

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

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



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER

EN SCIENCES DE LA MER

OPTION : Environnement

Thème :

**La bioaccumulation des métaux traces par le merlu (*Merluccius merluccius*, Linnaeus, 1758) de la côte algérienne : Influence de la composition biochimique**

Présenté par :

Mlle DENDENE Lynda

Soutenu le 05/11/2014 devant le jury suivant :

Mr R. BELKESSA	Professeur (ENSSMAL)	Président
Mr A. INAL	Attaché de recherche (CNRDPA)	Promoteur
Mr M. BOULAHDID	Professeur (ENSSMAL)	Co-promoteur
Mme Z. BOUBCHICHE	Maitre assistante A	Examinatrice
Mr S. BACHOUCHE	Attaché de recherche (CNRDPA)	Examinateur

Promotion : 2014



## Résumé

La présente étude est une suite au travail effectué dans le mémoire d'ingénieur, le but est de faire une synthèse des travaux réalisés dans ce même contexte, à savoir, l'étude de la bioaccumulation des métaux traces par les organismes marins « les poissons » et déterminer s'il existe des similitudes entre la présente étude et les autres.

Aussi, les résultats obtenus sur le taux des composantes biochimiques du Merlu sont traités statistiquement par une analyse binaire, afin de déterminer s'il existe des corrélations entre les concentrations en métaux traces étudiés (mercure, nickel, et zinc) et la composition biochimique (glucides, lipides et protéines).

L'analyse a permis de mettre en évidence l'influence de la composition biochimique (taux des protéines, lipides et glucides) sur la bioaccumulation des métaux traces (mercure, nickel, et zinc) par le merlu *Merluccius merluccius*. Les concentrations en métaux traces observées dans les organes du merlu pêché dans la cote ouest algérienne sont comparables à celles mesurées chez d'autres espèces de poissons pêchés dans le bassin méditerranéen, les différences observées sont dues aux processus de bioaccumulation.

**Mots clés :** *Merluccius merluccius*, Métaux traces, Mercure, Nickel, Zinc, Bioaccumulation, Corrélation, Analyse binaire, Composition biochimique, Glucides, Lipides, Protéines, Cote algérienne.

*You are the reason I have a smile on my face every day "My Family"*

*A la mémoire de ma chère grand mère, t'avais toujours cru en moi, Merci pour le réconfort que tu m'as apportais dans les moments les plus durs et pour tes prières qui, j'en suis sur, sont la raison de ma réussite, je te dédie « Ayi » ce modeste travail.*

*Qu'Allah t'ouvre les portes du paradis.*

*A vous mes très chers parents, aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ma gratitude envers vous. Ce travail est le fruit de votre soutien inébranlable, de vos interminables conseils et de vos innombrables sacrifices, vous avez toujours cru en moi malgré tout.*

*En témoignage de ma reconnaissance et mon affection je vous dédie ce modeste travail dans l'espoir que vous en serez fiers.*

*Quisse Allah, le très haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive. Votre satisfaction sera toujours mon but.*

*A mon grand frère et ma petite sœur, mes exemples de persévérance dans la vie.*

*En témoignage de mon affection fraternelle, de ma profonde tendresse et reconnaissance, je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès et qu'Allah, le tout puissant, vous protège et vous garde.*

*A mes meilleurs amis (es), à mes amis (es), je vous dédie ce travail et vous souhaite un avenir à la hauteur de vos ambitions.*

*« Pour un esprit scientifique, toute connaissance est une réponse à une question. S'il n'y a pas eu de question, il ne peut y avoir connaissance scientifique. Rien ne va de soi. Rien n'est donné. Tout est construit. »*

*Gaston Bachelard*

## **Remerciements**

*Je remercie Allah de m'avoir donné le courage et la patience pour réaliser ce mémoire de fin d'étude.*

*Je tiens à remercier mon promoteur Mr A. INAL pour avoir accepté de diriger ce travail.*

*Mes remerciements vont à mon Professeur et Co-promoteur Mr M. BOULAHIDJ d'avoir accepté de faire parti des membres du jury.*

*Mes remerciements vont à Mr R. BELKESSA d'avoir accepté de présider le jury.*

*Mes remerciements s'adressent aussi à Mme Z. BOUBCHICHE et Mr S. BACHOUCHE qui ont bien voulu examiner ce mémoire.*

*J'exprime ma profonde gratitude à mes professeurs du laboratoire de Sidi Fredj, en particulier Mme F. OUNADI et Mme N. EDDALIA, pour leur aide, générosité et gentillesse.*

*Mes remerciements s'adressent également à tout le personnel de la bibliothèque pour leur disponibilité, aide et gentillesse en particulier Chérif, Fatima, Youcef et Mme BESSAOU.*

*Je tiens à exprimer ma gratitude à tous mes enseignants, depuis ma première année fondamentale, jusqu'à la cinquième année universitaire.*

*Mes vifs remerciements à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour la réalisation de ce modeste travail, vous vous reconnaitrez.*

## Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Acronymes

Introduction.....12

### Chapitre I : La bioaccumulation des métaux traces

Partie I : Aperçu sur quelques travaux réalisés sur l'utilisation du Merlu « *Merluccius merluccius* » et quelques poissons comme bioindicateurs de la contamination métallique.....15

1. Synthèse des travaux réalisés sur l'utilisation du Merlu comme bioindicateur de la contamination métallique, en Méditerranée et cote Algérienne.....17
  - 1.1. Campagne MERMED 3, 4 et 5 (2005-2006).....17
  - 1.2. Programme MERLUMED (2005-2008).....17
  - 1.3. Belhoucine F., 2006.....18
  - 1.4. Ayad F., 2009.....19
  - 1.5. Cossa D. *et al.*, 2010.....20
  - 1.6. Benamar N. *et al.*, 2010.....20
  - 1.7. Bouhadiba S., 2011.....22
  - 1.8. Lo Turco V. *et al.*, 2013.....23
  - 1.9. Benamar et Boutiba, 2013.....23
  - 1.10. Dendene L., 2014.....24

Partie II : Les facteurs influençant la bioaccumulation des ETM dans le milieu marin.....26

1. Les facteurs extrinsèques.....26
2. Les facteurs intrinsèques.....26
  - 2.1. Relation avec le mode de vie et comportement alimentaire.....27
  - 2.2. Relation avec l'âge.....27
  - 2.3. Relation avec la reproduction.....27
  - 2.4. Relation avec la régulation.....28
  - 2.5. Composition biochimique et condition physiologique.....28

## Chapitre II : Méthodologie, résultats et interprétations

I. Méthodologie.....	30
1. Application statistique.....	30
1.1. Analyse binaire.....	30
1.1.1. Elaboration des matrices de corrélation.....	30
a) Mercure - Composition biochimique.....	30
b) Zinc - Composition biochimique.....	30
c) Nickel - Composition biochimique.....	31
d) Inter-métaux.....	31
2. Résultats et interprétations.....	31
2.1. Corrélations métaux – compositions biochimiques.....	31
2.1.1. Corrélation mercure - composition biochimique.....	31
2.1.2. Corrélation zinc - composition biochimique.....	32
2.1.3. Corrélation nickel - composition biochimique.....	33
2.2. Corrélations métaux – métaux.....	34
2.2.1. Corrélation mercure – zinc.....	34
2.2.2. Corrélation mercure – nickel.....	35
2.2.3. Corrélation zinc – nickel.....	36
3. Comparaison des concentrations moyennes en métaux traces avec celles obtenues dans d'autres études chez différent organismes marins.....	37
<b>Conclusion.....</b>	<b>40</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>42</b>
<b>Annexe.....</b>	<b>47</b>

## Liste des figures

<b>Figure 1 :</b> Évaluation mensuelle (mai à octobre) des concentrations moyenne en cadmium exprimées en mg kg <sup>-1</sup> de poids frais au niveau du muscle et du foie chez <i>Sardinella aurita</i> .....	21
<b>Figure 2 :</b> Variations des teneurs en cadmium en fonction de la taille (a) et organes (muscle et foie) (b).....	22
<b>Figure 3 :</b> La concentration moyenne de cuivre et chrome dans les organes de <i>Sardinella aurita</i> (moyenne ± écart -type).....	24
<b>Figure 4 :</b> Corrélations entre les concentrations en mercure et le pourcentage des glucides.....	32
<b>Figure 5 :</b> Corrélations entre les concentrations en zinc et le pourcentage des glucides.....	33
<b>Figure 6 :</b> Corrélations entre les concentrations en nickel et le pourcentage des lipides.....	34
<b>Figure 7 :</b> Corrélations entre les concentrations en mercure et zinc.....	35
<b>Figure 8 :</b> Corrélations entre les concentrations en mercure et nickel.....	36
<b>Figure 9 :</b> Corrélations entre les concentrations en zinc et nickel.....	36
<b>Figure 1 :</b> Corrélations entre les concentrations en mercure et le pourcentage des glucides (a) et concentrations en mercure et le pourcentage des protéines (b).....	Annexe
<b>Figure 2 :</b> Corrélations entre les concentrations en zinc et le pourcentage des lipides (a) et concentrations en zinc et le pourcentage des protéines (b).....	Annexe
<b>Figure 3 :</b> Corrélations entre les concentrations en nickel et le pourcentage des glucides (a) et concentrations en nickel et le pourcentage des lipides (b).....	Annexe

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> : Aperçu général sur les travaux réalisés sur l'utilisation du Merlu et autres poissons comme bioindicateurs de la contamination métallique, en Méditerranée et cote Algérienne.....	15
<b>Tableau 2</b> : Variation des teneurs moyennes en métaux lourds (moyenne $\pm$ écart type ppm) du foie et du muscle de <i>Merluccius merluccius</i> pêché dans la baie d'Oran.....	18
<b>Tableau 3</b> : Teneurs en métaux (Hg, Ni et Zn) exprimées en $\mu\text{g/g}$ du poids sec dans les différents organes chez <i>Merluccius merluccius</i> de la côte Algérienne (cote Ouest).....	25
<b>Tableau 4</b> : teneurs en mercure et compositions biochimiques en fonction des organes.....	30
<b>Tableau 5</b> : teneurs en Zinc et compositions biochimiques en fonction des organes.....	30
<b>Tableau 6</b> : teneurs en Nickel et compositions biochimiques en fonction des organes.....	31
<b>Tableau 7</b> : teneurs en Nickel et compositions biochimiques en fonction des organes.....	31
<b>Tableau 8</b> : Corrélations entre le mercure et les compositions biochimiques.....	31
<b>Tableau 9</b> : Corrélations entre le zinc et les compositions biochimiques.....	32
<b>Tableau 10</b> : Corrélations entre le nickel et les compositions biochimiques.....	33
<b>Tableau 11</b> : Corrélations entre le mercure et le zinc.....	34
<b>Tableau 12</b> : Corrélations entre le mercure et le nickel.....	35
<b>Tableau 13</b> : Corrélations entre le zinc et le nickel.....	36
<b>Tableau 14</b> : Variations des concentrations moyennes en métaux lourds traces chez différents organismes marins.....	37

## Liste des acronymes

**ANR ECCO** : Programme National coordonné ANR « Ecosphère continentale, risques environnementaux (ECCO) ».

**EPA** : Environmental Protection Agency.

**IFREMER** : Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer.

**MDDEP** : Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs.

**MERLUMED** : Merlu de Méditerranée. Programme coordonné de recherche pluridisciplinaire "PIM-Médicis" (Projet Intégré Méditerranée), piloté par l'Ifremer.

**MERMED** : Mer Méditerranée.

**PBDE** : Polybromodiphényléther.

**PCB** : Polychlorobiphényle.

**PIM** : Projet Intégré Méditerranée.

**PNEC** : Programme National d'Ecologie Côtière.

**SYSCOLAG** : Programme régional « Systèmes Côtiers et Lagunaires ».

**TECPEC** : Technologie des pêches.

**ETM** : Eléments Traces Métalliques.

**S.A.A (AAS)** : Spectrophotométrie d'Absorption Atomique.

**ACP** : Analyse en composantes principales.

**ANOVA** : ANalysis Of Variance (analyse de la variance).

**MANOVA** : Multivariate analysis of variance (analyse de variance multivariée).

# Introduction

L'intégrité écologique d'un milieu naturel est déterminée par la combinaison de son degré d'intégrité chimique, physique et biologique. La dégradation d'une ou plusieurs de ces composantes se manifeste généralement dans la biocénose, c'est-à-dire dans les différentes communautés biologiques (MDDEP, 2011). En ce sens, les altérations morphologiques, comportementales, tissulaires ou physiologiques, ainsi que l'abondance, le succès reproductif et la mortalité des espèces animales et végétales constituent des variables observables et mesurables reflétant l'état de leur habitat (Harrag, 2012; Kaiser, 2001; Kerckhove, 2012). La bio-indication réfère donc à un processus d'analyse de divers indicateurs biologiques qui s'inscrit dans la biosurveillance de la qualité des écosystèmes.

La surveillance de la qualité du milieu basée exclusivement sur le suivi des paramètres physicochimiques ne permet pas de tirer des conclusions sur la santé de l'écosystème, puisqu'elle ne fournit pas de renseignement sur la qualité de l'habitat et est limitée à l'étude des polluants présents à des concentrations supérieures aux limites de détection des méthodes analytiques (MDDEP, 2008). De plus, cette méthode ne permet pas d'intégrer les effets synergiques, additifs ou antagonistes des divers polluants sur les organismes. Par ailleurs, cette approche n'est pas efficace pour la détection des molécules hydrophobes, qui se retrouvent majoritairement dans les graisses des êtres vivants (Laperche, 2014). La bio-indication est donc un outil indispensable pour évaluer la santé des écosystèmes (EPA, 2002).

Le recours à la bio-indication présente plusieurs avantages par rapport aux moyens de mesure instrumentaux traditionnels. D'abord, l'utilisation des bio-indicateurs est financièrement plus économique puisqu'elle permet généralement d'éviter d'employer du matériel technologique coûteux (Markert *et al.*, 2003) et d'économiser du temps (Carignan et Villard, 2002). De plus, grâce à leur capacité de bioaccumulation, qui consiste en l'assimilation de polluants dans un organisme (par adsorption ou incorporation) dont la concentration augmente dans le temps et devient plus élevée que dans l'environnement immédiat (Amiard, 2011), certains bioindicateurs permettent une détection précoce des polluants ou des perturbations (Kaiser, 2001).

Par ailleurs, les bio-indicateurs renseignent « sur la biodisponibilité des polluants plutôt que sur leur concentration totale dans le milieu » (Markert *et al.*, 2003). Cette distinction est non

négligeable lorsqu'on s'intéresse aux effets des polluants sur les organismes (Kerckhove, 2012).

Enfin, ils fournissent une indication intégrée des effets spatiotemporels des polluants sur le biote puisqu'ils « reflètent le temps total d'exposition au polluant, contrairement aux mesures instrumentales qui prennent les valeurs des paramètres de façon instantanée et localisée » (Markert *et al.*, 2003).

Tout au long de ce travail de recherche, nous allons mettre ces termes de bioindication et bioaccumulation sur quelques bioindicateurs, le choix c'est porté sur le Merlu « *Merluccius merluccius* » et d'autres poissons, ceci sera une suite au travail d'ingénieur effectué.

L'enchaînement des chapitres est comme suit :

Le premier chapitre, la bioaccumulation des métaux traces, est divisé en deux parties : la première est un aperçu sur quelques travaux réalisés sur l'utilisation de quelques poissons comme bioindicateurs de la pollution métallique, et la deuxième présente les facteurs influençant cette bioaccumulation dans le milieu marin.

Et avant de conclure, un deuxième chapitre qui comporte la méthodologie ; une application statistique afin de déterminer s'il existe des corrélations entre nos concentrations en métaux traces et la composition biochimique du merlu, les résultats obtenus, et une discussion.

La  
bioaccumulation  
des métaux  
traces

**Partie I : Aperçu sur quelques travaux réalisés sur l'utilisation du Merlu « *Merluccius merluccius* » et quelques poissons comme bioindicateurs de la contamination métallique**

Plus que jamais, en cette fin de millénaire, la lutte contre la pollution des eaux est au centre des discussions et des débats à l'échelle mondiale. Des centaines de titres consacrés à ce sujet ont pu être relevés dans la presse, des centaines de colloques, rencontres, congrès se sont déroulés pour en débattre, sans oublier les campagnes de sensibilisation sur les graves problèmes de pollution subis par les différents écosystèmes (El Morhit, 2009).

Parmi les substances chimiques susceptibles de constituer un danger pour la vie aquatique en général, nous signalons les métaux lourds dont certains comme le chrome, le plomb et le cadmium. Ces éléments sont très toxiques et de plus en plus utilisés dans les secteurs industriels. Certains métaux non toxiques le deviennent vu leur pouvoir bio-accumulateur et leur rémanence dans le milieu aquatique et notamment dans les sédiments compte tenu de leur non dégradation biologique.

Le contrôle des métaux lourds dans l'environnement a acquis une importance croissante durant les dernières années. C'est dans ce contexte que nous avons entrepris cette étude, on choisissant une espèce dont le rôle de bioindication de l'état du milieu naturel est très intéressant, le Merlu, ceci par son importance dans la chaîne trophodynamique du fait qu'elle est très appréciée par une forte population ichtyophage, donc susceptible d'accumuler d'importantes quantités de polluants contenus dans l'eau de mer.

Pour voir l'importance qu'a cette espèce dans l'étude du milieu marin et l'importance que la recherche sur l'environnement marin porte aux espèces marines (les poissons), on donne un petit aperçu sur les travaux effectués sur le Merlu et quelques autres poissons, dans la cote algérienne et en méditerranée, leur buts et les résultats obtenus en ajoutant notre contribution dans ce même cadre d'étude, ces derniers sont illustrés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 1 :** Aperçu général sur les travaux réalisés sur l'utilisation du Merlu et autres poissons comme bioindicateurs de la contamination métallique, en Méditerranée et cote Algérienne.

## *Chapitre I : La bioaccumulation des métaux traces*

<b>Site d'étude</b>	<b>Espèce</b>	<b>Métaux</b>	<b>Référence</b>
Le Golfe du Lion (Méditerranée Bassin Occidental)	Le Merlu	Hg	Campagne : MERMED 3, 4 et 5 (2005-2006)
Cote Algérienne : Baie d'Oran	Le Merlu	Zn, Pb, et Cd	Belhoucine Fatma (2006)
Le Golfe du Lion (Méditerranée Nord Occidentale)	Le Merlu	Hg	Programme MERLUMED (2005-2008)
Cote Algérienne : Baies de Béni Saf et d'Oran	Le Sar	Cd, Pb, et Zn	Ayad Farah (2009)
Le Golfe du Lion (N.O. Méditerranée) Et le Golfe de Gascogne (N.E. Océan Atlantique)	Le Merlu	HgT et MeHg	D. Cossa, M. Harmelin-Vivien, C. Mellon-Duval, V. Loizeau et S. Crochet (2010)
La cote Algérienne : Baie d'Oran	L'Allache	Cd	Benamar N., Bouderbala M., Boutiba Z. (2010).
Cote Algérienne : Baies d'Oran et Béni saf.	Le Mulet	Pb, Cd, Cu, et Zn	Bouhadiba Chenait Sultana (2011)
Mer Méditerranée : le détroit de Messine (Sicile, Italie)	La Bonite, l'Allache et le Sabre	Pb, Ni, Cd, Cu, Cr, As, et V	Vincenzo Lo Turco, Giuseppa Di Bella, Patrizia Furci, Nicola Cicero, Gianmichele Pollicino & Giacomo Dugo (2013)
Cote Algérienne : Baie d'Oran	La Sardinelle ronde	Cr et Cu	Nardjess Benamar et Boutiba Zitouni (2013)
La cote Algérienne : Cote ouest	Le Merlu	Hg, Ni, et Zn	Dendene Lynda (2014)

## **1. Synthèse des travaux réalisés sur l'utilisation du Merlu comme bioindicateur de la contamination métallique, en Méditerranée et cote Algérienne.**

### **1.1. Campagne MERMED 3, 4 et 5 (2005-2006) :**

La campagne MERMED 3 et 4 avait pour objectif la capture de merlus et de ses proies principales pour répondre aux objectifs de l'action « Chaîne trophique du Merlu » du Projet Intégré Méditerranée (PIM), du Programme National d'Ecologie Côtière (PNEC) et du programme Régional SYSCOLAG.

Les prélèvements biologiques qui ont été réalisés au cours de cette campagne permettront de définir le régime alimentaire du merlu en période automnale et printanière et de comparer ces résultats, et de compléter les connaissances sur les niveaux de contamination chimique pour différents composants, à chacun des échelons de son réseau trophique afin d'établir un modèle de bioaccumulation (IFREMER, 2005).

La campagne MERMED 5 avait pour objectif la capture de gros merlus et de ses proies pour répondre aux objectifs de l'action " Chaîne trophique du Merlu " du Projet Intégré Méditerranée (PIM), du Programme National d'Ecologie Côtière (PNEC), du programme régional SYSCOLAG et de l'ANR ECCO. Cette campagne était orientée sur les individus de la zone profonde du golfe du Lion. Le mode de pêche utilisé dans ce secteur ne permettait pas de travailler sur les différents compartiments du réseau trophique.

Les prélèvements biologiques réalisés au cours de cette campagne permettront de définir le régime alimentaire des gros merlus en période automnale et d'en connaître le niveau de contamination chimique pour différents composants. Les captures ont été effectuées sur la pente continentale du golfe du Lion, à deux profondeurs, 200 et 400 m avec des filets maillants. Ces techniques avaient été mises au point au cours de deux campagnes TECPEC. Les zones de travail de cette campagne sont les suivantes : Zone 1 : Canyon de Marti et Zone 2 : Canyon du Petit Rhône (IFREMER, 2005).

### **1.2. Programme MERLUMED (2005-2008) :**

Dans le cadre du programme MERLUMED sur le devenir des contaminants dans un réseau trophique de poisson du golfe du Lion, le merlu a été choisi comme espèce cible, son réseau trophique, sa croissance et sa contamination ont été étudiés. Au total, 21 campagnes ont été

réalisées dans le cadre de ce programme. Le réseau trophique a été établi à partir d'analyses de contenus stomacaux et d'isotopes stables de carbone et azote. Il s'appuie sur le phytoplancton marin et se compose de crustacés suprabenthiques et de poissons pélagiques (sardine, anchois, poutassou). Nature, taille et qualité énergétique des proies influencent migration et répartition du merlu sur l'ensemble du golfe du Lion. La croissance a été étudiée à partir de marquages. Elle a été estimée chez les juvéniles et jeunes adultes, deux fois plus élevée par rapport aux précédentes évaluations. Les contaminants étudiés (PCB, PBDE, mercure, radionucléides) entrent dans le réseau trophique du merlu via le phytoplancton. Ils se bioamplifient le long de la chaîne trophique via les proies du merlu. La bioaccumulation varie avec la taille, le sexe, la croissance et la reproduction.

L'ensemble de ces résultats permet de qualifier les habitats du merlu dans le golfe du Lion (IFREMER, 2010).

### **1.3. Belhoucine, F., 2006 :**

L'étude porte sur la biologie de la croissance et de la reproduction de l'espèce *Merluccius merluccius* et son utilisation comme bio indicateur de la pollution métallique Cd, Pb et Zn, et a été réalisée sur 831 individus dans la baie d'Oran pendant l'année 2006.

L'utilisation du merlu comme bio indicateur dans l'évaluation de la contamination par 03 métaux lourds (Cd, Pb et Zn), a permis de mettre en évidence la présence de ces micropolluants au niveau de deux organes cibles (le foie et le muscle).

Les résultats obtenus ne font que révéler l'existence d'une relation étroite entre la pollution marine et les nombreux rejets industriels et urbains au niveau de la baie d'Oran et des régions avoisinantes.

Tous les polluants métalliques recherchés : zinc (Zn), plomb (Pb), cadmium (Cd), sont présents dans les échantillons étudiés de *Merluccius merluccius* provenant de la baie d'Oran à des concentrations importantes très hétérogènes (Tableau 2).

**Tableau 2 :** Variation des teneurs moyennes en métaux lourds (moyenne  $\pm$ écart type ppm) du foie et du muscle de *Merluccius merluccius* pêché dans la baie d'Oran.

Sites d'études	Concentration des métaux dans le muscle (ppm)		
	Cadmium	Plomb	Zinc
Baie d'Oran (Belhoucine, 2006)	0.24 $\pm$ 0.11	0.27 $\pm$ 0.16	7.89 $\pm$ 0.47

La concentration maximale du cadmium est enregistrée dans le tissu hépatique des individus femelles avec une valeur de 0.98 ppm P.F; tandis que le muscle des mâles représente la plus faible concentration (0.07 ppm P.F). Contrairement, la concentration du plomb la plus élevée est retrouvée dans le tissu musculaire des mâles (1.12 ppm P.F), et la valeur minimale est notée dans le foie des femelles avec un taux atteignant 0.41 ppm P.F.

Concernant le zinc, il est à noter que les organes ciblés des femelles enregistrent des concentrations maximales de 25.96 ppm P.F.

### **1.4. Ayad, F., 2009 :**

L'étude a porté sur l'évaluation de la contamination par trois métaux lourds (Cd, Pb et Zn) d'un poisson démersal le Sar *Diplodus sargus* abondant dans les eaux algériennes et fortement apprécié par le consommateur Algérien.

L'échantillonnage s'est étalé sur une période de 4 mois (Février - Mai 2009), trois organes ont été pris en considération le foie (partie molle et organe de détoxification), les gonades (partie molle et organe de reproduction), le muscle la partie consommée par l'homme.

Les concentrations en métaux lourds ont été déterminées par le Spectrophotomètre d'Absorption Atomique à flamme en fonction de trois paramètres (sexe, taille, mois).

Les résultats de l'étude révèlent une bioaccumulation plus accentuée dans le foie et les gonades par rapport au muscle. On note aussi que les concentrations des métaux traces varient selon le sexe, la taille et les saisons.

En relation avec la maturité des individus, il apparaît que les plus jeunes individus sont moins contaminés que les plus âgées, et ceci du fait que les plus âgées sont des femelles et les femelles accumulent plus de polluants.

Nous constatons que le mois de Mars et Avril enregistre des concentrations très élevées par rapport aux autres mois, en effet ces deux mois représentent la période de reproduction chez le Sar *Diplodus sargus* et ceci dans les deux sites; baie d'Oran et baie de Béni Saf.

L'étude comparative des variations des valeurs en éléments traces chez *Diplodus sargus* pêché au niveau de la baie de Beni Saf et la baie d'Oran permet de conclure que les deux zones sont polluées mais le degré de contamination différent d'un site à un autre. La

contamination métallique dans la baie d'Oran s'avère être plus importante que celle de la baie de Beni Saf.

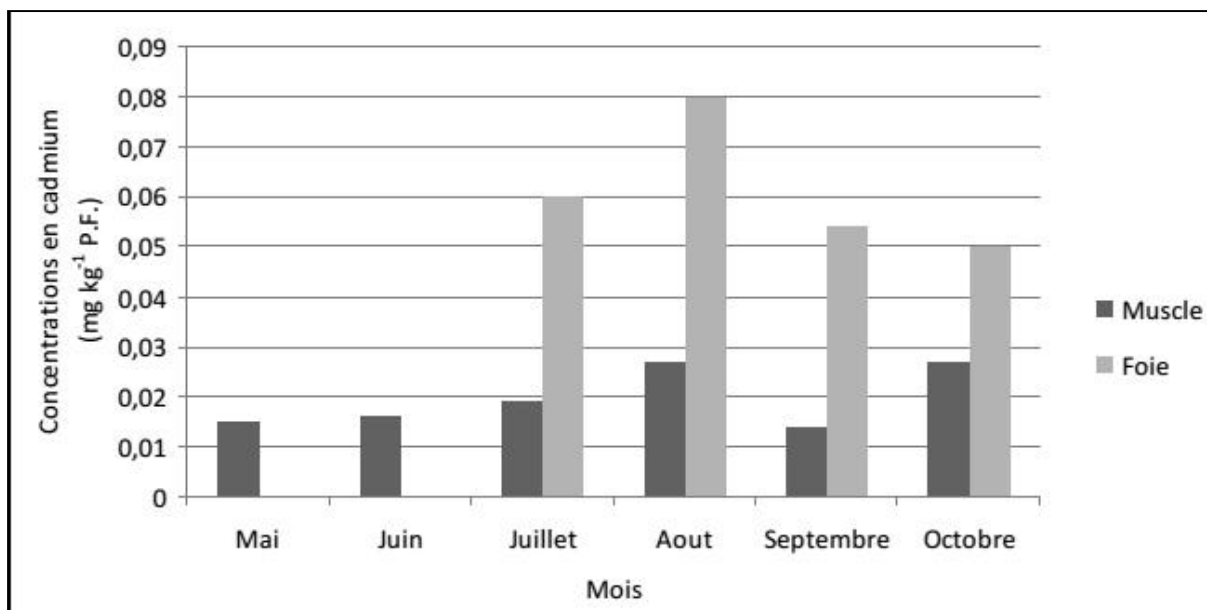
### 1.5. Cossa, D. *et al.*, 2010 :

L'étude se résume à la mesure des concentrations du mercure total (HgT) et de méthyle-mercure (MeHg) dans les tissus de muscle des Merlus européens (*Merluccius merluccius*) du Golfe du Lion (N.O. Méditerranée) et du Golfe de Gascogne (N.E. Océan Atlantique). Des dosages chimiques semblables ont été effectués sur des échantillons de plancton et des proies prélevées dans les mêmes secteurs. Des rapports entre les concentrations de HgT et de MeHg et la taille, le sexe, le  $\delta^{15}\text{N}$  (indicateur de structure du réseau trophique), le taux de croissance et l'habitat des poissons ont été examinés.

La différence dans le taux de croissance entre les deux environnements et changements des habitudes d'alimentation quand le poisson entre dans l'âge adulte semblent être les facteurs principaux régissant la bioaccumulation de mercure.

### 1.6. Benamar, N. *et al.*, 2010 :

Le travail présente l'évaluation de la contamination par le cadmium, d'un poisson pélagique commun dans les eaux algériennes : *Sardinella aurita* (l'allache). Les concentrations en Cadmium, ont été déterminées par Spectrophotométrie d'Absorption Atomique sur des échantillons de la baie d'Oran. 200 lectures ont été effectuées sur des tissus hépatiques et musculaires. Les concentrations moyennes du cadmium ont été évaluées sur trois classes de tailles (LT): 17-23 cm, 23-29 cm, et 29-35 cm. et sur des échantillons mensuels réalisés en mai, juin, juillet, août, et septembre 2005. Les résultats montrent des moyennes significativement différentes ( $p < 0,05$ ).

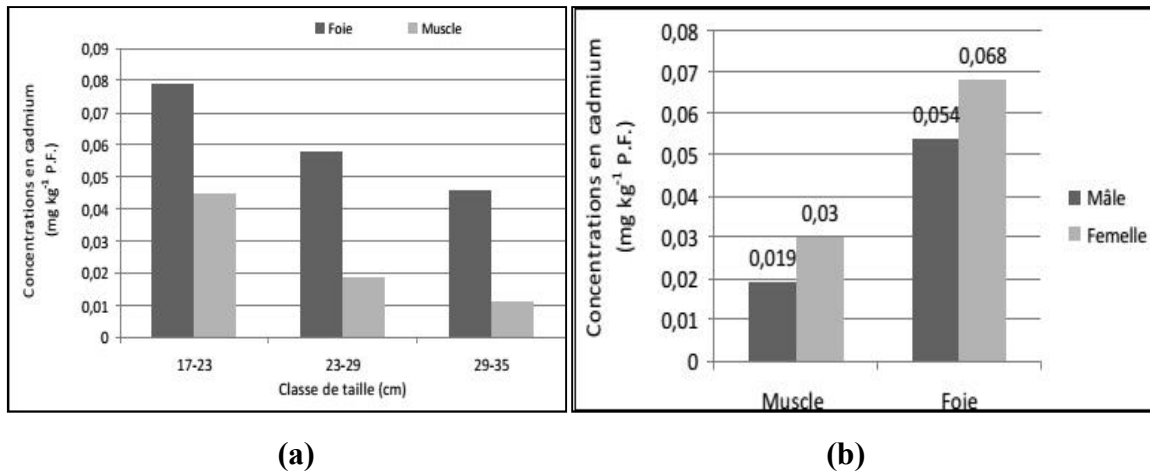


**Figure 1 :** Évaluation mensuelle (mai à octobre) des concentrations moyenne en cadmium exprimées en mg kg<sup>-1</sup> de poids frais au niveau du muscle et du foie chez *Sardinella aurita*.

Au niveau musculaire les concentrations moyennes en Cd augmente progressivement à partir du mois de mai (0,015 mg kg<sup>-1</sup> de Poids Frais 'P.F.') pour atteindre une concentration 1,8 fois plus élevée au mois d'août (0,027 mg kg<sup>-1</sup> de P.F.). Entre ces deux mois, une différence significative ( $p < 0.05$ ) a été décelée (Figure 1). Les concentrations mensuelles en Cd de septembre sont deux fois plus faibles que celle du mois d'août ( $p < 0.05$ ). Pour le foie, les concentrations moyennes sont plus élevées que celles relevées au niveau musculaire notamment durant les deux mois les plus chauds de l'année i.e. Juillet et Août (Figure 1). Néanmoins, à partir de septembre, ces concentrations chutent pour atteindre leur minimum en octobre avec une concentration de 0,05 mg kg<sup>-1</sup> de P.F.

Les concentrations moyennes les plus élevées se retrouvent dans l'échantillon de foie pour les trois classes. Les concentrations sont à leur maximum chez le lot des plus jeunes, et ce pour les deux échantillons, 0,079 mg kg<sup>-1</sup> pour le foie et 0,045 mg kg<sup>-1</sup> pour le muscle (Figure 2a)

Les valeurs moyennes cadmiques varient entre 0,019 et 0,054 mg kg<sup>-1</sup> de P.F. pour le tissu musculaire et entre 0,03 et 0,068 mg kg<sup>-1</sup> pour le tissu hépatique. Le cadmium se bioaccumule mieux chez les femelles que chez les mâles de *Sardinella aurita*. Il en est de même pour le foie, le cadmium se bioaccumule plus chez les femelles (Figure 2b).



**Figure 2 :** Variations des teneurs en cadmium en fonction de la taille (a) et organes (muscle et foie) (b).

Les résultats obtenus révèlent que l'allache bioaccumule le cadmium. On observe une variabilité mensuelle des teneurs en cadmium liée au cycle de reproduction de l'espèce. Le cadmium se bioaccumule mieux chez les femelles, et particulièrement dans les tissus hépatiques (vs. musculaires). Enfin *S. aurita* relâche le Cd au cours de son cycle de vie, les juvéniles étant plus touchés que les adultes. Les niveaux de concentrations de cet élément métallique traduisent une possible pollution de la zone d'étude, la baie d'Oran et plaide pour une étude plus approfondie.

### 1.7. Bouhadiba, S., 2011 :

L'étude a portée sur l'évaluation des concentrations des quatre métaux lourds (Cd, Pb, Cu et Zn) chez le mulot (*Mugil cephalus* L. 1758) pêché dans les baies d'Oran et Béni saf, L'échantillonnage mensuel s'est étalé sur une période de cinq mois de Février à Juin 2010 trois organes ont été pris en considération : le foie (partie molle), organe de détoxification, les gonades (partie molle) organes de reproduction et le muscle représentant la partie consommée par l'Homme.

Les concentrations en métaux lourds ont été déterminées par la Spectrophotométrie d'Absorption Atomique à flamme en fonctions de plusieurs paramètres (sexe, mois, organes, et la zone).

Les résultats obtenus, révèlent la présence de tous les polluants dans les trois organes du mulot, les plus élevés sont le zinc et le Cuivre, ils représentent respectivement 80.55 mg/kg, 36.92 mg/kg dans la baie d'Oran et 60.24 mg/kg, 36.75 mg/kg dans la baie de Béni Saf.

Les concentrations du Plomb et du Cadmium sont moins importantes par rapport au Zinc et au Cuivre.

Les résultats obtenus traités statistiquement n'ont révélés aucune différence significative entre les teneurs en métaux lourds des deux sexes et au niveau des organes ciblés et les zones d'échantillonnages.

Les niveaux de concentrations des métaux traces traduisent une pollution certaine des zones d'échantillonnages (la baie d'Oran et la baie de Béni Saf).

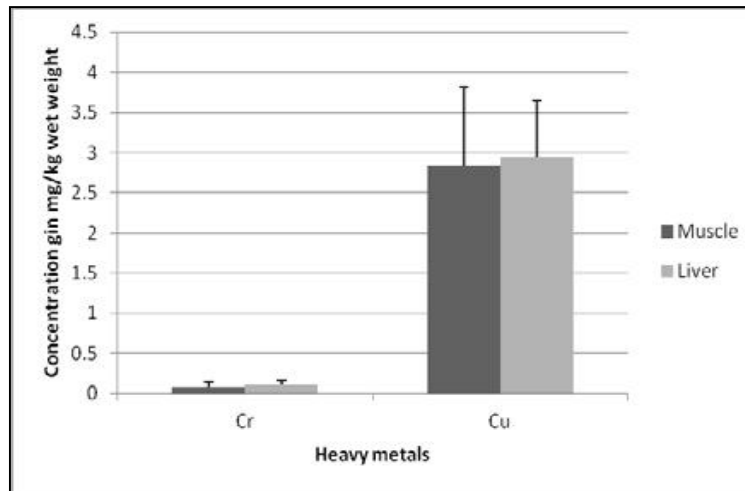
### **1.8. Lo Turco, V. et al., 2013 :**

Dans cette étude, le cuivre, le nickel, le plomb, le cadmium, l'arsenic, le chrome et le vanadium ont été mesurés dans les muscles et les branchies de 24 poissons (la Bonite à dos rayé *Sarda sarda*, l'Allache *Sardinella aurita* et le Sabre argenté *Lepidopus caudatus*) capturés dans le détroit de Messine, par plasma à couplage inductif - spectroscopie d'émission optique avec des techniques à micro-ondes de digestion. Ils ont constaté, en général, que l'arsenic est plus élevé que les autres analytes, dans les trois espèces de poissons, en particulier sa teneur est beaucoup plus élevée dans *S. aurita* que dans les deux autres espèces exemplaires. Le plomb et le cadmium ont été toujours détectés avec des valeurs inférieures aux limites légales.

### **1.9. Benamar et Boutiba, 2013 :**

Le but de l'étude est de déterminer les niveaux de deux métaux lourds (chrome et cuivre) dans le foie et muscle de la sardinelle ronde *Sardinella aurita* (Valenciennes, 1847) du littoral Oranais. Les taux des métaux dans les échantillons de poissons ont été analysés en employant l'absorption atomique, 400 lectures ont été effectuées entre mai et octobre 2007.

Les concentrations des deux métaux (cuivre et chrome) ont été détectées dans tous les échantillons. Les concentrations moyennes en mg/kg de poids humide, dans le foie et les muscles de la sardinelle ronde, sont résumées respectivement dans la figure 3.



**Figure 3 :** La concentration moyenne de cuivre et chrome dans les organes de *Sardinella aurita* (moyenne  $\pm$  écart -type).

L'accumulation des métaux lourds dans les poissons étaient dans l'ordre de grandeur  $Cu > Cr$ . Les concentrations moyennes enregistrées, dans cette étude, se sont échelonnées, respectivement, entre 1.9 à 3.97 mg/kg pour le cuivre, et entre 0.07 à 0.12 mg/kg pour le chrome. Les niveaux mesurés dans le foie sont plus élevés que ceux rapportés pour le muscle. Cette capacité de séquestration du métal rend le foie plus approprié pour la biosurveillance que le tissu musculaire.

La présente étude confirme que la sardinelle ronde du littoral Oranais, peut accumuler des métaux lourds dans un environnement pollué et que les concentrations élevées dans les différents organes de poisson sont en dessous des limites admissibles. Cela signifie que le poisson mesuré est sain. Cependant, l'accumulation de métaux lourds dans les tissus d'espèces de poissons, qui sont consommés en tant que sources de protéines, et passent cumulativement le long de la chaîne alimentaire peuvent constituer, après un certain temps, un problème de santé publique.

#### **1.10. Dendene, L., 2014 :**

Une étude des concentrations pour trois métaux cibles dans ce travail a permis d'évaluer le niveau de contamination du merlu *Merluccius merluccius* et, par conséquent, de son habitat naturel.

## *Chapitre I : La bioaccumulation des métaux traces*

Dans le muscle, le foie et gonades de ce bioindicateur, les polluants suivants ont été recherchés : Mercure (Hg), Nickel (Ni) et le zinc (Zn) et dont les concentrations ont été déterminés par Spectrophotométrie d’Absorption Atomique (SAA).

Les concentrations moyennes des différents métaux ont été calculées par rapport au poids sec du muscle, du foie et les gonades du merlu et sont exprimées en µg/g.

Afin de procéder à une interprétation minutieuse, nous nous sommes proposés de faire des représentations graphiques sur les différentes variations des éléments métalliques et ceci en fonction des zones, organes et les paramètres biologiques propres à l’espèce par exemple le sexe et l’état physiologique (maturité sexuelle).

Les résultats de l’analyse des ETM au niveau des organes (Chair, Foie et Gonades) pour l’espèce *Merluccius merluccius* sont représentés dans le tableau 3 :

**Tableau 3** : Teneurs en métaux (Hg, Ni et Zn) exprimées en µg/g du poids sec dans les différents organes chez *Merluccius merluccius* de la côte Algérienne (cote Ouest).

Métaux							
Zones et organes (N échantillons = 16)		Hg (µg/g)		Ni (µg/g)		Zn (µg/g)	
<b>Ghazaouet</b>	Chair (n=4)		0.10		11.68		35.31
	Foie (n=2)	0.16	0.28	9.61	5.49	42.79	57.75
	Gonades /		/		/		/
<b>Benisaf</b>	Chair /		/		/		/
	Foie (n=1)	0.01	0.01	3.09±/	3.09	54.78	54.78
	Gonades /		/		/		/
<b>Mostaganem</b>	Chair (n=3)		0.16		2.39		31.72
	Foie (n=3)	0.12	0.30	4.02	5.83	76.41	82.56
	Gonades (n=1)		0.07		3.53		192.05
<b>Bou Ismail</b>	Chair /		/		/		/
	Foie (n=1)	0.07	0.01	6.02	5.45	123.92	56.87
	Gonades (n=1)		0.13		7.07		189.97

## **Partie II : Les facteurs influençant la bioaccumulation des ETM dans le milieu marin**

Le lien entre la bioaccumulation et la contamination peut être complexe car influencée par la bioaccumulation des métaux, elle-même influencée par des facteurs extrinsèques (tels que la physico-chimie du milieu d'exposition) et des facteurs intrinsèques (tels que la physiologie des organismes, et le mode de vie)

### **1. Les facteurs extrinsèques**

Les facteurs extrinsèques comprennent les facteurs écologiques et les facteurs abiotiques. Les facteurs écologiques susceptibles de modifier la forme physico-chimique du polluant ou l'activité biologique sont nombreux (pH, eH, oxygénation, turbidité, salinité, température, éclaircissement, nourriture disponible).

Parmi les facteurs externes influençant la bioaccumulation l'un des plus déterminants est la concentration du polluant dans le milieu externe (eau ou air) (Amiard, 2011).

Un autre facteur externe primordial est la forme physico-chimique du polluant qui détermine en grande partie sa biodisponibilité. Ceci a été bien étudié pour les polluants hydrophiles comme les métaux ou les radionucléides (Amiard, 2011). La spéciation d'un polluant dans l'eau, dans le sol ou le sédiment et dans les tissus vivants d'une proie gouvernera fortement sa bioaccumulation (Beek, 2000 ; Neff, 2002).

Le degré auquel une substance polluante est disponible à l'égard des êtres vivants dépend d'autres paramètres physique et chimique. La liposolubilité ou l'hydrosolubilité des produits chimiques sont des facteurs qui conditionnent l'accumulation des contaminants par les organismes. Pour les espèces chimiques suffisamment persistantes pour atteindre ou approcher un état d'équilibre entre les différents compartiments de l'environnement, les coefficients de partition sont des moyens très utiles pour exprimer leur distribution ultime la plus probable (le coefficient de partage octanol-eau) (Amiard, 2011).

### **2. Les facteurs intrinsèques**

Les facteurs biotiques sont principalement l'appartenance à une espèce, le stade vital (ou de développement), le sexe, la maturité sexuelle, l'âge et le cycle de la mue (crustacés, oiseaux) (Amiard, 2011).

### **2.1. Relation avec le mode de vie et comportement alimentaire :**

La bioaccumulation des polluants est très différente d'une espèce à l'autre (Amiard, 2011). La position dans la colonne d'eau et les modalités d'alimentation des organismes influencent le transfert des éléments d'intérêt. A titre d'exemple, les sédiments (habitats et source de nourriture) sont aussi connus pour être des réservoirs de polluants inorganique (comme le cadmium, le césium, le sélénium) et organiques (Ciszewski *et al.*, 2008). Les activités de fouissage, de respiration des organismes benthiques modifient les paramètres abiotiques de ces microenvironnements entraînant des changements de spéciation et de biodisponibilité des éléments. Sous l'effet des phénomènes de bioturbation (principalement par oxydation). Ainsi, les organismes benthiques présentent généralement des niveaux d'accumulation très élevés. Les organismes pélagiques quant à eux, sont soumis aux polluants présents dans la colonne d'eau ; en milieu naturel, les niveaux d'exposition sont faible et conduisent à des transferts chroniques (Ménager *et al.*, 2009).

### **2.2. Relation avec l'âge :**

L'âge et la taille d'un organisme sont souvent corrélés positivement avec la bioaccumulation, c'est-à-dire que la bioaccumulation augmente avec l'âge ; ces polluants sont qualifiés de « cumulatifs ». Les exemples sont nombreux. De plus, cette relation de la bioaccumulation avec l'âge varie selon le stade vital. Ceci se traduit par des pentes de bioaccumulation qui varient en fonction de l'âge ; il en est de même des niveaux de concentration des éléments essentiels tels que le zinc. Aussi, la prise en compte de l'âge est particulièrement importante lorsqu'on considère des polluants cumulatifs.

Cependant chez beaucoup d'espèces, lorsque l'âge adulte est atteint, la taille ne progresse plus. Même lorsque ces deux facteurs sont corrélés, la relation qui les lie est très variable, la croissance étant fortement influencée par les conditions du milieu, en particulier la disponibilité des ressources trophiques qui déterminent le poids d'un individu. Or, la concentration est égale à la quantité de polluant dans un individu divisé par son poids (Amiard, 2011).

### **2.3. Relation avec la reproduction :**

Les modifications physiologiques majeures comme la maturation sexuelle, perturbent l'allocation de l'énergie et la mobilisation des réserves (vitellogénine).

Elles peuvent conduire à modifier l'organotropisme des polluants. Lors de leur maturation, les gonades peuvent accumuler d'importantes quantités de polluants (Allen, 1995 ; Lacoue-Labarthe *et al.*, 2008). Et comme exemples, l'accumulation du Cadmium dans les gonades de l'Anguille (*Anguilla anguilla*) pourrait être liée à l'incorporation du complexe Cd-vitellogénine dans les ovocytes au cours de la maturation sexuelle (Pierron *et al.*, 2008). Le Sélénium s'accumule dans les œufs de la truite *Oncorhynchus clarkii lewisi* au cours de la vitellogénèse (Rudolph *et al.*, 2008). Par la suite, le mode de gestation (ovipare *versus* vivipare) peut conditionner l'efficacité du transfert maternel vers les juvéniles (Ménager *et al.*, 2009).

### 2.4. Relation avec la régulation :

La bioaccumulation sera fortement modulée selon que l'élément est essentiel ou non à la vie. En effet, dans le cas des métaux essentiels, un grand nombre d'espèces régulent la concentration interne (homéostasie) dans certaines limites de concentrations dans l'environnement, comme ceci a été décrit par Amiard *et al.*, (1987). Au contraire, la concentration des éléments non essentiels à la vie n'est pas régulée et est proportionnelle à la concentration environnementale (Amiard, 2011).

### 2.5. Composition biochimique et condition physiologique :

La composition biochimique et la condition physiologique de l'organisme sont importantes dans la détermination de la distribution tissulaire du contaminant et sa rétention dans l'organisme entier.

Généralement, les niveaux métalliques sont activement contrôlés par des facteurs biochimiques et physiologiques. Par conséquent, il y a une variabilité individuelle importante de la bioaccumulation (Lobel et Wright, 1982).

La répartition des métaux au sein des tissus peut aussi être modifiée selon les cycles reproductifs saisonniers et par des altérations majeures de la composition biochimique (Simpson, 1979; Cossa *et al.*, 1980; Coimbra et Carraca, 1990). Suivant le site et les conditions de vie, la croissance et les conditions physiologiques varient.

Méthodologie,  
résultats et  
interprétations

## **I. Méthodologie**

### **1. Applications statistiques**

Plusieurs méthodes statistiques sont utilisées pour l'analyse de données, parmi ces méthodes on peut citer l'analyse binaire, ACP, ANOVA, MANOVA, test t de Student.

#### **1.1. Analyse binaire :**

Dans le but de pouvoir expliquer les relations entre les taux de bioaccumulation chez le merlu des métaux étudiés ; les uns par rapport aux autres, et à la composition biochimique en fonction des organes, des corrélations entre ces différentes variables sont réalisées.

Pour cela, à partir de 'n' couple de variable une droite de régression linéaire de la forme  $Y = a X + b$  est obtenue par la méthode des moindres carrés.

Les coefficients de corrélation (r) calculés, compris dans l'intervalle [-1, 1], permettent de vérifier l'existence ou non d'une relation (ou corrélation) entre les deux éléments considérés.

#### **1.1.1. Elaboration des matrices de corrélation :**

Les résultats des analyses de métaux traces et de l'analyse biochimique sont présentés sous forme de matrice pour les utilisés dans l'analyse binaire.

##### **a) Mercure - Composition biochimique :**

**Tableau 4 :** teneurs en mercure et compositions biochimiques en fonction des organes

	<b>Métal (µg/g)</b>	<b>Composition biochimique (%)</b>		
<b>Organe</b>	<b>Mercure (Hg)</b>	<b>Glucide</b>	<b>Lipide</b>	<b>Protéine</b>
<b>La chair</b>	0.13	0.95	33.27	14.83
<b>Le foie</b>	0.13	0.68	59.58	4.88
<b>Les gonades</b>	0.1	5.14	16.58	6.65

##### **b) Zinc - Composition biochimique :**

**Tableau 5 :** teneurs en Zinc et compositions biochimiques en fonction des organes

Organe	Métal (µg/g)	Composition biochimique (%)		
	Zinc (Zn)	Glucide	Lipide	Protéine
La chair	33.77	0.95	33.27	14.83
Le foie	67.98	0.68	59.58	4.88
Les gonades	191.01	5.14	16.58	6.65

**c) Nickel - Composition biochimique :**

**Tableau 6 :** teneurs en Nickel et compositions biochimiques en fonction des organes

Organe	Métal (µg/g)	Composition biochimique (%)		
	Nickel (Ni)	Glucide	Lipide	Protéine
La chair	7.69	0.95	33.27	14.83
Le foie	5.29	0.68	59.58	4.88
Les gonades	5.3	5.14	16.58	6.65

**d) Inter-métaux :**

**Tableau 7 :** teneurs en Nickel et compositions biochimiques en fonction des organes

Organe	Métaux (µg/g)		
	Mercure (Hg)	Zinc (Zn)	Nickel (Ni)
La chair	0.13	33.77	7.69
Le foie	0.13	67.98	5.29
Les gonades	0.1	191.01	5.3

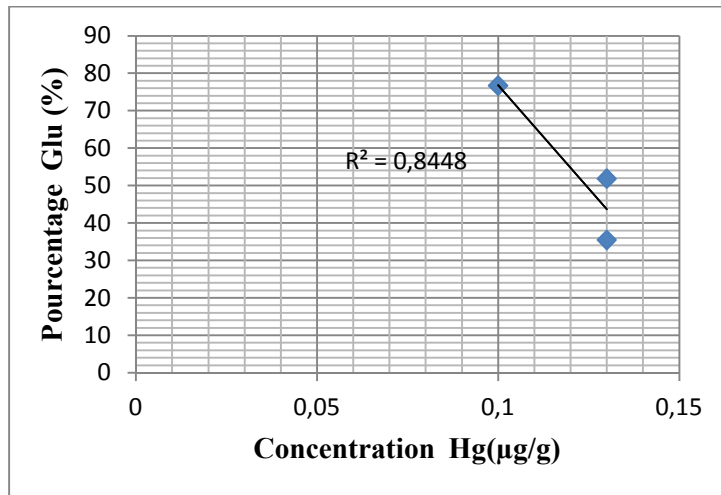
## 2. Résultats et interprétations

### 2.1. Corrélations métaux – compositions biochimiques

#### 2.1.1. Corrélations mercure - composition biochimique :

**Tableau 8 :** Corrélations entre le mercure et les compositions biochimiques

Variables	Hg (µg/g)	Glucides	Lipides	Protéines
Hg (µg/g)	1	0.8448	0.6318	0.1215
Glucides	0.8448	1	0.683	0.0885
Lipides	0.6318	0.683	1	0.0851
Protéines	0.1215	0.0885	0.0851	1



**Figure 4 :** Corrélations entre les concentrations en mercure et le pourcentage des glucides.

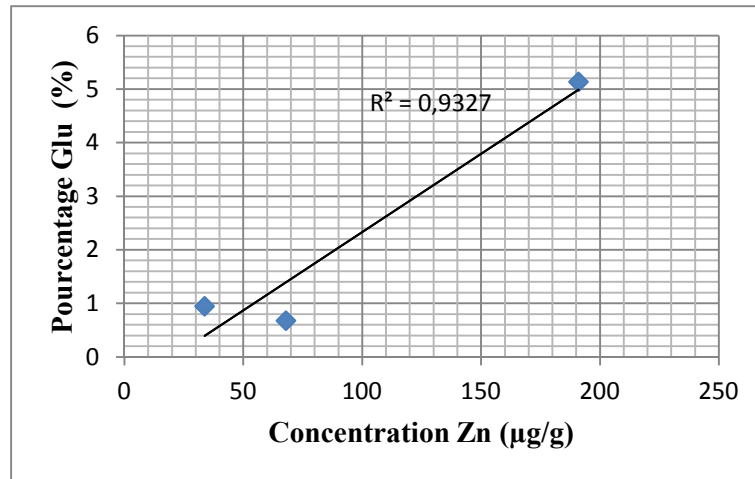
Le mercure présente deux corrélations significatives avec la composition biochimique, il s'agit des couples mercure - glucides et mercure – lipides (figure 1, Annexe). Ceci signifie que ces deux composés biochimiques rentrent en partie dans les processus de bioaccumulation et/ou de détoxification du mercure par le merlu.

Le couple mercure – protéines ne présente pas de corrélation (figure 1, Annexe).

**2.1.2. Corrélation zinc - composition biochimique :**

**Tableau 9 :** Corrélations entre le zinc et les compositions biochimiques

Variables	Zn (µg/g)	Glucides	Lipides	Protéines
Zn (µg/g)	1	0.9327	0.4253	0.2862
Glucides	0.9327	1	0.683	0.0885
Lipides	0.4253	0.683	1	0.0851
Protéines	0.2862	0.0885	0.0851	1



**Figure 5 :** Corrélation entre les concentrations en zinc et le pourcentage des glucides.

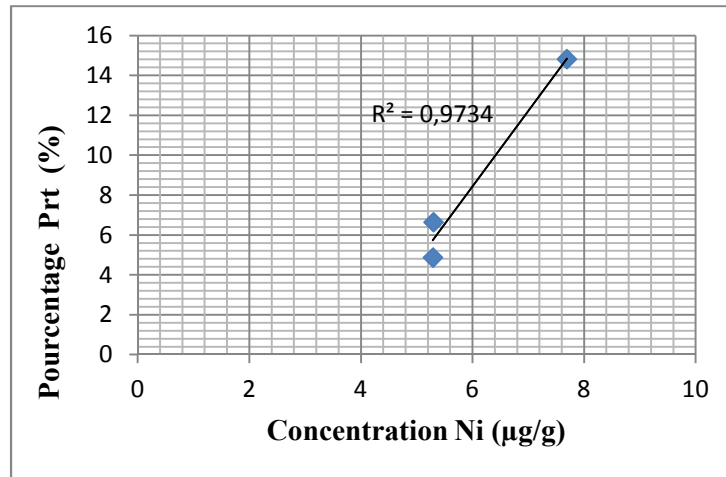
Le zinc montre une seule corrélation significative avec le taux des glucides, on peut déduire que les concentrations en zinc dans les trois organes du merlu sont dépendants en grande partie de taux des glucides dans ces mêmes organes.

Les couples zinc – lipides et zinc - protéines ne présentent pas de corrélation (figure 2, Annexe).

**2.1.3. Corrélation nickel - composition biochimique :**

**Tableau 10 :** Corrélations entre le nickel et les compositions biochimiques

<b>Variabes</b>	<b>Ni (µg/g)</b>	<b>Glucides</b>	<b>Lipides</b>	<b>Protéines</b>
<b>Ni (µg/g)</b>	<b>1</b>	0.2019	0.0173	0.9734
<b>Glucides</b>	0.2019	<b>1</b>	0.683	0.0885
<b>Lipides</b>	0.0173	0.683	<b>1</b>	0.0851
<b>Protéines</b>	0.9734	0.0885	0.0851	<b>1</b>



**Figure 6 :** Corrélation entre les concentrations en nickel et le pourcentage des lipides.

Le nickel montre une seule corrélation significative avec le taux des protéines, ceci implique que les concentrations en nickel dans les trois organes du merlu sont dépendants en grande partie des taux des protéines dans ces mêmes organes. En effet la bioaccumulation du nickel se fait davantage par le transfert membranaire.

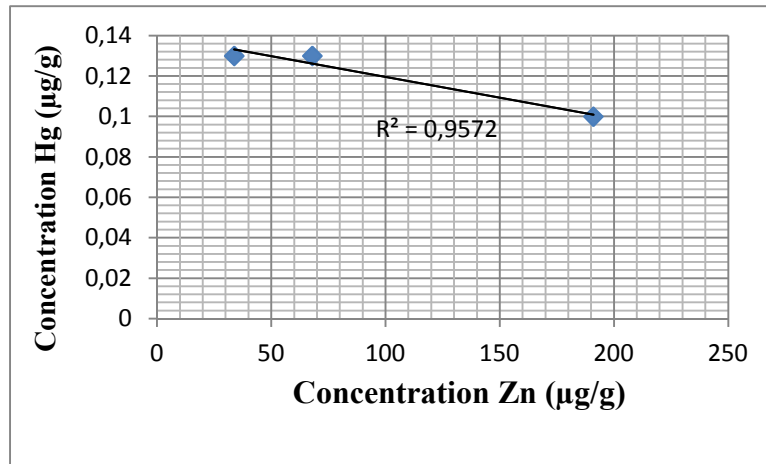
Les couples nickel – glucides et nickel - lipides ne présentent pas de corrélation (figure 3, Annexe).

## 2.2. Corrélations métaux – métaux

### 2.2.1. Corrélation mercure – zinc

**Tableau 11 :** Corrélations entre le mercure et le zinc

Variables	Hg	Zn
Hg (µg/g)	1	0.9572
Zn (µg/g)	0.9572	1



**Figure 7 :** Corrélation entre les concentrations en mercure et zinc.

Le résultat montre une corrélation entre le mercure et le zinc. Une corrélation qu'on ne peut expliquer que par l'implication du zinc dans les processus de détoxification du mercure par le merlu. En effet, le zinc (Zn), fournit les cofacteurs essentiels pour de nombreuses métallothionéines et des enzymes. Ce métal n'est pas toxique, excepté à des concentrations extrêmement élevées.

Le zinc peut être transféré des métallothionéines aux métalloenzymes (enzymes ou des ETM sont cofacteurs). Les métallothionéines pourraient donc servir de réservoir de zinc avant de le transférer aux structures moléculaires le requérant (Perez, *et al.*, 2000).

### 2.2.2. Corrélation mercure – nickel

**Tableau 12 :** Corrélations entre le mercure et le nickel

Variables	Hg (µg/g)	Ni (µg/g)
Hg (µg/g)	1	0.2469
Ni (µg/g)	0.2469	1

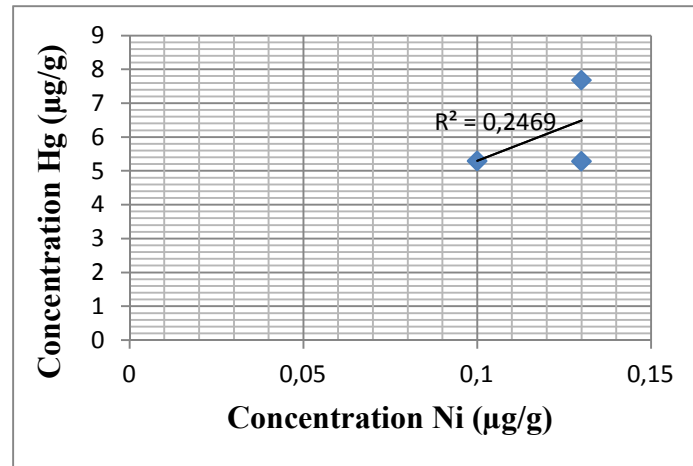


Figure 8 : Corrélation entre les concentrations en mercure et nickel.

Le résultat ne montre aucune corrélation entre le mercure et le nickel. En effet, le nickel est un oligo-élément, donc, il rentre dans les processus physiologiques, tandis que le mercure est un métal toxique.

### 2.2.3. Corrélation zinc – nickel

Tableau 13 : Corrélations entre le zinc et le nickel

Variables	Zn (µg/g)	Ni (µg/g)
Zn (µg/g)	1	0.4431
Ni (µg/g)	0.4431	1

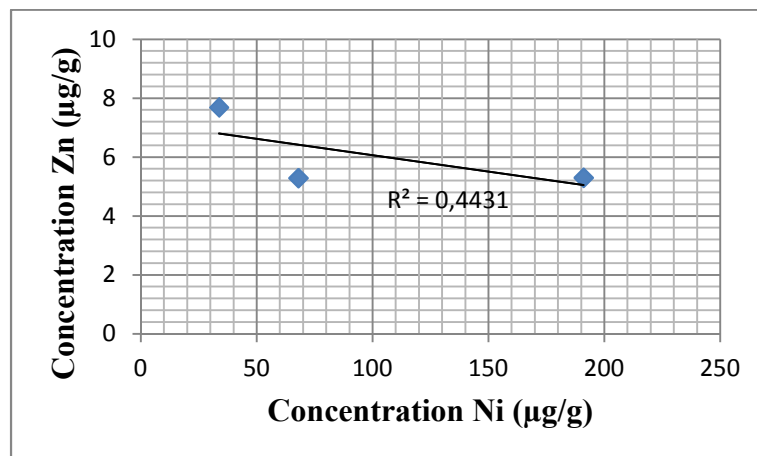


Figure 9 : Corrélation entre les concentrations en zinc et nickel.

Le résultat ne montre aucune corrélation entre le zinc et le nickel. En effet, l'implication des deux éléments dans les processus physiologiques du merlu est différente, sachant que le zinc est l'élément le plus indispensable dans la majorité de ces processus.

### **3. Comparaison des concentrations moyennes en métaux traces avec celles obtenues dans d'autres études chez différent organismes marins**

Les concentrations en métaux dans le merlu de la cote algérienne (Ghazaouet, Mostaganem, Beni-saf et BouIsmaïl) sont comparées à celles effectuées par d'autres auteurs.

Les teneurs en éléments métalliques dans les différentes espèces ont été déterminées en général dans le muscle, le foie et les gonades du merlu.

La comparaison se fait par rapport aux concentrations en Mercure et Zinc, faute de données pour le Nickel.

Les résultats de ces études sont rapportés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 14 :** Variations des concentrations moyennes en métaux lourds traces chez différents organismes marins

Espèces étudiées	Organes	Concentrations des métaux (µg/g)			Auteurs
		Mercure (Hg)	Nickel (Ni)	Zinc (Zn)	
<i>Sardina aurita</i> (Côtes tunisiennes)	Chair	0.25	-	-	Joiris <i>et al.</i> , 1999
	Foie	0.50	-	-	
	Gonades	-	-	-	
<i>Sardinella pilchardus</i> (Méditerranée, Mer Adriatique)	Chair	-	-	34.58	Canli et Atli, 2003
	Foie	-	-	73.22	
	Gonades	-	-	34.58	
<i>Merluccius merluccius</i> (Baie d'Oran)	Chair	-	-	7.89	Belhoucine, 2006
	Foie	-	-	-	
	Gonades	-	-	-	
<i>Sardinella aurita</i> (Golfe de Tunis)	Chair	0.13	-	14.66	Ennouri <i>et al.</i> , 2008
	Foie	0.27	-	34.72	
	Gonades	-	-	-	

<b><i>Diplodus sargus</i></b> <b>(Baie d'Oran)</b>	Chair	-	-	3.006	Ayad, 2010
	Foie	-	-	-	
	Gonades	-	-	-	
<b><i>Mugil cephalus</i></b> <b>(Baie de Beni saf)</b>	Chair	-	-	10	Bouhadiba, 2011
	Foie	-	-	15.6	
	Gonades	-	-	32.1	
<b><i>Merluccius merluccius</i></b> <b>(Cote Ouest)</b>	Chair	0.13	7.69	33.77	<b>Présente étude</b>
	Foie	0.13	5.29	67.98	
	Gonades	0.1	5.3	191.01	

L'étude comparative entre les organismes marins ; regroupés dans le tableau 14 indique qu'il existe des différences de concentration entre les polluants et les espèces de familles différentes.

*Merluccius merluccius* bioaccumule plus le Zinc.

Les concentrations en métaux lourds sont très hétérogènes et varient selon les paramètres pris en considération (organes).

# Conclusion

Par la présente étude portée sur la mise en évidence de l'influence de la composition biochimique (taux des protéines, lipides et glucides) sur la bioaccumulation des métaux traces (mercure, nickel, et zinc) par le merlu *Merluccius merluccius*, pêché dans différentes baies de la côte algérienne, et via le calcul des coefficients de corrélation entre l'ensemble des variables, les conclusions suivantes sont énoncés :

la corrélation significative entre le mercure et le zinc ne peut être expliqué que par l'implication du zinc dans les processus de détoxification du mercure par le merlu. En effet, le zinc (Zn), fournit les cofacteurs essentiels pour de nombreuses métallothionéines et des enzymes. Les autres métaux se bioaccumulent indépendamment les uns par rapport aux autres.

La corrélation métaux-compositions biochimiques montre que la bioaccumulation du nickel a une relation étroite avec le taux des protéines dans les organes du merlu, celle de zinc avec le taux des glucides, tandis que les concentrations en mercure ont des corrélations avec les taux des glucides et des lipides, il apparait que les processus de détoxification du mercure sont en partie responsables de ces corrélations. Les autres couples métaux-compositions biochimiques ont des corrélations non significatives, et cela selon l'importance de chaque élément dans les processus physiologiques du merlu.

Les concentrations en métaux traces observées dans les organes du merlu pêché dans la cote ouest algérienne sont comparables à celles mesurées chez d'autres espèces de poissons pêchés dans le bassin méditerranéen, a quelques différences près, celle-ci est du au processus de bioaccumulation, en effet influencé par les propriétés physico-chimiques des composés mais aussi par les facteurs biologiques, physiologiques et écologiques spécifiques des espèces exposées, tels que l'habitat, le sexe, âge, la reproduction (degré de maturité), l'état de nutrition ou encore l'état de santé des animaux (Connolly & Glaser, 2002; Di bella *et al.*, 2006; Bodin *et al.*, 2007; Bodiguel *et al.*, 2008), ainsi que la perméabilité des membranes externes, et la nature des ligands internes contribuent énormément dans la variabilité de la bioaccumulation des métaux lourds (Wang & Fisher, 1997).

# Bibliographie

**ALLEN, P. (1995).** Accumulation profiles of lead and cadmium in the edible tissues of *Oreochromis aureus* during acute exposure. *J Fish Biol.* Vol. 47. pp.599-5678.

**AMIARD, J.C. (2011).** Les risques chimiques environnementaux: Méthodes d'évaluation et impacts sur les organismes. Paris : Tec & Doc. Lavoisier. 775p

**AMIARD, J.C. et al. (1987).** Comparative study of the patterns of bioaccumulation of essential (Cu, Zn) and non-essential (Cd, Pb) trace metals in various estuarine and coastal organisms. *J exp mar Biol Ecol.* Vol.106. pp.73-89.

**AYAD, F. (2009).** Evaluation de la pollution métallique par trois métaux lourds (Cd, Pb, Zn) dans les organes (Foie, gonades et muscle) chez le Sar *Diplodus sargus* (Linné, 1758) pêché dans les baies de Béni Saf et d'Oran. Thèse magister. Sci Envi. Univ Oran. 174p.

**BEEK, B. (2000).** Bioaccumulation, In ; Beek B, *The Handbook of environmental Chemistry.* Vol. 2 Part. Berlin. J.Springer. pp.235-276.

**BELHOUCINE, F. (2012).** Etude de la biologie de la croissance et de la reproduction d'un poisson téléostéen le merlu (*Merluccius merluccius* L., 1758) et son utilisation comme indicateur biologique de la pollution par les métaux lourds (Zinc, Plomb et Cadmium) dans la baie d'Oran (Algérie). These de Doctorat. Univ. d'Oran. 326p.

**BENAMAR, N. & BOUTIBA, Z. (2013).** Levels of Chromium and Copper in Liver and Muscle Tissues of the Round Sardinella *Sardinella aurita* (Valenciennes) from the Oran Coastline, Algeria. *Jordan Journal of Biological Sciences.* Volume 6, Number 4. pp.252–256.

**BENAMAR, N. et al. (2010).** Evaluation de la concentration en cadmium d'un poisson pélagique commun, *Sardinella aurita*, dans la baie d'Oran. *J. Sci. Hal. Aquat.* Vol.1. pp.16-20.

**BODIGUEL, X. et al. (2008).** Classical and novel organohalogen compounds (PCBs and PBDEs) in hake (*M. merluccius*, L.) from Mediterranean and Atlantic coasts (France). *Environmental Toxicology.* Witt Press. pp.157-167.

**BODIN, N. et al. (2007).** PCB contamination of the spider crab *Maja brachydactyla* : influence of physiological and ecological processes. *Environmental and Toxicological Chemistry*. Vol.26. pp. 454-461.

**BOUHADIBA-CHENAIT, S. (2011).** Evaluation des concentrations des quatre métaux lourds (Pb, Cd, Cu, Zn) chez le Mulet (*Mugil cephalus* Linné 1758) pêché dans les baies d'Oran et de Béni saf. Thèse magister.Sci Envi.Univ Oran. 144p.

**CANLI, M. & ATLI, G. (2003).** The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn).

**CARIGNAN, V. & VILLARD, M. (2002).** Selecting indicator species to monitor ecological integrity: a review. *Environmental Monitoring Assessment*, vol.78 (1). pp.45-61.

**CISZEWSKI, D. et al. (2008).** Rapid migration of heavy metals and <sup>137</sup>Cs in alluvial sediments, Upper Orda River valley, Plond. *Environ Geol*. Vol.55. pp.1577-1586.

**COIMBRA, J. & CARRACA, S. (1990).** Accumulation of Fe, Zn, Cu and Cd during the different stages of reproductive cycle in *Mytilus edulis*. *Comp. Biochem. Physiol.* Vol. 95C. pp.265-270.

**CONNOLLY, J.P. & GLASER, D. (2002).** p,p'-DDE bioaccumulation in female sea lions of the California Channel Islands. *Continental Shelf Res.* Vol.22. pp.1059–1078.

**COSSA, D. et al. (1980).** Geographical and seasonal variations in the relationship between trace metal content and body weight in *Mytilus edulis*. *Mar. Biol.* Vol.58. pp.7-14.

**COSSA, D. et al. (2010).** Mercury bioaccumulation in the european hake (*merluccius merluccius*) from the Gulf of lions and the bay of Biscay. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* 39p.

**DI BELLA, G. et al. (2006).** Levels and congener pattern of polychlorinated biphenyl and organochlorine pesticide residues in bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) from the Straits of Messina (Sicily, Italy). *Environ. Int.* Vol.32. pp.705-710.

**EL MORHIT, M. (2009).** Hydrochimie, éléments traces métalliques et incidences ecotoxicologiques sur les différentes composantes d'un écosystème estuarien (Bas Loukkos). These de Doctorat. Univ. MOHAMMED V – AGDAL, faculté des sciences. Rabat – Maroc. 260p.

**ENNOURI, R. et al. (2011).** Evaluation de la contamination chimique par les métaux traces (cd, pb, hg et zn) du zooplancton et de la sardinelle (*sardinella aurita*) dans le golfe de Tunis. Bull. Inst. Natn. Tech. Mer de Salammbou, vol. 35.

**EPA, (2002).** Biological Assessments and Criteria: Crucial Components of Water Quality Programs. In EPA, Technical Assistance Documents for States and Tribes.

**HARRAG, A. (2012).** Bio-indication : Concepts et biosurveillance, Notes de cours. Sétif, Université Ferhat Abbas.

**IFREMER, (2005).** Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer.

**IFREMER, (2010).** Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer.

**JOIRIS, C.R. et al. (1999).** Total and methylmercury in sardines *Sardinella aurita* and *Sardina pilchardus* from Tunisia. Marine Pollution Bulletin. 38p.

**KAISER, J. (2001).** Bioindicators and biomarkers of environmental pollutions and risk assessment. Hartford, Science Publishers. 304p.

**KERCKHOVE, O. (2012).** Espèces ou association d'espèces de poissons en tant que bio-indicateur de l'état de santé des récifs coralliens. Mémoire de maîtrise, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec. 96p.

**LACOUÉ-LABARTHE, T. et al. (2008).** First experiments on the maternal transfer of metals in the cuttlefish *Sepia officinalis*. *Mar Pollut Bull.* vol.57. pp.826-831.

**LAPERCHE, D. (2014).** Des crustacés standardisés comme indicateurs de la qualité des rivières. *Environnement et Technique*, no 333.

**LO TURCO, V. et al. (2013).** Heavy metals content by ICP-OES in *Sarda sarda*, *Sardinella aurita* and *Lepidopus caudatus* from the Strait of Messina (Sicily, Italy). *Natural Product Res.* Vol.27. pp.518-523.

**LOBEL, P.B. & WRIGHT, D.A. (1982).** Relationship between body zinc concentration and allometric growth measurements in the mussel *Mytilus edulis*. *Mar. Biol.* Vol.66. pp.145-150.

**MARKERT, B.A. et al. (2003).** *Bioindicators and Biomonitoring. Principles, concepts and applications.* Vienne, Elsevier. 997p.

**MENAGER, M.T. et al. (2009).** *Toxicologie nucléaire environnementale et humaine.* Paris: Tec & Doc. Lavoisier. 709p.

**NEFF, J.M. (2002).** *Bioaccumulation in Marine Organisms: Effect of contaminants from oil well produced water.* Amsterdam : Elsevier Science Publishers. 452p.

**PEREZ, T. et al. (2000).** Etude bibliographique sur les bioindicateurs de l'état du milieu marin. Système d'évaluation de la Qualité des Milieux littoraux – Volet biologique. Rapport Agences de l'Eau, 4 fascicules. 642p + 1 Cd-rom.

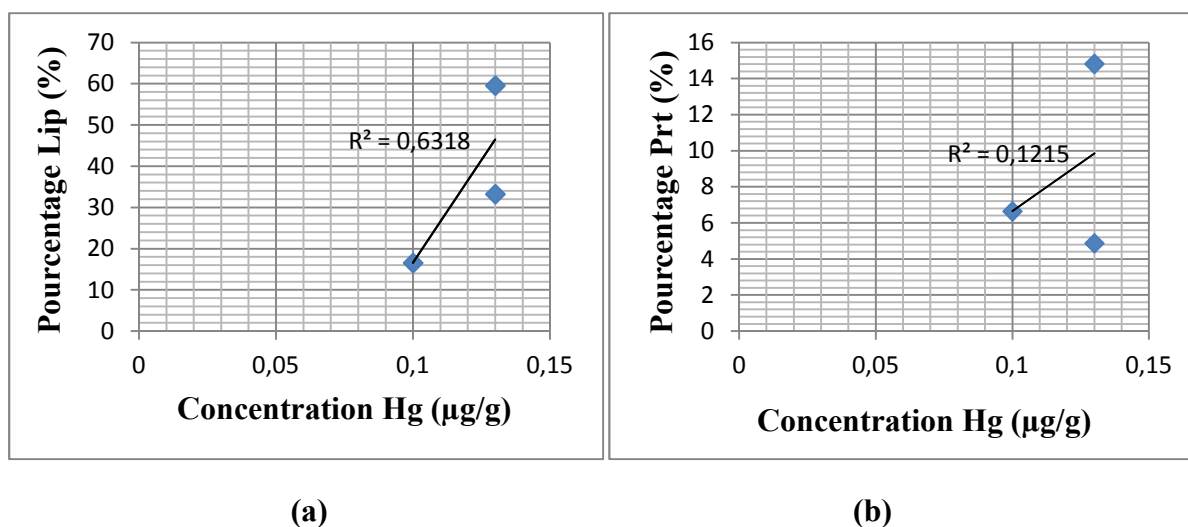
**PIERRON, F. et al. (2007).** Effects of salinity and hypoxia on cadmium bioaccumulation in the shrimp *Palaemon longirostris*. *Environ Toxicol Chem.* Vol.26. pp.1010-1017.

**PIERRON, F. et al. (2008).** How cadmium could compromise the completion of the European eel's reproductive migration. *Environ Sci Technol.* Vol.42. pp.4607-4612.

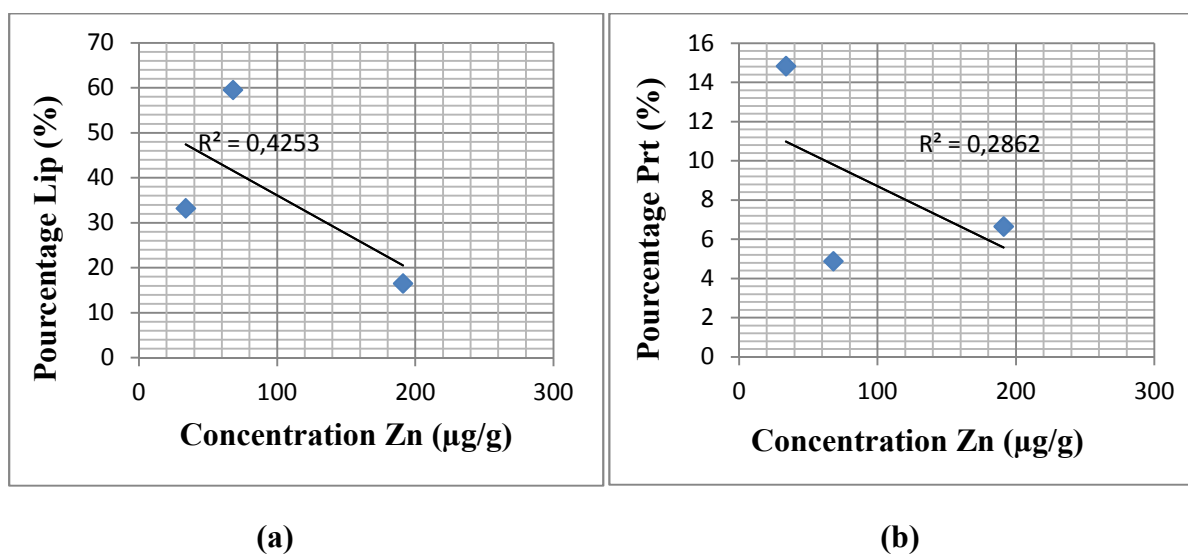
**RUDOLPH, B.L. et al. (2008).** Reproductive success, early life stage development, and survival of westslope cutthroat trout *Oncorhynchus clarkia lewisi* exposed to elevated selenium in an area of active coal mining. *Environ Sci Technol.* Vol.42. pp.3109-3114.

**SIMPSON, R.D. (1979).** Uptake and loss of zinc and lead by mussels (*Mytilus edulis*) and relationship with body weight and reproductive cycle. *Mar. Pollut. Bull.* Vol.10. pp.74-78.

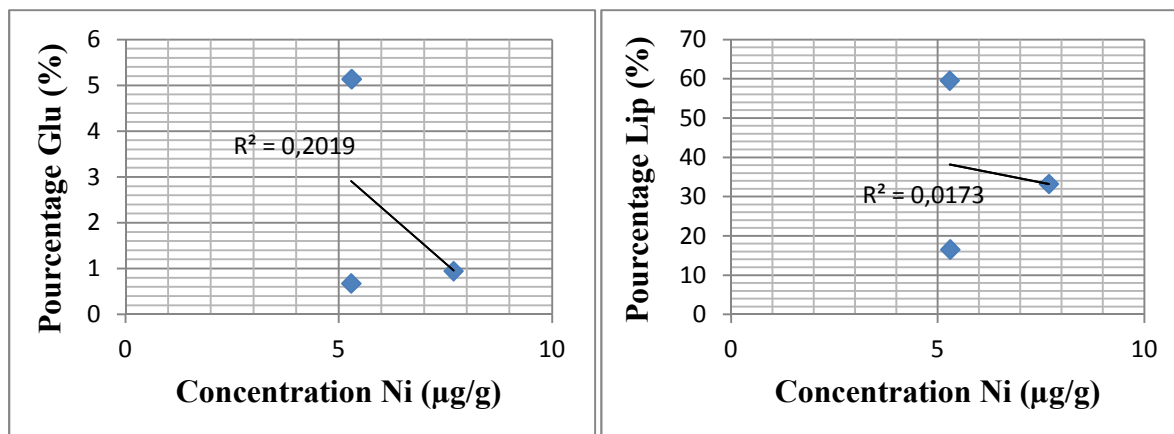
# Annexe



**Figure 1 :** Corrélations entre les concentrations en mercure et le pourcentage des glucides (a) et concentrations en mercure et le pourcentage des protéines (b).



**Figure 2 :** Corrélations entre les concentrations en zinc et le pourcentage des lipides (a) et concentrations en zinc et le pourcentage des protéines (b).



(a)

(b)

**Figure 3** : Corrélations entre les concentrations en nickel et le pourcentage des glucides (a) et concentrations en nickel et le pourcentage des lipides (b).