

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



Université Abou Bekr Belkaid- Tlemcen  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers  
Département d'Ecologie et Environnement

Laboratoire de  
« Valorisation des actions de l'homme pour la protection de l'environnement  
et application en santé publique »

**MEMOIRE**

*Présenté par : M.GOUAL Mohammed Tarik*

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER  
OPTION : PATHOLOGIES DES ECOSYSTEMES

***Contribution au suivi de la  
bioaccumulation métallique dans trois  
tissus du sar commun sur le littoral de  
Ghazaouet***



Soutenu le : 08/06/2014

Devant le jury composé de :

Président	: Mr BENDIMERAD Mohammed Amine	MCB	Univ.Tlemcen
Encadreur	: Mme BENGUEDDA Wacila	MCB	Univ.Tlemcen
Examineur	: Mr BETTIOUI Réda	MAA	Univ.Tlemcen

Année universitaire : 2013/2014

## REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier tout particulièrement Mme. BENGUEDDA Wacila pour avoir accepté d'être directrice de cette thèse. Merci pour votre confiance, vos conseils et votre disponibilité.

Je remercie sincèrement messieurs BENDIMERAD Mohammed Amine et BETTIOUI Réda ; membres du jury ,qui m'ont fait le grand honneur de participer à l'évaluation et à la critique de ce travail.

Mes remerciements vont aussi à :

M. BETTIOUI, pour son aide considérable dans la réalisation de l'étude statistique.

M. BOURAK Hamid, P.D.G de la société algérienne de zinc pour m'avoir soutenu pour la réalisation de ce travail,

Mme MEGHEBBAR , Chef de service contrôle qualité d'Alzinc ,ainsi que tout le personnel du laboratoire central pour m'avoir permis d'effectuer les analyses de spectrométrie.

M.BETTIOUI Réda ,pour son aide considérable dans la réalisation de l'étude statistique,

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>2</b>
<b>CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE (ETAT DES CONNAISSANCES)</b>	
<b>I-1-LES CONTAMINANTS METALLIQUES .....</b>	<b>5</b>
I-1-1 Généralités sur les métaux.....	5
I-1-1-1 Introduction.....	5
I-1-1-2 les métaux lourds dans l'écosystème aquatique .....	6
I-1-1-3 Caractéristiques générales des métaux étudiés .....	6
I- 1-1-3-1 Plomb .....	6
I-1-1-3-2 Cuivre .....	7
I-1-1-3-3 Fer .....	7
I-1-1-3-4 Cadmium .....	8
I-1-1-3-5 Zinc.....	9
<b>I-2-CONTAMINANTS METALLIQUES DANS LES ORGANISMES MARINS .....</b>	<b>9</b>
I-2-1 Bioaccumulation.....	10
I-2-2 Bioconcentration.....	10
I-2-3 Biomagnification .....	10
I-2-4 Biodisponibilité .....	11
<b>I-3-CONCEPT DE BIOINDICATEUR .....</b>	<b>11</b>
I-3-1 Définition.....	11
I-3-2 Utilisation des poissons comme bioindicateurs.....	11
<b>I-4-ETUDE DE LA MATIERE VIVANTE :<i>Diplodus sargus sargus</i> (L ,1758 ).....</b>	<b>12</b>
I-4-1 Introduction .....	12
I-4-2 Rang taxonomique .....	12
I-4-3 Répartition.....	12
I-4-4 Biotope.....	13
I-4-5 Description .....	13
I-4-6 Alimentation .....	14
I-4-7 Reproduction.....	14
I-4-8 Intérêt commercial.....	15
<b>CHAPITRE II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE</b>	
<b>II-1-SITUATION GEOGRAPHIQUE.....</b>	<b>18</b>
<b>II-2-GEOLOGIE DE LA REGION.....</b>	<b>18</b>
<b>II-3-CLIMATOLOGIE.....</b>	<b>19</b>
<b>II-4-ACTIVITES POUVANT AFFECTER LE MILIEU MARIN.....</b>	<b>19</b>
<b>II-5-APERÇU SUR SEDIMENT MARIN.....</b>	<b>22</b>
II-5-1 Nature et granulométrie.....	22
II-5-2 Biosédimentologie .....	23
<b>II-6-COURANTOLOGIE .....</b>	<b>24</b>

## **CHAPITRE III : MATERIEL ET METHODES**

<b>III-1-PRELEVEMENT ET MINERALISATION DES ECHANTILLONS.....</b>	<b>26</b>
III-1-1 Choix de la station.....	26
III-1-2 Choix de l'espèce.....	26
III-1-3 Prélèvements .....	26
III-1-4 Dissection.....	26
III-1-5 Minéralisation.....	27
III-1-6 Filtration.....	28
<b>III-2-DOSAGE DES METAUX.....</b>	<b>28</b>
<b>III-3-LES TESTS STATISTIQUES .....</b>	<b>28</b>
III-3-1 Analyse de la variance « ANOVA » .....	28
III-3-2 Analyse en composante principale « ACP ».....	29

## **CHAPITRE IV: RESULTATS ET INTERPRETATIONS**

<b>IV-1- EVALUATION DES TENEURS METALLIQUES DANS LE MUSCLE.....</b>	<b>31</b>
<b>IV-2-EVALUATION DES TENEURS METALLIQUES DANS LES BRANCHIES....</b>	<b>33</b>
<b>IV-3-EVALUATION DES TENEURS METALLIQUES DANS GONADES .....</b>	<b>35</b>
<b>IV-4-COMPARAISON DES TENEURS METALLIQUES ENTRE LES TROIS TISSUS.....</b>	<b>38</b>
<b>IV5-CORRELATION POIDS ET TAILLE.....</b>	<b>40</b>
<b>IV-6-DISCUSSION.....</b>	<b>41</b>
<b>IV -7-COMPARAISON DES RESULTATS AVEC DES DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>45</b>
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>49</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>52</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>58</b>

## LISTE DES ABREVIATIONS

**ACP** : Analyse en composante principale.

**AIEA** : Agence Internationale de l'Énergie Atomique.

**ANOVA** : Analyse de la variance.

**BCF** : Facteur de Bioconcentration.

**DMA** : Dose Maximale Admise.

**FAO**: Food and Agriculture Organization.

**ISMAL** : Institut des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du littoral.

**MATE** : Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement.

**nm** : Nanomètre

**ONU** : Organisation des Nations Unies.

**P** : Probabilité de rejet de  $H_0$

**PDAU** : Plan Directeur de l'Aménagement et d'Urbanisme.

**ppm** : Partie Par Million

**SAA** : Spectrométrie d'Absorption Atomique.

**ETM** :Eléments traces métalliques.

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 01</b> : Principales sources de micropolluants dans les eaux.....	5
<b>Figure 02</b> : Aire de répartition de <i>Diplodus sargus sargus</i> .....	13
<b>Figure 03</b> : le sar commun.....	14
<b>Figure 04</b> : Captures du sar commun en tonnes.....	16
<b>Figure 05</b> : Position géographique de Ghazaouet.....	18
<b>Figure 06</b> : Port de Ghazaouet.....	21
<b>Figure 07</b> : Nature du sédiment marin.....	22
<b>Figure 08</b> : Répartition de la matière organique.....	23
<b>Figure 09</b> : Anatomie du poisson.....	26
<b>Figure 10</b> : Gonades.....	27
<b>Figure 11</b> : Branchies.....	27
<b>Figure 12</b> :Teneurs métalliques dans le muscle.....	31
<b>Figure 13</b> :Comparaison des teneurs métalliques dans le muscle.....	32

<b>Figure 14:</b> Teneurs métalliques moyennes dans le muscle.....	32
<b>Figure 15:</b> Teneurs métalliques dans les branchies.....	33
<b>Figure 16:</b> Comparaison des teneurs métalliques dans les branchies.....	35
<b>Figure 17:</b> Teneurs métalliques moyennes dans les branchies.....	35
<b>Figure 18:</b> Teneurs métalliques dans les gonades.....	36
<b>Figure 19 :</b> Comparaison des teneurs métalliques dans les gonades.....	37
<b>Figure 20 :</b> Teneurs métalliques moyennes dans les gonades.....	37
<b>Figure 21 :</b> Comparaison des teneurs métalliques entre les trois tissus.....	38
<b>Figure 22 :</b> Pourcentages d'accumulation métalliques dans les trois tissus.....	38
<b>Figure 23 :</b> ACP teneurs métalliques dans les différents tissus.....	40
<b>Figure 24 :</b> Représentation schématique du processus de bioaccumulation.....	44

### **LISTE DES TABLEAUX**

<b>Tableau 01 :</b> Fréquence annuelles des vents exprimée en %.....	19
<b>Tableau 02 :</b> Rejets de métaux lourds d'origine domestique à Ghazaouet.....	20
<b>Tableau 03 :</b> longueurs d'ondes et limites de détection des métaux (S.A.A à flamme).....	28
<b>Tableau 04:</b> Poids et tailles des individus .....	40
<b>Tableau 05 :</b> Comparaison des résultats avec des données bibliographiques.....	46

### **ANNEXES**

<b>Tableau A-01 :</b> Analyse de variance Pb.....	58
<b>Tableau A-02 :</b> Analyse de variance Cd.....	58
<b>Tableau A-03 :</b> Analyse de variance Cu.....	58
<b>Tableau A-04 :</b> Analyse de variance Fe.....	60
<b>Tableau A-05 :</b> Analyse de variance Zn.....	60



# **INTRODUCTION**

Le phénomène de pollution est devenu depuis quelques décennies une des préoccupations majeures qui conditionne l'avenir de notre civilisation par son étendue de plus en plus croissante et son impact qui affecte non seulement la santé publique mais aussi la pérennité de la biosphère.

Avec ses différentes formes, la pollution constitue une sérieuse menace pour l'homme et son environnement dont les effets peuvent être désastreux : les conséquences connues des pluies acides, smog, effet de serre,..., et celles de quelques accidents écologiques qui ont marqué la période contemporaine tels que ; l'Amoco Cadiz (Grande Bretagne), Love Canal(USA), Baie de Minamata(Japon), Tchernobyl (ex URSS),...en font foi.

Considéré comme le réceptacle idéal des différents déchets (urbains et industriels), le milieu marin a été le plus exposé au phénomène de pollution.

En effet, les rejets divers dus aux activités humaines situées le long des côtes ont un impact considérable sur le milieu marin.

Parmi ces rejets, on retrouve les éléments métalliques qui constituent une source de pollution sournoise pour la vie aquatique en général notamment, le plomb et le cadmium. Ces éléments sont très toxiques et de plus en plus utilisés dans les secteurs industriels. Les métaux lourds sont des polluants dont la nocivité est liée à leur rémanence et à leur spéciation. Ces métaux sont peu métabolisés (à l'inverse des polluants organiques), ils peuvent donc être transférés dans le réseau trophique et s'accumuler dans la matière vivante (**DUQUESNE**, 1992).

Les poissons sont largement utilisés comme espèces sentinelles de la contamination dans le milieu aquatique, et constituent une partie importante de l'alimentation humaine. Il n'est donc pas surprenant que de nombreuses études soient menées sur la pollution par les métaux chez différentes espèces de poissons comestibles. (**KUCUKSEZGIN** et al. 2001;**LEWIS** et al, 2002 cités dans **KAMARUZZAMAN** et al, 2010)

C'est dans ce cadre que ce travail a été réalisé, recherchant la contamination du milieu marin par les métaux lourds dans la région de Ghazaouet en utilisant un poisson démersal (le sar) comme bioindicateur.

L'objectif majeur de cette étude est de déterminer les niveaux des métaux lourds (Cd, Cu, Fe, Pb et Zn) au niveau des branchies, des gonades et des muscles chez le sar commun *Diplodus sargus sargus* (L., 1758) afin d'essayer d'apprécier le niveau de contamination de la zone choisie. Le Cd, Pb sont choisis pour leur toxicité alors que Fe, Zn, et le Cu sont des éléments essentiels pour la croissance des poissons. Le poisson choisi peut être



particulièrement sensible à la pollution et à la dégradation de l'habitat, car il vit près des sédiments, où les contaminants chimiques s'accumulent.

La démarche adoptée dans ce travail se résume en quatre points essentiels traités successivement :

- Une recherche bibliographique concernant des données sur les métaux lourds, le phénomène de bioaccumulation et l'espèce étudiée.
- La présentation de la zone d'étude.
- Une présentation de la partie expérimentale.
- Interprétation des résultats obtenus et leur comparaison avec ceux d'autres études similaires.
- Une conclusion et des perspectives.

Ce travail est un chaînon complémentaire à la série d'études effectuées préalablement au « laboratoire de valorisation des actions de l'homme pour la protection de l'environnement et application en santé publique » et concernant divers maillons de la chaîne trophique du littoral extrême ouest Algérie.

# **I-SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

*-Etat des connaissances-*

## I-1-LES CONTAMINANTS METALLIQUES

### I-1-1 Généralités sur les métaux :

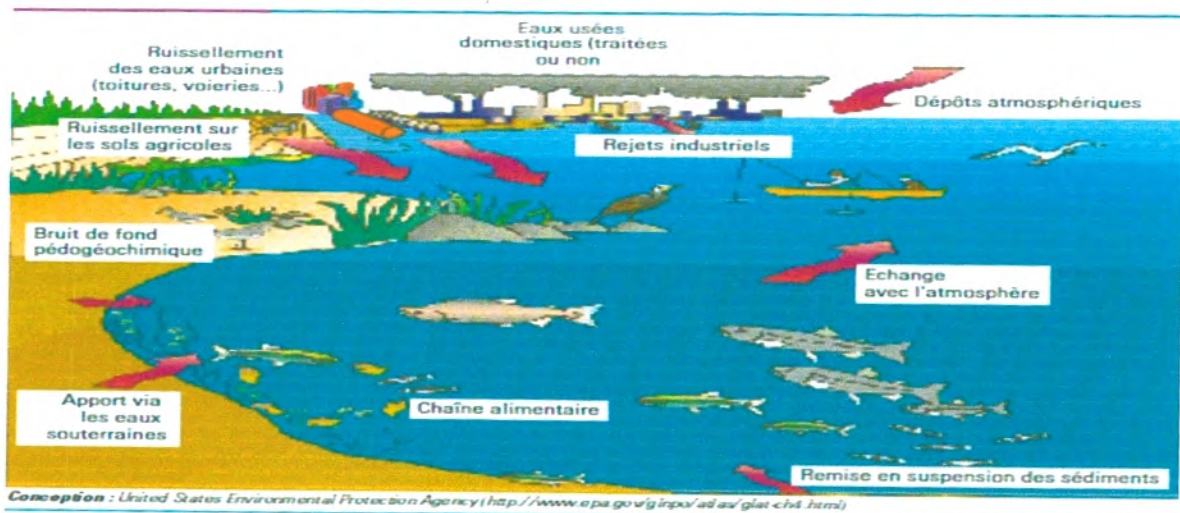
#### I-1-1-1 Introduction

L'augmentation des rejets de polluants métalliques dans le milieu marin, notamment au niveau du littoral, résulte en une modification, voire une dégradation de la qualité de ces milieux d'où des perturbations de l'écosystème.

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

Les micropolluants minéraux sont représentés essentiellement par les éléments traces métalliques (ETM). Les principaux ETM rencontrés dans les eaux sont le cadmium (Cd), le plomb (Pb), le chrome (Cr), le mercure (Hg), l'arsenic (As), le cuivre (Cu), le zinc (Zn) et le nickel (Ni). Ces éléments sont présents naturellement dans les roches et les sols, mais les niveaux de concentration actuels résultent pour la plupart de diverses activités humaines (sidérurgie, tannerie, transport routier, effluents agricoles...) (CHALON et al, 2006).

Les origines des micropolluants dans l'eau sont nombreuses et multiples. Il peut s'agir d'une part, de rejets directs d'eaux usées urbaines et industrielles et d'autre part, d'apports diffus associés aux retombées atmosphériques ou au ruissellement d'eaux contaminées en provenance des sols agricoles ou des voiries. Certains micropolluants sont aussi présents dans les sédiments des cours d'eau ou présents naturellement à l'état de trace dans les sols (fond pédogéochimique) (CHALON et al, 2006).



Conception : United States Environmental Protection Agency (<http://www.epa.gov/glrpo/atl/atl/gla/cht.html>)

Figure 01 : Principales sources de micropolluants dans les eaux.

La source anthropogène reste cependant la plus importante, car les travaux des instituts de recherches ont montré que les quantités de métaux tel que le plomb, le cadmium et le zinc émises par l'homme correspondent à 18 fois, 5 fois et 3 fois les quantités de ces métaux issus de sources naturelles. (CLARK, 1989)

### **I-1-1-2 les métaux lourds dans l'écosystème aquatique :**

Dans les milieux aquatiques, les métaux peuvent être répartis en cinq compartiments :

Eau de mer, sédiment, eau interstitielle, matière en suspension, et le biotope.

L'accumulation des métaux dans les biotopes dépend essentiellement de facteurs physico-chimiques ainsi que de facteurs biologiques.

La biodisponibilité des métaux vis-à-vis des organismes est influencée par la spéciation du métal et par la chimie de l'eau.

Les forces de liaisons des métaux aux particules et par conséquent leur capacité à être dissociés des sédiments, peuvent aussi affecter la biodisponibilité des métaux vis-à-vis des organismes. En ce qui concerne les facteurs biologiques, l'appartenance à une espèce ou à un groupe zoologique donnée et par conséquent le mode de vie, joue un rôle dominant dans l'accumulation métallique. (DUQUESNE, 1992)

### **I-1-1-3 Caractéristiques générales des métaux étudiés :**

#### **I-1-1-3-1 Plomb :**

Utilisé depuis des siècles, le plomb et ses dérivés sont des toxiques industriels majeurs et des polluants de notre environnement.

Alors que le jeu des phénomènes biogéochimiques entraîne annuellement dans l'océan 18000 tonnes de plomb, quelques deux millions de tonnes sont extraits par l'homme dans la lithosphère. (DUQUESNE, 1992)

En milieu marin, la plus part du plomb est apporté par le dépôt de particules atmosphériques à l'exception des zones littorales, en particulier les estuaires, où l'apport d'eaux continentales polluées peut être important (RAMADE 1992).

Sa concentration naturelle dans l'eau de mer est de 0.6 µg/l (BOURDIAL, 1988).

- **Usages et sources de pollution** : les émissions artificielles de plomb ont principalement pour origine la fonderie de la métallurgie, les mines de plomb et de zinc, et son adjonction comme antidétonant dans les carburants.

Le plomb entre aussi dans de multiples autres applications :

- Tuyauteries ;
  - Fabrication de munitions ;
  - Fabrication d'accumulateurs ;
  - Peintures
- **Toxicité** : le plomb est un poison cumulatif responsable du saturnisme, il provoque des dysfonctionnements du métabolisme.

On considère que le plomb contribue à élever l'incidence de la cancérogenèse chez l'homme (**BOISSET**, 1996). Les effets écologiques du plomb se caractérisent principalement par une toxicité aiguë pour divers organismes.

#### **I-1-1-3-2 Cuivre :**

Le cuivre est métal rouge bleuâtre, ductile et malléable possédant une excellente conductivité électrique et thermique, c'est aussi un oligo-élément essentiel entrant dans la constitution de diverses enzymes.

Les teneurs naturelles en cuivre dans l'eau de mer sont d'environ 50µg/l (**GAUJOUS**, 1995).

- **Usages et sources de pollution** : le cuivre est largement utilisé dans l'équipement électrique, alliages, tuyauterie,...

Les sels de cuivre ont aussi de multiples emplois, notamment en agriculture où ils sont utilisés comme pesticides.

**Toxicité** : le cuivre rejeté dans le milieu marin est absorbé par les sédiments, le phytoplancton, les algues supérieures et la faune benthique et pélagique.

Il provoque une altération des branchies des poissons et retarde leur ponte. Chez l'homme, il est responsable de la maladie de « Wilson » qui est due à l'accumulation du cuivre dans le foie (**HAGUENOER et FURON**, 1981).

#### **I-1-1-3-3 Fer :**

Le fer est un élément chimique, de symbole Fe et de numéro atomique 26.

Laisser à l'air libre en présence d'humidité, il se corrode en formant de l'hématite  $Fe_2O_3$ . En solution, il présente deux valences principales :

- \_  $Fe^{2+}$  (le fer ferreux) qui présente une pale couleur verte ;
- \_  $Fe^{3+}$  (le fer ferrique) qui possède une couleur rouille caractéristique.

(MATIAS, 2008).

➤ **Usages et sources de pollution :**

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

➤ **Toxicité :**

Il ne présente pas de toxicité directe pour les êtres vivants (GAUJOUS, 1995). C'est un oligo-élément indispensable à tous les êtres vivants, intervient dans les constitutions des molécules d'hémoglobine, des hématies et des myoglobines des muscles.

Toutefois, l'Organisation Mondiale de la Santé recommande de ne pas dépasser 0.3 g/l (MATIAS, 2008).

**I-1-1-3-4 Cadmium :**

Métal blanc ductile et malléable de densité 8.65 ; le cadmium est relativement rare et se rencontre comme constituant mineur dans divers minerais de métaux non ferreux, presque toujours associé à l'état naturel au zinc et au plomb.

➤ **Usages et sources de pollution :** les émissions de cadmium proviennent principalement des mines et des raffineries, des rejets industriels, eaux usées urbaines, engrais phosphatés et des insecticides. Le cadmium est généralement utilisé dans :

- La fabrication des baguettes de soudure ;
- La fabrication des accumulateurs électriques ;
- Industrie atomique ;
- Pigments pour peintures (LAUWERY, 1982)

➤ **Toxicité :** le cadmium est un poison cumulatif très toxique qui s'élimine très lentement de l'organisme, sa demi vie biologique est de plusieurs années (>10 ans), il provoque chez l'homme des atteintes rénales, troubles digestifs et des altérations osseuses.

Dans les milieux aquatiques, cet élément est rapidement transféré aux sédiments et absorbé par les organismes benthiques vivant dans la vase.

Le cadmium se concentre essentiellement dans le foie, les reins et la chair des poissons.

**(BOISSET, 1996).**

#### **I-1-1-3-5 Zinc :**

Le zinc est un métal blanc dont le point de fusion s'élève à 420 °c .Il se trouve généralement dans les roches sous formes de sulfures. Le minerai le plus important est la blende (ZnS), il se trouve sous forme complexe de silicates et carbonates qui sont peu solubles, ou de chlorures et sulfates qui sont extrêmement solubles.

- **Usages et sources de pollution :** les hautes concentrations de zinc dans les eaux de mer sont en corrélation avec les déchets des industries de plaquage des métaux, galvanisation de l'acier, anodisation de métaux, industries de papiers, eaux réfrigérantes,...
- **Toxicité : dans l'organisme le zinc se combine à deux types de protéines :**
  - Métallo enzymes ; qui requièrent la présence de zinc pour leurs actions
  - Protéines qui jouent le rôle de transporteur de zinc.

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

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

### **I-2-CONTAMINANTS METALLIQUES DANS LES ORGANISMES MARINS :**

Il est désormais reconnu que la surveillance de certains contaminants dans les organismes marins est un bon moyen d'évaluation de la contamination du milieu.

En effet, la mesure directe de faibles concentrations de polluants dans l'eau fait appel à des techniques analytiques sophistiquées et coûteuses, difficilement applicables sur un grand nombre d'échantillons. Par ailleurs, du fait de la grande variabilité du milieu marin littoral, due aux courants, aux marées ou aux régimes fluviaux par exemple, une mesure ne représente

que la situation ponctuelle de ce milieu au moment et à l'endroit du prélèvement.

(**CLAISSE et al**, 1992)

Les organismes marins, en particulier les huitres et les moules, ont la faculté d'accumuler les contaminants présents dans l'eau jusqu'à atteindre un équilibre avec celle-ci. Ce phénomène est relativement lent et nécessite un contact de plusieurs mois avec le milieu.

Les teneurs en polluants mesurées dans les organismes sont le résultat et le reflet d'une situation moyenne sur les quelques mois précédant le prélèvement. (**CLAISSE et al**, 1992)

### **I-2-1 Bioaccumulation:**

La bioaccumulation est le processus par lequel un organisme vivant absorbe une substance à une vitesse plus grande que celle avec laquelle il l'excrète ou la métabolise. Elle désigne donc la somme des absorptions d'un élément par voie directe. (**RON VAN DER OOST**, 2003)

### **I-2-2 Bioconcentration:**

La bioconcentration est un cas particulier de la bioaccumulation. Elle est définie comme le processus par lequel une substance (ou un élément) se trouve présente dans un organisme vivant à une concentration supérieure à celle de son milieu environnant. C'est donc l'accroissement direct de la concentration d'un contaminant lorsqu'il passe de l'eau à un organisme aquatique. (**RON VAN DER OOST**, 2003)

Le facteur de bioconcentration (BCF) d'un produit chimique est le ratio de ses concentrations dans l'organisme et dans l'eau pendant l'état stable ou l'équilibre.

(**RON VAN DER OOST**, 2003)

### **I-2-3 Biomagnification :**

La biomagnification est définie comme l'accumulation et le transfert de substances par l'intermédiaire de la chaîne alimentaire entraînant une augmentation des concentrations internes dans les organismes situés à des niveaux plus élevés de la chaîne trophique. (**NATIONS UNIES**, 2009)



#### **I-2-4 Biodisponibilité :**

La biodisponibilité a été définie comme la fraction de la quantité de l'élément chimique présent dans le sol/sédiment et l'eau (interstitielle) qui peut potentiellement être prise pendant la durée de vie de l'organisme dans ses tissus (excluant le tube digestif).

(RON VAN DER OOST, 2003)

### **3-CONCEPT DE BIOINDICATEUR :**

#### **3-1 Définition**

Le concept de bioindicateur est très important, tout particulièrement pour la conservation et la gestion des écosystèmes (ADAMS, 2002 cité dans (KERCKHOVE, 2012)

Un bioindicateur est un organisme utilisé pour évaluer les conditions environnementales dans lesquelles il vit. C'est en quelque sorte un représentant de son habitat. Ses modifications physiologiques et morphologiques, son abondance ou son succès reproductif, entre autres, sont sensés refléter les changements que l'habitat subit.

Le terme organisme peut désigner un organisme au sens strict, une partie d'organisme ou une communauté d'organismes (KERCKHOVE, 2012). Lorsqu'il s'agit d'une partie d'organisme, on parle alors souvent de biomarqueur. Le principe sur lequel se basent les bioindicateurs est le suivant : certaines espèces ont des besoins spécifiques pour leur survie et le fait de ne pas réussir à combler ces besoins peut résulter en un « déséquilibre écologique » (KAISER, 2001 cité dans KERCKHOVE, 2012).

Ce déséquilibre se traduit par des variations dans les paramètres écologiques de ce bioindicateur : son intégrité physique, ses paramètres d'histoire de vie, etc.

En résumé, les bioindicateurs permettent de caractériser l'état présent d'un habitat-clé, ainsi que l'évolution de l'état de l'écosystème dans le temps. Par conséquent, ils peuvent ainsi constituer un moyen de contrôle d'efficacité des mesures de conservation mises en place, et orienter les correctifs nécessaires, le cas échéant. Ils peuvent également identifier une source de perturbation de l'écosystème. (KERCKHOVE, 2012)

#### **3-2 Utilisation des poissons comme bioindicateurs**

Les organismes aquatiques sont, de façon générale, plus sensibles aux contaminants que les organismes terrestres (KERCKHOVE, 2012). Ils possèdent une grande richesse spécifique (environ 20 000 à 25 000 espèces) et occupent une grande partie des niches écologiques aquatiques. Ensuite, les poissons ont des besoins complexes concernant leur habitat : cela touche de multiples facettes de l'écosystème dans lequel ils vivent. Ainsi, lorsqu'ils sont

affectés, l'intégrité de l'écosystème est probablement menacée. (MARKERT et al. 2003 cité dans KERCKHOVE, 2012).

Ce sont donc de très bons indicateurs, à différentes échelles. De plus, les poissons sont sans doute les organismes aquatiques qui permettent l'utilisation du plus grand nombre de techniques de détection de contaminants, qu'ils bioaccumulent.

En effet, leur taille est suffisante pour permettre ce genre d'analyses. Toutes ces qualités expliquent sans doute que les poissons soient le taxon le plus utilisé dans les cas de contamination chimique (dans 25% des cas) (KERCKHOVE, 2012).

On observe également un lien de cause à effet entre les effets observés chez les poissons benthiques et la présence de contaminants, ce qui rend cette catégorie de poissons très intéressante comme bioindicateur aquatique. (KERCKHOVE, 2012)

En effet, il est judicieux de choisir un poisson des profondeurs ou se nourrissant par le fond qui sera plus exposé. Outre l'accumulation, les lésions des organes sont de bons outils d'exposition chimique.

Toutefois, tous les organismes ne sont pas de bons bioindicateurs. Il faut donc les déterminer avec soin. Pour cela, certains critères de sélection ont été développés :

- Écologie de l'espèce connue
- Réaction face au stress étudié connue et détectable
- Espèce sédentaire
- Espèce qui couvre l'aire concernée
- Cycle de vie assez long
- Taille de population assez grande (à des fins de préservation et d'échantillonnage)
- Facile à capturer
- Résultats faciles à comprendre pour le grand public

Bien évidemment, un bioindicateur ne rassemblera pas nécessairement l'intégralité de ces critères. Sa sélection va dépendre de la question posée. Néanmoins, cette liste constitue une bonne base vers laquelle il faut tendre. (KERCKHOVE, 2012)

## I-4. ETUDE DE LA MATIERE VIVANTE

### I-4-1 Introduction :

*Diplodus sargus sargus* (L., 1758) est un poisson démersal assez commun et largement répandu dans l'ensemble du bassin méditerranéen .De bonne valeur commerciale, il est très recherché par la pêche locale et joue un rôle écologique important au sein des écosystèmes côtiers qu'il occupe. (BENCHALAL, KARA, 2010)

### I-4-2 Rang taxonomique :

	Termes scientifiques (international)	Termes en français	Descriptif/ caractéristiques succinctes du groupe
Embranchement	Chordata	Chordés	Animaux à l'organisation complexe définie par 3 caractères originaux : tube nerveux dorsal, chorde dorsale, et tube digestif ventral. Il existe 3 grands groupes de Chordés : les Tuniciers, les Céphalocordés et les Vertébrés.
Sous-embranchement	Vertebrata	Vertébrés	Chordés possédant une colonne vertébrale et un crâne qui contient la partie antérieure du système nerveux.
Super-classe	Osteichthyes	Ostéichthyens	Vertébrés à squelette osseux.
Classe	Actinopterygii	Actinoptérygiens	Ossification du crâne ou du squelette tout entier. Poissons épineux ou à nageoires rayonnées.
Sous-classe	Neopterygii Teleostei	Néoptérygiens Téléostéens	Poissons à arêtes osseuses, présence d'un opercule, écailles minces et imbriquées.
Super-ordre	Acanthopterygii	Acanthoptérygiens	Rayons épineux aux nageoires, écailles cycloïdes ou cténoïdes, présence d'une vessie gazeuse et pelviennes thoraciques ou jugulaires, sans être systématiquement présents, sont des caractères que l'on ne rencontre que chez les Acanthoptérygiens.
Ordre	Perciformes	Perciformes	Nageoires pelviennes très rapprochées des nageoires pectorales.
Sous-ordre	Percoidei	Percoïdes	Une ou deux nageoires dorsales dont les éléments antérieurs sont des épines aiguës. Nageoires pelviennes avec une épine, rayons mous.
Famille	Sparidae	Sparidés	Une seule dorsale, corps ovale et comprimé, queue fourchue.
Genre	<i>Diplodus</i>		
Espèce	<i>sargus</i>		

Source : (LAMARE, PASTOR, 2014)

### I-4-3 Répartition

Atlantique Orientale :Méditerranée et la Mer Noire.Atlantique Centrale Orientale: Île Madère



Figure 02 : Aire de répartition de *Diplodus sargus sargus* (<http://fishbase.org>)

#### I-4-4 Biotope :

En été, le sar commun se rencontre souvent en petit groupe très près du substrat sur l'herbier de posidonies ou sur les petits fonds rocheux. L'hiver, il regagne des eaux plus profondes ayant une température stable. Ce poisson affectionne tout particulièrement les digues de ports, les épis rocheux et les récifs artificiels de faible profondeur, où il trouve sa nourriture de prédilection, les moules. S'il est inquiété, il se réfugie dans les cavités sous les roches.

Même si le sar commun est rencontré préférentiellement sur les zones rocheuses, il n'est pas rare d'en croiser sur des zones sableuses, que ce soit des petits ou des gros individus. Les petits individus ont dans ce cas-là tendance à intégrer des petits bancs de marbrés

#### I-4-5 Description :



<http://fishbase.org>

Photo originale prise le 13.01.2014

**Figure 03** : le sar commun.

Le sar commun est un poisson de 15 à 30 cm de longueur commune, pouvant atteindre 45 cm. Comme tous les Sparidés, il ne possède qu'une nageoire dorsale. Le corps est ovale, élevé et comprimé latéralement. Les lèvres sont minces sur une bouche légèrement protractile. Elle comporte sur chaque mâchoire, 8 incisives et plusieurs rangées de molaires.

La coloration dominante est gris argenté, avec un dos beige grisâtre, et une coloration gris foncé sur l'espace interorbitaire et le museau. Les opercules sont généralement bordés de noir, et une tache sombre en forme de selle est visible sur le pédoncule caudal. Celle-ci n'atteint pas le bord inférieur du pédoncule. Une tache sombre se trouve aussi sur l'arrière de la base

des nageoires pectorales. Les nageoires pelviennes sont sombres avec le bord antérieur blanc. L'arrière de la nageoire caudale est de couleur sombre.

Les individus jeunes portent 8 à 9 stries verticales sombres sur la partie supérieure du dos, lesquelles peuvent disparaître chez les adultes (à partir de 20 cm de longueur chez la sous-espèce méditerranéenne *Diplodus sargus sargus*).

La robe du sar commun de Méditerranée (*Diplodus sargus sargus*) varie selon le lieu où se trouve le poisson : dans des biotopes très clairs (sable), les individus seront eux aussi très clairs, les rayures et les taches auront tendance à disparaître même chez les jeunes individus. En revanche, dans des zones de roches foncées, les sars seront plus foncés et les rayures seront plutôt visibles. Les rayures ont aussi tendance à apparaître ainsi qu'un assombrissement général quand le poisson est stressé soit par un prédateur, soit par un congénère ou autre. Durant la phase de sommeil nocturne, le sar commun adopte une robe plutôt foncée laissant apparaître ses rayures. (LAMARE, PASTOR, 2014)

#### **I-4-6 Alimentation :**

*Diplodus sargus sargus* est opportuniste. Il se nourrit à un rythme saisonnier de proies benthiques, avec une préférence prononcée pour les proies malacologiques. En croissant, il élargit son spectre alimentaire sans abandonner totalement les proies qu'il consomme en tant que juvénile. (BENCHALAL, 2010)

En effet, les juvéniles sont omnivores et les adultes carnivores. Ils se nourrissent de vers, crustacés, mollusques et échinodermes, leurs robustes molaires leur permettant de briser coquilles, carapaces et tests.

D'une manière plus précise, ce poisson consomme durant sa première année des crustacés de petite taille (isopodes), des vers de petite taille et toutes autres proies qu'il peut avaler. Jusqu'à 1 an, il est très vorace. Ayant atteint la taille de 15 cm environ (1 à 2 ans), il va s'orienter vers une alimentation à base notamment de mollusques bivalves (moules notamment), d'oursins et accessoirement de crustacés (crevettes, crabes). (LAMARE, PASTOR, 2014)

#### **I-4-7 Reproduction**

*Diplodus sargus sargus* est un hermaphrodite protandrique. Sa reproduction est saisonnière et n'a lieu qu'une seule fois par an, entre janvier et mai et le frai entre mars et avril. Le rapport hépato-somatique, l'adiposité et l'embonpoint montrent des variations liées au cycle reproducteur. La première maturité sexuelle est acquise à partir de 20 cm chez les femelles et

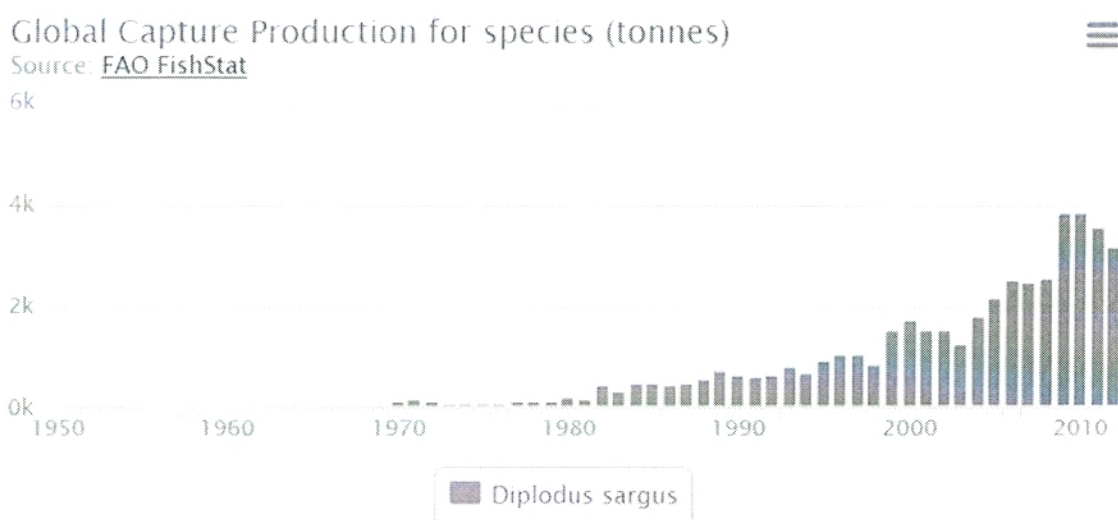
les mâles, correspondant à un âge de 4 ans. Le sex-ratio est en faveur des mâles qui ont prédominé dans les plus petites tailles et les femelles dans les plus grandes.

(BENCHALAL, 2010)

#### I-4-8 Intérêt commercial

Ce poisson est comestible et fait l'objet d'une pêche semi-industrielle, artisanale ou sportive.

Il est qualifié de difficile par les pêcheurs, car il ne se laisse pas avoir très facilement, notamment les individus de plus de 30 cm. Il est commercialisé frais sur les marchés de nombreux pays méditerranéens. (LAMARE, PASTOR, 2014)



**Figure 04** : Captures du sar commun en tonnes attrapé principalement sur mécanisme de ligne

(K=1000 Tonnes)



**II-PRESENTATION  
DE LA ZONE D'ETUDE**

## II-1- SITUATION GEOGRAPHIQUE

La région de Ghazaouet fait partie intégrante des monts de Traras qui occupent la partie septentrionale de la Wilaya de Tlemcen. Son relief est formé par la vallée de Ghazouanah encadrée par des falaises abruptes.

La ville de Ghazaouet et son port ont en effet, depuis longtemps, constitué un point d'encrage sur le littoral pour toute la région Nord-Ouest. elle est située à 80 Km du chef-lieu de la wilaya ,à 60 Km de l'aéroport international Messali El Hadj, à 170 Km d'Oran et à 50 Km de la frontière marocaine.(Figure 05 )

Coordonnées géographiques : [35° 05' 38" Nord 1° 51' 37" Ouest](#)

Couvrant une superficie de 228 Km<sup>2</sup>, elle est limitée :

- Au Nord par la mer méditerranée ;
- Au Sud par la commune de Tient ;
- Au Sud-Ouest par la commune de Nédroma ;
- A l'Ouest par la commune de Souahlia ;
- Et à l'Est par la commune de Dar Yaghmoracen.

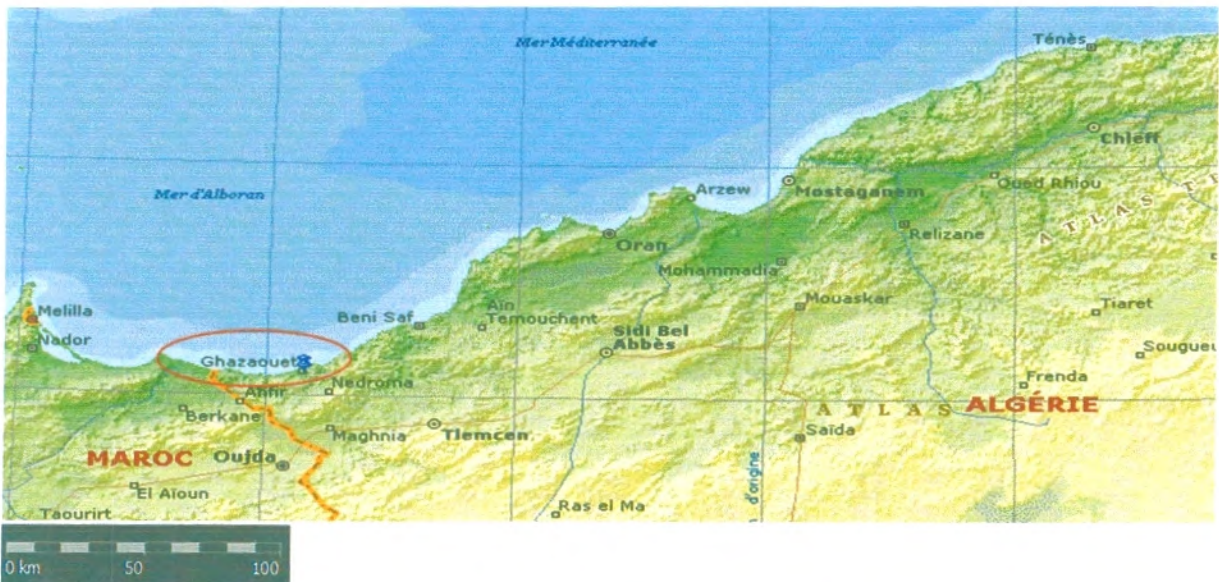


Figure 05 : Position géographique de Ghazaouet (Atlas, Encarta 2008)

## II-2- GEOLOGIE DE LA REGION

Le massif de Traras au sens large est la principale unité structurale de la zone côtière, il comprend deux grandes régions :



Le massif de Traras proprement dit et le massif de Fillaoucen, séparés par une bosse granitique.

En se basant sur la carte géologique établie au 1/100000 par **P.GUERDIA**, 1975

(**P.D.A.U**, 1996), la géologie de Ghazaouet se présente comme suit :

- Un substratum métamorphique de calcaire fortement tectonisé situé au plateau de lalla Ghazouanah ;
- Un volcanisme quaternaire de type basaltique recouvert par endroits d'un sol rouge arable ;
- Un complexe argilo miocène qui occupe généralement le système des versants  
(**P.D.A.U**, 1996)

### **II-3-CLIMATOLOGIE**

Le climat de Ghazaouet est influencé par plusieurs paramètres ; son exposition découverte au Nord sur le littoral et sa position abritée par les monts de Traras au sud.

Le calcul du Q2 sur la période allant de 1980 à 2013, permet de situer Ghazaouet dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver tempéré.  $Q2 = 2000P / (M^2-m^2) = 49,66$ .

Les vents dominant par leurs intensités, leurs fréquences, leurs vitesses et leurs températures. Ils conditionnent le régime des précipitations. Les conditions topographiques influencent sensiblement leurs directions.

Les vents du nord dominant à Ghazaouet et sont généralement réguliers surtout en été, ils se confondent avec les brises marines à cause de leur faible intensité. (**P.D.A.U**, 1996)

Le tableau suivant présente les fréquences annuelles des vents exprimées en pourcentages :

**Tableau 01** : Fréquences annuelles des vents exprimées en % (Station météo Zenata)

<b>N</b>	<b>NE</b>	<b>E</b>	<b>SE</b>	<b>S</b>	<b>SO</b>	<b>O</b>	<b>NO</b>
<b>8.03</b>	<b>21.28</b>	<b>3.38</b>	<b>7.21</b>	<b>12.25</b>	<b>15.11</b>	<b>13.78</b>	<b>17.79</b>

### **II-4-ACTIVITES POUVANT AFFECTER LE MILIEU MARIN**

En plus des effluents domestiques qui présentent une source non négligeable de pollution par les métaux lourds (Tableau 02), des activités assez diversifiées, pouvant affecter directement ou indirectement l'environnement marin, sont présentes à Ghazaouet.

**Tableau 02 : Rejets de métaux lourds d'origine domestique à Ghazaouet (M.A.T.E, 2007)**

Estimation des rejets en mer En métaux lourds	Zone ouest	G13etG14	Zone est et front de mer	Total rejet en mer	Total rejet en mer
unités	g/j	g/j	g/j	g/j	Kg/an
Cu	5.75	0.5	2	8.25	3.0
Zn	4.6	0.4	2.8	7.8	2.8
Pb	11.5	1	4	16.5	6.0
Cd	11.5	1	4	16.5	6.0
Fe	2588	225	2040	4853	1771

G13, G14 : Centre ville de Ghazaouet. Exutoire Oued Ghazouana

- Alzinc : Cette usine est située dans le prolongement ouest et limitrophe du port, elle est entrée en production en 1974 et emploi actuellement près de 500 personnes. Cette entreprise est prévue pour la fabrication et la commercialisation du zinc et alliage de zinc, de l'acide sulfurique et du cuivre cathodique. Le processus de fabrication est basé sur le procédé hydro métallurgique du zinc.
- Le port : les travaux de construction du port de Ghazaouet ont été entamés à partir du début du siècle dernier (1908) au fond d'une anse sablonneuse d'environ 130 mètres d'ouverture.
- Il dispose d'un plan d'eau de 25 hectares, répartis en quatre bassins et une darse de pêcheurs, il est aménagé en 5 môles et 10 quais desservis par des voies de chemins de fer. **(Figure 06)**

✓ Bathymétrie :

Zone	Profondeur moyenne (m)
Passe principale	10.30
Môle de Tlemcen (quai Est)	9.46
Môle de Djanet (quai Est)	8.43
Môle de Constantine (quai Ouest)	8.25
Môle de Constantine (quai Est)	7.47
Môle de Constantine (quai Nord)	8.10
Môle de Batna (quai Ouest)	8.27
Accès cale sèche	8.45
Môle d'Alger (quai sud)	8.57
Plan d'eau hors darses	9.66

Source : I.S.M.A.L1994.

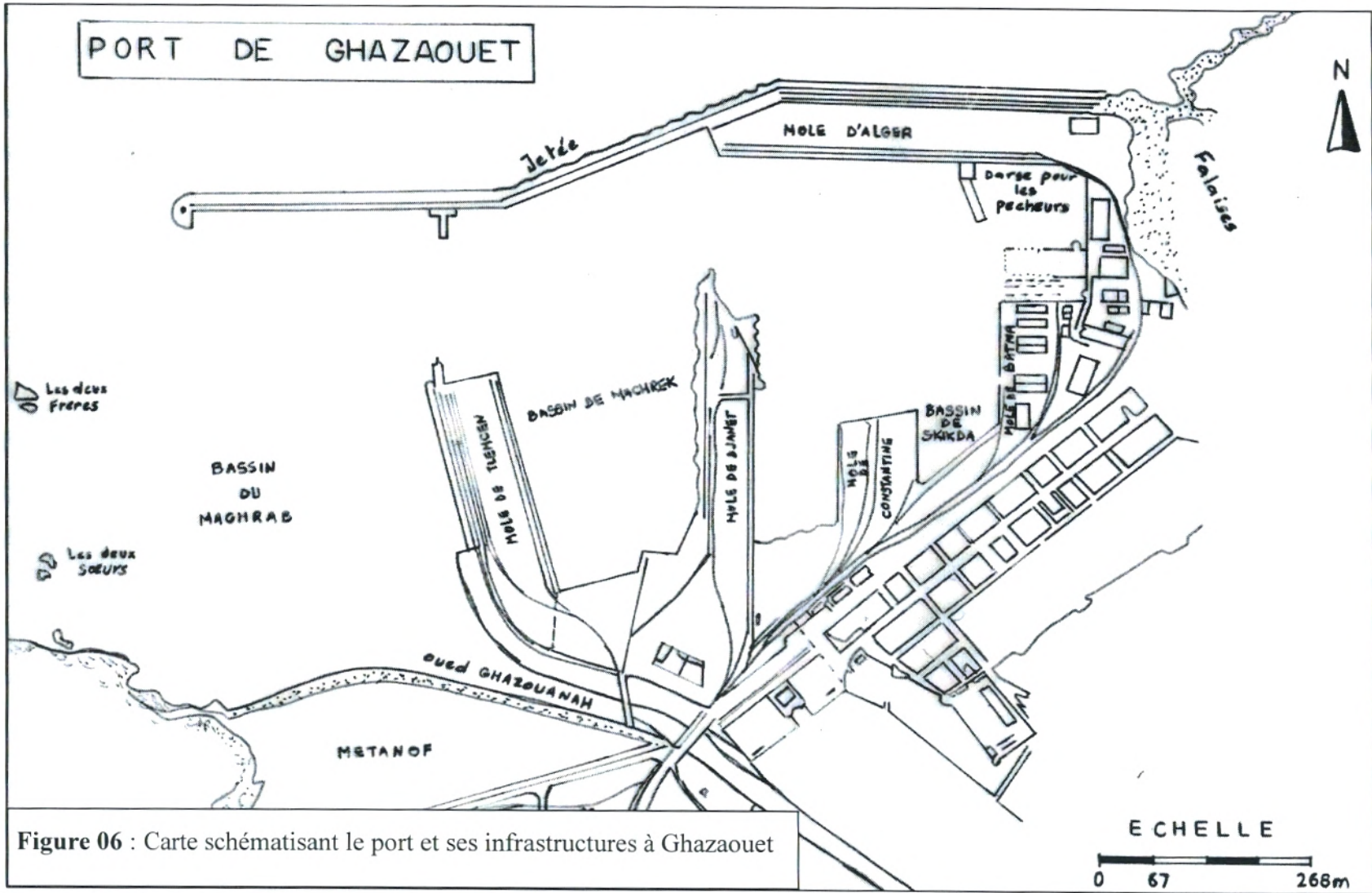


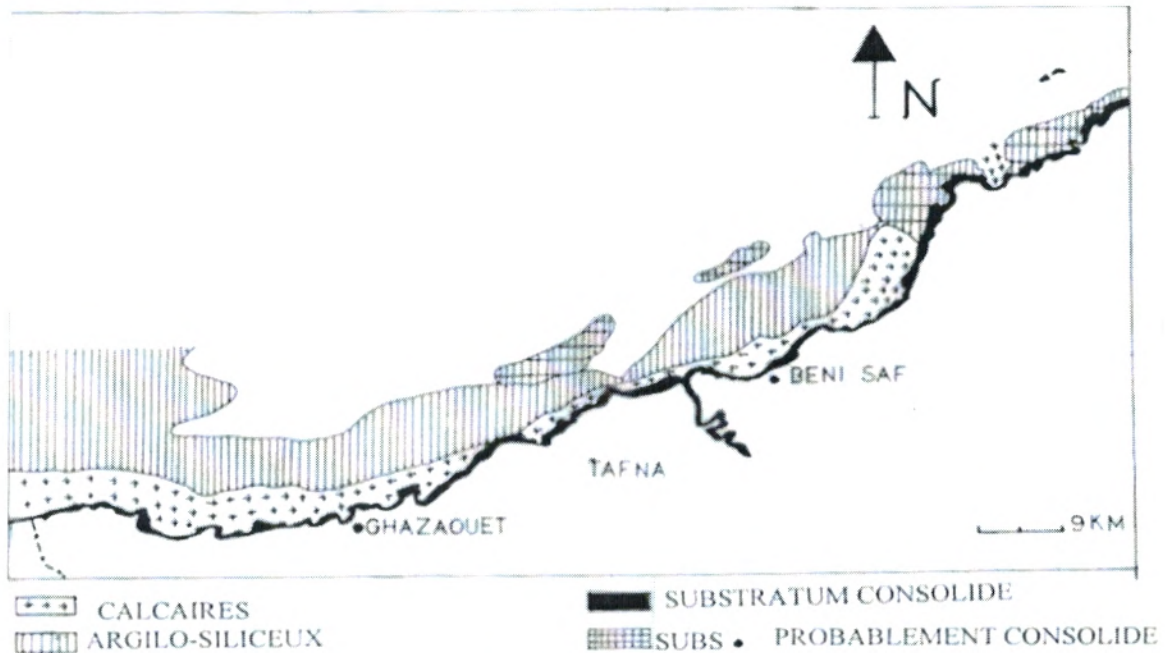
Figure 06 : Carte schématisant le port et ses infrastructures à Ghazaouet

## II-5-APERÇU SUR LE SEDIMENT MARIN

### II-5-1 Nature et granulométrie

La couverture sédimentaire marine de la zone de Ghazaouet présente (en allant de la côte vers le large) :

- Une zone à substratum consolidé ;
- Une zone de sédiments argilo siliceux ;
- Une zone à sédiments calcaires (**Figure 07**)



**Figure 07** : Nature du sédiment marin (I.S.M.A.L, 1994)

L'analyse granulométrique par l'I.S.M.A.L en 1994 dans le port de Ghazaouet indique en général la présence de sédiments très fins très peu hétérogènes.

On distingue deux catégories de matériaux :

- Sables moyens : dont leur médiane granulométrique est de  $550\mu\text{m}$ , ces sédiments sont essentiellement localisés au niveau de l'Embouchure de l'oued, A l'Est du môle d'Alger, Bassin compris entre le môle de Djanet et le môle de Constantine et au nord du môle de Constantine et du môle de Djanet
- Sables fins : la moyenne médiane est de  $150\mu\text{m}$ , ils se retrouvent essentiellement dans les parties centrales des bassins.

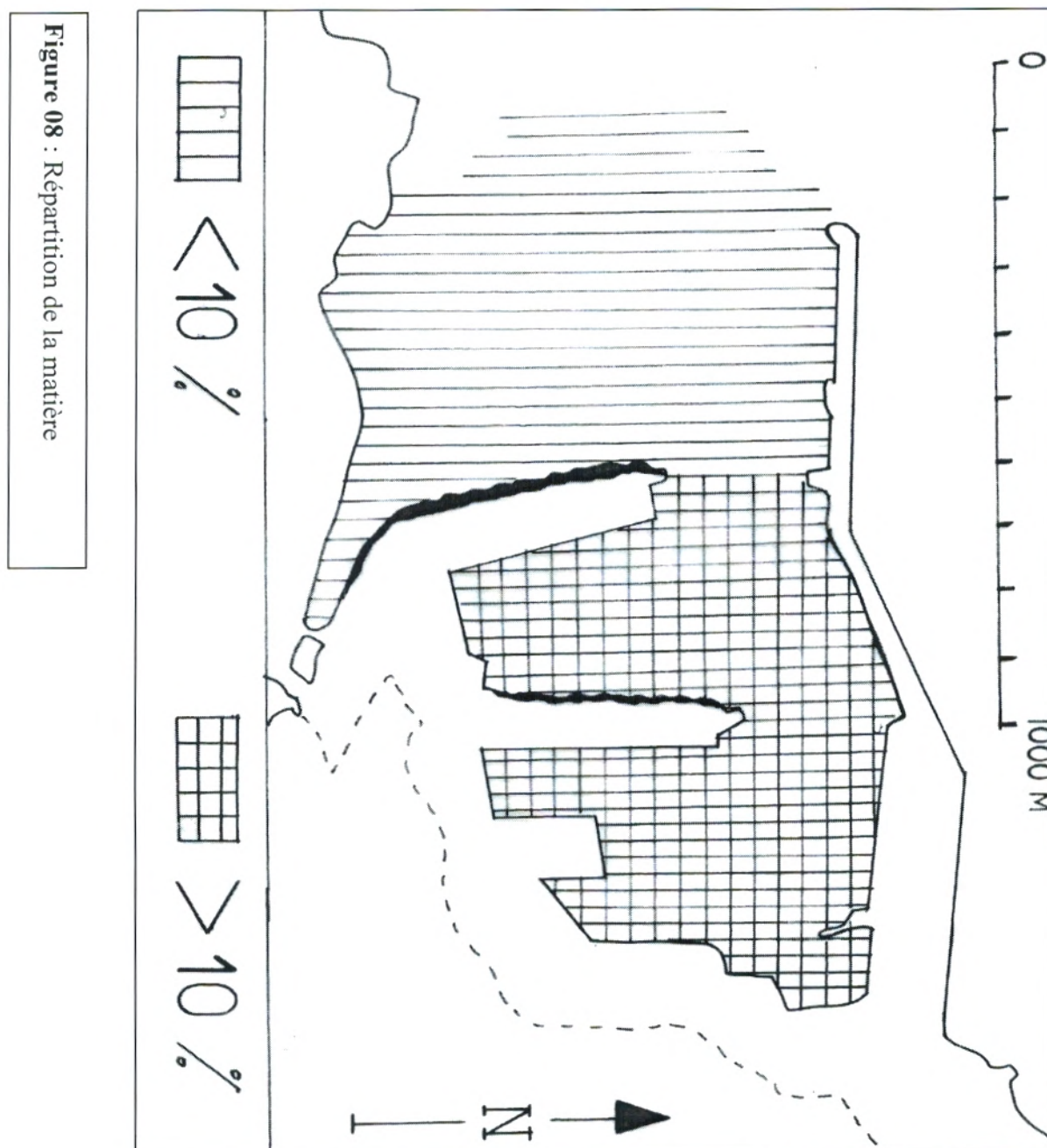
Au voisinage du môle d'Alger, les proportions de vase sont de 50% à 80% alors que dans la passe principale, le taux est de 10% à 50 % (I.S.M.A.L, 1994)

## II-5-2 Biosédimentologie :

L'analyse de la distribution qualitative des espèces présentes dans les substrats meubles du port de Ghazaouet a permis d'identifier et de caractériser des peuplements macro benthiques.

La richesse faunistique est faible, soit en moyenne 52 espèces réparties principalement entre deux groupes zoologiques ; les mollusques et les polychètes (I.S.M.A.L, 1994)

Le taux moyen de la matière organique dans le sédiment est supérieur à 10%. (Figure 08)



## **II-6-COURANTOLOGIE :**

Les travaux entrepris par **MILLOT** en 1987 montrent que la partie occidentale de la méditerranée présente deux principaux courants : le courant du Nord et le courant Algérien.

Ces derniers se différencient par l'importance relative de leur variabilité : selon l'échelle saisonnière pour le premier et moyenne pour le second.

Les phénomènes turbulents entraînent un mélange intense entre les eaux atlantiques et méditerranéennes d'où l'important gradient de salinité (34 ‰ à 36.5).

Les phénomènes courantologiques ont une influence sur l'épandage des polluants et des conséquences sur les ressources biologiques de la région. Dans la baie de Ghazaouet, on note un courant issu de l'étranglement formé par la pointe Ouest et les îlots des deux frères et des deux sœurs par vents Ouest. (**MILLOT** ,1987)

### **III-MATERIEL ET METHODES**

### III-1-PRELEVEMENT ET MINERALISATION DES ECHANTILLONS

#### III-1-1 Choix de la station

Le lieu des prélèvements (port) a été choisi pour plusieurs paramètres :

- ✓ Le port constitue un système semi fermé (faible circulation des eaux) ;
- ✓ Proximité immédiate de l'embouchure de l'oued el marsa et de l'entreprise Alzinc ;
- ✓ La forte activité de pêche artisanale au niveau du port.

#### III-1-2 Choix de l'espèce

Ce choix se justifie d'abord par l'abondance et l'accessibilité dans la zone d'étude, ce qui a permis de disposer d'un matériel biologique suffisant en provenance du même site.

Le poisson choisi peut être particulièrement sensible à la pollution et à la dégradation de l'habitat, car il réside près des sédiments, où les contaminants chimiques s'accumulent, ce qui permettra d'évaluer de façon plus crédible le niveau de contamination de la zone d'étude.

Ajoutons à cela que ce poisson est très prisé par les pêcheurs à l'intérieur même du port, et donc mérite une attention particulière, car toute contamination importante affectera directement la santé du consommateur.

#### III-1-3 Prélèvements

15 individus ont été prélevés directement des lots pêchés au niveau du port de Ghazaouet, placés dans des sacs en plastique bien fermés. Ils ont été conservés au congélateur jusqu'à la dissection et la minéralisation.

Sur chacun des échantillons, une étiquette a été apposée portant le nom de l'espèce, la date de prélèvement, le lieu de récolte et un numéro d'identification.

#### III-1-4 Dissection

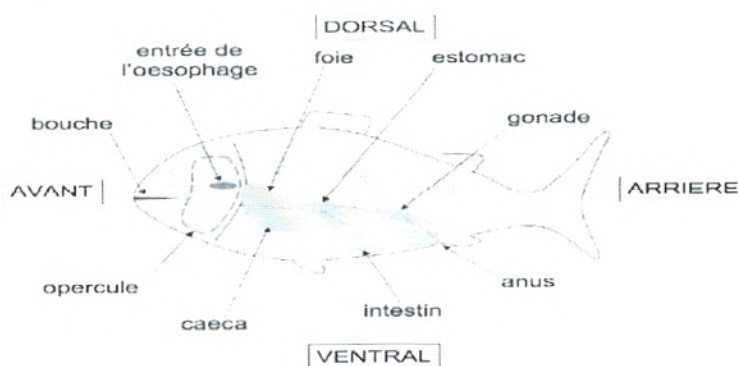


Figure 09 : Anatomie du poisson



L'ouverture du poisson se fait ventralement en partant d'un demi-centimètre de l'anus qui se situe en avant de la nageoire anale. Avec les ciseaux, on ouvre le poisson de l'anus à la bouche. On s'arrête à 1 cm de l'extrémité de la mâchoire.

Il faut faire attention car l'intestin se situe contre la paroi abdominale (Ne pas progresser en écartant trop les ciseaux pour ne pas abîmer les organes sous-jacents).

Le poisson est ouvert latéralement au niveau de l'extrémité postérieure de l'ouverture ventrale.

La même incision est pratiquée juste en arrière de l'opercule (Le pan de peau est bien soulevé lors de l'incision pour éviter de toucher les organes). Une incision est faite dans le muscle dorsal tout le long de l'ouverture. Le pan de peau est rabattu vers le haut pour dégager l'ouverture.

✓ **Le filet :**

Le filet est prélevé après avoir gratté les écailles.

✓ **Les branchies :**

L'opercule est ôté, puis les branchies sont découpées aux ciseaux. En dessous se situe le pharynx qui est en continuité de la cavité buccale.

✓ **Les gonades :**

La gonade est coupée à sa base et au niveau des vaisseaux qui l'attachent dorsalement. Ceci permet de dégager la cavité abdominale.



**Figure 10 :** Gonades



**Figure 11 :** Branchies

### III-1-5 Minéralisation

La méthode sèche est celle qui est appliquée pour la digestion : Les échantillons sont pesés et placés dans l'étuve à une température de 110°C pendant 03 heures. Ils sont ensuite placés dans un four à moufle pendant 15min à 450°C puis ils sont humectés avec de l'acide nitrique (HNO<sub>3</sub>) et replacés dans le four à 350°C pendant 1h30min.

### III-1-6 Filtration

Les solutions obtenues des différentes minéralisations ont été filtrées. Elles ont été ajustées à 25ml puis elles ont été mises dans des godets et conservées au frais jusqu'à analyse par spectrophotométrie d'absorption atomique.

### III-2-DOSAGE DES METAUX

La spectrométrie d'absorption atomique est de loin la méthode de détection la plus utilisée actuellement en Algérie pour le dosage des métaux traces.

Les éléments absorbent les radiations dont la longueur d'onde correspond à celles émises lors du retour à l'état fondamental de l'atome. Le spectre d'émission produit par la source lumineuse est absorbé par l'élément lorsqu'il est présent (JANIN et SCHNITZER, 1996).

**Tableau 03** : longueurs d'ondes et limites de détection des métaux dosés par S.A.A à flamme.

Eléments	Longueur d'onde (nm)	Limites de détection (ppm)
Cadmium	228.8	0.03
Cuivre	324.7	0.05
Plomb	283.3	0.10
Zinc	213.9	0.05
Fer	248.3	0.20

### III-3-LES TESTS STATISTIQUES :

#### III-3-1Analyse de la variance « ANOVA »

Cette analyse consiste à tester l'hypothèse nulle  $H_0$ .

$$H_0 = M_1 = M_2 = M_3 = \dots = M_n.$$

Cela se fait par le calcul de p (Probabilité de rejet de  $H_0$ )

Si  $p < 0.05$ , les moyennes  $M_1, M_2, \dots, M_n$  sont statistiquement distinctes ; donc la différence entre les moyennes est hautement significative.

Si  $p \geq 0.05$  ; on accepte  $H_0$  ; donc il n'y a pas de différences significatives entre les moyennes.

### **III-3-2 Analyse en composante principale « ACP »**

L'analyse en composante principale permet de traiter de façon plus significative des fichiers comprenant plusieurs individus affectés de plusieurs paramètres (variables quantitatives).

Le nuage de point représentant les individus est centré réduit ce qui permet de donner la même importance à chaque variable dans le calcul des distances entre les individus.

L'ACP cherche d'abord l'indice qui permet de voir au mieux les individus, c'est-à-dire celui pour lequel la variance des individus est maximale : c'est le premier axe principal. la deuxième composante recherchée doit avoir une corrélation linéaire nulle avec la première et avoir à son tour la plus grande variance.

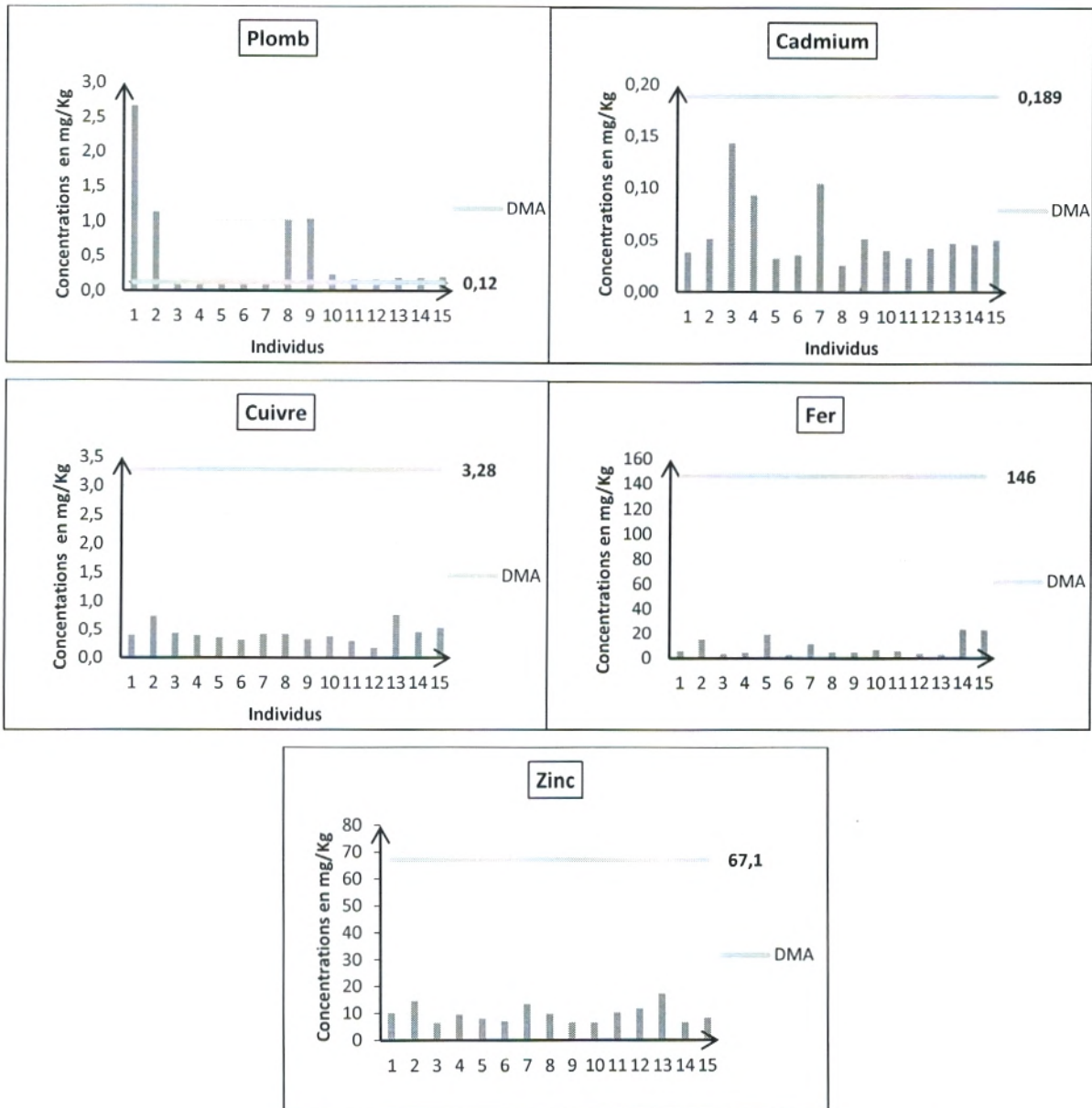
Le graphique des individus est une représentation approchée des distances interindividuelles.

Ces études statistiques simples et multidimensionnelles ont été effectuées à l'aide du logiciel MINITAB 16.

## **IV-RESULTATS ET INTERPRETATIONS**

#### IV-1-EVALUATION DES TENEURS METALLIQUES DANS LE MUSCLE :

La ligne horizontale dans chacune des figures indique la valeur moyenne de références pour chaque élément d'après l'AIEA-407 (AIEA, 2003).



**Figure 12 :** Teneurs métalliques dans le muscle exprimées en mg/Kg de poids sec.  
(DMA : Dose Maximale Admissible)

Les concentrations retrouvées pour le sar dans le muscle sont relativement faibles :

Pour le plomb, les concentrations varient de 0.13 mg/Kg à 2.66 mg/Kg avec une moyenne de 0.51 mg/Kg de poids sec. Les individus 1, 2, 8 et 9 présentent des concentrations, alors qu'elles sont négligeables chez les autres individus.

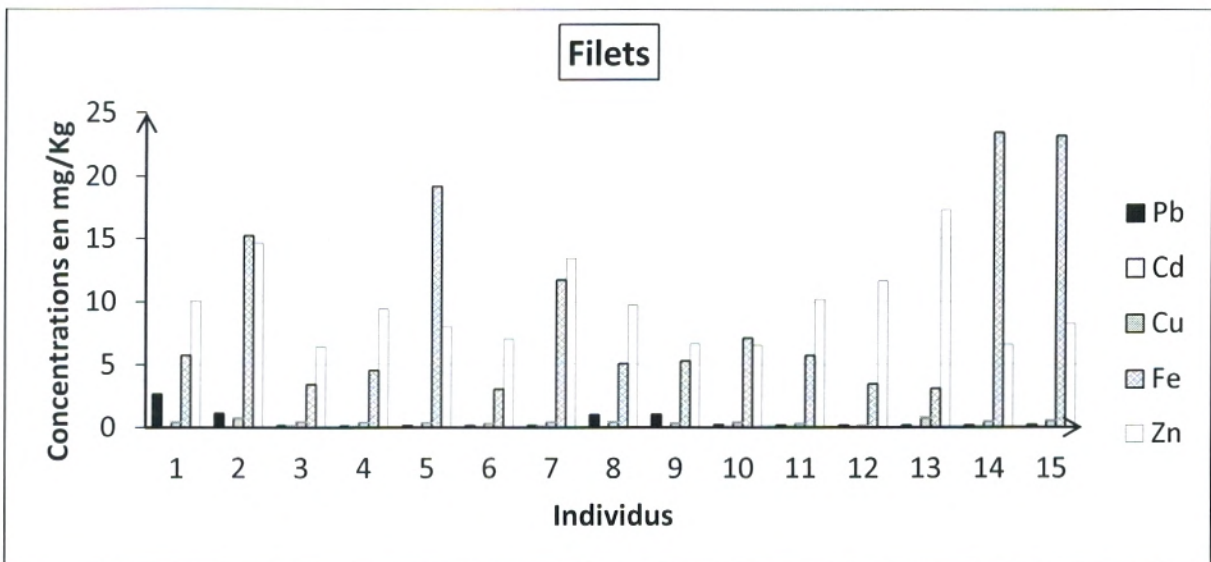
Pour le cadmium, les concentrations varient de 0.025 mg/Kg à 0.143 mg/Kg avec une moyenne de 0.056 mg/Kg. Le taux est très faible chez tous les individus.

Pour le cuivre les concentrations varient de 0.30 mg/Kg à 0.74 mg /Kg avec une moyenne de 0.42 mg/Kg. les individus 2,14 et 15 présentent les taux les plus élevés.

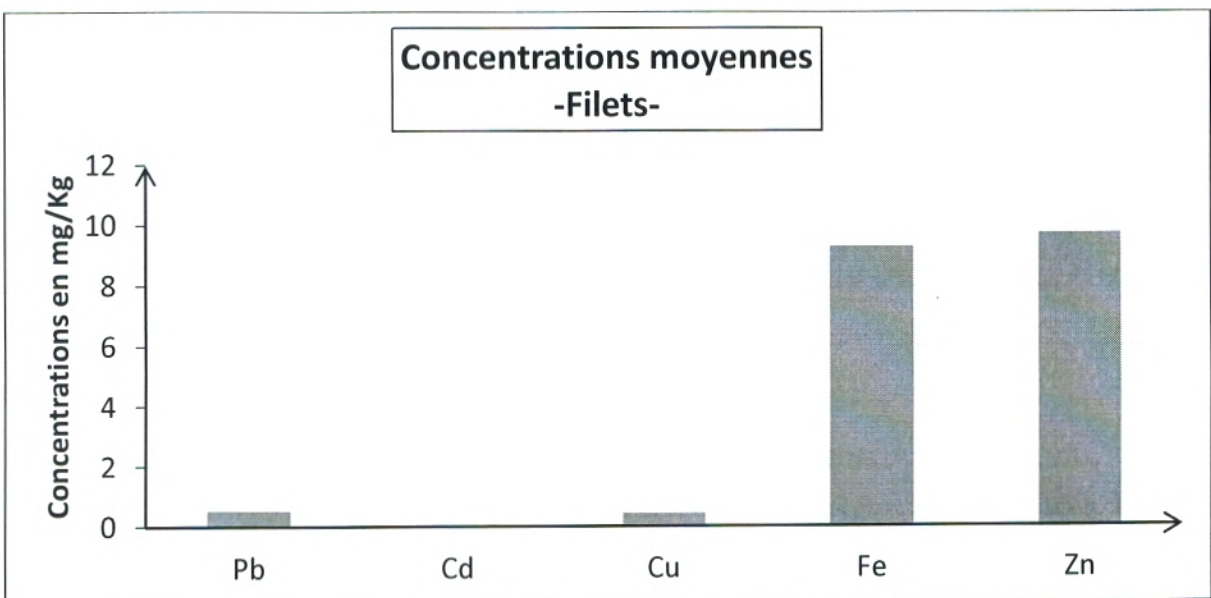
Pour le fer, les concentrations varient de 3.10 mg/Kg à 23.44 mg/Kg avec une moyenne de 9.28 mg/Kg. les individus 2, 5,14 et 15 présentent les taux les plus élevés.

Pour le zinc les concentrations varient de 6.37 mg/Kg à 17.29 mg/Kg avec une moyenne de 9.72 mg/kg. Les individus 2, 7,12 et 13 présentent les taux les plus élevés.

En effet, les valeurs enregistrées sont en dessous des valeurs internationales fixées par l'AIEA dans les tissus de poissons sauf pour le plomb.



**Figure 13 :** Comparaison des teneurs métalliques des différents éléments dans le muscle en mg/Kg de poids sec.



**Figure14 :** Teneurs métalliques des différents éléments moyennes dans le muscle en mg/Kg de poids sec.

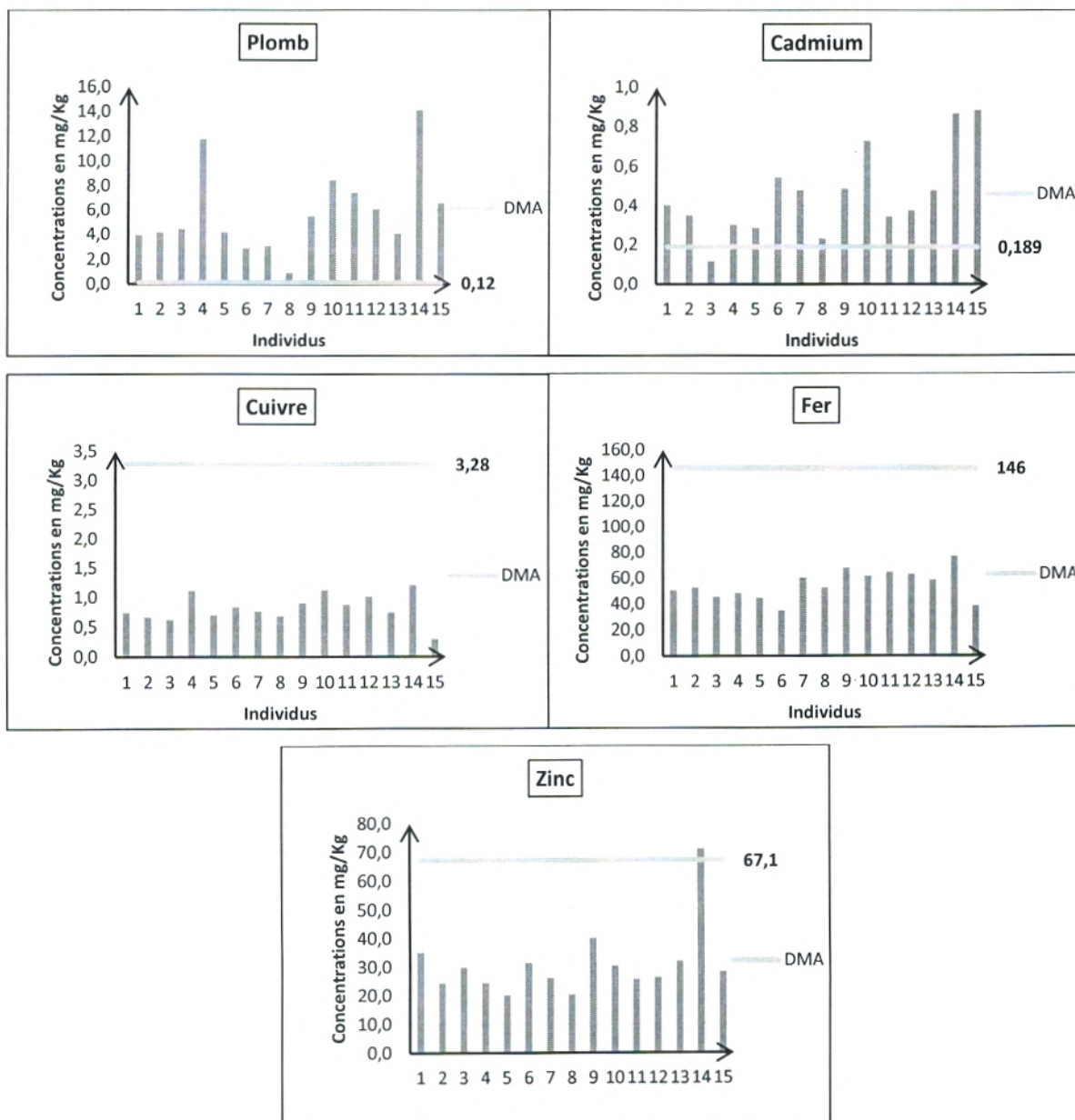
Cependant, le degré d'accumulation métallique n'est pas le même pour tous les métaux.

En effet, on peut noter un certain gradient d'accumulation métallique :

$$\text{Zn} > \text{Fe} > \text{Pb} > \text{Cu} > \text{Cd}$$

#### IV-2-EVALUATION DES TENEURS METALLIQUES DANS LES BRANCHIES :

La ligne horizontale dans chacune des figures indique la valeur moyenne de référence pour chaque élément d'après l'AIEA-407 (AIEA, 2003).



**Figure 15 :** Teneurs métalliques dans les branchies exprimées en mg/Kg de poids sec (DMA : Dose Maximale Admissible)

Les concentrations retrouvées pour le sar dans les branchies se différencient très largement selon l'élément considéré :

Pour le plomb, les concentrations varient de 0.91 mg/Kg à 14.13 mg/Kg avec une moyenne de 5.83 mg/Kg. Les individus 4 et 14 présentent les taux les plus élevés alors que le taux le plus faible est présent chez l'individu 8.

Pour le cadmium, les concentrations varient de 0.11 mg/Kg à 0.88 mg/Kg avec une moyenne de 0.45 mg/Kg. Les individus 10 ,14 et 15 présentent les taux les plus élevés alors que le taux le plus faible est présent chez l'individu 3.

Pour le cuivre les concentrations varient de 0.29 mg/Kg à 1.21 mg /Kg avec une moyenne de 0.81 mg/Kg.

Pour le fer, les concentrations varient de 34.72 mg/Kg à 76.81 mg/Kg avec une moyenne de 54.56 mg/Kg.

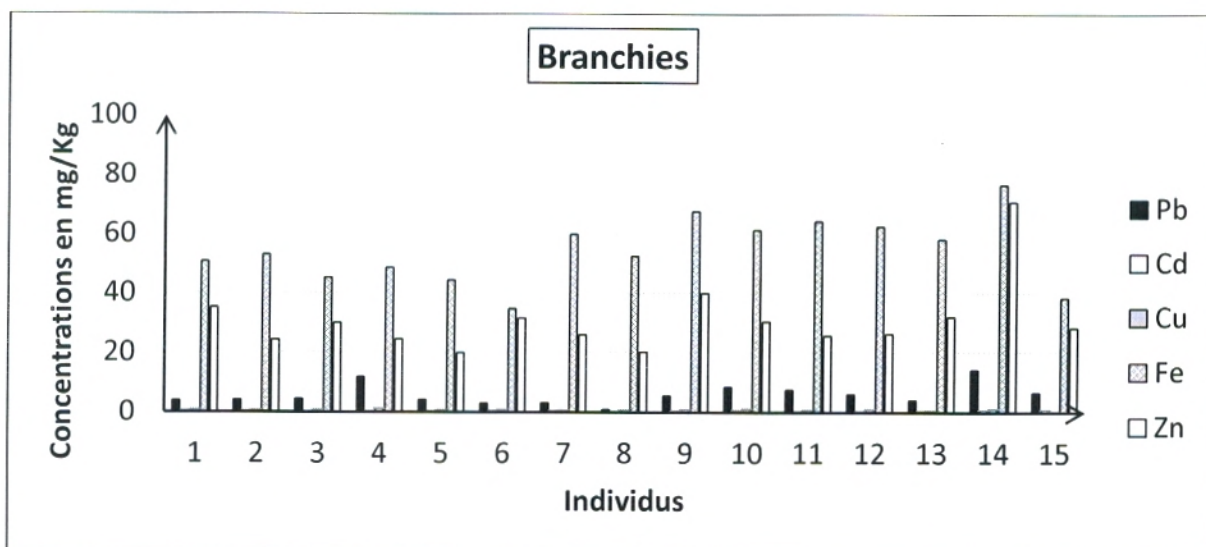
Pour le zinc les concertations varient de 20.16 mg/Kg à 71.01 mg/Kg avec une moyenne de 31.05 mg/kg. L'individu 14 présente un taux très élevé.

En effet, les valeurs enregistrées sont relativement faibles pour le cuivre, le fer et le zinc et sont en dessous des valeurs internationales fixées par l'AIEA dans les tissus de poissons, alors que pour le plomb et le cadmium, elles sont relativement élevées et dépassent largement ces valeurs.

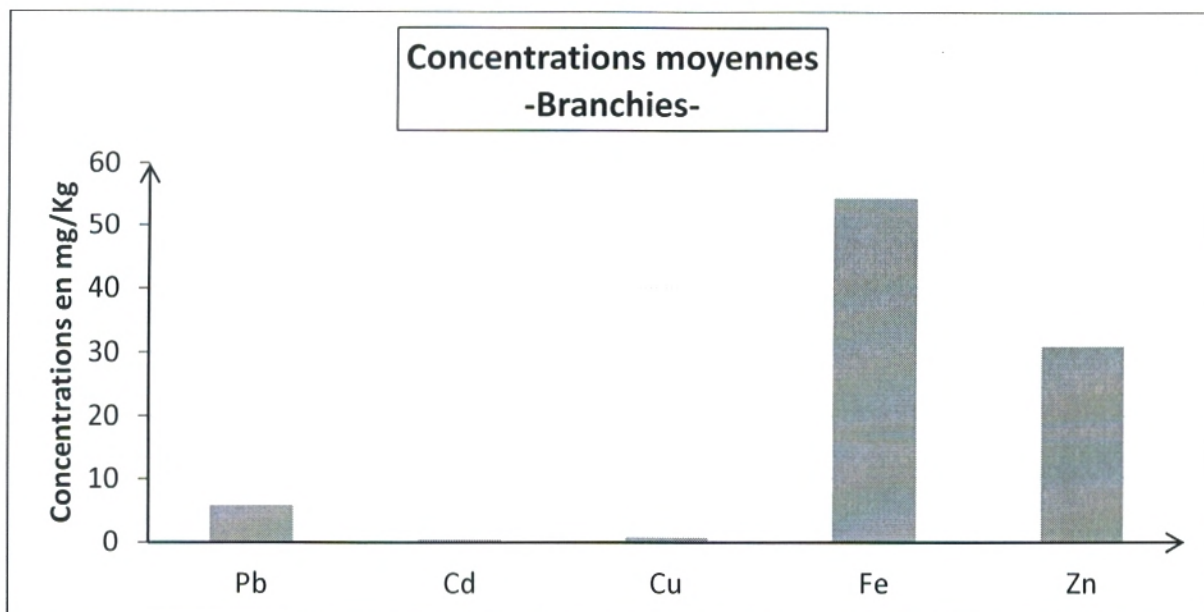
Le gradient d'accumulation métallique est :

$$\text{Fe} > \text{Zn} > \text{Pb} > \text{Cu} > \text{Cd}$$





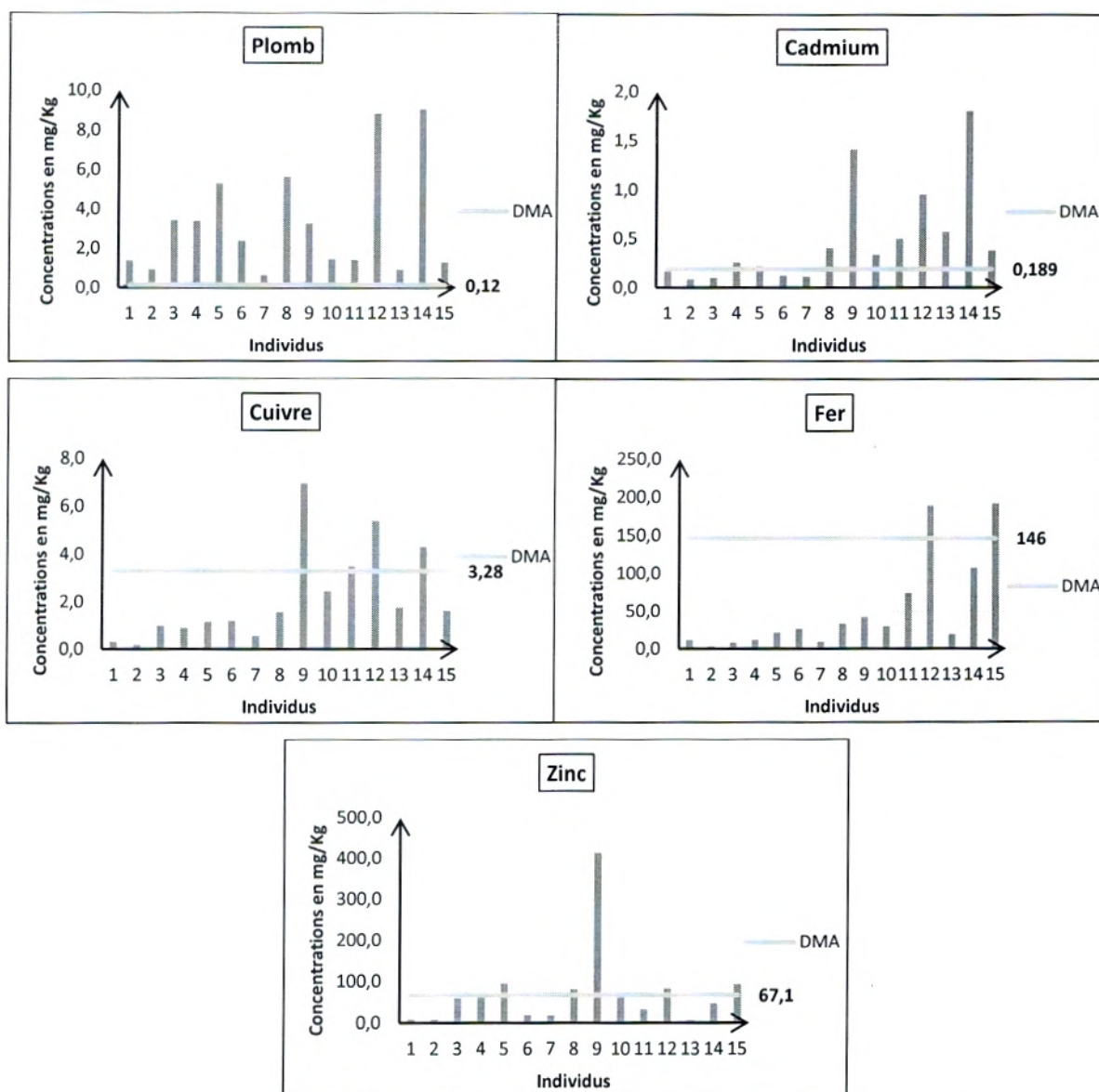
**Figure 16 :** Comparaison des teneurs métalliques des différents éléments dans les branchies en mg/Kg de poids sec.



**Figure 17 :** Teneurs métalliques moyennes dans les branchies exprimées en mg/Kg de poids sec.

#### IV-3- EVALUATION DES TENEURS METALLIQUES DANS GONADES :

La ligne horizontale dans chacune des figures indique la valeur moyenne de référence pour chaque élément d'après l'AIEA-407 (AIEA, 2003).



**Figure 18 :** Teneurs métalliques dans les gonades exprimées en mg/Kg de poids sec.  
(DMA : Dose Maximale Admissible)

Les concentrations retrouvées pour le sar dans les gonades sont relativement élevées, sauf pour le cuivre et le fer où on note des teneurs assez faibles pour la majorité des individus étudiés.

Pour le plomb, les concentrations varient de 0.64 mg/Kg à 9.02 mg/Kg avec une moyenne de 3.27 mg/Kg. Les individus 5, 8, 12 et 14 présentent les taux les plus élevés.

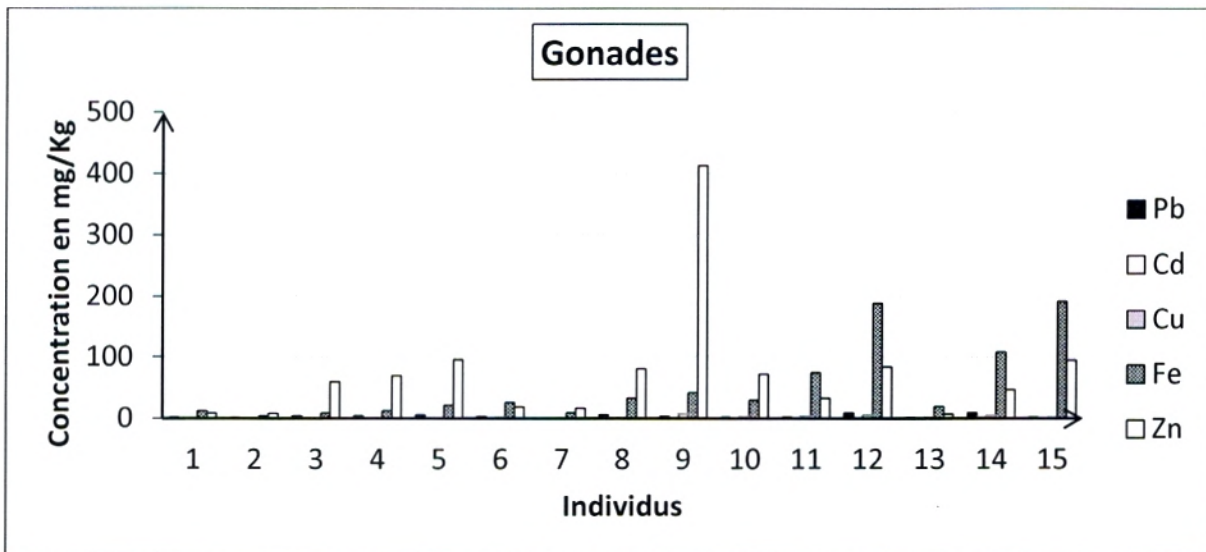
Pour le cadmium, les concentrations varient de 0.08 mg/Kg à 1.80 mg/Kg avec une moyenne de 0.49 mg/Kg. Les individus 9, 12 et 14 présentent les taux les plus élevés.

Pour le cuivre les concentrations varient de 0.18 mg/Kg à 6.95 mg /Kg avec une moyenne de 2.18 mg/Kg. Les individus 9, 12 et 14 présentent les taux les plus élevés.

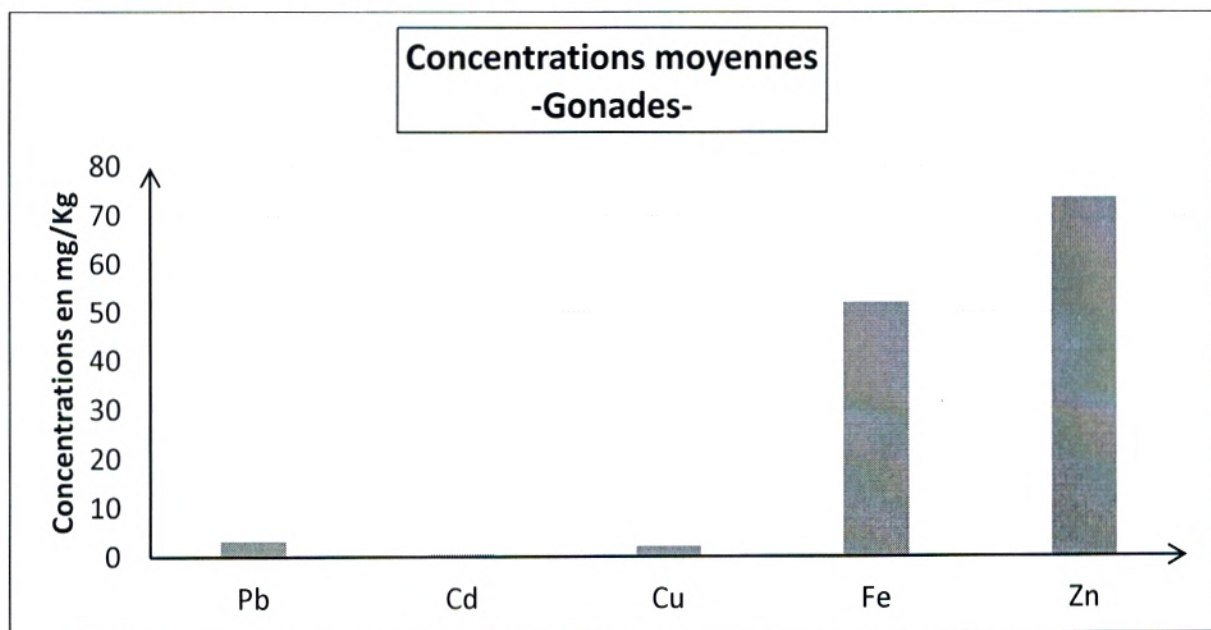
Pour le fer, les concentrations varient de 3.81 mg/Kg à 191.94mg/Kg avec une moyenne de 52.02 mg/Kg. Les individus 12, 14 et 15 présentent les taux les plus élevés

Pour le zinc les concentrations varient de 6.62 mg/Kg à 413.04 mg/Kg avec une moyenne de 73.63 mg/kg. L'individu 9 présente un taux très élevé.

En effet, les valeurs enregistrées sont relativement faibles pour le cuivre et le fer, et sont en dessous des valeurs internationales fixées par l'AIEA dans les tissus de poissons, alors que pour le plomb et le cadmium et le zinc, elles sont relativement élevées et dépassent ces valeurs (particulièrement le plomb et le cadmium).



**Figure 19 :** Comparaison des teneurs métalliques des différents éléments dans les gonades en mg/Kg de poids sec.

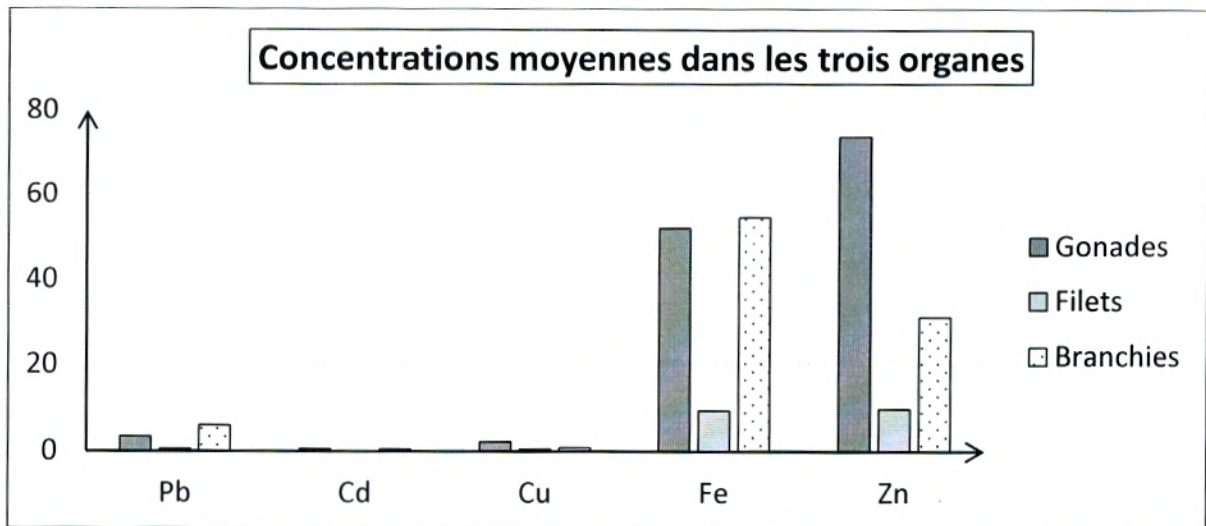


**Figure 20 :** Teneurs métalliques moyennes dans les gonades.

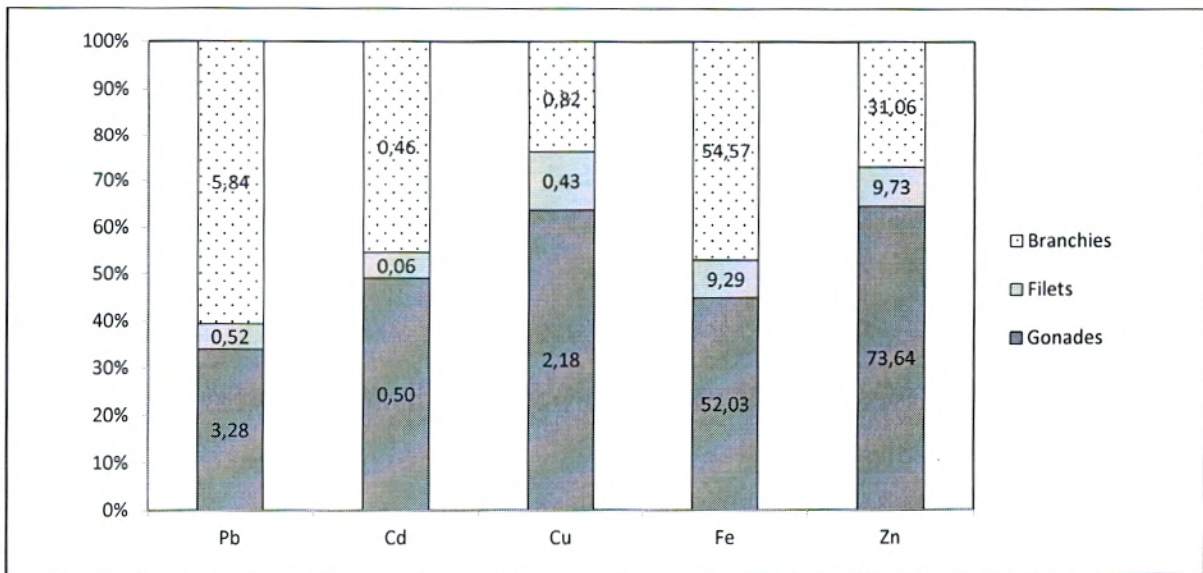
Le gradient d'accumulation métallique est :

$$\text{Zn} > \text{Fe} > \text{Pb} > \text{Cu} > \text{Cd}$$

**IV-4-COMPARAISON DES TENEURS METALLIQUES ENTRE LES TROIS  
TISSUS :**



**Figure 21 :** Comparaison des teneurs métalliques entre les trois tissus.



**Figure 22 :** Pourcentages d'accumulation métalliques dans les trois tissus.

Les teneurs en métaux traces dans le muscle, les gonades et les branchies du sar ont montré un grand organotropisme.

En effet celles en Zn, Cu et Cd ont été selon l'ordre décroissant suivant :

Gonades > branchies > muscle.

Par contre, la concentration en Pb et Fe dans les organes du sar se présente comme suit :

branchies > gonades > muscle.

L'ANOVA 1 testée sur les concentrations de métaux chez le sar, a révélé des différences significatives.

**Plomb** : la valeur de p (probabilités de rejet de  $H_0$ ) est de 7,7816E-06 (<0.05), ce qui permet de dire que les moyennes sont statistiquement distinctes, donc la différence entre les trois tissus est hautement significative. (**Tableau A-01**)

**Cadmium** : la valeur de p (probabilités de rejet de  $H_0$ ) est de 0,00074 (<0.05), ce qui permet de dire que les moyennes sont statistiquement distinctes, donc la différence entre les trois tissus est hautement significative. (**Tableau A-02**)

**Cuivre** : la valeur de p (probabilités de rejet de  $H_0$ ) est de 0,00041 (<0.05), ce qui permet de dire que les moyennes sont statistiquement distinctes, donc la différence entre les trois tissus est hautement significative. (**Tableau A-03**)

**Fer** : la valeur de p (probabilités de rejet de  $H_0$ ) est de 0,0022 (<0.05), ce qui permet de dire que les moyennes sont statistiquement distinctes, donc la différence entre les trois tissus est hautement significative. (**Tableau A-04**)

**Zinc** : la valeur de p (probabilités de rejet de  $H_0$ ) est de 0,01378 (<0.05), ce qui permet de dire que les moyennes sont statistiquement distinctes, donc la différence entre les trois tissus est significative. (**Tableau A-05**)

L'analyse multifactorielle (ACP) effectuée nous a permis de classer et de traiter les informations relatives aux éléments traces métalliques dans les différents tissus du sar par l'établissement des corrélations entre l'ensemble des variables. Cette ACP est effectuée sur une matrice des données constituée des trois tissus (branchies, muscles et gonades) pour lesquels les 5 variables (Fe, Zn, Cu, Pb et Cd) ont été mesurés.

Les valeurs propres des deux composantes F1 et F2 et leur contribution à l'inertie totale sont représentées dans la figure20.

L'observation du cercle formé par les axes F1 et F2 montre selon l'axe F1 (horizontal) une opposition entre les tissus faiblement contaminés en métaux (muscle) occupant la partie négative de l'axe et les tissus fortement contaminés en ces métaux (branchies et gonades) occupant sa partie positive ce qui définit un gradient de contamination.

L'analyse globale permet de définir une typologie dominée par l'individualisation de 3 groupes GI, GII, GIII.

Cette organisation spatiale dégage un degré de contamination bien défini :

GI : CdF,PbF,ZnF et CuF

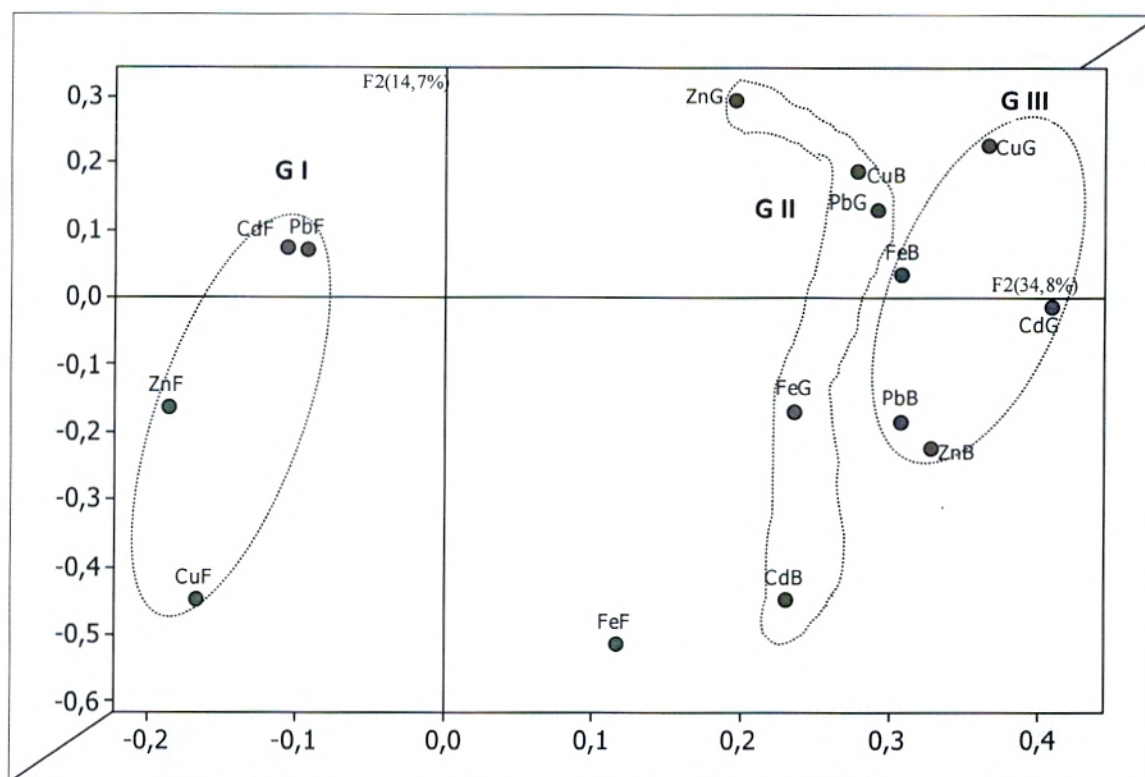
GI : ZnG, CuB, PbG, FeG et CdB

GIII : CuG, FeB, CdG, PbBetZnB

Cette organisation confirme l'organotropisme évoqué plus haut :

Gonades > branchies > muscle. Pour Zn, Cu et Cd.

Branchies > gonades > muscle. Pour Pb et Fe.



**Figure 23 :** ACP des teneurs métalliques dans les différents tissus du sar.

#### IV-5-CORRELATION POIDS ET TAILLE :

Il a été jugé utile de vérifier l'existence d'une corrélation entre le poids et la taille des individus étudiés, ce qui pourrait être un facteur intéressant pour l'interprétation des différences intra tissulaires.

**Tableau 04 :** Poids et tailles des individus

N°	Taille	Poids	N°	Taille	Poids	N°	Taille	Poids
	cm	g		cm	g		cm	g
1	28	340	6	26	260	11	23	170
2	25	240	7	23	170	12	22,5	160
3	26	300	8	22	160	13	24	180
4	26	270	9	22,5	170	14	23	170
5	25	260	10	23	170	15	23	170

Le coefficient de corrélations de Pearson est de **0.973**, donc les deux paramètres sont fortement corrélés.

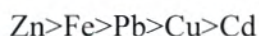
#### IV-6- DISCUSSION

Les résultats retrouvés dans les muscles pour les différents métaux sont assez faibles, et sont en dessous des valeurs internationales fixées par l'AIEA dans les poissons.

Ces valeurs augmentent dans les branchies et dépassent largement les valeurs internationales fixées par l'AIEA dans les poissons mais restent tout de même en dessous des valeurs internationales fixées par l'AIEA pour le cuivre, le fer et le zinc.

En fin dans les gonades, les valeurs enregistrées augmentent mais restent toujours pour le cuivre et le fer, en dessous des valeurs internationales fixées par l'AIEA dans les organismes marins, alors que pour le plomb et le cadmium et le zinc, elles sont relativement élevées et dépassent les valeurs internationales fixées par l'AIEA dans les poissons (particulièrement le plomb et le cadmium).

L'ordre général de la bioaccumulation des métaux analysés dans les différents tissus est comme suit :



Sauf pour les branchies qui semblent accumuler d'avantage le Fe que le zinc.

Cet ordre pourrait être attribué à l'absorption, au métabolisme et à la détoxification des métaux dans les poissons. (EL MORHIT et al, 2012)

Le plomb et le cadmium sont des métaux non essentiels qui ne font pas objet de régulation, leur concentration augmente dans les tissus en fonction des teneurs du milieu.

Donc leur présence dans les tissus peut être un indicateur réel du degré de contamination du site.

On peut lier la concentration relativement importante du zinc par rapport aux autres métaux à deux facteurs :

-Le zinc est un métal essentiel pour le métabolisme, donc il fait objet d'une accumulation assez importante ;

-la contamination des eaux par les différents rejets dans le milieu d'étude.

Les sédiments constituent aussi un facteur important, car leur inertie relative et leur capacité de rétention font que les concentrations en métaux sont de 1000 à 2000 fois plus élevées que celles de la colonne d'eau.

(WITTMAN et FORSTNER, 1975 cité dans DUQUESNE, 1992).

On doit aussi noter le facteur de biodisponibilité des métaux, car plusieurs auteurs ont montré que la biodisponibilité de certaines formes de métal liées aux particules peut être inversement

proportionnelle à la force de liaison métal-particule, de ce fait certaines fractions peuvent être plus disponibles que d'autres (ETTAJANI et PIRASTRU, 1991).

Pendant tout processus physiologique d'échange avec le milieu environnant, les molécules exogènes pénètrent à travers les barrières biologiques séparant l'environnement interne de l'organisme du milieu externe. Quand la contamination se fait, ces barrières (cutanées et respiratoires pour la contamination directe, et intestinale pour la contamination trophique) montrent des propriétés biologiques liées à leur structure et aux conditions physico-chimiques de l'environnement (température, pH, électrolytes, etc.).

Les métaux traces sont piégés par les organismes aquatiques par deux voies principales, à partir de l'eau (voie directe) et à partir de la nourriture (voie trophique). La pénétration des métaux traces nécessite donc le franchissement de structures biologiques spécifiques comme le revêtement extérieur et surtout l'épithélium branchial pour les contaminants présents dans l'eau, et l'ensemble du tractus digestif pour les métaux associés aux particules ou contenus dans les proies ingérées. Toutes ces voies sont possibles pour un même métal et leur importance relative est fonction de la forme chimique sous laquelle le métal est dans le milieu. C'est la coexistence de ces mécanismes et la dynamique de la spéciation qui rend si complexe la notion de **biodisponibilité**. (CASAS, 2005)

### **Bioaccumulation du cadmium**

Dans les premiers temps de la cinétique de bioaccumulation, la pénétration du cadmium dans les cellules est linéaire en fonction du temps et directement proportionnelle à sa concentration dans l'eau, elle n'est pas affectée par la température.

La principale entrée se fait donc par l'eau à travers les surfaces externes, principalement par les branchies qui représentent une surface considérable. En parallèle, l'absorption de Cd en solution est en corrélation linéaire avec la quantité de nourriture ingérée. Les branchies sont donc l'organe d'entrée principal. (CASAS, 2005)

### **Bioaccumulation du plomb**

La pénétration du plomb dans les cellules est linéaire en fonction du temps et directement proportionnelle à sa concentration dans l'eau.



Il est bien connu sous quelles formes (ions, agents chélatants, complexes) le plomb est absorbé. Cependant, il est clair que la forme dissoute du contaminant dans le milieu est primordiale et influence le taux de capture (MIKAC et al, 1996). Cité dans. (CASAS, 2005)

### **Bioaccumulation du cuivre et du zinc**

Le cuivre et le zinc sont des métaux essentiels indispensables à la vie. Ils sont nécessaires en quantité généralement faible, à la vie d'un grand nombre d'organismes. L'accumulation du cuivre et du zinc est donc régulée pour de nombreuses espèces aquatiques, par exemple chez les mollusques, les crustacés, les poissons et les mammifères. Les entrées de cuivre et de zinc se font préférentiellement sous forme ionique ( $\text{Cu}^{2+}$  et  $\text{Zn}^{2+}$ ) par des protéines de transport membranaire. (CASAS, 2005)

Les résultats rapportés dans ce travail montrent une accumulation polymétallique et généralisée plus ou moins importante selon les tissus.

En effet l'analyse comparative des concentrations moyennes des éléments métalliques dans les trois différents tissus (muscles, branchies et gonades) montre que l'importance de l'accumulation métallique se fait selon l'ordre suivant :

Gonades> branchies>muscle. Pour Zn, Cu et Cd.

Branchies>gonades>muscle .Pour Pb et Fe.

Cette différence a été confirmée par l'analyse de la variance qui a révélée l'existence de différences significatives pour la totalité des éléments métalliques.

L'analyse en composante principale a également permis de distinguer trois groupes distincts :

GI : CdF, PbF, ZnF et CuF

GII : ZnG, CuB, PbG, FeG et CdB

GIII : CuG, FeB, CdG, PbBetZnB

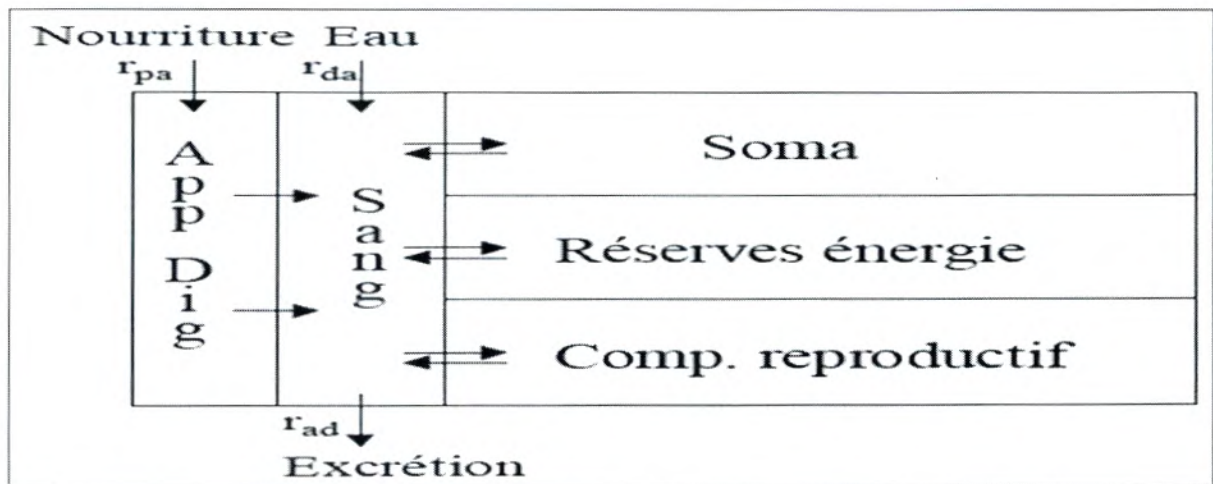
**BENKIRANE** en 2002 in (EL BOUHALI et al, 2008) a observé chez le sar (*Diplodus sargus*) de Sebou une bioaccumulation de métaux plus importante plutôt au niveau des gonades puis des branchies et des autres organes.

Les différences des concentrations proviennent essentiellement des différences dans les fonctions physiologiques des branchies, gonades et muscles.

Ainsi les branchies sont des organes externes en contact direct avec l'eau et jouent un rôle primordial dans les phénomènes respiratoires chez les poissons, et sont donc très exposées aux différents polluants présents dans l'eau.

Cependant le muscle est généralement analysé car c'est la partie du poisson consommée par les humains et est impliquée dans les risques sanitaires. (EL MORHIT et al, 2013)

Après avoir franchi les structures biologiques, les contaminants, sous forme libre ou complexée, accèdent aux compartiments internes de l'organisme. Les processus d'accumulation dans les tissus sont extrêmement complexes. De nombreux facteurs vont intervenir tels que la stabilité des liaisons du produit chimique considéré avec les constituants sanguins, la vascularisation des organes, la structure et les propriétés des nombreuses barrières cellulaires (parois capillaires, membranes plasmiques, etc.), la densité et l'accessibilité des sites potentiels de fixation ou le turn-over des structures tissulaires. (CASAS, 2005)



**Figure24 :** Représentation schématique du processus de bioaccumulation.  $r_{da}$  et  $r_{pa}$ : taux d'entrée du contaminant sous forme dissoute et particulaire,  $r_{ad}$ : taux d'élimination du contaminant.

Toutefois, la taille et l'âge des poissons pourraient avoir une influence sur les concentrations des contaminants dans les différents tissus de poissons indépendamment exposés aux polluants (EL MORHIT et al, 2013).

En effet les organismes marins n'accumulent pas les contaminants de la même façon au long de leur vie. Le métabolisme élevé des jeunes individus peut accélérer l'assimilation des contaminants et la dilution due au grossissement de l'animal tend à diminuer leurs concentrations. (CLAISSE et al, 1992).

Des concentrations plus élevées présentes chez les jeunes espèces reflètent généralement du temps court de l'accumulation de ces métaux dans les poissons, combiné avec le taux plus élevé de métabolisme par rapport aux organismes adultes (COSSA et al, 1992 cité dans. EL MORHIT et al, 2013).

## **7-COMPARAISON DES RESULTATS AVEC DES DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES**

Au terme de ce travail, nous avons jugé qu'il serait intéressant de procéder à une comparaison de nos résultats avec quelques données bibliographiques concernant le même type d'analyse.

Cela n'a pas été facile vu la difficulté de trouver la même espèce étudiée, les mêmes tissus, les mêmes éléments métalliques ou encore la même zone d'étude.

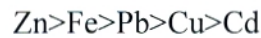
**Tableau 05** : Comparaison des résultats avec des données bibliographiques

Localités	Espèces	Références	Organes	Pb	Cd	Cu	Fe	Zn
				D.M.A en mg/Kg de poids sec				
				0.12	0.189	3.28	146	67.1
Côtes marocaines (Atlantique)	<i>Diplodus vulgaris</i> mg /Kg dupoids frais	EL MORHIT et al 2012	Muscle	0.64	0.01	29.49	30.76	34.67
Seixalbay (Portugal)	<i>Diplodus sargus</i> µg/g du poids sec	CAÇADOR et al 2011	Muscle	10.61	1.48	2.91	/	17.25
Foum l'Oued (Maroc)	<i>Diplodus vulgaris</i> mg/Kg du poids frais	EL MORHIT et al 2013	Branchies	0.34	0.25	0.5	54.64	128
	<i>Diplodus vulgaris</i> mg/Kg du poids frais	EL MORHIT et al 2013	Muscle	0.038	0.06	0.42	2.92	105
Port laayoune (Maroc)	<i>Diplodus vulgaris</i> mg/Kg du poids frais	EL MORHIT et al 2013	Branchies	0.06	0.20	1.29	58.30	74
	<i>Diplodus vulgaris</i> mg/Kg du poids frais	EL MORHIT et al 2013	Muscle	0.01	0.11	0.5	3.60	117.3
Laâsilia (Maroc)	<i>Diplodus vulgaris</i> mg/Kg du poids frais	EL MORHIT et al 2013	Branchies	0.10	0.17	0.48	54.21	81.33
	<i>Diplodus vulgaris</i> mg/Kg du poids frais	EL MORHIT et al, 2013	Muscle	0.007	0.09	0.158	3.44	77.66
Méditerranée (Turquie)	<i>Sparus auratus</i>	CANLI et al 2002	Branchies	13.31	1.79	5.02	152.91	63.10
	<i>Atherina hepsetus</i>			12.37	1.85	14.64	793.73	85.51
	<i>Mugil cephalus</i>			8.95	2.08	13.48	275.67	71.21
	<i>Sardina pilchardus</i> (mg/Kg du pds frais)			8.99	1.56	8.99	227.42	101.85
	<i>Sparus auratus</i>		Muscle	5.54	0.37	2.84	19.60	26.66
	<i>Atherina hepsetus</i>			6.12	0.37	4.00	78.40	24.34
	<i>Mugil cephalus</i>			5.32	0.66	4.41	38.71	37.39
	<i>Sardina pilchardus</i>			5.57	0.55	4.17	39.60	34.58
Ghazaouet (Algérie)	<i>Sardina pilchardus</i> (ppm poids frais)	GOUAL, NASSOUR, 2000	Muscle	1.14	0.38	4.6	/	7.09
Ghazaouet (Algérie)	<i>Diplodus sargus</i> (mg/Kg du poids sec)	Présente étude	Muscle	0,516	0,056	0,429	9,287	9,726
			Branchies	5,837	0,459	0,818	54,569	31,057
			Gonades	3,277	0,496	2,182	52,028	73,637

Globalement, les concentrations trouvées lors de notre étude sont inférieures dans les muscles et dans les branchies, sauf pour celles retrouvées dans *Diplodus vulgaris* dans les côtes atlantiques marocaines où la pollution semble être moindre.

L'accumulation métallique est plus importante au niveau des branchies par rapport aux muscles. Toutefois on note des teneurs très élevées dans les muscles pour l'étude effectuée au Portugal sur *Diplodus sargus*, qui semble témoigner d'un degré de contamination très important. La contamination au niveau des branchies n'a pu être vérifiée pour cette étude.

Hormis le cas de *Diplodus vulgaris* sur les côtes atlantiques marocaines qui semble accumuler d'avantage le cuivre que le plomb (milieu probablement moins pollué en Pb), le gradient d'accumulation est globalement le même :



## **CONCLUSION ET PERSPECTIVES**

La baie de Ghazaouet est polluée principalement par des rejets industriels et urbains provenant de la même zone.

Dans ce travail concernant la contamination du milieu marin de la région de Ghazaouet par les métaux lourds, nous nous sommes consacrés à traiter des données provenant de prélèvements in situ de matière vivante. L'étude s'est basée sur l'analyse et le suivi de cinq éléments métalliques (plomb, cadmium, cuivre, fer et zinc) dans les tissus (Branchies, Gonades et muscle) du sar commun *Diplodus sargus sargus*.

Les résultats obtenus ont permis de faire ressortir les points suivants :

- Les concentrations retrouvées dans le muscle du sar sont relativement faibles et sont en dessous des valeurs internationales fixées par l'AIEA.
- Les concentrations retrouvées pour le sar dans les branchies, se différencient très largement selon l'élément considéré. Les valeurs enregistrées sont relativement faibles pour le cuivre, le fer et le zinc et sont en dessous des valeurs internationales fixées par l'AIEA dans les poissons, alors que pour le plomb et le cadmium, elles sont relativement élevées et dépassent largement ces valeurs.
- Les concentrations retrouvées pour le sar dans les gonades sont relativement élevées, sauf pour le cuivre et le fer où on note des teneurs assez faibles pour la majorité des individus étudiés.
- L'ordre général de la bioaccumulation des métaux analysés dans les différents tissus est comme suit : Zn>Fe>Pb>Cu>Cd, Sauf pour les branchies qui semblent accumuler d'avantage le Fe que le zinc.
- l'importance de l'accumulation métallique se fait selon l'ordre suivant :  
Gonades> branchies>muscle. Pour Zn, Cu et Cd.  
Branchies>gonades>muscle .Pour Pb et Fe.  
Il y a donc un organotropisme bien marqué, confirmé par l'application de l'ANOVA et de l'ACP.

Même si les teneurs retrouvées pour le sar commun restent acceptables dans le muscle, les teneurs retrouvées dans les autres tissus témoignent d'un seuil de contamination - particulièrement dans le port – qui doit être surveillé.

Il faut aussi soulever le problème de la biodisponibilité des éléments métalliques et du degré de contamination du sédiment, car le risque d'une remise en circulation (relargage) n'est guère à écarter.

Cependant, la concentration métallique totale n'est pas suffisante pour déterminer l'impact environnemental des métaux (TESSIER et al, 1979 cité dans SABRA, 1998), de ce fait des études plus approfondies concernant particulièrement la spéciation sont recommandées.

Pour le cas commun, nous pensons que des études ultérieures devraient être entreprises pour préciser l'implication probable d'autres facteurs tels que cycle de vie (comportant au moins un cycle annuel) que nous n'avons pas pu mettre en évidence dans ce travail.

Enfin, on peut dire que les activités anthropiques ont une grande part de responsabilité dans la dégradation des écosystèmes marins, et tant que des programmes à la fois ambitieux et rigoureux ne sont pas mis en application, la qualité des eaux de nos côtes ne peut évoluer que vers la détérioration, donc une prise de conscience généralisée de ce problème est indispensable pour la sauvegarde de ces écosystèmes qui sont en fait plus fragiles qu'ils n'en ont l'air.



## **REFERENCES**

## A

**AMANY, M.O., HATEM H.M.,** 2009- Feeding Biology of *Diplodus sargus* and *Diplodus vulgaris* (Teleostei, Sparidae) in Egyptian Mediterranean Waters. *World Journal of Fish and Marine Sciences* 1 (4):290-296.

## B

**BADT, V., BERTRAND, J.,** 2012-Guide de mensuration des espèces halieutiques. *IFREMER*, 24p.

**BENCHALEL, W., KARA, M. H.,** 2010- Biométrie et dimorphisme sexuel du sar commun *Diplodus sargus sargus* (sparidae) des côtes de l'est algérien. *Bull. Soc. zool. France* : 149-162.

**BENCHALEL, W.,** 2010- Biologie et dynamique du sar commun *Diplodus sargus sargus* (Linnaeus, 1758) des côtes de l'Est algérien .Thèse de Doctorat en Sciences Naturelles. Université d'Annaba.

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

**BENGUEDDA, W.,** 2012- Contribution à l'étude de la bioaccumulation métallique dans les sédiments et différents maillons de la chaîne trophique du littoral extrême ouest algérien. Doctorat en Ecologie et Environnement. Université de Tlemcen : 149 p.

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

**BOURDIAL, I.,** 1988- Invasion sournoise des métaux lourds. *Sciences et vie* n°852. Paris : 52-59.

## C

**CAÇADOR, I.**, et al,2012- Macroinvertebrates and fishes as biomonitors of heavy metal concentration in the Seixal Bay (Tagus estuary): Which species perform better?. *Ecological Indicators* 19. *Elsiver LTD*:184-190.

**CASAS, S.**, 2005- Modélisation de la bioaccumulation de métaux Traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *Mytilus Galloprovincialis*, en milieu méditerranéen- Contamination en métaux lourds des eaux de surface et des sédiments du Val de Milluni (Andes Boliviennes) par des déchets miniers. Approches géochimique, minéralogique et hydrochimique. Doctorat Océanologie biologique, Environnement marin. Université Sud Toulon Var: 42-52.

**CHALON, C., LEROY, D., THOME, J-P., GOFFART, A., BASTIN, B., et BRAHY, V.**, 2006. Les micropolluants dans l'eau.EAU 4.pdf (<http://environnement.wallonie.be>)

**CLAISSE, D., JOANNY, M., QUINTIN, J.Y.**, 1992-Pollutions marines. *Analusus magazine*. V20.n°06 :19-22.

**CLARK, W.**, 1989- La gestion de la planète. Pour la science. Numéro spécial : « Gérer la planète ». *Scientific American*. Paris : 26-34.

## D

**DE LA PAZ, R.**, 1975-Systématique et phylogénèse des sparidés du genre *Diplodus* RAF. Travaux et documents *O.R.S.T.O.M.* Paris : 98p.

**DUQUESNE, S.**, 1992- Bioaccumulation métallique et métallothioneines chez trios espèces de poissons du littoral –Nord- Pas de Callais. Thèse Doctorat en Biologie et santé. Université des sciences et technologie de Lille. France : 264p.

**DUQUESNE, S.**, 1994- Bioaccumulation métallique et biomarqueurs : Les métallothioneines. *Analusus Magazine*. Volume 22,n°1. France : 20-23.

## E

**EL BOUHALI, B., BENNASSER, L., NASRI, I., GLOAGUEN, V., MOURADI, A.,** 2008- Contamination métallique de *Gambusia holbrooki* au niveau du lac Fouarat et de l'estuaire Sebou dans la région du Gharb (Maroc). *Afrique science*.410-425.

**EL MORHIT, M., FEKHAOUI, M., EL ABIDI,A., YAHYAOUI,A.,**2012- Contamination métallique des muscles de cinq espèces de poissons de l'estuaire du bas loukkos (côte atlantique marocaine). *Science Lib Editions Mersenne* : Volume 4, N ° 120116 .ISSN 2111-4706:21p

**EL MORHIT, M., BELGHITY D., EL MORHIT A.,** 2013-Contamination métallique de *Pagellus acarne*, *Sardina pilchardus* et *Diplodus vulgaris* de la côte atlantique sud (maroc). *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n°14 : 131-148.

**ETTAJANI, H, PIRATSU, L.,** 1991- Méthodologie pour prévoir le transfert des métaux lourds dans les chaines trophiques marines incluant les mollusques filtreurs.Symp.int.sur la pollution des eaux marines. Casablanca : 13p.

## G

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

## H

**HAGUENOER, J.M, FURON, D.,** 1981- Toxicologie et hygiènes industrielles. Tome 1 : Technique et documentation .*Lavoisier*. Paris : 47-61.

**HUSSEIN, C.,** 2011- Modélisation de l'impact de la pêche et de la protection sur une ressource exploitée : le sar commun, *Diplodus sargus sargus* (L., 1758) autour de la réserve naturelle marine de Cerbère -Banyuls. Thèse de Doctorat Spécialité : Analyse et modélisation des systèmes biologiques. Université de Perpignan. France : 41 p.

## I

**I.S.M.A.L,** 1994- Etude de la qualité des sédiments du port de Ghazaouet. Qualité chimique et biosédimentaire. Rapp. final. Alger : 50p.

## J

**JANIN, F., SCHNITZER, G.,** 1996- Plomb, Cadmium et mercure dans l'alimentation : Evolution et gestion du risque. Technique et documentation. *Lavoisier*. Paris : 205-216.

## K

**KAMARUZZAMAN, B.Y., ONG , M.C., RINA ,S.Z.,**2010- Concentration of Zn, Cu and Pb in Some Selected Marine Fishes of the Pahang Coastal Waters, Malaysia. *American Journal of Applied Sciences* 7 (3): 309-314

**KERCKHOVE, O.,** 2012- Espèces ou association d'espèces de poissons en tant que bioindicateur de l'état de santé des récifs coralliens. Essai présenté au Département de biologie en vue de l'obtention du grade de maître en écologie internationale. Université de Sherbrooke .CANADA: 149 p.

## L

**LAMARE, V., PASTOR ., J,** in : DORIS, 2014 - *Diplodus sargus* (Linnaeus, 1758), [http://doris.ffesmm.fr/fiche2.asp?fiche\\_numero=463](http://doris.ffesmm.fr/fiche2.asp?fiche_numero=463)

**LAUWERY, R.,** 1982- Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles .2ème édition .*Masson*. Paris : 98-199.

## M

**MATIAS, M.S.A.,** 2008- Contamination en métaux lourds des eaux de surface et des sédiments du Val de Milluni (Andes Boliviennes) par des déchets miniers. Approches géochimique, minéralogique et hydrochimique. Doctorat Sciences de la Terre et Environnement. Université de Toulouse : 11-25.

**MILLOT, C.,** 1987- La circulation générale en méditerranée occidentale. *Annales de géographie* n°549.Marseille :497-515.

## N

**NATIONS UNIES,** 2009- Document guide sur les dangers pour le milieu aquatique. Annexe 9 : 503-598.

P

**P.D.A.U**, 1996- Rapport d'orientation et règlements. Phase 3.U.R.S.A.Saïda:1-27.

R

**RAMADE, F.**, 1992- Précis d'écotoxicologie. *Masson édition*. Paris : 300p.

**RON VAN DER OOST, A., JONNY BEYER, B., NICO P.E. VERMEULEN, C.**, 2003 - Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 13. *Elsiver LTD*: 57-149.

S

**SABRA, N.Y.**, 1998- Biosolubilisation des métaux lourds à partir de sédiments pollués. Thèse Doctorat en génie enzymatique, bioconversions et microbiologie. Université de technologie de Compiègne. France : 21-105.

<http://www.fao.org/fishery/species/2370/en>

<http://fishbase.sinica.edu.tw/Photos>



**ANNEXES**

**Tableau A-01** : Analyse de variance Pb

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	212,449051	2	106,2245255	15,7706901	7,7816E-06	3,219942293
A l'intérieur des groupes	282,8937757	42	6,735566088			
Total	495,3428267	44				

**Tableau A-02** : Analyse de variance Cd

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	1,790417	2	0,8952085	8,58391939	0,00074892	3,21994229
A l'intérieur des groupes	4,38013863	42	0,10428902			
Total	6,17055563	44				

**Tableau A-03** : Analyse de variance Cu

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	25,4297117	2	12,7148558	9,42887184	0,00041457	3,21994229
A l'intérieur des groupes	56,6370987	42	1,34850235			
Total	82,0668103	44				

**Tableau A-04** : Analyse de variance Fe

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	19418,53835	2	9709,269174	7,10415459	0,00220001	3,219942293
A l'intérieur des groupes	57401,52473	42	1366,70297			
Total	76820,06308	44				

**Tableau A-05** : Analyse de variance Zn

Source des variations	Somme des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés	F	Probabilité	Valeur critique pour F
Entre Groupes	31763,1775	2	15881,5888	4,75211651	0,01378903	3,21994229
A l'intérieur des groupes	140364,136	42	3342,00324			
Total	172127,313	44				



## المخلص

الاستدامة والميول التراكمي جعلنا من التلوث بالمعادن الثقيلة مشكلا بينيا وعموميا هاما جدا، والذي أصبح مصدر قلق متزايد . في هذا العمل، حاولنا العثور على مستويات بعض المعادن (الرصاص و الكاديوم والنحاس والحديد والزنك) في ثلاثة أنسجة مختلفة (الخياشيم والعضلات والغدد التناسلية) لسمة القاع (*Diplodus sargus sargus*) في خليج الغزوات . وقد أظهرت النتائج التي أكدتها الاختبارات الإحصائية تراكم توجيهي كبير. تم العثور على أعلى التركيزات في الخياشيم والغدد التناسلية . في دراستنا، مستويات المعادن في عضلات الأسماك لا تتجاوز المقادير الموصى بها من قبل وكالة الطاقة الذرية. الكلمات الرئيسية: المعادن الثقيلة – التراكم- الشرغوش -خليج الغزوات

## Résumé

Le caractère durable et la tendance accumulatrice ont fait de la pollution par les métaux lourds un problème environnemental et public majeur dont l'importance est devenue de plus en plus préoccupante.

Dans ce travail, nous avons essayé de rechercher les teneurs en certains éléments traces métalliques (Pb, Cd, Cu, Fe et Zn) dans trois différents tissus (Branchies, muscle et gonades) d'un poisson démersal (*Diplodus sargus sargus*) dans la Baie de Ghazaouet.

Les résultats obtenus ont montrés un grand organotropisme confirmé par des tests statistiques. Les teneurs les plus fortes ont été retrouvées dans les branchies et les gonades. Dans notre étude, les teneurs des E.T.M dans les muscles de ce poisson ne dépassent pas les valeurs recommandées par l'A.I.E.A.

**Mots clés :** Métaux lourds – Bioaccumulation- *Diplodus sargus sargus*-Baie de Ghazaouet

## Abstract:

Sustainability and the storage trend made pollution by heavy metals an environmental problem and a major public importance, which has become a growing concern.

In this work, we tried to find the levels of certain trace metals (Pb, Cd, Cu, Fe and Zn) in three different tissues (gills, muscle and gonads) a demersal fish (*Diplodus sargus sargus*) in the Bay of Ghazaouet.

The results have shown a great organotropism confirmed by statistical tests. The highest concentrations were found in the gills and gonads. In our study, the levels of M.E.T in the muscles of the fish do not exceed recommended by the IAEA

**Keywords:** Heavy metals - Bioaccumulation- *Diplodus sargus sargus* - Ghazaouet Bay.