 50% des larves d'huîtres plates ( $CL_{50}/48h$ ) serait de 1 à 3  $\mu g/l$  et des inhibitions de croissance du phytoplancton se produisent à partir de 4 microgrammes par litre. (**Chiffolleau et al., 2001**). Selon **Gaujous (1995)**, le cuivre diminue l'activité photosynthétique (utilisé comme algicide), provoque une altération des branchies de poissons, retarde la ponte des poissons. Il provoque aussi le verdissement des huîtres.

Le cuivre et les composés cupriques peuvent avoir une action toxique par inhalation, ingestion, voies cutanée et oculaire. Les sels de cuivre sont des agents particulièrement irritants. Les principales formes toxiques chez l'homme et l'animal sont les formes solubles du cuivre c'est-à-dire les sels du cuivre II (acétate, carbonate, chlorure, hydroxyde, nitrate, oxyde, oxychlorure et sulfate) (**Pichard, 2005**).

#### IV.4. Le Zinc (Zn) :

##### IV.4.1. Propriétés physico-chimiques :

Le Zinc est métal blanc de dureté faible à moyenne à température ambiante, qui devient malléable vers 100-150°C et fragile, cassant, pulvérisable au-delà de 200°C. Exposé à l'air humide, il se couvre d'une couche de carbonate.

##### IV.4.2. Sources naturelles et anthropiques :

Le zinc est présent dans l'écorce terrestre, notamment dans les roches volcaniques, il existe plusieurs types de minerais :

- Sphalerite ou blende (c'est le minerai le plus répandu): c'est un sulfure de zinc ( $ZnS$ ) qui contient aussi du fer, cadmium, manganèse, plomb ou de l'arsenic.

- calamine.

- Ghanite : il s'agit de l'aluminate de zinc.

Les apports anthropiques de zinc dans l'environnement résultent des sources minières industrielles (traitement minéral, raffinages, galvanisation du fer, gouttières de toitures, piles électriques, pigment matières plastiques, caoutchouc), des épandages agricoles et des activités urbaines (trafic routier, incinération ordure) (Cassereau, 2001).

Il est introduit dans les zones portuaires à partir de la dissolution des masses de zinc pur fixées sur les parties immergées des bateaux, pour en assurer leur protection contre la corrosion. De plus, certaines peintures antisalissures renferment des quantités importantes d'oxyde de zinc utilisé comme adjuvant anticorrosion.

#### IV.4.3. Métabolisme :

Le zinc est un élément trace essentiel. Le zinc intervient dans l'activité de nombreuses enzymes. Dans l'organisme, il se combine à deux protéines :

- à certains métallo-enzymes qui requièrent la présence du zinc pour leur action, par exemple l'anhydrase carbonique, l'alkaline phosphatase, la carboxypeptidase, la déshydrogénase lactique, la déshydrogénase glutamique, la leucine amino peptidase ;
- à des protéines qui jouent le rôle de transporteurs de zinc (Who, 2001).

Le zinc est indispensable à un grand nombre de fonctions ou de situations physiologiques, aussi diverses que la croissance et la multiplication cellulaire, le métabolisme osseux, la cicatrisation des blessures, la reproduction et la fertilité, l'immunité et l'inflammation, la gustation et la vision, le fonctionnement cérébral, la protection contre les radicaux libres, etc.

L'absorption a lieu principalement au niveau du tractus intestinal. Dans les cellules intestinales, une partie du zinc est utilisée in situ, le reste est soit excrété soit fixé sur les métallothionéines puis passe vers le sang (Cassereau, 2001).

Les besoins pour l'organisme humain sont de 15mg/j, nécessaires à l'activité d'enzymes. l'organisme d'un homme de 70 kg contient de 2 à 3g de zinc (**Chiffolleau et al., 2001**).

Il est majoritairement ensuite capté par le foie. Les os et les dents contiennent aussi beaucoup de zinc.

L'excrétion se fait principalement par voie fécale, L'excrétion urinaire étant faible.

#### **IV.4.4. Toxicité :**

Les sels de zinc sont moins toxiques que ceux du cuivre ou du cadmium et présentent la particularité d'être moins nocifs pour les organismes marins que pour ceux des eaux douces, en raison de l'action protectrice des ions calcium.

Sa toxicité pour les organismes aquatiques n'en fait pas un contaminant prioritaire, bien qu'il agisse à de fortes concentrations sur la reproduction des huîtres et la croissance des larves (**Ifremer, 2001**).

Selon **Gaujous, 1995**, un excès de zinc provoque une altération des branchies de poissons, retarde la ponte des poissons.

Les besoins pour l'organisme humain sont de 15 mg/j, nécessaires à l'activité d'enzymes. L'organisme d'un homme de 70 kg contient de 2 à 3 g de zinc. Sa déficience entraîne le **nanisme (Chiffolleau et al., 2001)**.

Les principaux effets d'un excès du zinc dans l'organisme s'expliquent par les interférences de cet élément avec les métabolismes du cuivre et du fer principalement d'où des signes d'anémie (**Cassereau, 2001**). Par ailleurs le zinc peut avoir des effets protecteurs vis-à-vis d'autres métaux. Ainsi le zinc protégerait des effets du cadmium en stimulant la synthèse de métallothionéines. De même, le zinc limite les effets inhibiteurs du plomb sur l'alanine déshydrogénase des hématies.

## IV.5. Le Fer (Fe) :

### IV.5.1 : Propriétés physico-chimiques :

Le fer est un élément métallique blanc argenté. C'est le 4<sup>ème</sup> élément le plus abondant dans la croûte terrestre. Proche de l'aluminium par ses propriétés, c'est le plus abondant des métaux.

### IV.5.2.Sources naturelles et anthropiques :

A l'état libre, le fer métallique se trouve dans les météorites en générale alliée au nickel. Le fer rejeté en mer est due aux activités industrielles et la fabrication des engrais.

Il est largement utilisé dans la métallurgie, et ses utilisations secondaires dans la chimie sont très variées. De petites quantités de fer sont présentes sous forme combinées dans les eaux naturelles, les plantes et le sang.

### IV.5.3.Métabolisme:

Le fer est un oligoélément indispensable à la vie. Le métabolisme du fer joue un rôle important dans l'organisme, par sa participation à la formation de l'hémoglobine et son rôle dans la respiration tissulaire.

Les carences en fer entraînent une insuffisance de synthèse de l'hémoglobine et donc une anémie que l'on appelle microcytaire hypochrome ou **anémie ferriprive**.

La quantité totale de fer présente dans l'organisme est modeste, moins importante chez les femmes du fait des hémorragies des règles (3 à 4 grammes au total chez la femme, 4 à 5 grammes chez l'homme). La majeure partie du fer est localisée dans les hématies (70 à 90% selon le sexe). Un litre de sang contient 500 mg de fer.

Lors de l'hémolyse physiologique, les macrophages récupèrent le fer. Il est pris en charge dans le plasma par la transferrine (= sidérophiline) qui le transporte aux réserves

(ferritine et hémosidérine) ou aux organes utilisateurs (moelle osseuse, muscles, foie). On dit que le métabolisme du fer est en vase clos car les entrées, égales aux sorties, sont minimales en physiologie.

Dans la nature le fer se trouve sous trois formes chimiques (ionique, organique, hémique). L'absorption intestinale du fer dépend de sa forme chimique. Le fer ionisé et le fer hémique (hémoglobine, myoglobine) sont très bien absorbés (Elleuch, 2008).

#### IV.5.4. Toxicité :

Sa toxicité pour la vie aquatique est fonction de son état chimique, le fer ferreux ( $Fe^{2+}$ ) étant beaucoup plus toxique que le fer ferrique ( $Fe^{3+}$ ), et de la présence de précipité d'hydroxyde de fer qui tend à se déposer sur les branchies des poissons et à entraîner leur colmatage (Rodier, 1996).

Selon Gaujous (1995), le fer a des effets esthétiques pour le milieu: coloration rouge et goût métallique, goût et odeur de poissons pourris (décomposition des bactéries ferrugineuses).

### V. ETUDE DU MATERIEL BIOLOGIQUE :

#### V.1. Description :

La saurel (*Trachurus trachurus*) se distingue par un corps fusiforme, élancé et légèrement comprimé avec une tête relativement massive, de grands yeux à paupière non adipeuse bien développée et un museau pointu. La mâchoire supérieure est modérément large et une mâchoire inférieure légèrement proéminente. Dents petites sont disposées en une seule rangée. La tête est dotée à l'arrière d'une haute carène souvent tranchante (Figure I.1).

Elle présente une ligne latérale arquée antérieurement, très caractéristique marquée sur toute sa longueur par de petits écussons (scutelles) en bouclier (68 à 80). La peau

nue présente des petites écailles cycloïdes et lisses au toucher : plus haute que large dans la partie antérieure du corps agrandies et semblables aux scutelles de la partie postérieure. La ligne latérale traverse ses flancs. Son dos est verdâtre et il possède une tache noire au niveau des opercules (**Harmelin et al., 1991**). La saurel se caractérise par des scutelles avec une épine dans la partie postérieure.

Elle possède deux nageoires dorsales :

-La première épineuse à 8 épines

-La seconde molle à une épine et 29 à 33 rayons mous

Les pectorales se trouvent juste en arrière de la tête. La nageoire caudale est fourchue en forme d'un V et deux nageoires pelviennes.

On observe aussi la présence d'une petite nageoire dorsale appelée « nageoire adipeuse » et des petites nageoires très réduites « Les pinnules » juste en arrière des nageoires dorsales et anales.

Les branchiospines sont au nombre de 15 à 18. La colonne vertébrale 10 à 14 vertèbres avec une musculature constituée de segment en forme de cheverons séparés par des cloisons de tissu conjonctif. La saurel présente une vessie natatoire ou gazeuse jouant un rôle hydrostatique (**Pelagos, 1993**).

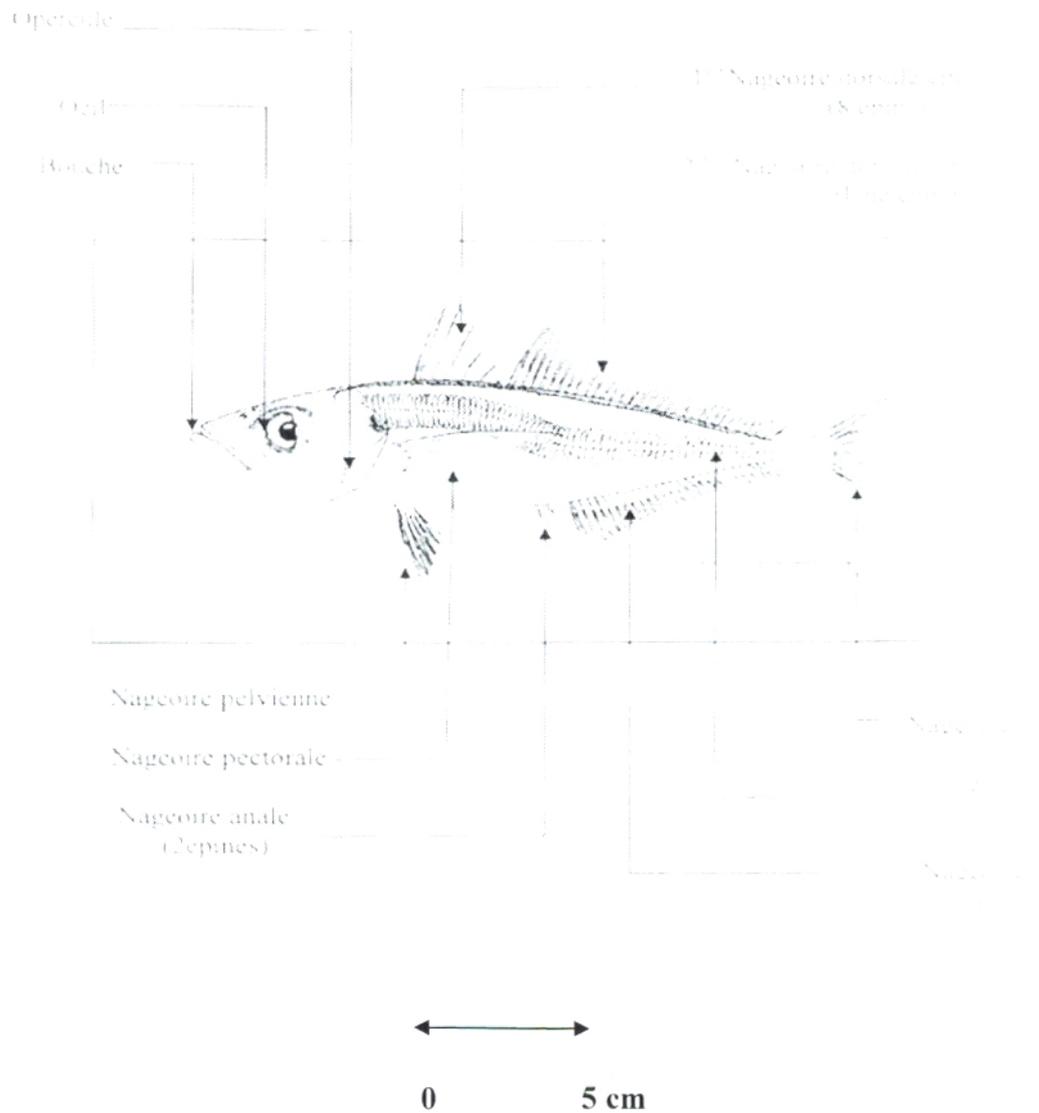


Figure I.1 : Morphologie externe de *Trachurus trachurus* (Linné ,1758)

**V.2. Rang taxonomique :**

- |                      |                  |
|----------------------|------------------|
| Embranchement :      | Cordés           |
| Sous embranchement : | Vertébrés        |
| Super classe :       | Poisson          |
| Classe :             | Ostéichtyens     |
| Sous classe :        | Actinoptérygiens |
| Super Ordre :        | Téléostéens      |
| Ordre :              | Perciformes      |

---

Famille :	Carangidae
Genre :	Trachurus
L'espèce :	<i>Trachurus trachurus</i> (Linné, 1758)

### V.3. Ecologie et habitat :

*Trachurus trachurus* est un poisson pélagique migrateur, appartient au grand ordre primitif « Perciforme » et à la famille « Carangidae ». Il se rencontre dans les eaux chaudes notamment en méditerranée (Roland, 1976). C'est un excellent nageur vivant en bans rencontrée fréquemment sur les fonds sableux à une profondeur de 100 à 200 m et parfois, il descend jusqu'à 600 m de fond (Quero et al., 2005). On peut le trouver sur le plateau continental jusqu'au bord des fonds du talus.

Il est souvent associé aux bancs de maquereau. On croise souvent les jeunes saurels venir s'abriter sous les méduses (Nielsen et al., 2006).

### V.4. Répartition géographique :

La saurel est un poisson qui vit dans l'atlantique près de la surface et jusqu'à 100 m de profondeur. Elle évolue en Atlantique Est de la Norvège à l'Afrique du Sud, en Méditerranée, en mer Noire et en Atlantique Centre-Ouest (Eymard, 2003).

On la rencontre également en Méditerranée mais rarement en Mer noire. En Afrique sa distribution va du détroit de Gibraltar au Sénégal et en Mauritanie. En ce qui concerne les côtes algériennes, elle se distribue dans le centre, l'Ouest et l'Est algérien (Djabali et al., 1993).

**V.5. Biologie :****V.5.1.Reproduction :**

La saurel acquiert sa première maturité sexuelle au cours de sa troisième année (avec une taille de 20-22 cm) chez le mâle, vers 4 à 5 ans (avec une taille de 26-30 cm) chez la femelle. La période de reproduction varie suivant les régions par exemple en Tunisie, la saurel se reproduit de janvier à avril, alors que dans d'autres régions en méditerranée la production a lieu du printemps à l'été (**Fisher et al., 1987**).

La femelle porterait 3000 à 14000 ovules. La larve pélagique mesurant 2.5 mm, les jeunes ont souvent été observés en petits groupes sous les ombrelles de méduses (**Quero et al., 1997**). La saurel présente une sexualité gonochorique.

**V.5.2. Nutrition :**

La larve de saurel se nourrit essentiellement de larves de copépodes. Les jeunes (10-25 cm) ingèrent principalement des copépodes mais également des ostracodes. Les adultes avalent des poissons (anchois, sprat, sardine, hareng, balou), des céphalopodes et des crustacés. (**Quero et al., 1997**).

**V.5.3.Respiration :**

La respiration se fait par un appareil respiratoire qui contient quatre paires de branchies operculées et qui sont complétées par la vessie gazeuse qui joue le rôle de réserve d'oxygène (**Dob, 1988**). La saurel utilise l'oxygène dissous dans l'eau pour la respiration, l'eau aspirée par bouche ressort des ouvertures situées sur les côtes de la tête appelée ouïes (**Creac, 1951**).

**V.5.4. Consommation :**

Comme les autres poissons bleus, il est important de le consommer frais. Une odeur agréable est la première condition, il doit résulter ferme au toucher et ses couleurs doivent apparaître encore vives. A éviter absolument, un poisson qui présenterait le moindre relent ammoniacal. Les exemplaires de moyennes et grosses dimensions sont davantage appréciés par rapport aux petits, en raison de leur chair plus savoureuse.

C'est une espèce qui apporte une bonne quantité de protéines et d'acide gras oméga 3 qui représentent 33 % du total des acides gras. Le chinchard possède une chair riche en phosphore et en potassium, tout aussi nourrissante que celle du maquereau, mais de digestion plus facile car plus maigre.

# ***CHAPITRE II***

## *Présentation de la zone*

## I. SITUATION GEOGRAPHIQUE:

Ghazaouet est située à l'Ouest de l'Algérie: latitude 35°06' Nord – longitude 1°52' Ouest. Elle se trouve à 80 km au Nord du chef lieu de la wilaya de Tlemcen, à 60 km de l'Aéroport international «Messali El-Hadj»-Tlemcen, à 170 km de la métropole régionale d'Oran et à 50 km de la frontière marocaine (**figure II.1**).

Ghazaouet et son port ont depuis longtemps constitué un point d'ancrage sur le littoral pour toute la région Nord-Ouest du pays. Cette fonction revient surtout à la position géographique qui lui permet d'entretenir des relations faciles avec les principaux centres d'intérêts de la région. La ville est située dans un secteur accidenté, avec des pentes fortes, qui atteignent 10 à 15 %. Elle s'est développée de part et d'autre de deux Oueds Ghazaouana et El Ayadna qui prennent leur source à 1136 m d'altitude dans le Djebel Fillaoucène (massif montagneux des Traras). (**M.A.T.E, 2006**). Couvrant une superficie de 28 km<sup>2</sup>, la ville de Ghazaouet est limitée:

- Au Nord par la mer méditerranée;
- Au sud par la commune de Tient ;
- Au sud-Ouest par la commune de Nedroma;
- A l'Ouest par la commune de Tounane;
- Et à l'est par la commune de Dar Yaghmoracen.



Figure II.1 : Localisation de Ghazaouet (Wilaya de Tlemcen – ALGERIE) (M.A.T.E, 2006)

**II.TISSU INDUSTRIEL:**

La région de Ghazaouet présente un tissu industriel plus ou moins diversifié, représenté par un certain nombre d’entreprises (**tableau II.1**), dont l’unité ALZINC qui occupe une place importante dans la région offrant 599 emplois (2003) pour la ville de Ghazaouet et ses environs et en participant largement à l’activité portuaire en assurant le trafic de marchandises soit 130.000 tonnes/an de produits débarqués et embarqués.

**Tableau II.1** : Les principales unités industrielles qui activent dans la bande littorale.

(D.E.T, 2006)

Entreprise	Date de mise Production en service	Localisation	Production		Type de pollution
			Type	Quantité /an	
<b>ALZINC (Ex- METANOF)</b>	1974	Ghazaouet	Zinc	40.000T/ an	Solide Liquide Gazeux
<b>CERAMG (ECO)</b>	1977	Ghazaouet	Céramique sanitaire	655.000 articles	Solide (casse)
<b>SOBRIT</b>	1974	Tounane	Briques	100.000 U/an	/

En plus des rejets urbains, le milieu marin de Ghazaouet reçoit les eaux résiduaires industrielles recyclées en provenance de l'unité d'électrolyse de zinc à raison de 3.5m<sup>3</sup>/heure (D.P.R.H.T, 2004). Ces rejets chargés en métaux lourds, sont déversés dans le milieu marin et ils ont participé à la contamination de la vase du fond, aggravée par le stockage sauvage des déchets de lixiviation de zinc sur la falaise surplombant la mer et l'usine (D.P.R.H.T, 2004).

La décharge (site de stockage) est située dans le périmètre urbain, au-dessus de l'usine en sommet de falaise. Ces déchets ne sont pas protégés par une couverture, ce qui les rend facilement remobilisables soit sous forme de poussières, soit par entraînement sous l'effet des eaux météoriques (ruissellement).

Les composants majeurs des déchets de la décharge (en terme de concentration et d'effets) sont le cuivre, le zinc, le cadmium, le plomb, le fer (M.A.T.E, 2007).

- **Les concentrations du cuivre** ne dépassent pas les valeurs de référence (**IAEA-407**) pour les deux organes (filet et foie). Le cuivre est un oligo-élément nécessaire à la vie et d'autre part il peut présenter des effets toxiques à partir d'un certain seuil de concentration (**Ifremer, 2009**). La toxicité du cuivre en milieu marin est fonction de sa forme chimique et de son état d'oxydation (**Chiffolleau, 2001**).

Les poissons absorbent aisément le cuivre dissous qui peut ainsi poser de nombreux problèmes de toxicité. Une concentration en sulfate de cuivre ( $\geq 0.8$  mg/l) dans l'eau peut entraîner une toxicité chronique pour les poissons et de nombreuses espèces (**Guillaume et al., 1999**).

- **Les concentrations de zinc** ne dépassent pas les valeurs de référence (**IAEA-407**) sauf pour les individus (TT 9.10.11.12.13) où on remarque un dépassement au niveau de l'organe foie. Cette augmentation est en fonction de l'âge. Le zinc est un oligo-élément qui intervient dans de nombreuses réactions et joue un rôle important dans le métabolisme des protéines, des glucides et des lipides.

- Nous constatons qu'il y a de fortes **concentrations en plomb** pour la Saurel dans les organes (foie et filet) qui dépassent les valeurs de référence (**IAEA-407**), bien que le plomb ne soit pas indispensable à la vie des êtres vivants (**Casas, 2005**). L'accumulation du plomb est plus importante au niveau du foie par rapport au filet.

- En ce qui concerne **les concentrations en cadmium**, l'accumulation de cet élément métallique dépasse les valeurs de référence (**IAEA-407**) au niveau du foie de tous les individus étudiés. Néanmoins au niveau du filet, ces concentrations restent inférieures aux valeurs de référence. Chez les poissons, le cadmium peut perturber l'équilibre ionique en altérant la perméabilité des membranes cellulaires (**Ifremer, 2001**).

La présence des éléments métalliques (plomb, cadmium) pourrait indiquer l'existence des pollutions d'origines anthropiques.

les teneurs en métaux au niveau du foie de tous les individus sont plus importantes que celles du filet ; ceci est attribué aux fonctions du foie (stockage et métabolisme des substances).

#### IV. Etude statistique :

##### a) ANOVA1 et test de student.

Selon ANOVA 1, l'étude de la variance à un facteur « organe » pour chaque métal indique des différences hautement significatives ( $P < 0,001$ ) (**Voir annexe**).

On réalise ensuite un test de student .La probabilité  $P < 0,001$  nous permet de rejeter l'hypothèse  $H_0$  ( $H_0$ = il n'ya pas de différence significative) et confirme le résultat de l'ANOVA 1 qui stipule que pour chaque métal étudié, il ya une différence hautement significative entre organe (filet et foie).

##### b) Calcul des teneurs moyennes.

Sur la figure (IV.7) nous présentons les teneurs moyennes des métaux étudiés dans le filet et le foie de (*Trachurus trachurus*) de Ghazaouet.

Nous remarquons que l'accumulation en élément métallique est effectivement plus importante au niveau du foie par rapport au filet de la saurel.

Le gradient d'accumulation par organe est comme suit :

Filet :  $Zn > Fe > Pb > Cu > Cd$

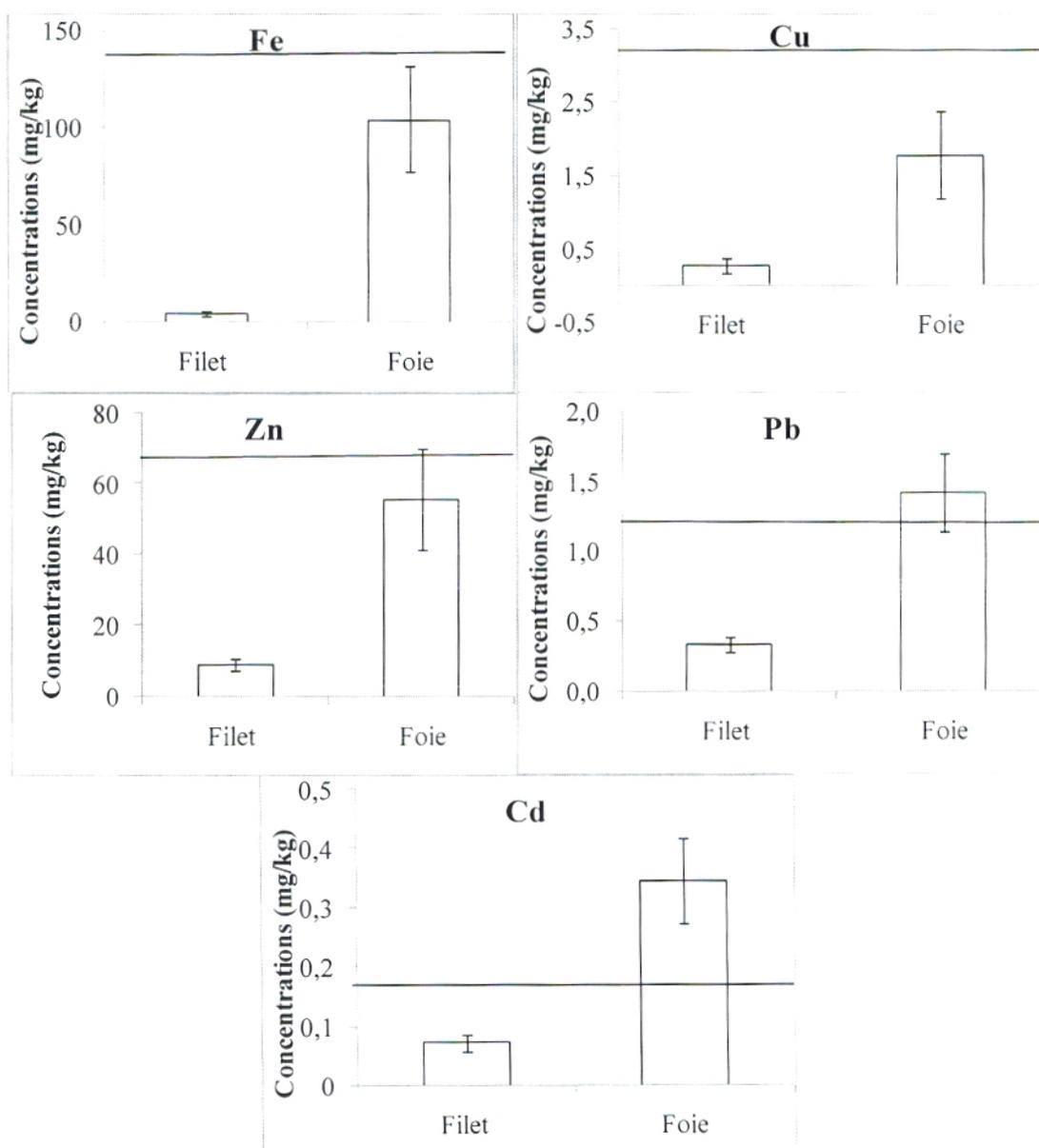
Foie :  $Fe > Zn > Cu > Pb > Cd$

Dans le filet, les teneurs en zinc sont les plus élevés, suivies du fer .Par contre dans le foie, on constate l'inverse. Le cadmium reste le métal le moins élevé dans le foie et le filet.

La concentration des teneurs moyennes du zinc, cuivre et fer ne dépassent pas la valeur de référence (**IAEA-407**) dans les deux organes. Un dépassement des concentrations

en teneurs moyennes du plomb et du cadmium par rapport à la valeur de référence (IAEA-407), est observé uniquement dans les foies des différents individus.

Suite à ces résultats nous ne pouvons pas trancher pour une pollution.



**Figure IV.7 :** Teneurs moyennes en métaux (mg/kg) dans le filet et le foie de (*Trachurus trachurus*) de Ghazaouet

**c) Etude de la composante principale (ACP).**

L'analyse multifactorielle (ACP) appliquée dans plusieurs études environnementales permet de trouver des combinaisons de paramètres décrivant la variabilité principale des résultats observés, ainsi que de donner une représentation synthétique et visuelle des interrelations existant entre les facteurs étudiés.

L'analyse des composantes principales (ACP) appliquée à l'ensemble des données chimiques (Fe, Cu, Zn, Pb et Cd) a permis de vérifier la discrimination des échantillons. Cette analyse effectuée nous a permis de classer et de traiter les informations relatives aux éléments traces métalliques chez *Trachurus trachurus*.

**• ACP 1 :**

La matrice d'entrée qui a été utilisée pour l'analyse multi variée appliquée pour les résultats obtenus pour les différentes variables, est composée de 12 colonnes (poids, longueur totale, Fe(filet), Fe(foie), Cu(filet), Cu(foie), Zn(filet), Zn(foie), Pb(filet), Pb(foie), Cd(filet), Cd(foie)) et de lignes qui correspondent aux 15 individus de *Trachurus trachurus* (**figure IV.8**).

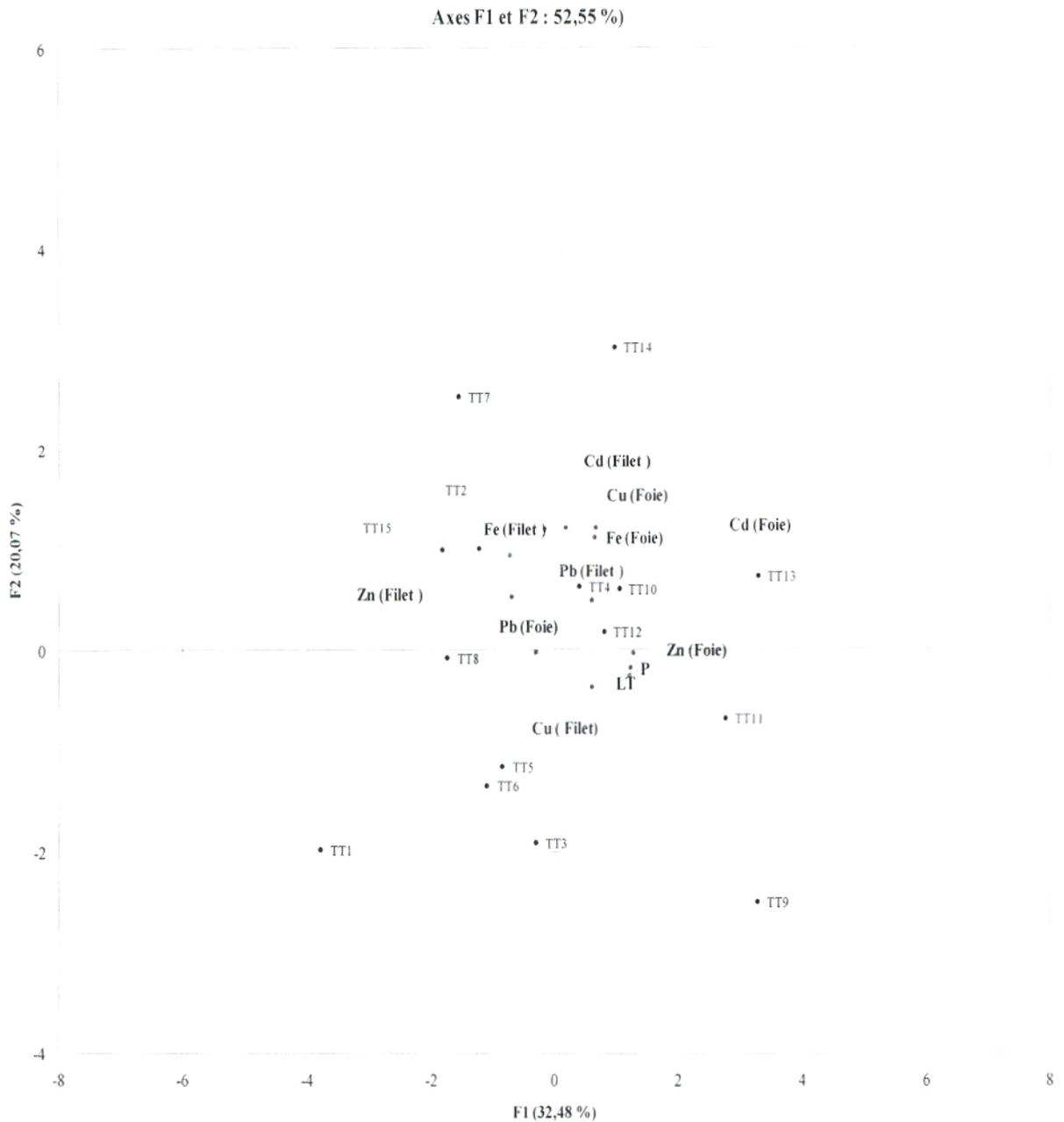
Les valeurs propres (3.889 et 2.40) ont permis de retenir deux inerties respectives 32.5 % et 20.1 %. Le plan de cette analyse totalise 52.5 % de l'information totale.

Les contributions relatives des points colonnes ( $A_1$ ,  $A_2$ ) qui construisent l'axe 1 sont : Cu(filet), Zn(foie), longueur totale(LT) et le poids (P) de coordonnées positives.

Les points lignes qui construisent cet axe présentés par les individus de la saurel (TT9,11,12) sont de coordonnées positives. Les concentrations des métaux Cu dans le filet et Zn dans le foie, longueur totale et poids sont importants chez les individus (TT9,11,12).

Sur l'axe 2, les points colonnes de coordonnées positives sont présentés par le Pb dans le foie.

Les points lignes qui construisent l'axe 2 sont présentés par les individus (TT1,3,5,6) de coordonnées positives. Nous observons que les teneurs métalliques du Pb dans le foie des individus (TT1,3,5,6) sont plus importantes.

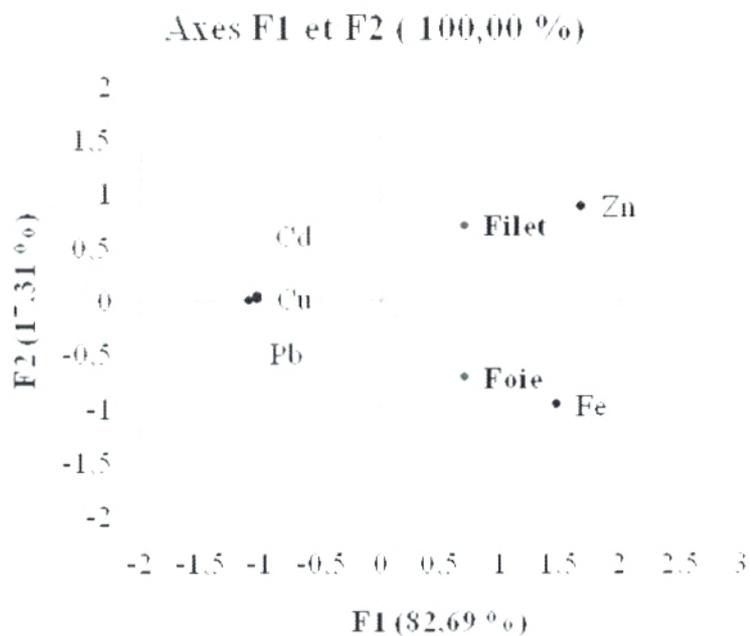


**Figure IV.8 :** Plan factoriel engendré par les deux premiers axes de l'analyse en composantes principales calculé à partir des teneurs métalliques pour les différents individus de (*Trachurus trachurus*) dans les deux organes étudiés (filet et foie), le poids(P) et la longueur totale (LT)

- **ACP 2 :**

La matrice d'entrée qui a été utilisée pour l'analyse multi variée appliquée pour les résultats obtenus pour les différentes variables, composées de 02 colonnes (filet, foie) et de lignes qui correspondent aux concentrations moyennes des métaux ( Fe, Cu, Zn, Pb, Cd) chez *Trachurus trachurus* (**figure IV.9**).

Les valeurs propres (1.654 et 0.346) ont permis de retenir deux inerties respectives 82.69% et 17.31%. Le plan de cette analyse totalise 100% de l'information totale.



**Figure IV.9 :** Plan factoriel engendré par les deux premiers axes de l'analyse en composantes principales calculé à partir des teneurs métalliques moyennes des différents individus de (*Trachurus trachurus*) dans les deux organes étudiés (filet et foie)

Les contributions relatives des points colonnes qui construisent l'axe 1 est le filet de coordonnées positives.

Les points lignes qui construisent cet axe sont présentés par le Zn de coordonnées positives.

On constate qu'il ya une corrélation positive entre le zinc et le filet. La concentration de la teneur en zinc augmente avec le poids du filet.

Sur l'axe 2, les points colonnes de coordonnées négatives est présenté par le foie. Les points lignes qui construisent l'axe 2 sont présentés par le fer de coordonnées négatives. Nous observons qu'il ya une corrélation négative entre le fer et le foie. La concentration de la teneur en fer diminue avec le poids du foie. Il n'ya pas de corrélation entre le Cuivre, le plomb et le cadmium dans les deux organes.

#### V. Comparaison des résultats avec des travaux antérieurs:

En comparant nos résultats (**tableau IV.2**) avec d'autres résultats antérieurs et la valeur de référence (**IAEA-407, 2003**), on constate que la concentration en fer trouvé dans notre étude est inférieur à la valeur de référence (**IAEA-407, 2003**) et aux travaux de **Mendil et al (2010)** sur la région de la Turquie. Dans la station d'étude de Béni-saf, l'étude de **Belharizi (2010)** a indiqué des résultats nettement inférieurs aux notre, au niveau des deux organes (filet, foie).

La teneur en cuivre, au niveau du foie, dans l'étude de **Belharizi (2010)** se rapproche de nos résultats ; mais en ce qui concerne le filet, les résultats sont bien plus élevés. Notre étude a donné des concentrations en cuivre inférieures à celles de **Lacéne (2010)** sur la région de Honaine, aux travaux de **Mendil et al (2010)** ainsi qu'à la valeur de référence (**IAEA-407, 2003**).

Les concentrations en teneurs métalliques du zinc, de notre étude, sont inférieures à la valeur de référence (**IAEA-407, 2003**) et aux résultats de **Belharizi (2010)** au niveau des deux organes (filet,foie).Nos résultats sont supérieurs aux ceux de l'étude de **Lacéne (2010)**, aux travaux de **Mendil et al (2010)** ainsi que de **Capat et al (2013)** sur la région d'Italie.

En ce qui concerne les teneurs en plomb, nos résultats sont supérieurs à la valeur de

référence (IAEA-407, 2003) et les travaux de **Capat et al (2013)**. Les résultats de **Mendil et al (2010)** sont supérieurs à la concentration de plomb dans notre filet. Nos résultats sont supérieurs à ceux de **Lacéne (2010)** pour le filet et le foie et ceux de **Belharizi (2010)** au niveau du foie.

**Tableau. IV.2.** Tableau comparatif avec les résultats de la littérature (exprimée en mg/kg)

<b>Métaux</b>	Fer	Cuivre	Zinc	Plomb	Cadmium
<i>Trachurus T</i> : Foie Filet (Beni saf) <b>(Belharizi, 2010)</b>	1,3 1,2	2,1 2.0	112,74 111,55	0,8 0,5	- -
<i>Trachurus T</i> : Foie Filet (Honaine) <b>(Lacéne, 2010)</b>	- -	30.32 0.87	2.30 0.27	0.03 0.02	0.00 0.01
<b>Nos résultats:</b> Foie Filet	<b>104.09</b> <b>3.95</b>	<b>1.77</b> <b>0.26</b>	<b>55.58</b> <b>8.97</b>	<b>1.42</b> <b>0.33</b>	<b>0.34</b> <b>0.07</b>
<i>Trachurus T</i> (Italie) <b>(Copat et al.,2013)</b>	-	-	5.677±1.688	0.004±0.002	0.0009±0.0002
<i>Trachurus T</i> (Turquie) <b>(Mendil et al., 2010)</b>	36.4 ±3.5	2.4 ±0.2	25.7 ±2.6	0.64 ±0.06	0.22 ±0.02
<b>DMA (mg/kg)</b> <b>IAEA-407</b>	146	3.28	67.1	0.12	0.189

Dans notre étude, les concentrations du cadmium dans le foie dépassent la valeur de référence (IAEA-407, 2003) et sont légèrement supérieures à ceux de **Mendil et al ,2010**).Nos résultats sont très supérieures à ceux de **Capat et al (2013)** et de **Lacéne (2010)** pour le filet et foie.

## CONCLUSION

Dans notre étude nous nous sommes intéressés à la bioaccumulation de cinq éléments métalliques (Fe, Cu, Zn, Pb, Cd) dans la baie de Ghazaouet, une des régions connue aujourd'hui sur la rive sud de la méditerranée occidentale comme étant «HOT SPOT» (point chaud) de pollution. Notre choix s'est porté sur la saurel (*Trachurus trachurus*) en raison de sa large consommation par la population de la région.

Les indices métriques montrent que :

- Les indices pré-dorsales (ID) et pré-anales (IA) croient avec la taille des individus.
- L'indice céphalique (IC) ne présente pas de variation avec la taille.

D'après les teneurs métalliques moyennes enregistrées sur les deux organes étudiés (filet, foie) nous constatons que l'accumulation au niveau du foie est très importante par rapport au filet. L'étude statistique à l'aide de l'ANOVA 1 et le test de student confirme qu'il ya une différence hautement significative dans l'accumulation métallique au niveau de ces deux organes.

Le foie est le lieu de transit des matières métabolisées. La concentration métallique dans cet organe est influencée par le taux de présence de chaque élément dans les milieux environnants, le mode de pénétration des éléments métalliques, leur pouvoir bioconcentreur et bioaccumulateur de chaque organe.

La détermination des teneurs métalliques moyennes nous montrent aussi que c'est uniquement les concentrations de deux métaux (plomb, cadmium), au niveau d'un seul organe (foie), qui dépassent la valeur de référence (**IAEA-407, 2003**). La consommation du filet ne représente pas actuellement un risque pour la santé.

Nous retrouvons le gradient d'accumulation suivant :

Filet :  $Zn > Fe > Pb > Cu > Cd$

Foie :  $Fe > Zn > Cu > Pb > Cd$

Cette variabilité de répartition est dûe probablement au pouvoir fixateur des tissus de ses organes.

Nous avons réalisés une analyse des composantes principales :

- à partir des teneurs métalliques pour les différents individus de (*Trachurus trachurus*) dans les deux organes étudiés (filet et foie), le poids (P) et la longueur totale(LT), nous constatons que la concentration du cuivre dans le filet, le zinc dans le foie, la longueur totale et le poids sont plus importants chez les individus (TT 9,11,12). Cependant le plomb dans le foie est plus important chez les individus (TT 1,3,5,6).

- à partir des teneurs métalliques moyennes des différents individus de (*Trachurus trachurus*) dans les deux organes étudiés (filet et foie), nous constatons que la concentration du zinc augmente avec le poids du filet. La concentration du fer diminue avec le poids du foie. Il n'y a pas de corrélation entre le cuivre, le plomb et le cadmium dans les deux organes (filet et foie).

La comparaison des résultats obtenus dans cette étude avec des travaux antérieurs montre une certaine différence due certainement à une variabilité de contamination marine entre région.

Enfin, ce travail a besoin d'une suite approfondie. On devrait intégrer d'autres éléments métalliques dans nos études, notamment le mercure. C'est le principal élément toxique pour l'homme dont l'apport alimentaire est fourni majoritairement par la consommation de produits marins. Le cerveau est le principal organe cible à l'action du mercure, il peut traverser en outre la barrière placentaire et entraîner des anomalies neurologiques chez les enfants nés, de mères exposées particulièrement au méthylmercure.

***REFERENCES***  
***BIBLIOGRAPHIQUES***

---

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :**

**AKESSON A., BERGLUND M., Schutz A., Bjelierup P., Bremme K., Vahter M., 2002.** Cadmium exposure in pregnancy and lactation in relation to iron status. *Am.J.Public health*.P92-284.

**ANDERSEN O., NIELSEN JB., NORDBERG G.F., 2004.** Nutritional interactions in intestinal cadmium uptake-possibilities for risk reduction. *Biometals*.P17-543.

**BENDIMERED M. A., 2000.** Effet de la pollution cadmique sur une population de moules *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck, 1816)- Notion de bio essai. Mémoire de Magister en sciences de l'environnement. Université d'Oran-Es SENIA.P5-7.

**BELHARIZI N., 2010.** Contribution à l'évaluation de la pollution métallique sur le littoral de Béni-saf, cas de la saurel (*Trachurus trachurus*) (linné, 1758).Mémoire d'ingénieur d'Etat en écologie animale.Université de Tlemcen.P43-48.

**BISSON M., HULOT C., LACROIX G., LEFEVRE J.P., MAGAUD H., OBERSON-GENESTE D., MORIN A., PEPIN G., 2003.** Plomb et ses dérivés.P90.

**CALAPAJ R.,CIRAOLO L.,MAGAZZU G.,BEDRAR A., 1978.** Le contenu en Hg,Pb,Cd,Cu,Fe,Zn de certains poissons bathyphiles et d'un crustacé du détroit de messive. *Rev.Int.Océanogr.Med.* , Tome LI-LII : P127-137.

**CASAS S., 2005.** Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *Mytilus galloprovincialis*, en milieu méditerranée. Thèse de doctorat en océanographie biologique, environnement marin. Univ. Du Sud Toulon Var.P301.

**CHIFFOLEAU J.F, GONZALEZ J.L., MIRAMAND P., THOUVENIN B., GUYOT T., 1999.** Le cadmium:comportement d'un contaminant métallique en estuaire. Fascicule N° 10 du programme scientifique Seine-Aval. Ifremer, Plouzané, P31,36.

**CHIFFOLEAU J.F., CLAISSE D., COSSA D., FICHT A., GANZALEZ J.L., GUYOT T., MICHEL P., MIRAMAND P., OGER C., PETIT F., 2001.** La contamination métallique, Edition Ifremer, P39.

**CLAISSE D., ALZIEU C., 1993.** Copper contamination as a result of antifouling paint Regulations , Mar. Pollut. Bull.26 : P395-397.

**COPAT C., ARENA G., FIORE M., LEDDA C., FALLICO R., SCIACCA S., FERRANTE M., 2013.** Heavy metals concentrations in fish and shell fish from eastern Mediterranean sea : Consumption advisories. Food and Chemical Toxicology, 53 :P33-37.

**COSSA D., LASSUS P., 1989.** Le cadmium en milieu marin. Biogéochimie et écotoxicologie, Edition Ifremer, Plouzané, France. 16:P111.

**COSSA D., ELBAZ-POULICHET F., GNASSIA-BARELLI M., ROMEO M., 1993.** Le plomb en milieu marin. Biogéochimie et écotoxicologie, Edition Ifremer, Plouzané, France. P77.

**COTZIAS G.C., 1967.** Importance of traces 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 :P5-19.

**CREAC P., 1951.** « Note sur la biologie et la morphologie de la sardine dans le Fond du golf de Gascogne. Revue des travaux de l'office scientifique et technique de pêche maritimes, Tome XVI :P44-46.

**DANOVARO R., 2003.** Pollution threats in the Mediterranean Sea: an overview. Chem. Ecol.19:P15-32.

**DELAVIE P., 2001.** Les phénomènes de pollution dans les pays en voie de développement. Edition Hachette multimédia. P25.

**DJABALIS S., BRAHMI B., MAMMASSE M., 1993.** « Poissons des cotes algériennes I. S. H. A. L. Alger : 48.P49-60.

**DOB M., 1988.** « Approche de quelques paramètres de la biologie et de la dynamique de population exploitée de la Sardine. Mémoire d'ingénieur en Océanographie. Mostaganem :P 33-35.

**D.P.R.H.T (Direction de la Pêche et des Ressources Halieutiques de la wilaya de Tlemcen), 2004.** Le secteur de la pêche et l'état environnemental du littoral de la Wilaya de Tlemcen.P41.

**DUCHAUFOUR P., 1997.** Abrégé de pédologie. 5<sup>ème</sup> Edition. Masson.P95.

**F.A.O., 1988.** Division de la production végétale et de la protection des plantes. Rapport de vingt-neuvième session du comité FAO de lutte contre le criquet Peleim, Rome, 13-17. Rapport de réunion NO, AGP/1988/M12,p 44.

**FISHER W., BOUCHOT M.L., SCHNEIDER M., 1987.**Fiches d'identification des espèces pour les besoins de la pêche (Révision I) Méditerranée et mer noire-zone de pêche 37, vertébrés FAO vol 2 :P700-745.

**GALAF F., GHANNAM, S., 2003.**Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu. Mémoire du troisième cycle pour l'obtention du Diplôme d'ingénieur d'Etat en Agronomie. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II. Rabat. P2.

**GAUJOUS D., 1995.** La pollution des milieux aquatiques. Aide – mémoire. Ed. Technique et documentation – Lavoisier.P220.

**GUILLAUME J.,KANSNIK S.,BERGOT P.,METAILLER R.,1999.**Nutrition et alimentation des poissons et crustacés, coéd.INRA-Editions.P224-228.

**GUY L., VIERLING E., 2007.**Microbiologie et toxicologie des aliments-hygiène et sécurité alimentaires.4<sup>ème</sup> Edition Doin.P268.

**HARMELIN V.M., HARMELIN J.C., 1991.** Guides des poissons de la Méditerranée (vie, mœurs et principaux peuplements des espèces littorale).Edition Delachaux-Niestlé :P20.

**IAEA-407., 2003.**International Atomic Energy Agency.Trace element and methyl mercury in fish tissue.P407.

**INERIS., 2004.** Analyse critique des méthodologies pour la détermination et l'application de normes de qualité environnementale pour les métaux. Rapport de synthèse n° INERIS DRC-03-46822-HMa/JL-03.0681.P27.

**INERIS., 2006.**Elément sur l'origine et le mode d'élaboration des valeurs réglementaires de l'eau, de l'air et des denrées alimentaires, applicables en France pour les substances chimiques. Rapport d'étude. P1-93.

**IFREMER., 2001.** Evaluation de la qualité des eaux basée sur l'utilisation de stations artificielles de moules en Méditerranée: résultats de la campagne 2000 – Réseau Intégrateurs Biologiques (RINBIO).P93.

**IFREMER., 2009.**Contaminantschimiques.Basse-Normandie.<http://www.ifremer.fr/contaminantschimiques>

**JUMARIE C., FORTIN C., HOUDE M., CAMPBELL P.G.C., DENIZEAU F., 2001.** Cadmium uptake by Caco-2 cells: effects of complexation by chloride, glutathione and phytochelatins. Toxicol Appl Pharmacol, 170:P29-38.

**LACENE N., 2010.**Evaluation de la bioaccumulation métallique (Zn, Pb, Cu, Cd, Ni) chez un mollusque la patelle (*Patella ferruginea*) et un poisson la saurel (*Trachurus trachurus*) dans la baie de Honaine, la wilaya de Tlemcen. Mémoire d'ingénieur d'Etat en écologie animale.Université de Tlemcen.P36-38.

**LACHAMBRE M., FISSON C., 2007.** La contamination chimique « Quel risque en estuaire de Seine ». Fiche substance: Plomb.P11.

**LAGERKVIST B.J., SODERBERG H.A., NORDBERG G.F., EKESRYDH S., ENGLYST V., 1993.** Biological monitoring of arsenic, lead and cadmium in occupationally and environmentally exposed pregnant women. *Scand.J. Work Environ. Health*, 19 suppl :P1-50.

**LAUWERYS R., HAUFROID V., HOET P., LISON D., 2007.** *Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles*. 5<sup>ème</sup> Edition Masson. P203-393.

**LAVOIX M.P., 1978.** Contribution à l'étude écotoxicologique du cadmium. Thèse pour le Doctorat Vétérinaire. Toulouse, 69 p.

**LINKS J.M., SCHWARTZ B.S., SIMON D., BANDEEN-ROCHE K., STEWART W.F., 2001.** Characterization of toxicokinetics and toxicodynamics with linear systems theory: application to lead-associated cognitive decline. *Environ. Health Perspect.* 109 :P361–368.

**LINNAEUS C., 1758.** *Systema Naturae*, X (*Systema naturae per. Regna tria. Naturae secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis. Synonymis. Locis.* Tomus I. Halmiae, systema, Nat. Edition. P1- 824.

**M.A.T.E., 2006.** Etude de pré investissement pour le HOT SPOT de Ghazaouet (Algérie)- Rapport de Phase I. P67.

**M.A.T.E., 2007.** Etude de pré investissement pour le HOT SPOT de Ghazaouet (Algérie)- Rapport de Phase II. P217.

**MENDIL D., DEMIRCI Z., TUZEN M., SOYLAK M., 2010.** Seasonal investigation of trace element contents in commercially valuable fish species from the black sea, Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 48: P965-870.

**MIGNON C., CACCIA J.L., 1990.** Separation of anthropogenic and natural emissions of particulate heavy metals in the western Mediterranean atmosphere. *Atmos. Environ. Part A*. 24: P399-405.

**MIGNON C., CACCIA J.L., 1993.** Estimation of anthropogenic and natural heavy metals in the north western Mediterranean rain water and total atmospheric deposition. *Chemosphere*. 27:P 2389-2396.

**NAKIB L., 2010.** Mise au point d'une technique d'extraction des éléments traces métalliques dans les produits de la mer et leurs dosages par spectrophotométrie d'absorption atomique. Mémoire magistère en Médecine vétérinaire. Université de Constantine.P29-54.

**NICOLAS E., RUIZ-PINO D., BUAT-MENARD P., BETHOUX J.P., 1994.** Abrupt decrease of lead concentration in the Mediterranean Sea: a response to antipollution policy. *Geophys.Res. Lett.*21:P 2119-2122.

**NIELSEN J.G., MUUS B.J., DAHLSTROM P.OLESEN., NYSTROM B., 2006.** Guide des poisons de mer et de pêche (Biologie, pêche et importance économique).P186-187.

**NORDBERG G.F., KJELLSTROM T., NORDBERG M., 1985.**Kinetics and metabolism,cadmium and health : A toxicological and epidemiological appraisal.In :vol.I :exposure,dose and metabolism.Boca Raton CRC press.P103-178.

**OMS IPCS., 1998.** Environmental Health Criteria n°200: copper. World Health Organisation International Programme on chemical Safety. <http://www.inchem.org/fullist.htm>.

**PELAGOS., 1993.** « Poissons des cotes Algériennes. Bulletin de l'institut des sciences de mer et d'aménagement du littoral ,47.P48-49.

**PICHARD A., BISON M., DIDERICH R., DOOMAERT B., LACROIX G., LEFEVRE J. P., LEVEQUE S., MAGAUD H., MORIN A., OBERON D., PEPIN G., TISSOT S., 2003.** Plomb et ses dérivés. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques INERIS.P90.

**PICHARD A., BISON M., DIDERICH R., DOOMAERT B., LACROIX G., LEFEVRE J. P., LEVEQUE S., MAGAUD H., MORIN A., OBERON D., PEPIN G., TISSOT S., 2005.** Cadmium et ses dérivés. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques INERIS, P60.

**QUERO JC., VAYNE J.J., 1997.** « Les poissons de mer des pêches Françaises, identification, inventaire et répartition de 209 espèces ». Edition Delachaux-Niestlé :P181-182.

**QUERO J.C., PORCHE P., 2005.** Poisson de mer .Edition Gisserot.P105-1010.

**ROLAND B., 1976.** la grande encyclopédie. Librairie Larousse.Paris :P10806.

**REGOLI F., NIGRO M., ORLANDO E., 1998.** Lysosomal and antioxidant responses to metals in the Antarctic Scallop *Adamusium Colbecki*. Aquatic toxicology :P375.

**RODIER J., 1996.** L'analyse de l'eau. Eaux naturelles - Eaux résiduaires – Eaux de mer. 8<sup>ème</sup> Edition. Dunod.P1383.

**UNEP., 2003.** Assessment of transboundary pollution issues in the Mediterranean Sea. UNEP,Athens, P292.

**VOGT W. P., 1993.** Dictionary of statistics and methodology : A nontechnical guide for the social sciences.Newbury Park, CA : Sage.P117

**WAALKES M.P., 2000.** Cadmium carcinogenesis in review. J. Inorg.Biochem,79.P241–244.

**WHO-IPCS (international programme on chemical safety), 1998.** Environmental health criteria 200 :copper.Geneva.

**WHO., 2001.** International Programme on Chemical Safety.Environmental Health Criteria 221 :Zinc.Geneva.

# *ANNEXES*

## A1-Analyse de variance: un facteur : le fer

## RAPPORT DÉTAILLÉ

Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance
4,802110818	14	54,38459802	3,884614144	1,584843833
66,94444444	14	1494,378157	106,7412969	680,4743505

## ANALYSE DE VARIANCE

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	74056,48031	1	74056,48031	217,155581	<b>3,90081E-14</b>	4,225201273
A l'intérieur des groupes	8866,769527	26	341,0295972			
Total	82923,24984	27				

## A2-Analyse de variance: un facteur : le cuivre

## RAPPORT DÉTAILLÉ

Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance
0,131926121	14	3,83005977	0,273575698	0,009745122
1,083333333	14	25,49955808	1,821397006	0,35585523

## ANALYSE DE VARIANCE

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	16,77025561	1	16,77025561	91,74091616	<b>5,16131E-10</b>	4,225201273
A l'intérieur des groupes	4,752804573	26	0,182800176			
Total	21,52306018	27				

A3-Analyse de variance: un facteur : **le zinc**

## RAPPORT DÉTAILLÉ

Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance
10,25725594	14	124,2443544	8,874596746	2,816751794
30	14	803,6388889	57,40277778	177,0292167

## ANALYSE DE VARIANCE

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	16484,89048	1	16484,89048	183,3223243	<b>2,76029E-13</b>	4,225201273
A l'intérieur des groupes	2337,99759	26	89,92298424			
Total	18822,88807	27				

A4-Analyse de variance: un facteur : **le plomb**

## RAPPORT DÉTAILLÉ

Groupes	Nombre d'échantillons	Somme	Moyenne	Variance
0,193865435	14	4,743898358	0,338849883	0,001941128
1,67	14	19,58130051	1,398664322	0,080632014

## ANALYSE DE VARIANCE

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	7,862446517	1	7,862446517	190,4359295	<b>1,7838E-13</b>	4,225201273
A l'intérieur des groupes	1,073450845	26	0,041286571			
Total	8,935897363	27				

A5-Analyse de variance: un facteur : **le cadmium**

RAPPORT DÉTAILLÉ

<i>Groupes</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>
0,052770449	14	1,035052289	0,073932306	0,000193106
0,258333333	14	4,914015152	0,351001082	0,005194551

ANALYSE DE VARIANCE

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>Valeur critique pour F</i>
Entre Groupes	0,537369746	1	0,537369746	199,4817991	<b>1,04493E-13</b>	4,225201273
A l'intérieur des groupes	0,07003954	26	0,002693828			
Total	0,607409286	27				

## **RESUME:**

Dans ce travail nous nous intéressons à la bioaccumulation des éléments métalliques (Fe, Cu,Zn, Pb, Cd) chez la saurel ( *Trachurus trachurus* ) procurée à la pêcherie du port de Ghazaouet.

Après avoir noté les mensurations de chaque individu de la saurel, nous avons réalisé la dissection puis la minéralisation par voie sèche des organes cibles (filet et foie).Le dosage a été réalisée par spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme.

Dans le foie, les concentrations varient entre 46.5 et 139.5 mg/kg pour le fer et entre 1.08 et 2.94 mg/kg pour le cuivre. Dans le filet, les concentrations varient entre 1.46 et 6.04 mg/kg pour le fer et entre 0.13 et 0.47 mg/kg pour le cuivre. Ces concentrations de fer et cuivre ne dépassent pas la valeur de référence (AIEA-407, 2003).

Les concentrations du zinc ne dépassent la valeur de référence que pour les individus (TT9,10,11,12,13). Ces teneurs varient entre 30 et 76.11 mg/kg dans le foie et entre 6.78 et 13.44 mg/kg dans le filet.

La concentration en plomb dans le foie varie entre 0.99 et 1.9 mg/kg .Cependant dans le filet, elle varie entre 0.193 et 0.408 mg/kg. Ces concentrations dépassent la valeur de référence (AIEA-407, 2003).

La concentration du cadmium dans le foie dépasse la valeur de référence (AIEA-407, 2003) ; elle varie entre 0.212 et 0.427 mg/kg. Dans le filet, la concentration du cadmium ne dépasse pas la valeur de référence ;elle varie entre 0.052 et 0.095 mg/kg.

La détermination des teneurs métalliques moyennes chez les différents individus a indiqué que uniquement le plomb et le cadmium dans le foie qui dépassent la valeur de référence (AIEA-407, 2003).

L'accumulation métallique dans le foie est bien supérieure à celle du filet. Ce résultat a été confirmé par l'ANOVA 1 et le test de student.

L'analyse de la composante principale (ACP) montre que la concentration du cuivre dans le filet, la concentration du zinc dans le foie, la longueur totale et le poids sont plus importants chez les individus (TT 9,11,12). La concentration du plomb dans le foie est plus important chez les individus (TT 1,3,5,6). La concentration du zinc augmente avec le poids du filet. Celle du fer diminue avec le poids du foie. Il n'ya pas de corrélation entre le cuivre, le plomb, le cadmium dans les deux organes.

**Mots clés :** pollution marine, éléments métalliques, *Trachurus trachurus*, spectrophotométrie d'absorption atomique, Ghazaouet.

---