



République Algérienne Démocratique et Populaire
Université Abou Bekr Belkaid– Tlemcen
Faculté des Sciences
Département de Chimie

Mémoire de fin d'études

pour l'obtention du diplôme de Master de chimie

Option: Chimie Inorganique et Environnement

Thème

**Contribution à l'évaluation de la
pollution métallique dans le port de
Beni-saf (W. de Ain Témouchent).
Cas du mulet (*Mugil cephalus*)**

Réalisé par:

ABDELMALEK *Fayza* et ALLAM *Ismahène*

Présenté le 18 juin 2017 devant le jury composé de :

- | | | |
|---------------------------------------|--------------|----------------|
| - M ^r BENGUELLA Belkacem | Président | Pr. U. Tlemcen |
| - M ^{me} GUENFOUD Imane | Examinatrice | MCB U. Tlemcen |
| - M ^{me} KAID SLIMANE Nacéra | Encadreur | Pr. U. Tlemcen |

Année universitaire : 2016-2017

REMERCIEMENTS

Avant tout, nous remercions Allah tout puissant pour nous avoir aidés à réaliser ce travail.

C'est grâce aux conseils et orientations de membres universitaires compétents que ce travail a été élaboré. A cet effet, il nous est agréable de leur présenter nos remerciements ainsi que l'expression de nos plus profonds respects.

*Nous tenons à remercier particulièrement Mme **KAID SLIMANE Nacéra**, Enseignante au département d'Ecologie et Environnement de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de Science de la terre et l'Univers de l'Université de Tlemcen qui a accepté de nous encadrer, de nous diriger, ainsi pour son soutien moral durant la réalisation de ce travail et sa gentillesse. Enfin, elle nous a fait confiance et nous assurons de notre profonde reconnaissance et nous manifestons notre haute considération.*

*Nous tenons à remercier vivement **Mr BENGUELLA Belkacem** de nous avoir fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire.*

*Nous remercions **Mme GUENFOUD Imane** pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant d'examiner ce travail.*

*Nous tenons à exprimer toutes nos reconnaissances à Mme professeur **MOUKHTARI Malika** responsable du laboratoire chimie Inorganique et Environnement (LCIE) qui nous a réservé les meilleures conditions de travail.*

A la technicienne du laboratoire Valorisation de l'Action de l'Homme et Application en Santé Publique, pour son amabilité, et son aide efficace pendant nos travaux.

Nous tenons à remercier également le personnel de l'usine d'ALZINC-Ghazaouet pour nous avoir bien accueilli et permis d'effectuer l'analyse de métaux lourds.

Il nous faudra plus d'une occasion pour pouvoir remercier chaleureusement et sincèrement nos enseignants au département de chimie faculté des sciences de l'Université de Tlemcen.

A nos collègues de Master, avec qui, nous avons eu le plaisir de travailler et nos respects les plus profonds.

Merci à tous ceux que nous n'avons pas mentionnés leurs noms mais auxquels nous pensons très fort

MERCI

Dédicaces

A nos chers parents ;

A nos sœurs et nos frères ;

A toutes les deux familles ;

A toutes nos amis ;

*Nous dédions ce travail fruit de nos longues années
d'étude*

FAYZA & ISMAHENE

Liste des tableaux :

| | |
|--|----|
| Tableau I-1 : Présentation de quelques métaux..... | 05 |
| Tableau IV-1 : le poids et les différentes longueurs mesurées par classes de taille..... | 26 |
| Tableau IV-2 : teneur en eau pour chaque organe..... | 29 |
| Tableau IV-3 : Les concentrations en éléments métalliques (mg/kg) dans les tissus de Mugil cephalus de différentes régions..... | 41 |

Liste des figures :

| | |
|---|----|
| Figure I-1: Présentation du mullet «Mugil cephalus» (Abdelmalek et Allam,2017)..... | 08 |
| Figure I-2: Morphologie externe de Mugil cephalus (F.A.O 1987)..... | 08 |
| Figure I.3 : Distribution géographique du Mugil cephalus source (http : //www.aquamaps.org)..... | 09 |
| Figure II-1: Vue par satellite sur la côte de Béni Saf | 11 |
| Figure II-2 : circulation générale du courant en mer Méditerrané (Millot et Taupierletage., 2005). | 12 |
| Figure II-3: Vue sur le quai du port de la région (W. Ain Témouchent)..... | 13 |
| Figure III-1 : le port de Béni saf la willaya de Ain Témouchent..... | 15 |
| Figure III-2: le mullet Mugil cephalus (photo original)..... | 16 |
| Figure III-3 : les déférentes longueurs mesurées..... | 17 |
| Figure III-4 : Dissection de mullet Mugil cephalus (originale)..... | 19 |
| Figure III-5: Organes du Mugil cephalus (muscle, foie et branchie) (originale)..... | 19 |
| Figure III-6: Four à moufle (Photo originale)..... | 20 |
| Figure III-7: Filtration de la solution obtenue par minéralisation..... | 21 |
| Figure III.8 : Protocole du travail..... | 22 |
| Figure IV-1 : Relation taille-poids totale chez les individus du Mugil Cephalus..... | 27 |
| Figure IV-2 : Indices moyens céphaliques (IC), pré-dorsales (ID), pré-anales (IA) de mullet | |

| | |
|--|----|
| (Mugil Cephalus) pêché dans le port de Béni Saf..... | 28 |
| Figure IV-3: Teneurs moyennes (mg/kg) en éléments métalliques dans le muscle chez Mugil Cephalus en fonction des classes de tailles..... | 30 |
| Figure IV-4: Teneurs moyennes (mg/kg) en éléments métalliques dans les branchies chez Mugil Cephalus en fonction des classes de tailles..... | 32 |
| Figure - IV-5: Variation des concentrations moyennes (mg/kg) en élément trace métallique dans le foie chez le Mugil Cephalus en fonction des classe de taille..... | 34 |
| Figure IV -6: Comparaison des teneurs métalliques moyennes (mg/kg) entre les organes (le muscle, foie et les branchies) chez le Mugil Cephalus..... | 36 |
| Figure IV-7 : Plan factoriel engendré par les deux premiers axes de l'analyse factorielle calculé à partir des teneurs métalliques pour les différents classes de tailles (Mugil cephalus) dans les organes étudiés (muscle, branchies et foie), le poids (P) et la longueur totale (LT)..... | 39 |
| Figure IV-8 : Dendrogramme d'analyse par groupe hiérarchique des concentrations métalliques (Fe, Cu, Zn, Pb, Ni, Cd)..... | 40 |

Liste des annexes :

| | |
|--|----|
| Annexe 1: Indices moyens (IC, ID, IA) de chaque classe de taille | 51 |
| Annexe 2 : Longueurs totales et les poids totaux de chaque classe de tailles..... | 51 |
| Annexe 3: les teneurs métalliques en (Fe, Zn, Cu, Ni, Pb, Cd) dans le muscle du Mugil cephalus pour les différentes classes de taille..... | 52 |
| Annexe 4 : les teneurs métalliques en (Fe, Zn, Cu, Ni, Pb, Cd) dans les branchies du Mugil cephalus pour les différentes classes de taille..... | 53 |
| Annexe 5: les teneurs métalliques en (Fe, Zn, Cu, Ni, Pb, Cd) dans le foie du Mugil cephalus pour les différentes classes de taille..... | 54 |
| Annexe 6 : les teneurs moyennes en éléments métalliques dans chaque organe (muscle, branchies, foie)..... | 55 |
| Annexe 7 : les résultats ANOVA1 en éléments métalliques par rapport à chaque organe (la valeur de P)..... | 55 |
| Annexe 8 : les concentrations moyennes en éléments traces métalliques dans chaque organe pour l'analyse AFC et dendrogramme..... | 56 |

Liste des abréviations

| | |
|----------------|---|
| AFC | : Analyse Factorielle des Correspondances |
| Cd | : Cadmium |
| Cu | : cuivre |
| DDT | : Dichlorodiphényltrichloroéthane |
| D.M.A | : dose maximal admissible |
| F.A.O | : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture |
| Fe | : fer |
| g | : gramme |
| IC | : Indice pré-anal |
| IC | : Indice céphalique |
| ID | : Indice pré-dorsal |
| Kg | : kilogramme |
| L | : litre |
| LA | : longueur pré-anale |
| LC | : longueur céphalique |
| LD | : longueur prés-dorsale |
| LF | : Longueur à la fourche |
| LS | : longueur standard |
| LT | : longueur totale |
| mg | : milligramme |
| Ni | : Nickel |
| OMS | : Organisation mondiale de la santé |
| Pt | : Poids total |
| Pb | : plomb |
| PCB | : polychlorobiphényles |
| PH | : Potentiel Hydrogène |
| P.N.U.E | : programme des nations unies pour l'environnement |
| SAA F | : spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme |
| USA | : États-Unis d'Amérique |
| WHO | : World Health Organisation |
| Zn | : Zinc |

Sommaire

| | |
|-----------------------------|----|
| INTRODUCTION GENERALE | 01 |
|-----------------------------|----|

Chapitre I : SYNTHESE BIOBLIOGRAPHIQUE

| | |
|--|----|
| I-1. GENERALITE..... | 02 |
| I-1-1. Définition de la pollution..... | 02 |
| I-1-2. Type de pollution | 02 |
| I-1-2-1. Pollution physique..... | 02 |
| I-1-2-2. Pollution chimique..... | 02 |
| I-1-2-3. Pollution biologique..... | 02 |
| I-1-3. L'origine de la pollution marine..... | 03 |
| I-1-3-1. La pollution domestique..... | 03 |
| I-1-3-2. La pollution industrielle..... | 03 |
| I-1-3-3. La pollution agricole..... | 03 |
| I-1-4. La pollution en méditerranée..... | 03 |
| I-1-5. La pollution en Algérie..... | 03 |
| I-6. Contamination par les métaux lourds..... | 04 |
| I-1-6-1. Définition des métaux lourds | 04 |
| I-1-6-2. Origine des métaux lourds | 04 |
| I-1-6-3. La bioaccumulation des métaux lourds..... | 06 |
| a) L'assimilation..... | 06 |
| b) La bioconcentration..... | 06 |
| c) La bioamplification..... | 07 |
| I-2. Etude de matériel biologique..... | 07 |
| I-2-1. Description..... | 07 |
| I-2-2. Taxonomies..... | 07 |
| I-2-3. Prévenance et habitat | 08 |
| I-2-4. Composition..... | 08 |
| I-2-5. Nutrition..... | 09 |
| I-2-6. Distribution géographique..... | 09 |
| I-2-7. Mégration..... | 09 |
| I-2-8. Ecotoxicologie du mulet..... | 10 |

Chapitre II : DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

| | |
|---|----|
| II-1. Béni saf..... | 11 |
| II-2. La courantologie..... | 11 |
| II-3. Le port de pêche de Béni saf..... | 12 |
| II-4. L'activité de port..... | 13 |
| II-5. Pollution de port..... | 14 |

Chapitre III : MATERIEL ET METHODE

| | |
|--|----|
| III-1 Choix du site du site..... | 15 |
| III-2. Le choix du matériel biologique..... | 15 |
| III-3. Biométrie..... | 16 |
| III-3-1. Mensuration..... | 16 |
| III-3-2. Indices métriques utilisés..... | 17 |
| III-3-2-1. Indice céphalique :..... | 17 |
| III-3-2-2. Indice pré-anal ...:..... | 17 |
| III-3-2-3. Indice pré-dorsal :..... | 17 |
| III-3-3. Relation taille –poids..... | 18 |
| III-4. Dissection :..... | 18 |
| III-5. Minéralisation des échantillons | 19 |
| III-5-1 .Matériel et réactif utilisés pour la minéralisation:..... | 20 |
| III-5-1-1. Séchage à l'étuve :..... | 20 |
| III-5-1-2. Réduction en cendres | 20 |
| III-5-1-3. Mis en solution et filtration:..... | 20 |
| III-6. Dosage des métaux par spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme (SAAF)..... | 23 |
| III-6 Principe..... | 23 |
| III-7.Analyse statistique des résultats : | 24 |
| III-7-1.Analyse de la variance à un facteur (ANOVA 1) | 24 |
| III-7-2.Analyse Factorielle des Correspondances(AFC) | 24 |

SOMMAIRE

| | |
|----------------------------|----|
| III-7-3.Dendrogramme | 25 |
|----------------------------|----|

Chapitre IV : RESULTATS ET DISCUSSION

| | |
|---|-----------|
| IV-1. La biométrie..... | 26 |
| IV-1-1.Mensurations..... | 26 |
| IV-1-2. Relation taille-poids..... | 27 |
| IV-1-3. Calcul des indices..... | 28 |
| IV-2. Les teneurs en humidité..... | 28 |
| IV-3. Analyse des teneurs métalliques..... | 29 |
| IV-3-1. Evaluation des Teneurs métalliques dans le muscle..... | 30 |
| IV-3-2. Evaluation des Teneurs métalliques dans les branchies | 31 |
| IV-3-3. Evaluation des Teneurs métalliques dans le foie..... | 33 |
| IV-3-4. Comparaison des concentrations moyennes (mg/kg) en élément métallique chez le <i>Mugil cephalus</i> | 35 |
| IV-4 Discussion..... | 37 |
| IV-5 Analyse multivariante (AFC)..... | 38 |
| IV-6 Dendrogramme..... | 40 |
| IV-7.Comparaison des résultats avec les autres études chez le <i>Mugil cephalus</i> | 41 |
| CONCLUSION GENERALE..... | 43 |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES..... | 45 |

INTRODUCTION

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE :

L'urbanisation et l'industrialisation croissantes, d'une part et la mauvaise gestion d'autre part rendent difficile la conservation ou la préservation d'un environnement propre et écologiquement stable.

L'environnement marin est menacé par certains polluants, en particulier les métaux lourds. Les trois matrices marines – eau, sédiment et biote – sont concernées par cette pollution.

La pollution est causée par les rejets d'origine naturelle ou anthropique arrivant à la mer par les fleuves, oueds, l'air, le drainage des territoires littoraux ou par rejet direct à la mer. Ces rejets contiennent des substances étrangères (métaux, déchets organiques et autres micropolluants) à des doses anormales, les activités et le transport pétrolier agit négativement sur l'environnement.

La pollution métallique dans le milieu marin a un impact sur les espèces aquatiques aussi elle peut atteindre des niveaux supérieurs par bioamplification dans la chaîne trophique. De ce fait elle peut poser problème pour les êtres vivants

Le poisson accumule les métaux lourds de diverses façons, soit par voie directe (eau) ou par voie trophique.

Pour compléter la base de données sur la pollution métallique dans les différents substrats de l'extrême ouest algérien, nous nous sommes intéressés à la bioaccumulation métallique chez un poisson, le mulot (*Mugil cephalus*) pêché dans le port de Béni Saf. Ce poisson est largement consommé par une grande partie de la population. Il a été recommandé comme espèce bioindicatrice par la FAO-UNEP, 1993.

Notre travail se présente en quatre chapitres:

Chapitre I : Apportera des généralités sur la pollution marine et nous présentera le matériel biologique,

Chapitre II : sera réservée à la caractérisation de la zone d'étude,

Chapitre III : cette partie exposera les techniques expérimentales utilisées (échantillonnage, prélèvement des organes, analyse chimiques...),

Chapitre IV : sera consacré à la présentation des résultats, ainsi que leurs interprétations et sera complété par l'étude statistique,

Et nous terminons par une conclusion et des perspectives.

CHAPITRE I :
SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE

I-1. GENERALITES:**I-1-1. Définition de la pollution:**

La pollution est une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaine, au travers des effets directs ou indirects altérant les critères de répartition des flux de l'énergie, des niveaux de radiations, de la constitution physiologique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes. Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou à travers des ressources agricoles en eau ou autres produits biologiques (**Ramade, 1998**).

I-1-2. Types de pollution:**I-1-2-1 pollution physique:**

On parle de ce type de pollution, quand le milieu est modifié dans sa structure physique par divers facteurs tels que la turbidité, la radioactivité, les paramètres physico-chimiques tel que le pH, la conductivité,...

I-1-2-2 pollution chimique:

Ce type de pollution est engendré par des substances étrangères qui peuvent provoquer une nuisance ou un effet toxique (**Vila, 1998**).

Ces polluants sont de deux catégories (**Galaf et Ghannam, 2003**):

- Les micropolluants chimiques organiques: hydrocarbures, pesticides, détergents et autres. Ces polluants sont appelés les polluants organiques persistants (pop), ce sont des composés organiques toxiques. Ils peuvent s'accumuler dans les organismes vivants et ils peuvent avoir des conséquences néfastes sur l'environnement et la santé humaines (**P.N.U.E.1995**).

- les micropolluants chimiques inorganiques: les métaux lourds.

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

I-1-2-3 Pollution biologique:

Il s'agit de la pollution par les micro-organismes, les germes (bactéries, virus, champignons) provenant des égouts et qui peuvent proliférer à leurs arrivées dans le milieu marin, même s'il est vrai qu'il s'agit d'un milieu qui ne favorise pas la vie de la plupart des agents pathogènes (**Berraho, 2006**). Cette forme est provoquée par les eaux usées d'origines domestiques et industrielles.

I-1-3 Origine de la pollution marine:

I-1-3-1 La pollution domestique: Provenant des habitations, elle est en général véhiculée par le réseau d'assainissement jusqu'à la station d'épuration (germes fécaux, sel minéraux, détergents...) (Gaujous, 1995).

I-1-3-2 La pollution industrielle :

Provenant des usines, elle est caractérisée par une grande diversité suivant l'utilisation de l'eau ; tous les produits ou sous-produits de l'activité humaine se retrouvent ainsi dans l'eau, qui est un bon solvant (Matières organiques, hydrocarbures).

I-1-3-3 Pollution agricole :

Provenant des fermes ou des cultures, elle se caractérise par:

- de fortes teneurs en sels minéraux provenant des engrais, purins et lisières (élevage)
- la présence de produits chimiques de traitement (pesticide, herbicides) et les engrais (Gaujous, 1995).

I-1-4. La pollution en Méditerranée:

La mer méditerranée est un bassin presque entièrement fermé, reliée à l'océan Atlantique par le détroit de Gibraltar (P.N.U.E. 2004).

Malgré sa grande biodiversité, ce milieu marin est menacé par plusieurs sources de pollution et de dégradation tels que l'urbanisation, le tourisme, les transports maritimes, les activités industrielles et agricoles et en fin la pêche.

I-1-5. La pollution en Algérie:

Le long de la côte algérienne (1200 km), diverses sources de pollution ont des impacts non négligeables sur le milieu marin. Les villes côtières les plus polluées sont principalement Annaba, Alger et Oran (Guendouzi, 2011).

Le littoral dispose actuellement de plusieurs zones industrielles, parmi eux:

- ✓ L'usine chimique: Alzinc de Ghazaouet, et sonatrach d'Arzew
- ✓ Cimenterie de béni saf
- ✓ L'unité de raffinage du pétrole de Skikda
- ✓ Usine pétrochimique : Alger, Arzew, Bedjaia, Skikda
- ✓ Centrale thermique : Marsat et Hadjaj

Ces installations provoquant une pollution bactériologique et physico-chimique des eaux.

I-1-6. Contamination par les métaux lourds:

I-1-6-1. Définition des métaux lourds:

Un métal est un élément chimique, issu le plus souvent d'un minerai doté d'un éclat particulier bon conducteur de chaleur et d'électricité, ayant des caractéristiques de dureté et de malléabilité se combinant aisément avec d'autres éléments pour former des alliages (**Miquel, 2001**).

D'un point de vue purement chimique, les éléments de la classification périodique formant des cations en solution sont des métaux.

D'un point de vue physique, le terme « métaux lourds » désigne les éléments métalliques naturels, métaux ou dans certains cas métalloïdes (environ 65 éléments), caractérisés par une forte masse volumique supérieure à 5 g/cm^3 (**Adriano, 2001**).

On distingue deux types en fonction de leurs effets physiologiques et toxiques : métaux essentiels et métaux toxiques.

Les métaux essentiels ou oligoéléments sont des éléments indispensables à l'état de trace pour de nombreux processus cellulaires et qui se trouvent en proportion très faible dans les tissus biologiques (**Loué, 1993**). Certains peuvent devenir toxiques lorsque la concentration dépasse un certain seuil. C'est le cas du cuivre (Cu), du nickel (Ni), du zinc (Zn), du fer (Fe).

Les métaux non essentiels ou toxiques ont un caractère polluant avec des effets toxiques pour les organismes vivants, même à faible concentration. Ils n'ont aucun effet bénéfique. C'est le cas du plomb (Pb), du mercure (Hg), du cadmium (Cd) (**Adriano, 1986, Fergusson, 1980**).

I-1-6-2. Origine des métaux lourds:

Origines naturelles: comme les autres substances, les métaux sont présents dans notre environnement en quantité plus ou moins importantes, pouvant aller des traces jusqu'au métal pratiquement pur dans certains gisements miniers. Les réserves les plus importantes se trouvent dans les roches et/ou les sédiments océaniques (**Chiffolleau et al., 2001**).

Origines anthropiques: en dehors des concentrations de fond (ou concentrations naturelles), il existe trois sources principales de métaux lourds:

- ✓ apports d'origine agricole (amendements organiques, engrais minéraux, pesticides),
- ✓ résidus industriels et urbain,

✓ retombés atmosphériques.

De ce fait, l'exploitation et l'utilisation des métaux par l'homme peuvent exagérément augmenter leur dissémination dans des écosystèmes qui n'y sont pas exposés naturellement (Ineris, 2004). Les métaux provenant d'apports anthropiques sont présents sous des formes chimiques assez réactives et entraînent des toxicités (Mckenzie, 1997).

Tableau I-1 : Présentation de quelques métaux

| Métaux | Métabolismes | Toxicité |
|-----------|--|--|
| Cd | - L'absorption du cadmium est faible (environ 5 à 10%). Après passage de la barrière intestinale, le cadmium se trouve dans le sang ou il est rapidement distribué dans le foie et les reins et dans une moindre mesure dans le pancréas et la rate (Ricoux et al., 2005). -il inhibe les enzymes contenant du zinc et perturbe la fonction respiratoire. | - perturbation du métabolisme des glucides, des chlorures plasmatiques et du potassium tissulaire, ainsi que du métabolisme calcique, se traduisant par des lésions vertébrales diminuant la capacité nataoire. - troubles nerveux, et une atteinte du potentiel reproducteur des poissons (diminution du taux d'éclosion des œufs, stade embryonnaire plus sensible) (Lavoix, 1978). |
| Pb | -Après absorption, il passe facilement dans l'organisme, et stocké dans les os (Links et al., 2001). Ou dans les dents où il peut rester des dizaines d'années. - Le plomb est absorbé en compétition avec le calcium par des mécanismes assez proches.(Guy et al., 2007). | -Il modifie le fonctionnement cellulaire en perturbant différents processus physiologiques. Il peut ainsi provoquer l'anémie, des effets sur le système nerveux central (retard de développement, irritabilité, troubles du sommeil, perte de mémoire,...), l'insuffisance rénale (Bisson et al., 2003). |
| Zn | Le zinc intervient dans l'activité de nombreuses enzymes. l'organisme d'un homme de 70 kg contient de 2à 3g de zinc (Chiffolleau et al., 2001). Les os et les dents contiennent aussi beaucoup de zinc | -Sa toxicité pour les organismes aquatiques n'en fait pas un contaminant prioritaire, bien qu'il agisse à de fortes concentrations sur la croissance des espèces aquatiques (Ifremer, 2001). un excès de zinc provoque une altération des branchies et retarde la ponte chez poissons (Gaujous, 1995) |
| Fe | Le fer est un oligoélément indispensable à la vie. Le métabolisme du fer joue un rôle important dans l'organisme, par sa participation à la formation de l'hémoglobine et son rôle dans la respiration tissulaire. | le fer ferreux (Fe^{2+}) est beaucoup plus toxique que le fer ferrique (Fe^{3+}), -la présence de précipité d'hydroxyde de fer qui tend à se déposer sur les branchies des poissons et à entraîner leur colmatage (Rodier, 1996). Les carences en fer entraînent l'anémie. |
| Cu | - Le cuivre est un oligo élément, impliqué dans de nombreuses voies métaboliques, notamment pour la formation d'hémoglobine. De plus, il est un Cofacteur spécifique de nombreuses enzymes et métalloprotéines de structure (OMS ICPS, 1998). Il a une importance capitale dans l'entretien des processus biologiques. | - Selon Gaujous (1995), le cuivre diminue l'activité photosynthétique (utilisé comme algicide), provoque une altération des branchies de poissons, retarde la ponte des poissons. Il provoque aussi le verdissement des huîtres. Les principales formes toxiques chez l'homme et l'animal sont les formes solubles du cuivre c'est-à-dire les sels du cuivre II (acétate, carbonate, chlorure, hydroxyde, nitrate, oxyde, oxychlorure et sulfate). (Pichard, 2005). |

| | | |
|----|--|---|
| Ni | le nickel est un aliment essentiel en petite quantité joue un rôle au niveau pulmonaire, l'homme peut être exposé au nickel en respirant, en buvant de l'eau, en consommant des aliments ou en fumant des cigarettes. Le contact de la peau avec des sols ou de l'eau contaminés par du nickel peut être une forme d'exposition au nickel. En petites quantités, le nickel est essentiel mais, quand l'absorption est trop importante il peut présenter un risque pour la santé. | L'absorption de quantités trop importantes de Nickel peut avoir les conséquences suivantes: - Plus de risque de développer un cancer des poumons, du larynx et de la prostate - Nausées, vomissements et vertige après une exposition au gaz - Embolies pulmonaires - Echec respiratoire - Echec de naissance - Asthme et bronchite chronique - Réactions allergiques telles que des éruptions cutanées (principalement avec les bijoux) - Problèmes cardiaques |
|----|--|---|

I-1-6-3. La bioaccumulation des métaux lourds :

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 (Casas, 2005, Bodin, 2005). C'est donc la possibilité pour une espèce donnée de concentrer un toxique donné à partir du milieu extérieur. Ces substances non biodégradables vont se concentrer le long des divers maillons de la chaîne trophique.

a) L'assimilation:

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

b) La bioconcentration:

On désigne par bioconcentration le processus par lequel une substance prélevée dans un biotope par un être vivant, va se rencontrer dans l'organisme de ce dernier à des concentrations supérieures que des concentrations de départ.

a) La bioamplification:

La bioamplification correspond au processus de circulation du polluant dans les réseaux trophiques. Tous les êtres vivants possèdent la propriété de stocker, à des degrés différents, dans leurs organismes toutes substances peu ou pas biodégradable, de ce fait les

organismes qui ont concentré un polluant, vont servir de nourriture à d'autres espèces animales qui les accumuleront à leur tour dans leurs tissus (**Ramade, 2011**).

I.2 ETUDE DU MATERIEL BIOLOGIQUE

I-2-1. Description:

Sous le nom de « mullet » se regroupe un grand nombre d'espèces de poissons qui se ressemblent beaucoup : un corps fuselé gris argenté recouvert d'écailles épaisses et une grosse tête dont la morphologie varie un peu selon l'espèce. Le corps du mullet ou le muge est fusiforme et la tête est aplatie munie d'une bouche petite. Les dents sont petites ou absentes (**Bart, 1990**). Une paupière adipeuse couvre l'œil jusqu'à la tête. L'extrémité postérieure de la mâchoire est au même niveau que la fente buccale. L'écaille axillaire est longue, représente 33 à 36% de la longueur de la nageoire pectorale (**Keith et al., 2000**). Son poids est entre 1,5 et 8 kg et sa taille moyenne entre 30 et 50 cm.

Plusieurs espèces de mullets fréquentent notre littoral: le mullet doré, de taille moyenne (maximum 55 cm) a une tache dorée bien nette sur le bord supérieur de l'ouïe. Le mullet cabot est plus long et sa tête plus grande, a une membrane transparente caractéristique qui couvre ses yeux.

I-2-2. Taxonomie:

- Règne: Animal
- Embranchement: Cordés
- S. Embranchement: Vertébrés
- Classe: Osteichthyens
- S. Classe: poissons
- Ordre: Mugiliformes
- Famille: Mugilidés
- Genre: *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758)



Figure I-1: Présentation du mullet «*Mugil cephalus*» (Abdelmalek et Allam, 2017)

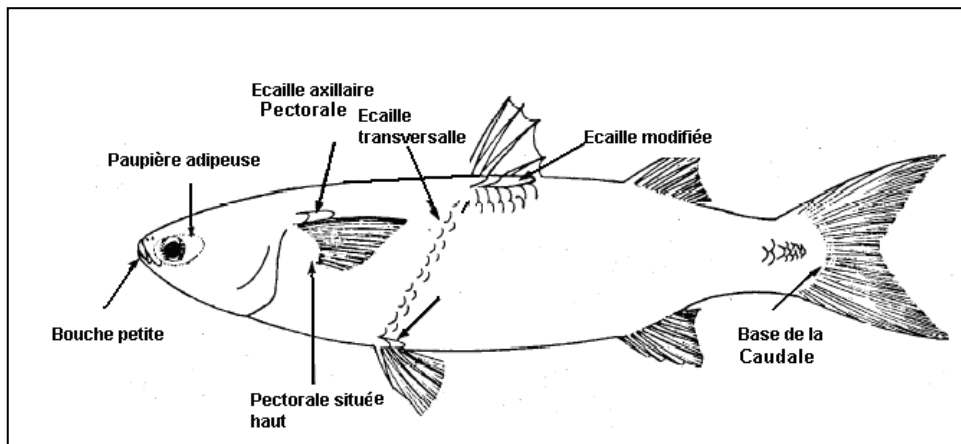


Figure I-2: Morphologie externe de *Mugil cephalus* (F.A.O 1987)

I-2-3. Provenance et habitat:

Il y a des mullets dans toutes les mers, aussi dans les estuaires, et dans certains cours d'eau. Ils ont la particularité de pouvoir évoluer aussi bien dans une eau salée que dans une eau douce. Les adultes sont trouvés dans les eaux de salinité s'étend de 0 à 75‰, alors que les juvéniles ne peuvent tolérer de telles variations de salinité qu'après avoir atteint des longueurs de 4-7 cm (FAO, 1985). Ils vivent en hiver en pleine mer puis remontent au printemps vers les estuaires et les ports pour se nourrir.

I-2-4. Composition :

Le mullet fait partie de la famille des Mugilidés. C'est un poisson très courant mais qui, malheureusement, passe trop souvent inaperçu. Ses qualités nutritionnelles sont souvent

ignorées et méritent pourtant de retenir toute notre attention. Sa principale qualité nutritionnelle réside avant tout dans son importante teneur en protéines et en vitamine B6.

I-2-5.Nutrition:

Le mulot avale la vase et la tamisent grâce à un appareil branchial développé pour en extraire les particules organiques. Il broute également les algues et les petits organismes sur les fonds rocheux. Le mulot est donc essentiellement herbivore et détritivore (Bernardon et al, 2004).

I-2-6. Distribution géographique :

Sa répartition irait du Maroc à l'Angola (Ould Mohamed et vali, 2004).

Le pacifique Oriental : la Californie, des USA au chili (Eschmeyer et al, 1983 ; Robins et Rayon, 1986 ; Thomson, 1963).

Le Pacifique Occidental : du Japon en Australie.

L'océan Indien occidentale : de L'Inde à L'Afrique du sud (Smith et B. Smith, 1986).

L'Atlantique Occidentale : Nova Scotia, du Canada au Brésil, absent dans les Bahamas et la plupart des Antilles et des Caraïbes (Robins et le Rayon, 1986).

L'Atlantique Orientale : du golfe de Gascogne en Afrique du Sud, y compris la Méditerranée et la mer noire (Thomson, 1963). Annoncé en Mer d'Okhotsk (Fedorov et al, 2003).

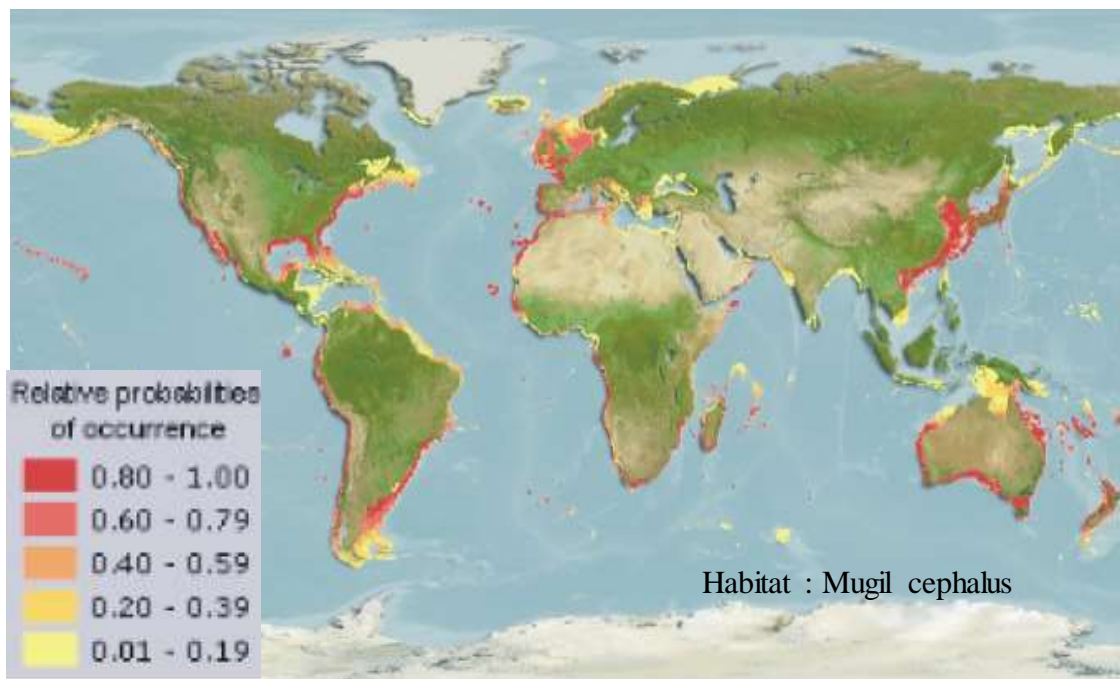


Figure I-3 : Distribution géographique du *Mugil cephalus* ([http : //www.aquamaps.org](http://www.aquamaps.org)).

I-2-7. Migration:

Les mulets sont des poissons qui migrent vers la mer pour se reproduire (**Bruslé, 1982**).

Liao, 1981 définit 3 sortes de migrations: une migration des juvéniles de la mer vers les estuaires, une migration de reproduction et une migration des adultes vers la haute mer après quelques années.

I-2-8. Ecotoxicologie du mulet:

Les mulets accumulent dans leurs tissus les métaux tels que le plomb, le cuivre, le cadmium, le zinc, le mercure, et l'aluminium ...etc. (**Bruslé, 1981**). L'exposition prolongée aux métaux provoque une déplétion en vitamine C, qui se traduit par un affaiblissement général du poisson caractérisé notamment par une anémie, des hémorragies et autres lésions (**Sauriau, 1990**). Les mulets sont également sensibles aux organochlorés (DDT, PCB), ces derniers s'accumulent dans les organes et les tissus du poisson, et ceci se traduit par une augmentation de la teneur en lipides (**Ferreira et al, 1994**).

CHAPITRE II :
DESCRIPTION DE LA
ZONE D'ETUDE

II-1 Béni-saf

La région côtière de Béni saf est située sur la côte nord-ouest de l'Algérie, limitée par la commune d'Oulhaça à l'ouest de Sidi Safi à l'Est de l'Emir Abdelkader au sud et de la mer méditerranée au nord. Elle est distante de 33 km de la wilaya de Ain-Temouchent dont elle dépend. Elle est également située à 67 km de Tlemcen, 80 km de Maghnia et 100 km d'Oran. Ces coordonnées géographiques sont comprises entre 35° 16', 35° 18' latitude nord et 1° 28' longitude ouest (**Fig-II-1**).



Figure II-1: Vue par satellite sur la côte de Béni saf

II-2. La courantologie:

Les courants de surface en Méditerranée sont des courants Est / Ouest, longent les côtes africaines le courant de surface se diviser en deux branches principales à la hauteur de l'Algérie orientale, ils transportent des espèces marines et des polluants.

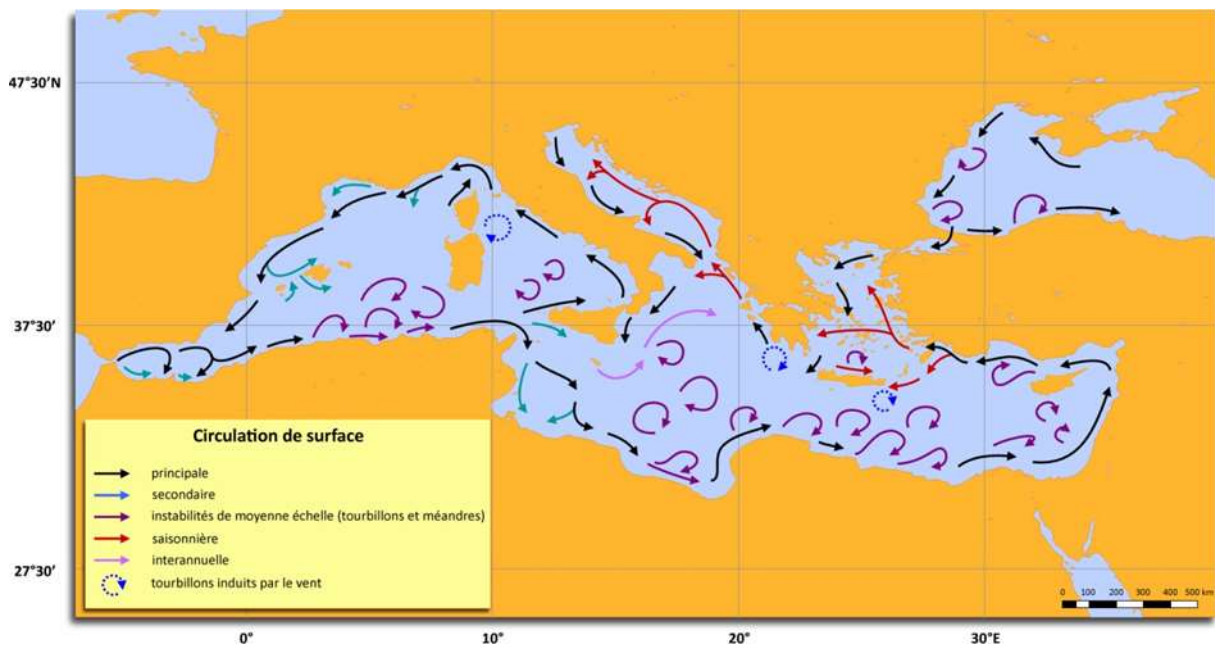


Figure II-2 : circulation générale du courant en mer Méditerranée (Millot et Taupierletage., 2005).

II-3. Le port de pêche de Béni-saf:

Le port de Béni saf a été construit en 1877. Les premiers travaux de réalisation de ce port ont commencés en 1977. La vocation initiale était industrielle concédée à la compagnie minière pour l'exploitation de minerai de fer de la région vers le royaume Uni, la France, et les colonies Britanniques.

Le port de Béni Saf est constitué actuellement d'un plan d'eau rectangulaire de 17 ha abrité par trois jetées:

- Jetée Ouest de 440 m de long.
- Jetée Nord de 500 m de longueur.
- Jetée Est d'une longueur de 270 m.

Le quai Est (200 m) est réservé aux navires de pêche et aux débarquements, des captures, une autre partie (Quai d'armement) est destinée à l'armement de la pêche (**Fig-II-3**).



Figure-II-3: Vue sur le quai du port de la région (W. Ain témouchent)

Le port comprend:

- Une poissonnerie.
- Des chambres froides pour la conservation des produits de la pêche.
- Des ateliers de soudures.
- Trois fabriques de glaces (10 tonnes/jour).
- Une station de ravitaillement en carburant.

III-4 Activités du port:

Les produits de la pêche de la région de Béni saf sont écoulés vers les centres urbains de la région de Tlemcen, Sidi Bel abbes, Maghnia, Ain témouchent, Bechar...etc. le secteur de la pêche connu par plusieurs entraves agit directement sur la production halieutique, d'où la rareté des équipements de pêche et des pièces de rechanges, et la vieillesse de la flottille à prendre en considération, mais aussi d'autres difficultés rencontrés comme l'envasement du port, phénomène qui influe directement sur la capacité d'embarcation.

II-5. Pollution du port :

La pollution marine constitue un souci majeur et pour les citoyens et pour les autorités portuaires. Le port de Béni-saf ne génère pas de pollution, mais subit les aléas des effluents des eaux domestiques, des huiles usagées et les rejets des hydrocarbures, particulièrement les rejets émanant des embarcations lors des opérations d'entretien du moteur et/ou travaux de peinture du bateau (**Bensafi, 2014**).

La zone industrielle de Béni Saf se limite à une seule unité fonctionnelle à savoir la cimenterie dont les rejets liquides sont significatifs, il s'agit beaucoup plus de rejets atmosphériques dont les influences sur l'environnement de la région sont néfastes.

La cimenterie rejette une quantité de poussière dont une partie est ramenée vers la mer par le biais des phénomènes météorologiques (pluies, vents, ...etc.).

CHAPITRE III :
MATERIEL ET METHODES

III-1 Choix du site :

Nous avons choisi le port de Beni saf (W. de Ain Témouchent) pour les raisons suivantes :

- sa vocation industrielle, commerciale et de pêche,
- la cimenterie de Béni saf,
- le tourisme estival,
- les rejets domestiques.



Figure III-1 : le port de Béni saf (willaya de Ain Témouchent).

III-2. Le choix du matériel biologique

Notre choix s'est porté sur le mulot, *Mugil cephalus* (Linné, 1758) pour son abondance et son coup économique. C'est une espèce appréciée par les habitants.

Nous nous sommes procurés ce poisson du port de Béni saf. Ce poisson a été obtenu par la pêche artisanale en février 2017.

Pour cette étude, 20 individus ont été ramenés au laboratoire et mis dans des sachets en plastique, étiquetés, puis conservés au congélateur jusqu'au jour de la dissection.



Figure III-2: le mullet *Mugil cephalus* (photo original).

III-3. Biométrie :

III-3-1. Mensuration :

Une série de mesure biométrique a été réalisée sur chaque individu et reportée sur la fiche d'échantillonnage.

LT : longueur totale, de l'extrémité du museau à l'extrémité de la partie la plus longue de la nageoire caudale posée en extension,

LC : longueur céphalique, de l'extrémité du museau au point le plus postérieur de la marge de l'opercule,

L.A : longueur pré-anale, de l'extrémité du museau au bord postérieur de l'anus,

L.F : longueur à la fourche, c'est la longueur du bout du museau à la fourche,

L.D : longueur prés-dorsale, c'est la distance entre l'extrémité du maxillaire supérieur et l'insertion de la première nageoire dorsale,

L.S : longueur standard ; la longueur d'un poisson, mesurée de la pointe du museau à la partie charnue du pédoncule caudal, c'est-à-dire, à l'exclusion de la nageoire caudale.

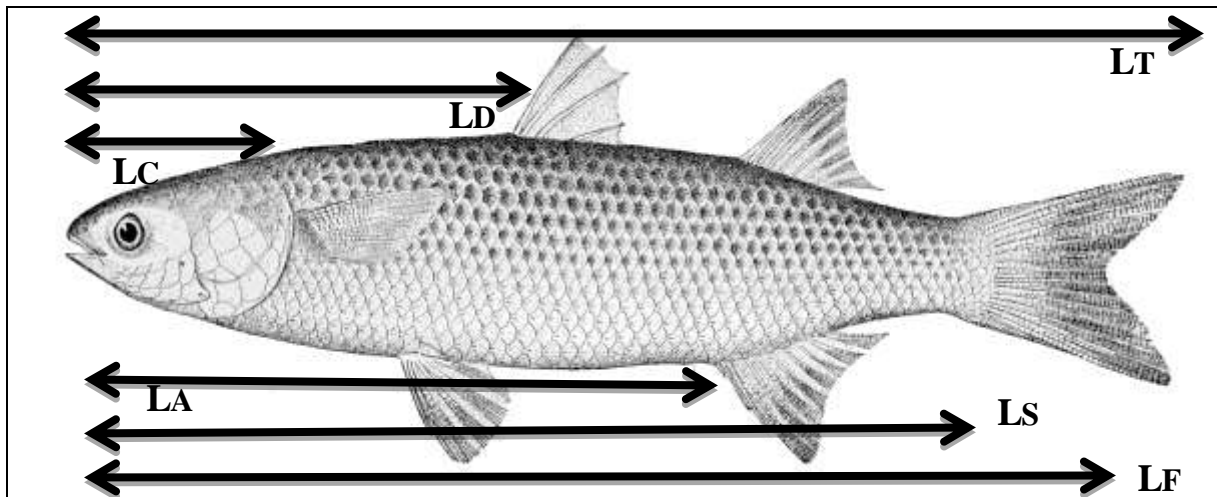


Figure III-3 : les différentes longueurs mesurées.

Ensuite nous avons pris le poids total de chaque individu.

III-3-2. Indices métriques utilisés :

III-3-2-1. Indice céphalique :

L'indice céphalique est le pourcentage du rapport de la longueur céphalique (LC) sur la longueur totale (LT) pour chaque poisson selon la formule suivante :

$$IC = (LC/LT)*100$$

III-3-2-1. Indice pré-anal :

L'indice pré-anal est le pourcentage du rapport de la longueur à l'anal (LA) sur la longueur totale (LT) pour chaque poisson selon la formule suivante :

$$IA = (LA/LT)*100$$

III-3-2-1. Indice pré-dorsal :

L'indice pré-dorsal est le pourcentage du rapport de la longueur dorsale (LD) sur la longueur totale (LT) pour chaque poisson selon la formule suivante :

$$ID = (LD/LT)*100$$

III-3-3.Relation taille –poids :

La croissance est un changement de grandeur généralement mesuré par un changement de longueur ou de poids (**Ricker, 1980 ; Weatherley et Gill, 1987**), de plus, en milieu naturel, elle est généralement très variable et considérée comme une réponse intégrée des influences variées du milieu abiotique et biotique (**Boisc l'air, 1988 ; Weatherley et Gill 1987**).

La relation entre la longueur (L) et le poids (P) du poisson est exprimée par l'équation (**Pauly, 1983**):

$$P = a L^b \dots\dots\dots(1)$$

P: Poids du poisson (g)

L: Longueur totale (Lt) du poisson en (cm)

a: Constante (interception)

b: L'exposant Longueur (pente)

Après transformation logarithmique, cette équation est linéarisée et s'écrit comme suit :

$$\ln P = \ln a + b \ln L \dots\dots\dots(2) \quad (\text{Hemida, 1987})$$

Où : $b < 3$ allométrie minorante

$b = 3$ isométrie

$b > 3$ allométrie majorante.

III-4. Dissection :

Nous avons réalisé la dissection sur les vingt individus du *Mugil cephalus* Figure (III-4 et III- 5). Le choix s'est porté sur trois organes, le muscle, le foie et les branchies.

Le muscle : c'est l'organe qui est en contact avec l'environnement et qui intéresse le consommateur.

Le foie : c'est l'organe de transit des matières métabolisées.

Les branchies : représentent le premier point de contact entre le poisson et les métaux présents dans l'eau environnante.

- nous avons enlevé les écailles à l'aide d'un scalpel,
- nous avons soulevé l'opercule à l'aide d'une pince pour repérer les branchies,

- à l'aide des ciseaux, nous avons ouvert la partie ventrale de mulot. Nous avons retiré le foie puis le muscle,
- nous avons relevé le poids frais de chaque organe,
- Chaque organe a été placé dans une boîte pétrie étiquetée puis conservée au congélateur en vue de sa minéralisation,



Figure III-4 : Dissection du *Mugil cephalus* (originale)

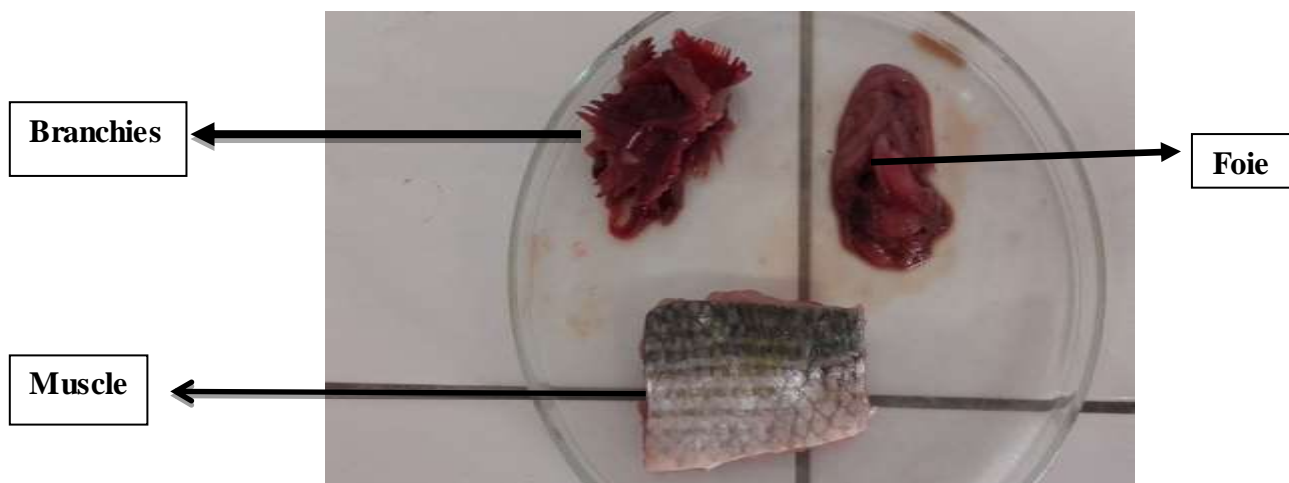


Figure III-5: Organes du *Mugil cephalus* (muscle, foie et branchie) (originale)

III-5. Minéralisation des échantillons :

La minéralisation d'un échantillon consiste à éliminer toute la matière organique dans le but de rechercher un élément toxique minéral (Amiard, 1991).

III-5-1. Matériel et réactif utilisés pour la minéralisation:

Pour la minéralisation nous avons utilisé les creusets en porcelaine, l'étuve et le four à moufle. Pour les réactifs, nous avons utilisé l'acide nitrique (HNO_3) dilué.



Figure III-6: Four à moufle (Photo originale)

III-5-2. Méthode de minéralisation

Dans notre étude la technique de **voie sèche** a été utilisée pour la minéralisation (Chiffolleau, 2001). Le protocole expérimental est le suivant :

III-5-2-1. Séchage à l'étuve :

Les échantillons pesés précédemment ont été placés dans des creusets. Ces creusets ont été mis dans l'étuve à une température de 110°C pendant environ 3 heures.

III-5-2-2. Réduction en cendres :

Une fois le séchage terminé, nous avons retiré les échantillons de l'étuve puis nous les avons humecté avec de l'acide nitrique (1%) et nous les avons replacés dans le four à moufle à 350°C pendant 1 heure et 30 minutes jusqu'à l'obtention des cendres.

III-5-2-3. Mis en solution et filtration:

Les cendres obtenues ont été mis dans 25 cm^3 de solution d'acide nitrique (1%) puis filtrées à l'aide d'un papier filtre de porosité ($0,45\ \mu\text{m}$) (figure III-7). La solution obtenue a été conservée au frais jusqu'à l'analyse par le spectrophotomètre à absorption atomique (SAA) (Calapaj, 1978).



Figure III-7:Filtration de la solution obtenue par minéralisation

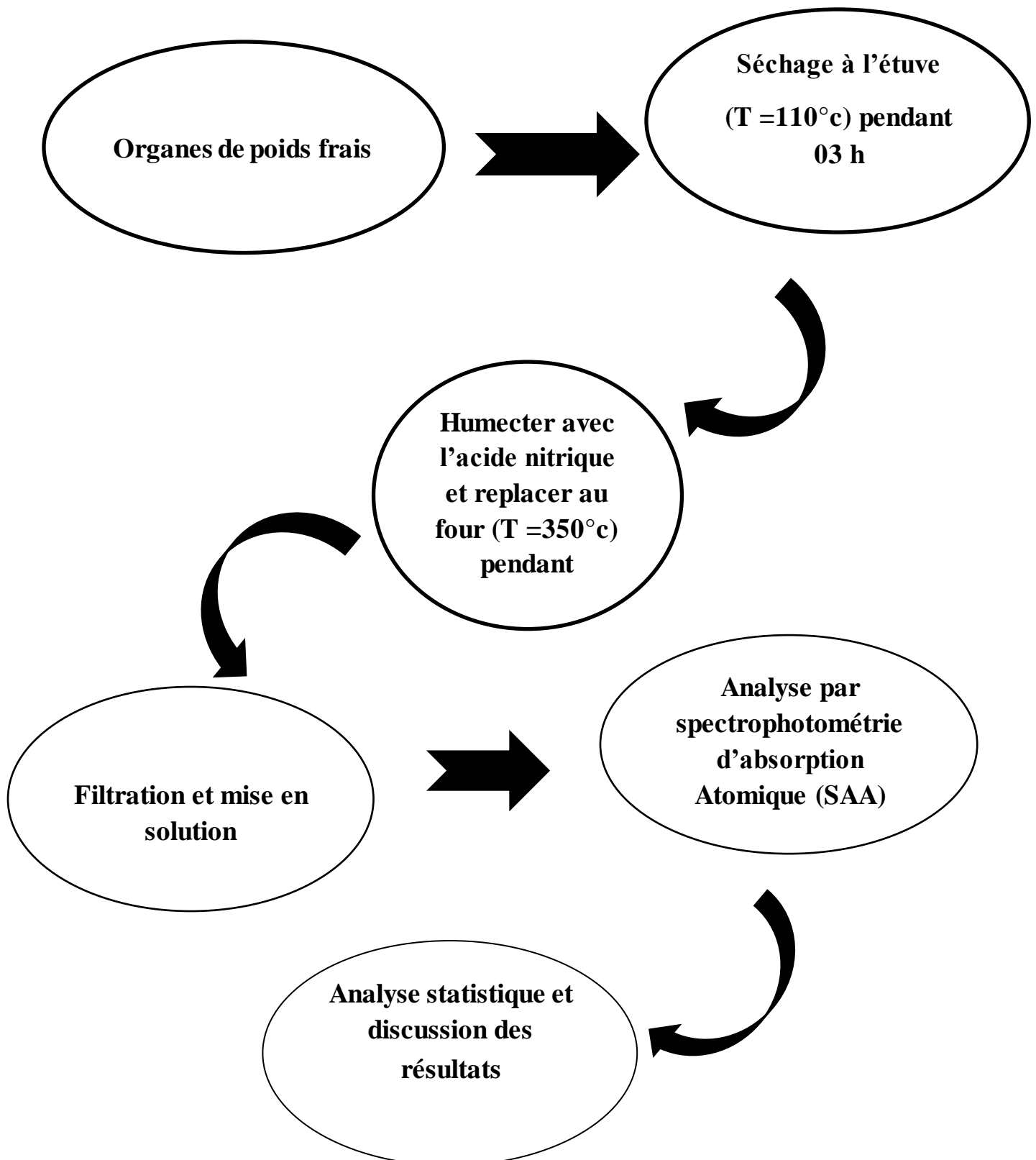


Figure III-8 : protocole de travail.

III-6. Dosage des métaux par spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme (SAAF) :

Le dosage des métaux lourds étudiés (Fe, Cu, Zn, Cd, Pb, Ni) a été réalisé, au niveau du laboratoire d'analyse au sein de l'usine d'électrolyse de zinc ALZINC de Ghazaouet par spectrophotométrie d'absorption atomique de type A. AURORA II. 1200.

III-6-1. Principe

La spectrométrie d'absorption atomique flamme permet le dosage mono-élémentaire des cations majeurs de l'ordre du mg/L dans des échantillons liquides.

Lors du procédé d'absorption atomique l'énergie fournie à l'atome provient d'une source lumineuse appelée lampe à cathode creuse. L'atome dans son état de base absorbe l'énergie lumineuse à une longueur d'onde spécifique et passe à un état d'excitation. Un détecteur mesure la quantité de lumière absorbée et un signal électronique est produit en fonction de l'intensité lumineuse. Ce signal est traité et la quantité d'analyte dans l'échantillon est déterminée en fonction de l'absorbance mesurée.

Le contact entre les atomes et la source lumineuse est assuré par la cellule d'absorption. La cellule d'absorption est en fait une flamme générée par la combustion d'un mélange air/acétylène (2500°C) ou un mélange protoxyde d'azote/acétylène (3100°C) pour les éléments réfractaires (exemples : Al, Mo, Sr...).

L'échantillon à analyser est aspiré par l'appareil et transformé en aérosol. La flamme atomise ensuite les éléments contenus dans l'aérosol qui passent à travers le faisceau de la lampe à cathode creuse. La lampe à cathode creuse émet le spectre lumineux spécifique à l'élément analysé. La cathode et l'anode de la lampe sont composées uniquement de l'élément dont le spectre lumineux doit être produit. Un potentiel électrique est appliqué entre l'anode et la cathode, ce qui a pour effet d'ioniser le gaz contenu dans la lampe.

Les ions de gaz vont ensuite entrer en collision avec la cathode, ce qui déloge des atomes métalliques. Ces atomes vont aussi entrer en collision avec les ions de gaz ce qui les fait passer à un état d'excitation. Ils retournent aussitôt à leur état de base ce qui produit l'énergie lumineuse désirée.

La (SAAF) basé sur la théorie de la quantification de l'énergie de l'atome et utilise la loi de Beer-Lambert.

$$A = \log (I_0/I) = \epsilon \cdot L \cdot C$$

A : Absorbance ;

I₀ : intensité initiale ;

I : intensité finale ;

ε : coefficient d'adsorption ;

l : longueur de la cellule d'adsorption ;

C : concentration ;

Cette méthode présente de nombreux avantages : elle est très sélective, simple et bien documenter.

Chaque dosage des métaux à une lampe spécifique et une longueur d'onde précise.

III-7. Analyse statistique des résultats :

Le traitement statistique des résultats a été effectué à l'aide de Microsoft Excel, version 2013, et l'analyse factoriel par **MINITAB** version 16.

III-7-1. Analyse de la variance à un facteur (ANOVA 1).

Les relations entre différentes variables ont été analysées par des tests statistiques comme l'analyse des variances (ANOVA)

Le test ANOVA, permet également de savoir, dans une étude à plusieurs variables, (longueurs, poids, organes) laquelle influe le plus sur les moyennes finales (teneurs moyennes en métaux). Les valeurs des résultats de l'analyse de la variance, permet de vérifier la valeur du F de Fisher et sa probabilité « p » : si F est inférieur à 5 % (p<0,05), l'hypothèse nulle est rejetée, donc la différence entre les moyennes est hautement significative (**Ramousse et al, 1996**).

III-7-2. Analyse Factorielle des Correspondances(AFC) :

L'analyse factorielle des correspondances (AFC), ou analyse des correspondances simples, est une méthode exploratoire d'analyse des tableaux de contingence.

Soient deux variables nominales X et Y, comportant respectivement p et q modalités. On a observé les valeurs de ces variables sur une population et on dispose d'un tableau de contingence à p lignes et q colonnes donnant les effectifs conjoints c'est-à-dire les effectifs observés pour chaque combinaison d'une modalité i de X et d'une modalité j de Y.

Les valeurs de ce tableau seront notées n_{ij} , l'effectif total sera noté N.

III-7-3. Dendrogramme :

Un dendrogramme illustre sous forme d'arborescence les informations du tableau de fusion. Par défaut, le niveau de similarité est mesuré le long de l'axe vertical et les différentes observations sont répertoriées le long de l'axe horizontal. Le graphique illustre la manière dont les groupes ont été formés : en assemblant deux observations individuelles ou en appariant une observation individuelle avec un groupe existant. On peut voir à quels niveaux de similarité les groupes sont formés et la composition des groupes de la subdivision finale.

CHAPITRE IV :
RESULTATS ET
DISCUSSION

IV-1 : La biométrie

IV-1-1 Mensurations :

Nous avons travaillé sur 20 individus, Pour chaque individu, nous avons déterminé son poids et ces différentes longueurs : poids total (P_t), la longueur totale (L_t), la longueur pré dorsal (LD), Longueur à la fourche (LF), la longueur pré anal (LA), longueur céphalique (LC) et la longueur standard (LS). Ensuite nous avons regroupé ces individus par classe de taille. Nous avons choisi six classes présentées dans le tableau IV-1.

Tableau IV-1 : le poids et les différentes longueurs mesurées par classes de taille.

| Classes de taille | LT (cm) | LC (cm) | LD (cm) | LA (cm) | LF (cm) | LS (cm) | Pt (g) | Poids du muscle (g) | Poids des branchies (g) | Poids du foie (g) |
|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------------------|-------------------------|-------------------|
|]13,3-13,6] | 13,3 | 2,5 | 4,8 | 7 | 12 | 11 | 19 | 6,44 | 1,84 | 1,96 |
| | 13,5 | 2,6 | 5 | 7,6 | 12,8 | 11,5 | 19,6 | 5,55 | 0,93 | 2,29 |
| | 13,6 | 2,8 | 5,3 | 7,5 | 12,8 | 11,8 | 21,4 | 5,38 | 0,98 | 2,15 |
|]13,6-14,8] | 14,4 | 2,8 | 5,5 | 8 | 13,3 | 11,8 | 25,3 | 2,89 | 1,1 | 2,79 |
| | 14,5 | 2,9 | 5,5 | 8,1 | 13,5 | 12,2 | 25,97 | 3,88 | 1,1 | 2,77 |
| | 14,5 | 2,8 | 7,2 | 7,8 | 13 | 11,3 | 25,06 | 5,14 | 1,23 | 2,51 |
| | 14,8 | 2,8 | 5,5 | 8 | 13,3 | 11,8 | 31,14 | 3,25 | 1,6 | 3,94 |
|]14,8-16] | 15 | 3 | 5,8 | 8,5 | 14,3 | 11,7 | 28 | 3,06 | 1,05 | 2,87 |
| | 15 | 3 | 5,4 | 8,2 | 13,7 | 12,3 | 30,28 | 4,36 | 1,28 | 2,71 |
| | 15,4 | 3,1 | 6 | 8,41 | 13,7 | 12,2 | 30,2 | 5,25 | 1,48 | 2,94 |
| | 16 | 3,5 | 5,8 | 9 | 15,5 | 13,2 | 36,15 | 5,19 | 1,68 | 3,94 |
|]16-30,2] | 27,5 | 6,3 | 11,2 | 15,5 | 25,3 | 22 | 140,7 | 11,14 | 7,85 | 6,72 |
| | 29 | 6,8 | 12,3 | 17,3 | 27,5 | 24 | 195,57 | 11,39 | 8,2 | 8,68 |
| | 30,2 | 7 | 12,8 | 18,5 | 29 | 25,5 | 252,75 | 10,64 | 9,04 | 10,75 |
|]30,2-34,3] | 30,7 | 7,5 | 12,2 | 17,5 | 28,5 | 25 | 238,26 | 19,24 | 7,16 | 8,9 |
| | 33 | 7,5 | 14 | 19,5 | 30,8 | 27,3 | 340 | 18,97 | 9,49 | 23,41 |
| | 34,3 | 7,3 | 14,2 | 19,2 | 31,2 | 28,4 | 306 | 13,72 | 7,27 | 15,13 |
|]34,3-44] | 34,5 | 7,5 | 14,8 | 19,5 | 32 | 28 | 447,1 | 26,7 | 16,5 | 17,3 |
| | 43 | 7,5 | 16,5 | 24,5 | 37,8 | 34 | 894 | 31,71 | 14,13 | 31,94 |
| | 44 | 8 | 18 | 25 | 41,5 | 36 | 1012 | 26,83 | 22,55 | 46,23 |

IV-1-2 : Relation taille-poids :

En halieutique, l'étude de la relation taille poids répond généralement à deux objectifs : la détermination du poids des individus dont on connaît la taille ou inversement et la description des formes. Nous avons tracé la droite $\text{Ln } P_t = f(\text{Ln } L_t)$.

La figure IV-1, représente la relation taille-poids

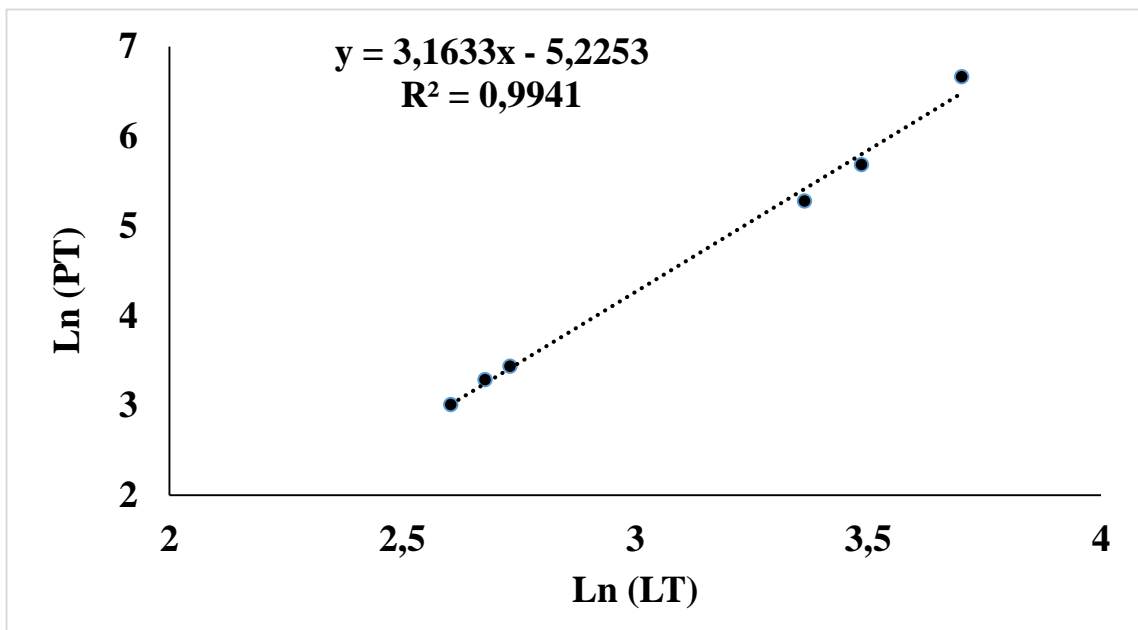


Figure IV-1 : Relation taille-poids totale chez les individus du *Mugil Cephalus*

Nous avons établi une relation entre le poids et la taille en utilisant équation (1).

$$\text{Ln } P_T = -5,2253 + 3,1633 \text{ Ln } L_T$$

Les valeurs a (l'ordonnée à l'origine) et b (la pente) ont été obtenus à partir d'une méthode graphique : a= -5,2253 et b= 3,16.

La relation taille-poids montre une allométrie majorante ($b > 3$) pour chaque individu, c'est-à-dire que le poids croît plus vite que la taille de l'individu avec un coefficient de corrélation $R^2 = 0,99$ qui montre une très bonne corrélation entre les deux paramètres étudiés : la taille et le poids des individus.

IV-1-3: Calcul des indices :

Après avoir effectué toutes les mensurations sur chaque individu, nous avons calculés leurs indices respectifs, La figure IV-2 présente les indices : céphalique (IC), pré-anale(IA), pré-dorsale (ID) pour chaque classe de taille.

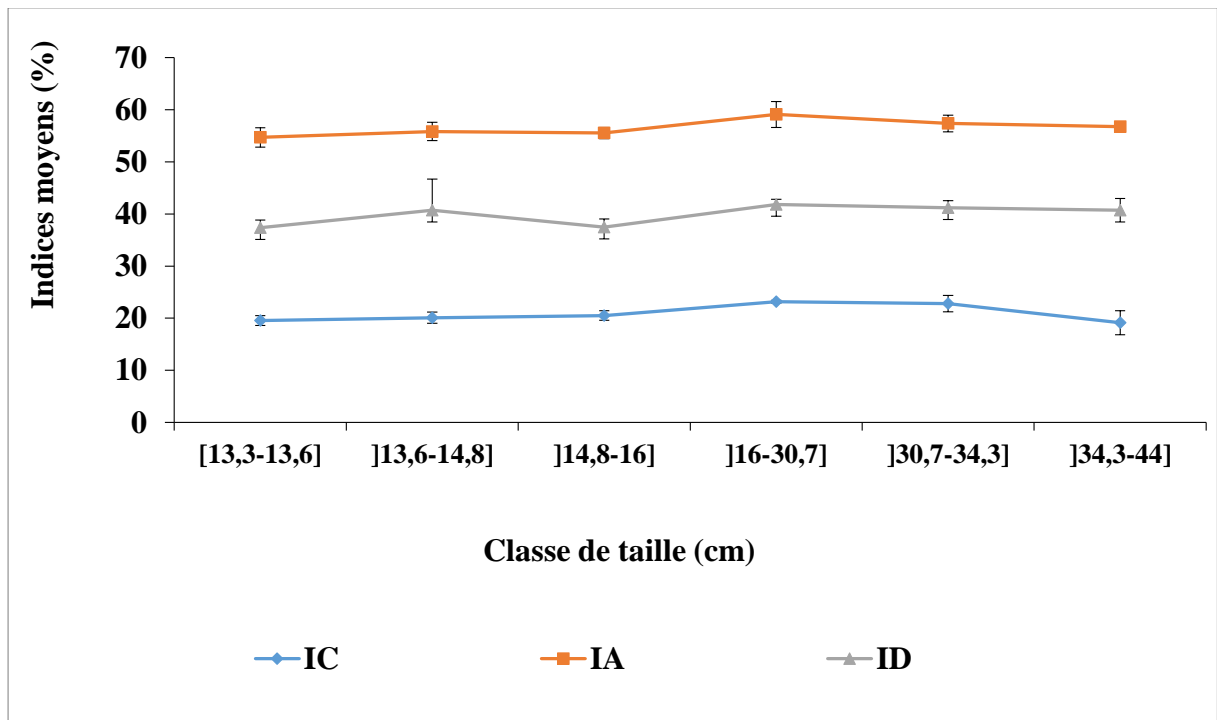


Figure IV-2 : Indices moyens céphaliques (IC), pré-dorsales (ID), pré-anales (IA) du mullet (*Mugil Cephalus*) pêché dans le port de Béni saf

Sur la figure IV-2, nous observons que les indices moyens céphaliques (IC) semblent en relation inverse avec la taille.

Pour les indices moyens pré-anal et pré-dorsal, nous remarquons une légère croissance. Il y'a une alternance entre augmentation et diminution en fonction de taille du poisson.

IV-2 : Les teneurs en humidité :

Nous avons calculé les teneurs en humidité pour chaque organe on utilisant la relation (3) suivante :

$$T \% = \frac{Pf - Ps}{Pf} * 100 \dots \dots \dots (3)$$

P_f : poids frais de l'échantillon ;

P_s : poids sec de l'échantillon ;

T% : pourcentage en eau de l'échantillon ;

Les résultats sont rassemblés sur le tableau IV-3 :

Tableau IV-2: Teneurs en eau pour chaque organe

| Classes de taille | Humidité(%) | | |
|-------------------|-------------|-----------|-------|
| | Muscle | Branchies | Foie |
| [13,3-13,6] | 67,7 | 85,6 | 79,21 |
|] 13,6-14,8] | 69,5 | 78,7 | 78,1 |
|] 14,8-16] | 71,2 | 84,3 | 77,9 |
|] 16-30,2] | 56,02 | 68,2 | 72,7 |
|] 30,2-34,3] | 54,7 | 72,4 | 55,1 |
|] 34,3-44] | 57,7 | 64,7 | 54,3 |

Sur le tableau ci-dessus (tableau IV-3), nous constatons que le taux d'humidité diminue avec l'augmentation de la taille pour les trois organes, les valeurs les plus élevées sont observées au niveau des branchies.

IV-3 : Analyses des teneurs métalliques :

Notre étude consiste à évaluer la pollution métallique (Fe, Zn, Cu, Ni, Pb, Cd) dans le port de Beni-saf en utilisant un bio indicateur, le mulot (*Mugil Cephalus*). Nous avons choisi trois organes le muscle, foie et les branchies pour la détermination des teneurs métalliques par spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA) à flamme. Nous avons calculé les différentes concentrations moyennes et les écarts types de chaque élément métallique au niveau de chaque organe.

IV-3-1. Evaluation des teneurs métalliques dans le muscle :

La figure IV- 4 représente les concentrations moyennes en éléments métalliques (Fe, Zn, Cu, Pb, Cd, Ni) exprimées en mg/kg dans le muscle du *Mugil cephalus*.

La ligne horizontale indique la valeur de référence pour chaque élément d'après (FAO/WHO, 1989).

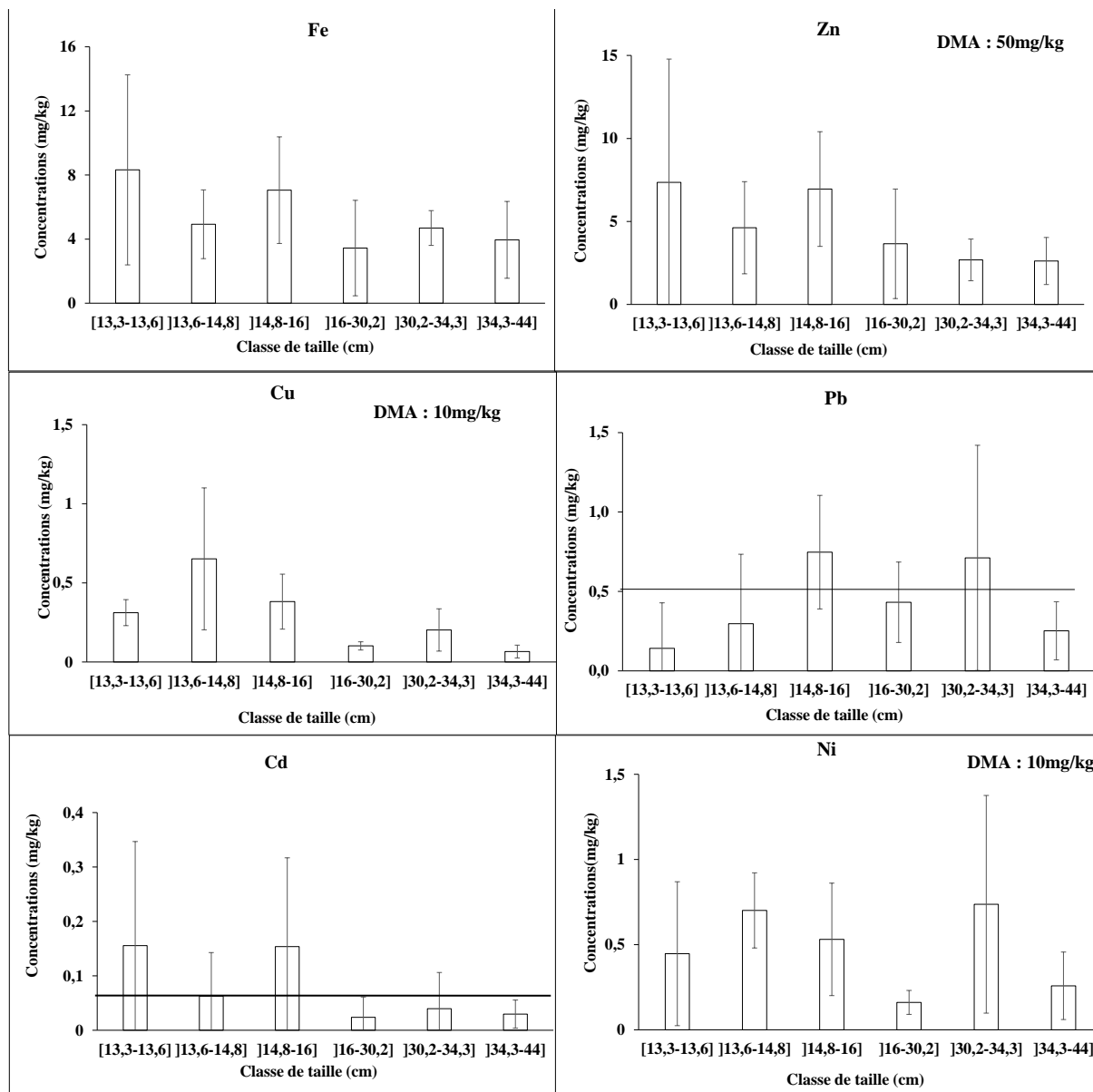


Figure IV-3 : Teneurs métalliques (mg/kg) dans le muscle pour les différentes classes de tailles du *Mugil Cephalus*.

A partir de la figure IV-4 nous constatons que :

La moyennes des concentrations en fer dans le muscle est de $5,39 \pm 1,89$ mg/kg, le minimum est de $3,08 \pm 2,87$ mg/kg dans la classe de taille] 16-30,2] et le maximum de $8,32 \pm 5,93$ mg/kg dans la classe de taille [13,3-13,6].

Pour le zinc les concentrations varient de $2,61 \pm 1,41$ mg/kg dans la classe] 34,3-44] à $7,35 \pm 7,42$ mg/kg pour les individus de classe [13,3-13,6] avec une moyenne de $4,64 \pm 2,07$ mg/kg.

Les concentrations retrouvées pour le cuivre sont relativement faible varient de $0,06 \pm 0,04$ mg/kg dans la classe] 34,3-44] à $0,65 \pm 3,03$ mg/kg pour les individus de classe] 13,6-14,8], avec une moyenne de $0,28 \pm 0,21$ mg/kg.

Les concentrations en nickel varient de $0,16 \pm 0,07$ mg/kg dans la classe] 16-30,2] à $0,73 \pm 0,63$ mg/kg dans la classe] 30,2-34,3], avec une moyenne de $0,47 \pm 0,23$ mg/kg.

Les concentrations en plomb varient de $0,14 \pm 0,28$ mg/kg dans la classe de taille [13,3-13,6] à $0,74 \pm 0,35$ mg/kg dans la classe de taille] 14,8-16], avec une moyenne de $0,43 \pm 0,24$ mg/kg.

Les teneurs retrouvées pour le cadmium sont relativement élevées varient de $0,02 \pm 0,03$ mg/kg dans la classe de taille] 16-30,2] à $0,15 \pm 0,19$ mg/kg dans la classe de taille [13,3-13,6], avec une moyenne de $0,07 \pm 0,06$ mg/kg.

En effet, les valeurs enregistrées sont relativement faibles. Pour le cuivre, le nickel et le zinc les valeurs sont en dessous de celles recommandé par FAO/HOW(1989) dans les tissus de poissons Cu (10mg/kg), Ni (10mg/kg, Zn (50mg/kg), alors que pour le plomb et le cadmium elles sont relativement élevées et dépassent largement les normes Cd (0,1mg/kg), Pb (0,5mg/kg).

Le gradient d'accumulation des éléments métalliques dans le muscle est le suivant :

$Fe > Zn > Pb > Ni > Cu > Cd$

Selon l'analyse de la variance à un facteur ANOVA 1 (Inter-classes), il y a une différence significative pour le cadmium et le zinc dans le muscle ($P < 0,05$).

IV-3-2. Evaluation des teneurs métalliques dans les branchies :

La figure IV- 5 représente les concentrations moyennes en éléments métalliques (Fe, Zn, Cu, Pb, Cd, Ni) exprimées en mg/kg dans les branchies du *Mugil cephalus* pour les différentes classes de tailles .

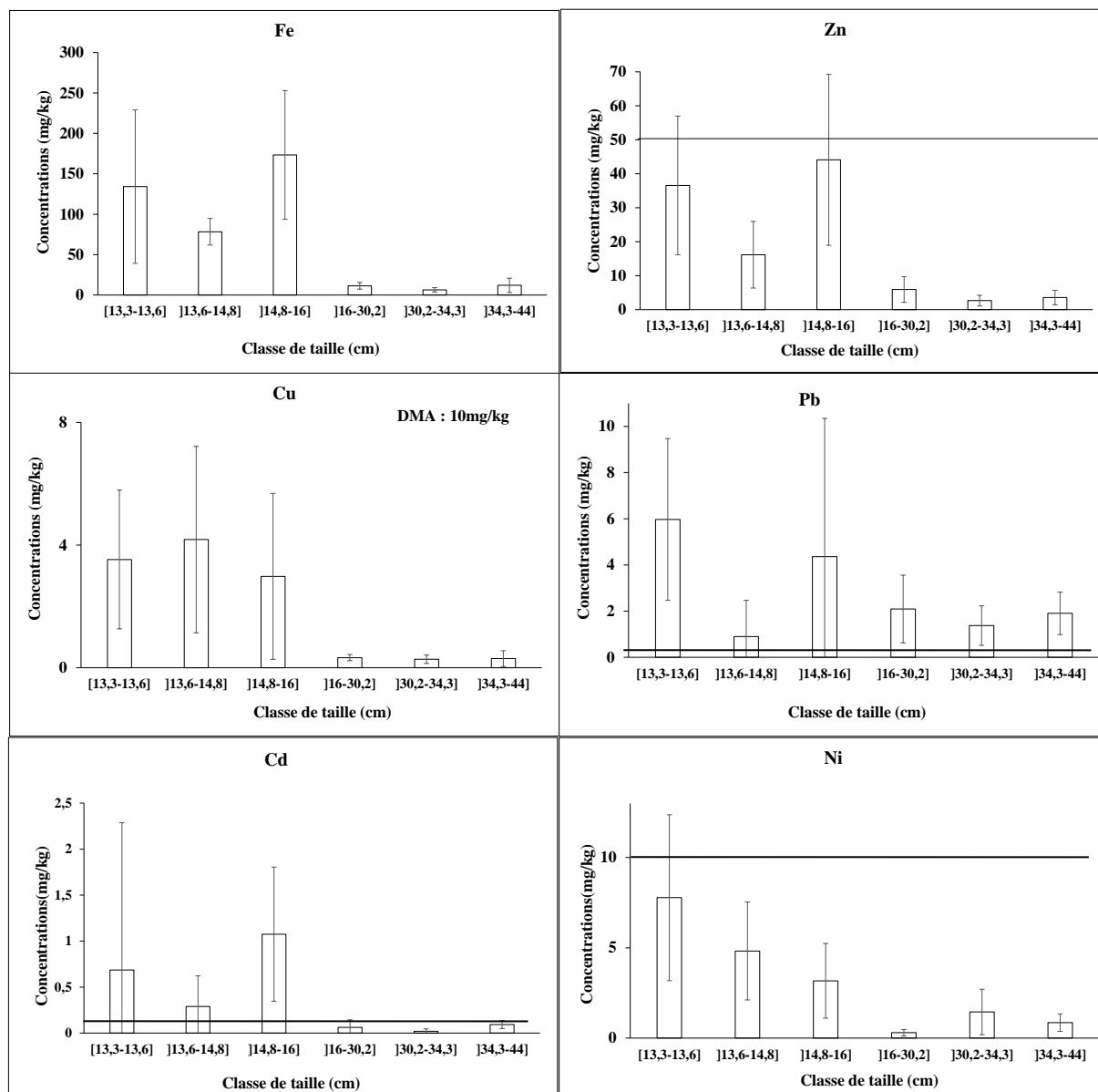


Figure IV-4 : Teneurs métalliques (mg/kg) dans les branchies pour les différentes classes de tailles chez *Mugil Cephalus*

A partir de la figure IV-5 nous constatant que :

La moyenne des teneurs en fer retrouvées dans les branchies est de $69,27 \pm 71,68$ mg/kg pour un minimum de $(8,25 \pm 1,08)$ mg/kg dans la classe de taille] 30,2-34,3] et un maximum de $173 \pm 79,57$ mg/kg pour les individus de classe de taille]14,8-16].

Les concentrations en zinc varient de $2,64 \pm 1,55$ mg/kg dans la classe] 30,2-34,3] à $44,08 \pm 25,16$ mg/kg pour la classe de taille]14,8-16], avec une moyenne de $18,16 \pm 17,98$ mg/kg.

Les teneurs retrouvées pour le cuivre sont relativement faibles, varient de $0,27 \pm 0,13$ mg/kg dans la classe de taille] 30,2-34,3] à $4,18 \pm 3,3$ mg/kg dans la classe] 13,6-14,8], avec une moyenne de $1,93 \pm 1,82$ mg/kg.

Les concentrations en nickel varient de $0,29 \pm 0,18$ mg/kg dans la classe de taille] 16-30,2] à $7,77 \pm 4,59$ mg/kg pour la classe de taille [13,3-13,6], avec une moyenne de $3,06 \pm 2,84$ mg/kg.

Les teneurs retrouvées sont relativement élevées pour le plomb varient de $0,89 \pm 1,56$ mg/kg dans la classe] 13,6-14,8] à $5,96 \pm 3,50$ mg/kg dans la classe [13,3-13,6], avec une moyenne de $2,76 \pm 1,97$ mg/kg.

Les concentrations de cadmium sont relativement élevées varient de $0,01 \pm 0,02$ mg/kg dans la classe] 30,2-34,3] à $1,07 \pm 0,72$ mg/kg dans la classe] 14,8-16], avec une valeur moyenne de $0,37 \pm 0,42$ mg/kg.

En effet les valeurs enregistrées sont faible pour le zinc, le cuivre et le nickel. Elles sont en dessous des valeurs internationales fixées par FAO/WHO (1989) dans les tissus de poissons, alors que pour le plomb et le cadmium sont relativement élevées et dépassent ces valeurs.

Le gradient d'accumulation des éléments métalliques dans les branchies est le suivant :

$Fe > Zn > Ni > Pb > Cu > Cd$.

La comparaison Inter-classes (ANOVA1) montré des différences significatives pour le fer, zinc et le cuivre dans les branchies ($P > 0,05$).

IV-3-3. Evaluation des teneurs métalliques dans le foie:

La figure IV- 6 représente les concentrations moyennes en éléments métalliques (Fe, Zn, Cu, Pb, Cd, Ni) pour les différentes classes de tailles exprimées en mg/kg dans le foie du *Mugil cephalus*.

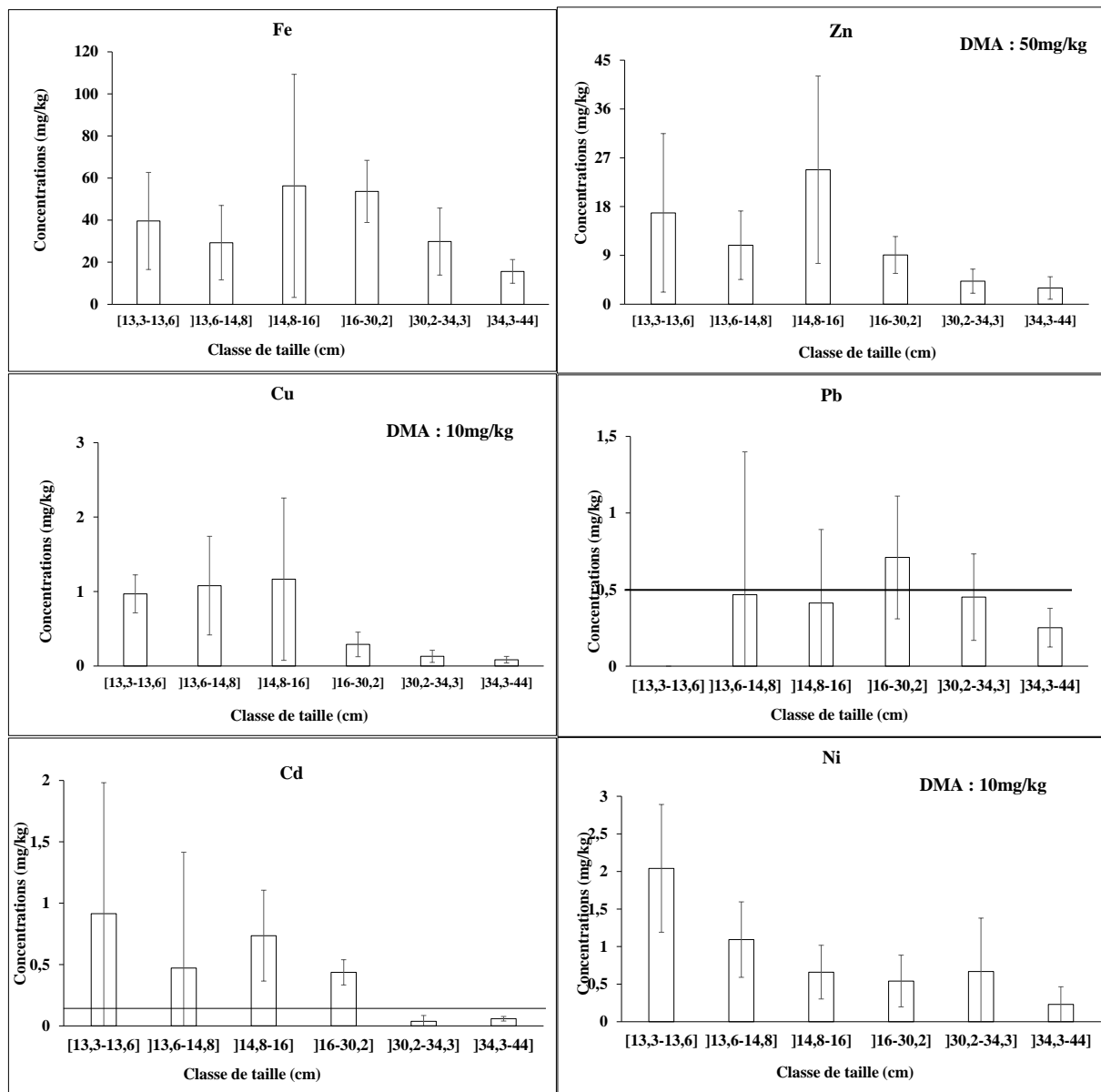


Figure IV-5: Teneurs métalliques (mg/kg) dans le foie pour les différentes classes de tailles chez *Mugil Cephalus*

A partir de la Figure IV-6, nous constatons que :

Les teneurs en fer varient de $15,62 \pm 5,61$ mg/kg chez les individus de taille] 34,3-44] à $56,27 \pm 53,02$ chez les individus de taille] 14,8-16]. La moyenne relevée est de $37,36 \pm 15,63$ mg/kg.

Les concentrations retrouvées pour le zinc varient de $2,99 \pm 2,07$ mg/kg dans la classe] 34,3-44] à $24,79 \pm 17,28$ dans la classe] 14,8-16], avec une moyenne de $11,46 \pm 8,20$ mg/kg.

Les teneurs de cuivre sont très faible de minimum de $0,08 \pm 0,04$ mg/kg dans la classe] 34,3-44] et de maximum $1,16 \pm 1,09$ mg/kg dans la classe] 14,8-16], avec une moyenne de $0,61 \pm 0,50$ mg/kg.

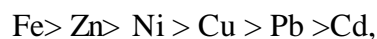
Les concentrations en nickel dans le foie sont faibles et varient de $0,23 \pm 0,23$ mg/kg dans la classe] 34,3-44] à $2,04 \pm 0,84$ mg/kg dans la classe [13,3-13,6], avec une moyenne de $0,87 \pm 0,63$ mg/kg.

Les concentrations en plomb varient de 0 mg/kg dans la classe [13,3-13,6] à $0,70 \pm 0,40$ mg/kg dans la classe] 16-30,2], avec une moyenne de $0,38 \pm 0,23$ mg/kg.

Les concentrations en cadmium varient de $0,03 \pm 0,04$ mg/kg dans la classe] 30,2-34,3] à $0,91 \pm 1,06$ mg/kg dans la classe [13,3-13,6], avec une moyenne de $0,44 \pm 0,35$ mg/kg.

En effet, les valeurs sont relativement faibles pour le cuivre, le zinc et le nickel, et sont en dessous des valeurs internationales fixées par FAO/WHO (1989) dans les tissus de poissons, alors que pour le cadmium et le plomb elles sont relativement élevées et dépassent les valeurs de FAO/WHO.

Le gradient d'accumulation des éléments métallique dans le foie est le suivant :



Selon l'analyse de la variance à facteur ANOVA1 (Inter-classes), il y a une différence significative pour le cadmium, le plomb et le zinc dans le foie ($P < 0,05$).

On distingue pour les trois organes (muscle, foie, branchies) des concentrations des métaux 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).

IV-3-4. Comparaison des concentrations métalliques moyennes (mg/kg) entre les trois organes (muscle, branchies, foie) chez le *Mugil Cephalus* :

La figure IV-7 représente les comparaisons moyennes des teneurs métalliques (Fe , Zn, Cu, Ni, Pb, Cd) entre les organes (foie, branchies et le muscle) chez le *Mugil cephalus*.

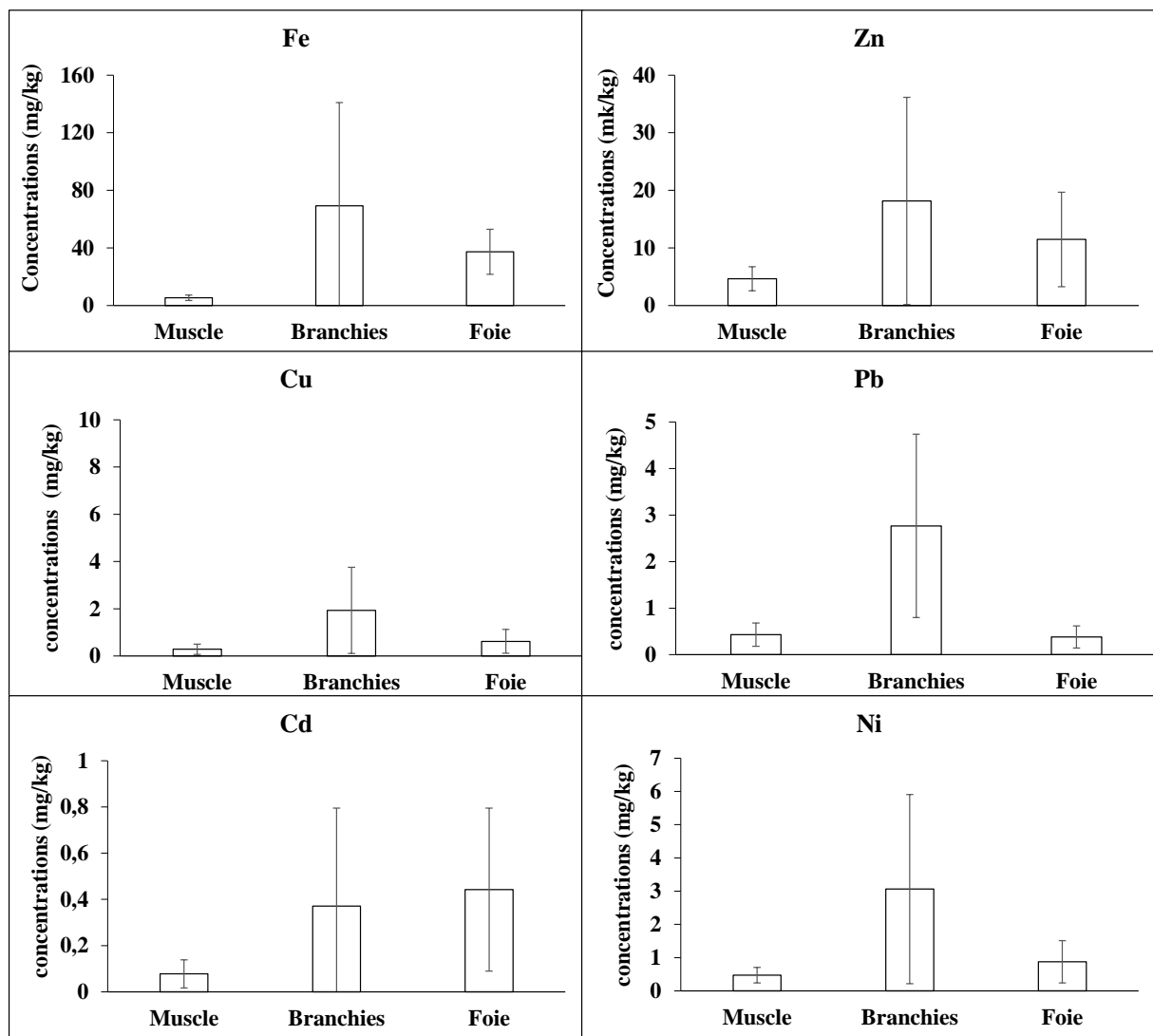


Figure IV-6 : Comparaison des teneurs métalliques moyennes (**mg/kg**) entre les organes (le muscle, foie et les branchies) chez le *Mugil Cephalus*

A partir de fig-IV-6, nous constatons que :

Les teneurs en fer, zinc, nickel, plomb et le cuivre dans les trois organes présentent le gradient d'accumulation suivant : branchies > foie > muscle et restent en dessous des normes Zn (50mg/kg) et de Cu et Ni (10mg/kg) sauf le plomb dépasse la norme 0,5mg/kg (FAO/WHO 1989).

Les concentrations en cadmium dans le foie $0,37 \pm 0,42 \text{ mg/kg}$ et les branchies $0,44 \pm 0,35 \text{ mg/kg}$ dépassent la norme de (FAO/WHO1989) 0,1 mg/kg et représentent le gradient d'accumulation suivant : foie > branchies > muscle

VI-4 Discussion :

- Le fer joue un rôle important dans l'oxydoréduction cellulaire, comme constituant des systèmes électro actifs dans des pigments respiratoires des vertébrés dans la vie aquatique.

- le zinc est un élément essentiel dans les réactions enzymatiques, ce qui explique sa présence mais ne dépasse pas la dose maximale admissible établie par (FAO/WHO1989).

- le nickel est un élément naturel dans l'eau (**Snodgrass, 1980**). Il est soluble à pH inférieur à 6,5 et forme un hydroxyde de Ni insoluble à pH supérieur à 6,7 (**Dallas et Day, 1993**). Sa toxicité pour la vie aquatique est généralement faible et varie de manière significative avec les espèces, le pH et la dureté de l'eau (**Birge et Black, 1980**). Les concentrations accrues de Ni peuvent provoquer des effets sublétaux (**Khengarot et Ray, 1990**).

- Le cuivre est un élément indispensable au déroulement des processus biologiques (**casas, 2005**). La valeur de référence établie par (FAO/HOW) dépasse largement les valeurs obtenues pour les trois organes (muscle, branchies, foie) du *Mugil cephalus*. Il semble que les dangers d'une carence en cuivre soient plus importants que ceux d'un excès de cet élément (WHO, 1998). Sa toxicité en milieu marin est en fonction de sa forme chimique et de son état d'oxydation (**Chiffolleau, 2001**).

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

- Une forte teneur du plomb dans les branchies malgré qu'il appartient au groupe des éléments toxiques. Il n'implique aucune fonction connue dans les processus biochimiques (**Adeyeye et al, 1996**). Et aucun rôle connu dans les systèmes biologiques (**Canli et al, 2002**). L'effet de la toxicité de Pb dépend de la durée de vie du poisson, du pH, et de la présence de matières organiques (**Hellawel, 1986**).

Cossa et al (1992) avancent que les teneurs en plomb dans le muscle tendent à diminuer avec la taille dans les zones les peu contaminées, cependant dans les milieux très contaminés la relation inverse s'observe selon **Bedsha et sainbury (1977)**.

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

- Le cadmium n'a aucun rôle métabolique connu, il n'est pas biologiquement essentiel ou bénéfique au métabolisme des êtres vivants (**Chiffolleau, 1999**), il provoque des effets toxiques graves chez les organismes aquatiques à très faible concentration (**Wong et**

Rainbow, 1986; Sorensen, 1991). Chez les poissons, le cadmium peut perturber l'équilibre ionique en altérant la perméabilité des membranes cellulaires (**Ifremer, 2001**).

D'après **Phillips(1977)** le foie est considéré comme le principal organe d'accumulation du cadmium.

D'après les résultats nous remarquons la présence d'une forte concentration en cadmium qui dépasse la valeur recommandé par (FAO/HOW 1989) nous pouvons expliquer cette présence par l'existence des pollutions d'origines anthropiques et par une forte bioaccumulation de cet élément dans la chaîne alimentaire ce qui entraîne une importante toxicité pour de nombreux êtres vivants (**Picota, 2003**).

Nos résultats indiquent que les concentrations des métaux les plus élevées sont généralement trouvées au niveau des branchies, donc ces derniers renseignent sur la qualité du milieu ambiant et sont ainsi le lieu principal des échanges d'eau et d'ions (**Randall et al, 2000**).

Il a été démontré que le foie est très actif dans le stockage des métaux ainsi que dans la désintoxication des métaux car en réponse à l'exposition aux métaux, l'induction de la métallothionéine se produit principalement dans le foie du poisson (**Roesijadi et Robinson, 1994; Tepe et al, 2008**), ce qui explique les concentrations élevées de Cd, Cu, Zn, Fe, Ni, Pb qui ont été retrouvées dans ce tissu.

Dans tous les cas les données confirment que le muscle n'est pas un tissu actif dans l'accumulation de métal (**Kargin et Erdem 1991 ; Erdogrul et Erbilir 2007**). C'est la partie consommée, nous pouvons dire que notre poisson ne présent aucun risque sur la santé humaines, mais les teneurs moyennes en plomb et cadmium sont plus proche de la valeur de référence FAO/WHO 1989 ce qui induit à une contamination des espèces marines si la pollution continue de la même manière.

IV-5 Analyse multivariante (AFC) :

Nous présentons sur la figure IV-8 l'analyse multifactorielle. Elle permet de donner une représentation synthétique et visuelle des interrelations existant entre les facteurs étudiés.

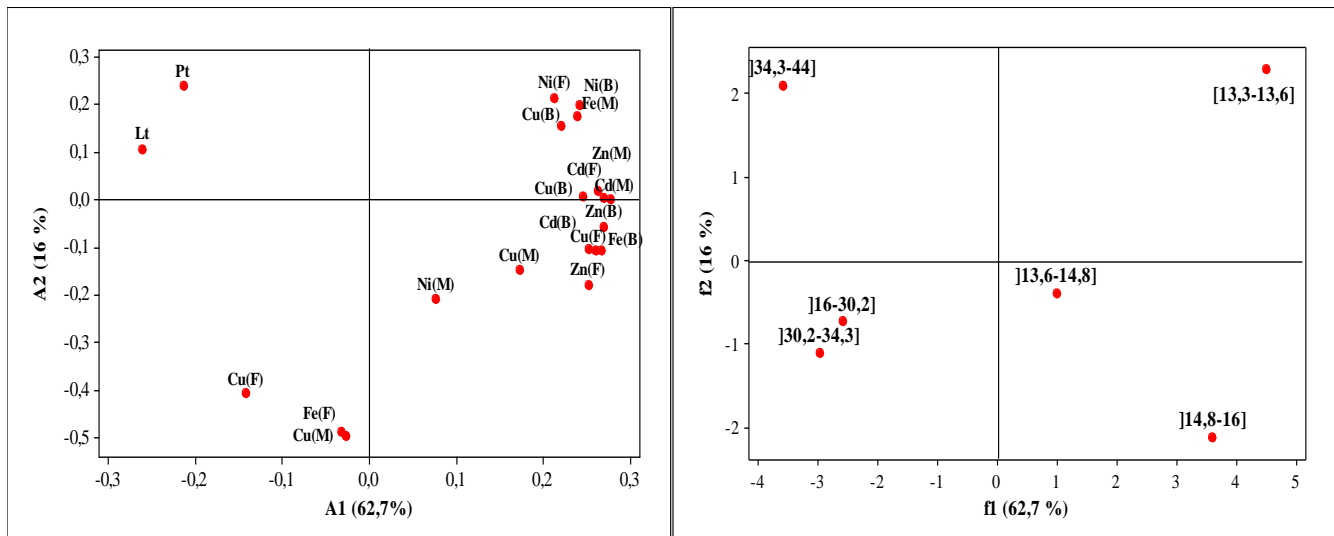


Figure IV-7 : Plan factoriel engendré par les deux premiers axes de l'analyse factorielle calculé à partir des teneurs métalliques dans les organes étudiés (muscle, branchies et foie), le poids (P) et la longueur totale (LT) des différents classes de tailles du *Mugil cephalus*

Les valeurs moyennes des teneurs métalliques au niveau des trois organes étudiées laissent voir clairement que les jeunes espèces présentent les accumulations les plus élevées par rapport aux adultes. L'analyse factorielle des correspondances (AFC) appliquée à l'ensemble des données chimiques (Lt, Pt, Fe, Zn, Cu, Ni, Pb et Cd) a permis de vérifier cette situation sur la figure IV-8. Cette analyse effectuée nous a permis de classer et de traiter les informations relatives aux éléments traces métalliques chez le *Mugil cephalus*.

La matrice d'entrée qui a été utilisée pour l'analyse multi variée appliquée pour les résultats obtenus pour les différents variables, composées de 20 colonnes Pt et Lt ,Fe-muscle Fe(M), ,Fe-branchies Fe(B), Fe-foie Fe(F), Zn-muscle Zn(M), Zn-foie Zn(F), Zn-branchies Zn(B),Cu-branchies Cu(B),Cu-muscle Cu(M), Cu-foie Cu(F), Cd-muscle Cd(M), Cd-foie Cd(F),Cd-branchies Cd(B), Ni-foie Ni(F), Ni-muscle Ni(M), Ni-branchies Ni(B), Pb-foie Pb(F), Pb-muscle Pb(M), Pb-branchies Pb(B) et de lignes qui correspondent aux 6 observations (classes de tailles) (figure IV-8).

le plan de cette analyse totalise 78,7 % de l'information totale avec une inertie de l'axe f1 de 62,7% et de l'axe f2 (16%).

On y voit clairement que les teneurs dans les classes de taille] 13,6-14,8],] 14,8-16] et [13,3-13,6] sont positivement corrélées avec l'axe f1 qui explique à lui seule 62,7% de la variabilité, alors que dans les classes]30,7-34,3],]16-30,7] et]34,3-44] sont corrélées

négativement à cette axe. Ce qui veut dire que les valeurs les plus élevées se trouvent à droite de l'axe, et les valeurs les plus faibles se trouvent à gauche de cet axe. Les points lignes qui construisent cet axe présentés par les éléments métalliques dans les organes ;, Fe-muscle Fe(M), Fe- branchies Fe(B), Cu- branchies Cu(B), Zn-foie, Zn-muscle, Zn-branchies, Cd-foie, Cd-muscle, Cd-branchies, Pb-branchies, Pb-foie, Pb-muscle, Ni-foie, Ni-branchies, Ni-muscle de coordonnées positives alors que Cu-foie Cu(F),Cu-muscle Cu(M),Fe-foie Fe(F) sont corrélées négativement à cet axe.

Les concentrations métalliques en zinc, cadmium, plomb, nickel dans les trois organes sont importante dans les classes de tailles] 13,6-14,8],]14,8-16] et [13,3-13,6] et ceci est en accord avec les résultats de l'absorption métallique.

IV-6 Dendrogramme :

Les résultats de l'analyse par groupe sont présentés sous la forme de dendrogramme en fonction de 20 variables utilisant la mesure de distance.

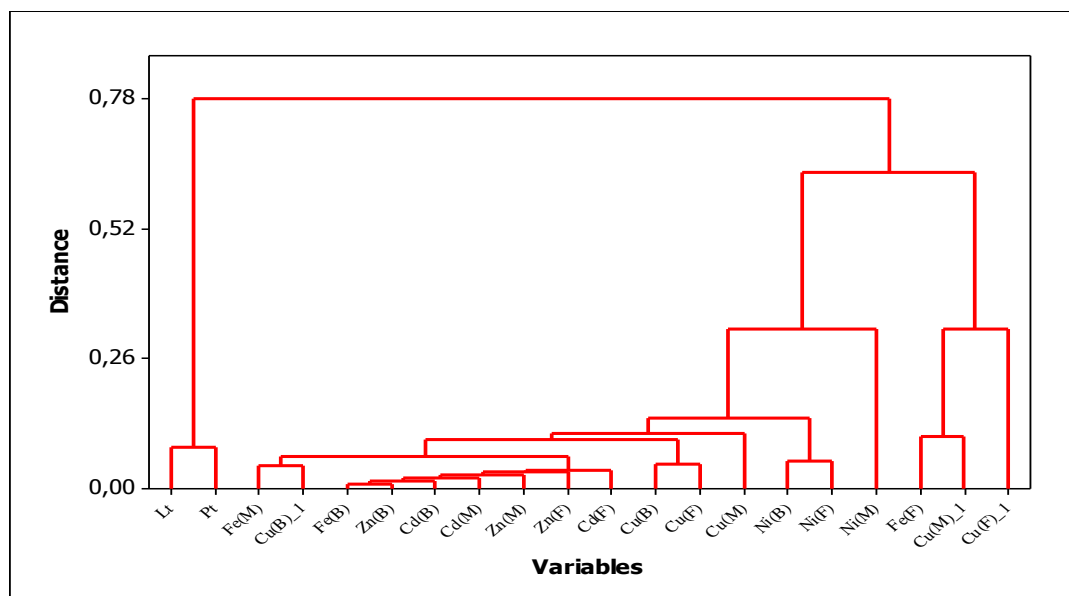


Figure IV-8 : Dendrogramme d'analyse par groupe hiérarchique des concentrations métalliques (Fe, Cu, Zn, Pb, Ni, Cd).

Les résultats de l'analyse sont présentés sous forme d'un dendrogramme qui montre des similarité entre les groupes : groupe1 (Fe(F), Cu(M), Cu(F)) à des distances de liaisons

inférieurs, mais une plus grande similarité par rapport au groupe 2 : (Fe(M), Fe(B), Cu(B), Zn(M), Zn(B), Zn(F), Cd(F), Cd(M), Cd(B), Pb(M), Pb(F), Pb(B), Ni(F), Ni(B), Ni(M) et groupe 3 : Pt, Lt. La comparaison entre les concentrations des métaux lourds indiquent qu'ils sont regroupés à différentes distances.

IV-6. Comparaison des résultats avec les autres études chez le *Mugil cephalus*

Nous comparons notre résultats avec les autres travaux sur le *Mugi cephalus* dans Les différentes régions tableau IV-4 :

Tableau IV-3 : Les concentrations en éléments métalliques (mg/kg) dans les tissus de *Mugil cephalus* de différentes régions

| | Organes | Fe | Zn | Cu | Ni | Pb | Cd | Auteurs |
|---------------------------------------|-----------|--------|--------|-------|------|-------|-------|-----------------------|
| Nos résultats | muscle | 5,39 | 4,64 | 0,28 | 0,47 | 0,43 | 0,077 | Cette étude |
| | Foie | 37 | 11,46 | 0,61 | 0,87 | 0,38 | 0,44 | |
| | branchies | 69,27 | 18,16 | 1,93 | 3,06 | 2,76 | 0,37 | |
| Baie de Béni-saf | muscle | - | 7,94 | 0,24 | - | 3,17 | 0,43 | Bouhdiba 2010 |
| | foie | - | 16,7 | 16,3 | - | 3,17 | 0,5 | |
| Baie d'Oran | muscle | - | 12,4 | 0,10 | - | 0,53 | 0,12 | |
| | foie | - | 14,7 | 25,9 | - | 1,75 | 0,25 | |
| Maroc | muscle | - | - | - | - | - | - | Meissara et al., 2014 |
| | branchies | 1025 | 39 | 9 | - | 28 | - | |
| | Foie | 224,3 | 69,8 | 83,3 | - | 11,2 | - | |
| Egypte | Foie | 626,91 | 131,87 | 30,20 | 1,17 | 1,95 | 1,11 | Azza 2003 |
| | branchies | 80,28 | 19,53 | 3,18 | 1,84 | 4,44 | 1,11 | |
| Turquie | muscle | - | 98 | 6,34 | - | 0,43 | 0,12 | Yilmaz 2009 |
| | foie | - | 199,32 | 73,91 | - | 1,63 | 0,43 | |
| Ghazaouet | | | 88.50 | 3.45 | | | 0.70 | Belarbi, 2008 |
| Saudi Arabia | muscle | - | 2.89 | 0.44 | - | 0.003 | 0.005 | Bahhari et al., 2017 |
| | branchies | - | 6.78 | 0.54 | - | 0.13 | 0.019 | |
| Teneurs maximales admissibles FAO/WHO | | - | 50 | 10 | 10 | 0,5 | 0,1 | FAO/WHO (1989) |

L'étude comparative regroupée sur le tableau IV-4 indique qu'il existe des différences de concentration entre les polluants d'une région à une autre chez le *Mugil cephalus*.

Les résultats regroupés dans ce tableau montrent que *Mugil cephalus* apparaît comme un produit non contaminée, il accumule plus les concentrations moyennes en fer et zinc.

Pour la majorité des travaux les teneurs en plomb et cadmium dépassent la valeur de référence FAO/WHO 1989.

CONCLUSION

CONCLUSION GENERALE

Conclusion Générale :

Au terme de ce travail, essentiellement consacré à l'évaluation du degré de contamination du port de Béni saf par les métaux lourds. L'étude s'est basée sur l'analyse et le suivi de six éléments métalliques (plomb, cadmium, cuivre, fer, nickel et zinc) dans les tissus (muscle, branchies, foie) du *Mugil cephalus*. En raison de sa large consommation par une grande partie de la population de la région et de son cout économique.

Les résultats obtenus, concernant les indices métriques montrent que les indices moyens pré-dorsales (ID) et pré-anales (IA) croient avec la taille des individus. Par contre l'indice moyen céphalique (IC) ne présente pas de variation avec la taille.

Nous notons que les concentrations des métaux étudiés sont influencées par le taux de leur présence au niveau marin, par le mode de pénétration des éléments métalliques et le pouvoir bioaccumulateur de chaque organe.

D'après les teneurs métalliques moyennes enregistrées dans le muscle, le foie et les branchies nous pouvons dire que:

- ✓ L'importance de l'accumulation métallique se fait selon le gradant suivant :
Branchies > foie > muscle pour Fe, Cu, Ni, Zn et Pb.
Foie > branchies > branchies pour Cd.
- ✓ Parmi les métaux dominants le fer et le zinc avec des teneurs très importantes par rapport aux autres métaux étudiés quel que soit l'organe.
- ✓ nous constatons que les teneurs métalliques moyennes de différentes classes de tailles dans les trois organes (muscle, branchies et foie) sont élevée dans les moyennes classes de tailles et dépasse la valeur recommandée selon (FAO/WHO, 1989) pour le cadmium et le plomb.
- ✓ A cet effet, nous pouvons tirer les gradients des concentrations suivants:
Muscle : Fe > Zn > Pb > Ni > Cu > Cd.
Branchies : Fe > Zn > Ni > Pb > Cu > Cd.
Foie : Fe > Zn > Ni > Cu > Pb > Cd.
- ✓ La comparaison des teneurs métalliques moyennes entre les organes montre que la consommation du muscle ne représente pas un risque pour la santé.
- ✓ La comparaison inter classe (ANOVA 1) montre qu'il y a une différence significative pour tous les métaux dans les organes sauf pour le nickel.
- ✓ analyse factorielle (AFC) montre que :

CONCLUSION GENERALE

A partir des teneurs métalliques pour les différents individus de (*Mugil cephalus*) dans les trois organes étudiés (branchies, muscle et foie), le poids (PT) et la longueur totale(LT), nous constatons que les éléments métalliques au niveau des organes : Fe-foie, Fe-muscle, Fe-branchies Cu-foie, Cu-muscle, Cu-branchies, Zn-foie, Zn-muscle, Zn-branchies, Cd-foie, Cd-muscle, Cd-branchies, Pb-branchies, Ni-foie sont présents dans les classes de tailles]13,6-14,8],] 14,8-16] et [13,3-13,6].

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

Enfin, nous souhaitons avoir apporté des éléments nouveaux permettant une continuité de ce travail en utilisant d'autres polluants dans d'autres régions.

Pour faire face aux graves problèmes de pollution que subit l'écosystème marin et trouver des solutions adéquates pour limiter l'impact de cette pollution dont les conséquences seront catastrophique sur l'environnement et par santé publique et l'économie de pays, il faut sensibiliser les autorités et établir des normes la région.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

RÉFÉRENCES:

Adriano D.C, 1986-Trace éléments in the environnements: Springer-Verlag, New York.

Adriano, D.C. 2001. Trace éléments in terres trial environnements: Biochemistry, Bioavailability and risks of metals-Springer-Verlag, New York.

Amiard-Triquet, C., Berthet,B et Martoja, R., 1991- Influence of salinity on trace metal (Cu, Zn, Ag)accumulation at the molecular, cellular and organism level in the oyster *crassostera gigas thumberg* .*biol.metals* 4 :144-150.

Bahhari A, Al-Switi I et Al-Rajab A, 2017-Concentration of Heavy Metals in Tissues of *Mugil cephalus* and *Lethrinus miniatus* from Jazan Coast, Saudi Arabia-Nature Environment and Pollution Technology 16: 647-651.

Bart V, 1990 -les poisons des lacs et rivières d’Haiti par exprt en pêche continentale. Projets d’aquaculture et des pêches continentales MARNDR/PNND/FAO-HAI.

Bernardon M, Ould Mohamed., et Vali M., 2004 - Le mullet en Mauritanie: Biologie, Ecologie, Pêche et aménagements: Fiba: P.R.C.M, U.I.C.N, Ed. Nouakchott: 9p.

Berraho A, 2006 -Ressources halieutique et potentialités aquacoles au Maroc- Edi. Okad.82p.

Bester, C. 2004: “Ichthyology at the Florida Museum of Natural History” (On-line) Accessed October 16. 2005.

Birge et Black, 1980 -Aquatic toxicology of nickel- In Nickel in the Environment, Nriagu, J.O., Ed. Wiley & Sons: New York, 349–366.

Bisson M., Hulot C., Lacroix G., Lefevre J.P., Magoud H., Oberson Geneste D., Morin A., Pepin G., 2003. Plomb et ses dérivés.90p..

Bodin, N., 2005 -Contamination des crustacés décapodes par les composés organohalogénés : Etude détaillée de la bioaccumulation des PCB chez l’araignée de mer *Maja Brachudactyla*- Thèse de doctorat : Océanologie Biologique, 309p.

Boisclair D, 1988 –Among population variability in fish growth rates : the influence of food consumption, prey type, and fish community-Ph.D.thesis, Mc Gill university, Montréal, Québec.

Bouguerra L 1985- Les poissons du tiers monde. Edition la découverte- paris. 265p.

Bruslé S. 1982 - Contribution à la connaissance de la sexualité des poissons téléostéens marins gonochoriches (Mugilidés) et hermaphrodites (serranidés)-Thèse d’état. Univ. Perpignan, 360p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

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

Canli et al, 2002-The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species- Environmental pollution, 121, 129–136.

Canli, M. Atli, G. (2003) -The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Med-fish species. Environ. Pollut, 121 (1), 129–136.

Casas., 2005 -Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *mytilus galloprovincialis*, en milieu méditerranéen- Thèse de doctorat : Océanologie biologique, Environnement marin, 314p.

Chen, M.-H. (2002) -Baseline metal concentrations in sediments and fish, and the determination of bioindicators in the subtropical-Chi-ku Lagoon, S.W. Taiwan, Mar. Pollut. Bull, 44, 703 -714.

Chiffolleau J.F., Claisse D., Cossa D., Ficht A., Ganzalez J.L., Guyot T., Michel P., Miramand P., Oger C., Pett F., 2001-La contamination métallique, EDT Ifremer, 39 P.

Cossa D., Auger D., Averty B., Lucon M., Masselin P., Noel J. **1992**- Flounder (*Plattichthys flesus*) muscle as an indicator of metal and organochlorine contamination of French Atlantic Coastal waters-Ambio. 21,176–82.

Dallas et Day, 1993-The effect of water quality variables on riverine ecosystems:A review.Water Research Commission Report, No. 351, 240 p.

De Silva, S.S. (1980): Biology of juvenile grey mullet: a short review. Aquaculture 19, 21-30.

Dural, M., Goksu, M.Z.L., Ozak, A.A. 2007-Investigation of heavy metal levels in economically important fish species captured from the Tuzla Lagoon- Food Chem, 102, 415-421.

Erdogrul, Ö., & Erbilir, F. 2007- Heavy metal and trace elements in various fish samples from Sir dam lake, Kahramanmaras, Turkey-Environmental Monitoring and Assessment, 130, 373–379

Eschmeyer, W.N; E.S. Herald and H. Hamman, 1983 – A field guide to Pacific coast fishes of North America- Houghton Mifflin Company, Boston, U.S.A.336p.

FAO, 1985-Species identification sheets: *MUGIL vala* 3, fishing area 51 (W.Indian Ocean), 8p.

FAO/WHO. 1989-Evaluation of certain food additives and the contaminants mercury- lead and cadmium, WHO Technical Report, Series No. 505.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

FAO-UNEP, 1993-Report of the FAO/UNEP/IAEA training workshop on the design of monitoring programmes and management of data concerning chemical contaminants in marine organisms-Athens, 247p.

Fedorov, V.V; I.A.Chreshnev, M.V.Nazarkin, A.V.Shestakov and V.V.Volobuev, 2003 – Catalog of marine and freshwater fishes of the northern part of the Sea of Okhotsk-Vladivostok: Dalnauka.204p.

Fergusson J. E., 1980- Heavy metals pollution by traffic in Choustchurch, New Zealand : Lead and cadmium content of dust, soil, and plants-New Zealand journal of science. 23, 2830p.

Ferreira A. M, Costa P, Caetano H, E and Vale C, 1994 - Accumulacao de compostos organo clorados metais en peixep provimientes de viveiros do estuario do sado. Semrninario sobre recursos halieuticos, ambiente, aquacultura e qualidate do pescado da peninsula de Setubal. Setubal Portugal, 26 à 27 de abril 1991, Instuto portuges de investigacao Mritima (Ipimar) Lisboa: 121-130.

Galaf et Ghannam, 2003-«Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu»-Mémoire de troisième cycle présenté pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en agronomie-Institut agronomique vétérinaire Hassan II. Rabat. 2p.

Gaujous D, 1995- La pollution des milieux aquatiques. Aide-mémoire-Edt. Lavoisier. Paris. 220p.

Guendouzi Y. 2011-« Contribution à l'étude de l'impact de la pollution chimique sur l'herbier.

Guillaume. J., Kanshik S, Bergot P et Metailler R., 1999- Nutrition et alimentation des poissons et crustacés, coéd. INRA-Editions. P224-228.

Guy L., Vierling E., 2007-Microbiologie et toxicologie des aliments-hygiène et sécurité alimentaires-4ème Edit Doin. 268P.

Hellawel, 1986.-Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management- Elsevier: London, pp. 546.

Hemida, F., 1987- Contribution à l'étude de *l'anchois Engraulis encrasicolus* (Linné, 1758) dans la région Algéroise, biologie et exploitation-Thèse de Magistère en halieutique U.S.T.H.B Alger: pp138.

Ifremer, 2001-Evaluation de la qualité des eaux basée sur l'utilisation de stations artificielles de moules en Méditerranée: résultats de la campagne 2000- Réseau Intégrateurs Biologiques (RINNBIO). 93p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

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

Kargin, F., et Erdem, C. 1991- Accumulation of copper in liver, spleen, stomach, intestine, gill and muscle of *Cyprinus carpio*, *Doga*- Turkey Journal of Zoology, 15, 306–314.

Keith P., Le Bail O. Y., ET Planquette P, 2000-Atlas des poissons d'eau douce de Guyane (Tome2, Fascicule D)-Pub. Sci. Muséum. Nat. Hist. Nat. Paris : 286p.

Keith Vigneux E ; Marquet G, 2002-Atlas des poissons et des crustacés d'eau douce de la Polynésie Française-Publication scientifique du M.NHN : 55-60p.

Khangarot, B.S., Ray, P.K. 1990-Correlation between heavy metal acute toxicity values in *Daphnia magna* and fish- B. Environ. Contam.Toxi. 38, 722–726

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

Liao IC, 1981 - Cultivation methods. Aquaculture of grey mullets Cambridge- University. Press. In: Oren O. H. Ed. 361-389p.

Links J.M., Schwartz B.S., Simon D., Bandeen-Roche K., Stewart W.F., 2000-Characterization of toxicokinetics and toxicodynamics with linear systems theory: application to lead-associated cognitive decline- Environ. Health Perspect. 109 : 361–368.

Loué A, 1993-Oligo-éléments en agriculture- Ed. Nathan (Ed), 45-177p.

Mckenzie A. B, 1997-Isotope evidence of the relative retention and mobility of lead, and radiocesium in swtish ombrophicpeats- Sci Total Environ, 203(2),115-127p. .

Meissara1 A, Fekhaouil M, El Morhit1 M , Waeles M, El Abidi3 A et Yahyaoui A ,2014 -Tissular distribution of heavy metals in the mugil cephalus of the moulay Bousselham lagoon (Morocco)- International Journal of Science and Knowledge 3: 18-26 .

Millot et Taupierletage., 2005.-Etude de la bioaccumulation métallique sur le littoral de Honaine par utilisation d'une espèce de poisson La petite roussette(*scyliorhinus canicula*)- Mémoire Master en Pathologie des Ecosystèmes.Univ.Tlemcen.10p.

Miquel M. 2001-Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques-Rapport Sénat N°261 :360p.

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

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Ould Mohamed vali, M, 2004 –Etude de la dynamique des systèmes d’exploitations et de l’éco biologie de la reproduction, de trois mugilidés : *Mugil cephalus* (linnaeus, 1758), *Liza aurata* (perugia, 1892) et *Mugil cappurrii* (risso, 1810).analyse de leurs stratégies d’occupations des secteurs littoraux mauritaniens et de leurs possibilités d’aménagement- Thèse de Doctorat en sciences, Université de Nice- Sop.

Pauly. D., 1983-Some simple methods for the assessment of tropical fish stock-FAO Fish. Tech. Pap. No. 234. pp: 52.

Phillips, D. J. H et P. S. Rainbow, 1977 -Biomonitoring of trace aquatic contaminants- Aldem Press Ltd, Oxford.

Pichard A., Bison M., Diderich R., Doomaert B., Lacroix G., Lefevre J. P., Leveque S., Magaud H., Morin A., Oberon D., Pepin G., Tissot S., 2005- Cadmium et ses dérivés. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques- INERIS, P60.

Picota A, 2003-Intoxication de l'organisme par les métaux lourds et autres toxiques- Conférence ADNO. Paris: 13p.

P.N.U.E.1995-(programme des nations unies pour l’environnement). «Programme d’action mondiale pour a protection du milieu marin contre la pollution due aux activités terrestres ».

P.N.U.E. 2004-Programme des nations unies pour l’environnement. « Mer et océans-morts ou vivant ? La mer méditerranée ». Publié par PNUE.Bruxelles.Edit.Spéciale.16p

Ramade F, 1998- Dictionnaire encyclopédique des sciences de l’eau. Ed. Science Paris.785

Ramade F. 2011-Introduction à l’écochimie, les substances chimiques de l’écosphère à l’homme. Lavoisier. 828p.

Randall .D, B. EDDY & D. MACKINLAY., 2000-Ion transfer across fish gills International Congress on the Biology of Fish- University of Aberdeen, Scotland.p42

Ricoux C., Gasztowtt B., 2005-Evaluation des risques sanitaires liés à l’exposition de forts consommateurs de produits de la pêche de rivières contaminées par des toxiques de l’environnement- InVS, 124p.

Robins, C.R. and G.C. Rayon, 1986- A field guide to Atlantic coast fishes of North America. Houghton Mifflin Company-Boston, U.S.A.354p.

Rodier J., 1996-L’analyse de l’eau. Eaux naturelles - Eaux résiduaires – Eaux de mer. 8ème Edt. Dunod. 1383 P.

Roesijadi, G. & Robinson, W. E. 1994- Metal regulation in aquatic animals: Mechanisms of uptake, accumulation, and release-In D. C. Malins, & G. K. Ostrander (Eds.), Aquatic toxicology (pp. 385–420). Boca Raton: Lewis.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Sauriau P.G, 1990 - Etude scientifique des causes et caractères de mortalité du mullet dans l'estuaire de la Loire-Synthèse biologique bilan des mortalités 1989, revue bibliographique. Univ. De Nantes, Laboratoire de biologie marine. 153 p.

Smith, M.M and J.L.B. Smith, 1986 – Mugilidae. p. 714-720. In M.M.Smith and P.C. Heemstra (Eds) *Smiths sea fishes*. Springer-Verlag. Berlin

SNODGRASS, W.F. (1980)-Distribution and behaviour of Nickel in aquatic environment- In *Nickel in the Environment*, Nriagu, J.O., Ed. Wiley & Sons: New York, 203– 274.

Sorensen, E.M, 1991-Metal Poisoning in Fish. VI. Cadmium-CRC Press: Boca Raton, FL., 175–234.

Tepe, Y., Türkmen, M., & Türkmen, A. 2008- Assessment of heavy metals in two commercial fish species of four Turkish seas-*Environmental Monitoring and Assessment*, 146, 277–284.

Thomson, J.M.1963- synthèse des données sur le *Mugil cephalus* de Linnaeus 1758 mullet gris-Division de la CSIRO de pêche et d'océanographie, synthèse 1.65p.

Vila A, 1998- «Elément de toxicologie. Technique et documentation». Lavoisier. Paris. 117-319p

Weatherley A,H et Gill H,S,1987 –*The biology of fish growth*- Academic press-London, Toronto. 443p. ISBN 0-12-739055-3

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

Wong, v.w.t et Rainbow, P.S.1986-Apparent and real variability in the presence of metal contents of metallothioneins in the crab *Carcinus maenas* including the effect of isolation procedure and metal induction-*Comp. Biochem. Physiol.* 83, A., 157–177.

ANNEXES

ANNEXES

Annexe 1: Indices moyens (IC, ID, IA) de chaque classe de taille

| LT (cm) | IC | IA | ID |
|---------------------|--------------|--------------|---------------|
| [13,3-13,6] | 19,548±0,929 | 54,691±1,874 | 37,365±1,468 |
|] 13,6-14,8] | 20,094±1,061 | 55,829±1,771 | 40,735± 5,962 |
|] 14,8-16] | 20,501±0,917 | 55,532±1,083 | 37,469±1,560 |
|] 16-30,7] | 23,178±0,269 | 59,092±2,495 | 41,841± 0,965 |
|] 30,7-34,3] | 22,813±1,575 | 57,356±1,586 | 41,187±1,354 |
|] 34,3-44] | 19,120±2,297 | 56,772±0,230 | 40,726±2,268 |

Annexe 2 : Longueurs totales et les poids totaux de chaque classe de taille.

| <i>Mugil cephalus</i> | LT (cm) | PT (g) | ln (Lt) | Ln (Pt) |
|-----------------------|----------------|---------------|----------------|----------------|
| [13,3-13,6] | 13,52 | 20,33 | 2,60 | 3,01 |
|] 13,6-14,8] | 14,55 | 26,86 | 2,67 | 3,29 |
|] 14,8-16] | 15,35 | 31,15 | 2,73 | 3,43 |
|] 16-30,2] | 28,9 | 196,34 | 3,36 | 5,27 |
|] 30,2-34,3] | 32,66 | 294,75 | 3,48 | 5,68 |
|] 34,3-44] | 40,5 | 784,36 | 3,70 | 6,66 |

ANNEXES

Annexe 3 : les teneurs métalliques en (Fe, Zn, Cu, Ni, Pb, Cd) dans les branchies du Mugil cephalus

| Classes de tailles | L _T | Fe | | Zn | | Cu | | Ni | | Pb | | Cd | |
|--------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | mg/L | mg/kg | mg/L | mg/kg | mg/L | mg/kg | mg/L | mg/kg | mg/L | mg/kg | mg/L | mg/kg |
| [13,3-13,6] | 13,3 | 1,35 | 13,08 | 0,3 | 2,90 | 0,03 | 0,29 | 0,02 | 0,19 | 0,04 | 0,38 | 0 | 0 |
| | 13,5 | 0,22 | 3,23 | 0,37 | 5,44 | 0,026 | 0,38 | 0,05 | 0,80 | 0 | 0 | 0,01 | 0,14 |
| | 13,6 | 0,46 | 8,64 | 0,73 | 13,7 | 0,014 | 0,26 | 0,018 | 0,33 | 0,002 | 0,037 | 0,017 | 0,31 |
|] 13,6-14,8] | 14,4 | 0,26 | 8,02 | 0,18 | 5,55 | 0,022 | 0,67 | 0,033 | 1,01 | 0,03 | 0,92 | 0 | 0 |
| | 14,5 | 0,17 | 4,42 | 0,25 | 6,51 | 0,048 | 1,25 | 0,026 | 0,67 | 0,01 | 0,26 | 0 | 0 |
| | 14,5 | 0,24 | 3,09 | 0,46 | 5,92 | 0,014 | 0,18 | 0,045 | 0,59 | 0 | 0 | 0,013 | 0,16 |
| | 14,8 | 0,15 | 4,16 | 0,018 | 0,5 | 0,018 | 0,5 | 0,019 | 0,52 | 0 | 0 | 0,003 | 0,083 |
|] 14,8-16] | 15 | 0,27 | 7,75 | 0,85 | 2,44 | 0,015 | 0,43 | 0,025 | 0,71 | 0,01 | 0,28 | 0,001 | 0,028 |
| | 15 | 0,5 | 11,46 | 0,42 | 9,63 | 0,025 | 0,57 | 0,017 | 0,38 | 0,029 | 0,66 | 0,014 | 0,32 |
| | 15,4 | 0,27 | 4,21 | 0,62 | 9,68 | 0,01 | 0,15 | 0,009 | 0,14 | 0,059 | 0,92 | 0,017 | 0,26 |
| | 16 | 0,3 | 4,77 | 0,38 | 6,05 | 0,023 | 0,36 | 0,055 | 0,87 | 0,07 | 1,11 | 0 | 0 |
|] 16-30,2] | 27,5 | 1,05 | 5,26 | 1,43 | 7,16 | 0,021 | 0,10 | 0,028 | 0,14 | 0,028 | 0,14 | 0 | 0 |
| | 29 | 1,08 | 5,06 | 0,68 | 3,18 | 0,027 | 0,12 | 0,051 | 0,23 | 0,12 | 0,56 | 0,001 | 0,004 |
| | 30,2 | 0,83 | 4,83 | 0,42 | 2,44 | 0,04 | 0,23 | 0,052 | 0,30 | 0,26 | 1,51 | 0,02 | 0,11 |
|] 30,2-34,3] | 30,7 | 0,001 | 0,002 | 0,24 | 0,61 | 0,29 | 0,07 | 0,04 | 0,10 | 0,23 | 0,59 | 0,026 | 0,06 |
| | 33 | 1,38 | 3,54 | 0,61 | 1,56 | 0,022 | 0,56 | 0,17 | 0,43 | 0,069 | 0,17 | 0,001 | 0,002 |
| | 34,3 | 0,93 | 5,69 | 0,66 | 4,04 | 0,052 | 0,31 | 0,24 | 1,47 | 0,072 | 0,44 | 0 | 0 |
|] 34,3-44] | 34,5 | 0,8 | 1,21 | 0,65 | 0,98 | 0,021 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,032 | 0,04 | 0 | 0 |
| | 44 | 2,1 | 4,97 | 1,42 | 3,36 | 0,047 | 0,11 | 0,15 | 0,38 | 0,17 | 0,40 | 0,019 | 0,044 |
| | 43 | 2,4 | 5,67 | 1,26 | 3,50 | 0,02 | 0,05 | 0,14 | 0,35 | 0,11 | 0,30 | 0,016 | 0,044 |

ANNEXES

Annexe 4 : les teneurs métalliques en (Fe, Zn, Cu, Ni, Pb, Cd) dans les branchies du Mugil cephalus pour les différentes classes de taille.

| Classe de taille | LT | Fe | | Zn | | Cu | | Ni | | Pb | | Cd | |
|------------------|------|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| | | mg/L | mg/kg | mg/L | mg/kg | mg/L | mg/kg | mg/L | mg/kg | mg/L | mg/kg | mg/L | mg/kg |
| [13,3-13,6] | 13,3 | 1,38 | 215,62 | 0,26 | 40,62 | 0,035 | 5,46 | 0,075 | 11,71 | 0,029 | 4,53 | 0,03 | 1,74 |
| | 13,5 | 0,51 | 60,71 | 0,16 | 19,04 | 0,022 | 2,61 | 0,042 | 5 | 0,037 | 4,40 | 0 | 0 |
| | 13,6 | 0,86 | 126,4 | 0,34 | 50 | 0,017 | 2,5 | 0,045 | 6,61 | 0,061 | 8,97 | 0,016 | 1 |
|] 13,6-14,8] | 14,4 | 1,25 | 94,6 | 0,24 | 18,18 | 0,028 | 2,12 | 0,051 | 3,86 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 14,5 | 0,39 | 57,35 | 0,18 | 26,47 | 0,057 | 8,38 | 0,057 | 8,38 | 0,022 | 3,23 | 0 | 0 |
| | 14,5 | 0,77 | 87,5 | 0,025 | 2,84 | 0,039 | 4,34 | 0,045 | 5,11 | 0,0032 | 0,36 | 0,04 | 1,88 |
| | 14,8 | 1,03 | 73,57 | 0,24 | 17,14 | 0,025 | 1,78 | 0,027 | 1,92 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|] 14,8-16] | 15 | 1,35 | 153,40 | 0,16 | 18,18 | 0,019 | 2,15 | 0,026 | 2,95 | 0 | 0 | 0,013 | 0,49 |
| | 15 | 1,14 | 285 | 0,30 | 75 | 0,028 | 7 | 0,024 | 6 | 0,015 | 3,75 | 0,016 | 0,90 |
| | 15,4 | 1,12 | 96,55 | 0,35 | 30,17 | 0,017 | 1,46 | 0,012 | 1,03 | 0,008 | 0,68 | 0,013 | 0,36 |
| | 16 | 1,58 | 158 | 0,53 | 53 | 0,013 | 1,3 | 0,027 | 2,7 | 0,13 | 13 | 0,036 | 1,16 |
|] 16-30,2] | 27,5 | 1,95 | 16,19 | 0,47 | 3,90 | 0,053 | 0,44 | 0,013 | 0,10 | 0,41 | 3,40 | 0,03 | 0,48 |
| | 29 | 0,88 | 9,05 | 0,35 | 3,60 | 0,03 | 0,30 | 0,046 | 0,47 | 0,23 | 2,36 | 0,029 | 0,31 |
| | 30,2 | 0,35 | 3,47 | 0,35 | 3,47 | 0,013 | 0,12 | 0,008 | 0,07 | 0,039 | 0,38 | 0,012 | 0,09 |
|] 30,2-34,3] | 30,7 | 0,64 | 9,03 | 0,73 | 10,31 | 0,017 | 0,24 | 0,022 | 0,31 | 0,036 | 0,50 | 0,05 | 0,50 |
| | 33 | 0,93 | 8,70 | 0,091 | 0,85 | 0,042 | 0,39 | 0,18 | 1,68 | 0,2 | 1,87 | 0,012 | 0,019 |
| | 34,3 | 0,6 | 7,009 | 0,31 | 3,62 | 0,027 | 0,31 | 0,22 | 2,57 | 0,16 | 1,86 | 0 | 0 |
|] 34,3-44] | 34,5 | 2,19 | 5,36 | 0,63 | 1,54 | 0,068 | 0,16 | 0,14 | 0,34 | 0,4 | 0,98 | 0,033 | 0,07 |
| | 44 | 3,37 | 22,11 | 0,88 | 5,77 | 0,091 | 0,59 | 0,2 | 1,31 | 0,43 | 2,82 | 0,027 | 0,05 |
| | 43 | 1,61 | 8,54 | 0,64 | 3,39 | 0,026 | 0,13 | 0,17 | 0,90 | 0,36 | 1,91 | 0,033 | 0,03 |

ANNEXES

Annexe 5 : les teneurs métalliques en (Fe, Zn, Cu, Ni, Pb, Cd) dans le foie du Mugil cephalus pour les différentes classes de taille.

| Classe de taille | LT | Fe | | Zn | | Cu | | Ni | | Pb | | Cd | |
|------------------|------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | mg/L | mg/kg | mg/L | mg/kg | mg/L | mg/kg | mg/L | mg/kg | mg/L | mg/kg | mg/L | mg/kg |
| [13,3-13,6] | 13,3 | 0,48 | 25,90 | 0,14 | 8,13 | 0,019 | 1,10 | 0,019 | 1,10 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 13,5 | 0,63 | 31,5 | 0,26 | 13 | 0,021 | 1,05 | 0,021 | 1,05 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 13,6 | 0,95 | 59,37 | 0,47 | 29,37 | 0,012 | 0,75 | 0,012 | 0,75 | 0 | 0 | 0,014 | 2,05 |
|] 13,6-14,8] | 14,4 | 0,26 | 9,70 | 0,086 | 3,20 | 0,021 | 0,78 | 0,021 | 0,78 | 0,05 | 1,86 | 0 | 0 |
| | 14,5 | 1,02 | 45,53 | 0,4 | 17,85 | 0,046 | 2,05 | 0,046 | 2,053 | 0 | 0 | 0,004 | 0,58 |
| | 14,5 | 0,91 | 42,92 | 0,29 | 13,67 | 0,019 | 0,89 | 0,019 | 0,89 | 0 | 0 | 0,005 | 0,56 |
| | 14,8 | 0,65 | 18,89 | 0,3 | 8,72 | 0,02 | 0,58 | 0,02 | 0,58 | 0 | 0 | 0 | 0 |
|] 14,8-16] | 15 | 3,58 | 105,60 | 1,32 | 50 | 0,068 | 2,57 | 0,068 | 2,57 | 0 | 0 | 0,011 | 1,25 |
| | 15 | 0,61 | 34,65 | 0,38 | 21,59 | 0,026 | 1,47 | 0,026 | 1,47 | 0 | 0 | 0,006 | 1,5 |
| | 15,4 | 0,89 | 25,28 | 0,56 | 15,90 | 0,01 | 0,28 | 0,01 | 0,28 | 0,026 | 0,73 | 0,018 | 1,55 |
| | 16 | 0,91 | 29,54 | 0,36 | 11,68 | 0,01 | 0,32 | 0,01 | 0,32 | 0,028 | 0,90 | 0 | 0 |
|] 16-30,2] | 27,5 | 3,72 | 60,38 | 0,8 | 12,98 | 0,027 | 0,43 | 0,027 | 0,43 | 0,068 | 1,10 | 0,004 | 0,03 |
| | 29 | 5,82 | 63,91 | 0,61 | 6,68 | 0,029 | 0,31 | 0,029 | 0,31 | 0,066 | 0,72 | 0,015 | 0,15 |
| | 30,2 | 6,03 | 45,82 | 0,84 | 6,38 | 0,018 | 0,13 | 0,018 | 0,13 | 0,076 | 0,57 | 0,005 | 0,04 |
|] 30,2-34,3] | 30,7 | 3,64 | 36,69 | 0,75 | 7,56 | 0,011 | 0,11 | 0,011 | 0,11 | 0,03 | 0,30 | 0 | 0 |
| | 33 | 8,61 | 13,95 | 1,2 | 1,94 | 0,027 | 0,043 | 0,027 | 0,043 | 0,079 | 0,12 | 0,001 | 0,009 |
| | 34,3 | 3,99 | 29,68 | 0,59 | 4,38 | 0,028 | 0,20 | 0,028 | 0,20 | 0,087 | 0,64 | 0 | 0 |
|] 34,3-44] | 34,5 | 5,48 | 2,60 | 1,62 | 3,72 | 0,037 | 0,08 | 0,037 | 0,08 | 0,065 | 0,14 | 0,018 | 0,04 |
| | 43 | 10,13 | 22,09 | 0,3 | 0,65 | 0,058 | 0,12 | 0,058 | 0,12 | 0,18 | 0,39 | 0,017 | 0,11 |
| | 44 | 10,35 | 12,16 | 3,91 | 4,59 | 0,033 | 0,03 | 0,033 | 0,03 | 0,18 | 0,21 | 0,023 | 0,12 |

ANNEXES

Annexe 6 : les teneurs moyennes en éléments métalliques dans chaque organe (muscle, branchies, foie).

| Moyennes | Fe | Zn | Cu | Pb | Cd | Ni |
|-----------|---------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Muscle | 5,399±1,892 | 4,649±2,078 | 0,286±0,215 | 0,430±0,249 | 0,077±0,061 | 0,472±0,231 |
| Branchies | 69,270±71,684 | 18,160±17,986 | 1,933±1,825 | 2,767±1,970 | 0,370±0,423 | 3,061±2,845 |
| Foie | 37,367±15,636 | 11,468±8,205 | 0,619±0,503 | 0,381±0,238 | 0,442±0,352 | 0,872±0,635 |

Annexe 7 : les résultats ANOVA1 en éléments métalliques par rapport à chaque organe (la valeur de P).

| | Fe | Zn | Cu | Ni | Pb | Cd |
|-----------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Muscle | 0,45 | 0,026 | 0,126 | 0,085 | 0,23 | 0,002 |
| Branchies | 0,0017 | 0,0011 | 0,049 | 0,19 | 0,007 | 0,166 |
| Foie | 0,0064 | 0,0028 | 0,037 | 0,38 | 0,013 | 0,014 |

ANNEXES

Annexe 8 : les concentrations moyennes en éléments traces métalliques dans chaque organe pour l'analyse AFC et dendrogramme.

| Métal | [13,3-13,6] |]13,6-14,8] |]14,8-16] |]16-30,2] |]30,2-34,3] |]34,3-44] |
|-------|-------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|
| Fe(M) | 8,321102 | 4,92780622 | 7,05558267 | 3,44292147 | 4,69369803 | 3,95433314 |
| Zn(M) | 7,35665258 | 4,62345182 | 6,95350292 | 3,6574596 | 2,68632922 | 2,61812867 |
| Cu(M) | 0,3120695 | 0,65235618 | 0,38173025 | 0,10219811 | 0,2027513 | 0,06625547 |
| Ni(M) | 0,14173029 | 0,29658565 | 0,74725465 | 0,43197195 | 0,71120491 | 0,25239435 |
| Pb(M) | 0,14173029 | 0,29658565 | 0,74725465 | 0,43197195 | 0,71120491 | 0,25239435 |
| Cd(M) | 0,1555359 | 0,06271478 | 0,15386539 | 0,02390025 | 0,0397065 | 0,0298415 |
| Fe(B) | 134,269958 | 78,2803349 | 173,240204 | 11,4296864 | 6,39647773 | 12,0087185 |
| Zn(B) | 36,5575397 | 16,1590432 | 44,088558 | 5,938404 | 2,64859249 | 3,57180782 |
| Cu(B) | 3,52926587 | 4,18027438 | 2,98115204 | 0,32965144 | 0,27921575 | 0,30059459 |
| Ni(B) | 0,14173029 | 0,29658565 | 0,74725465 | 0,43197195 | 0,71120491 | 0,25239435 |
| Pb(B) | 5,96886671 | 0,89973262 | 4,35991379 | 2,09334844 | 1,37624094 | 1,9042475 |
| Cd(B) | 0,68627451 | 0,28910428 | 1,07543103 | 0,06251453 | 0,01965549 | 0,09258229 |
| Fe(F) | 39,5939922 | 29,264271 | 56,2736742 | 53,6329828 | 29,819422 | 15,6223736 |
| Zn(F) | 16,8381783 | 10,8665684 | 24,7970779 | 9,07869778 | 4,23904137 | 2,99199196 |
| Cu(F) | 0,96821705 | 1,07869382 | 1,16544913 | 0,28906041 | 0,12961913 | 0,08347022 |
| Ni(F) | 2,04060078 | 1,09364431 | 0,66017316 | 0,54216293 | 0,66889793 | 0,23162456 |
| Pb(F) | 0 | 0,46641791 | 0,41193182 | 0,70999989 | 0,45094215 | 0,25124325 |
| Cd(F) | 0,91472868 | 0,47169811 | 0,73491613 | 0,43634257 | 0,03687602 | 0,0578615 |

ملخص

ركزت دراستنا الحالية على تقييم التلوث بالمعادن (الحديد، الزنك، النحاس، النيكل، الكاديوم، الرصاص) في سمك البوري (*Mugil cephalus* L.1758) المصطاد في ميناء بني صاف ولاية عين تموشنت. الذي هو بدوره سمك قاعي متواجد بكثرة في المياه البحرية الجزائرية و هو محبوب من طرف المستهلكين الجزائريين. وجرى أخذ العينات خلال شهر فبراير 2017. وسجلت الأوزان والأحجام. تم إجراء تشريح على عشرين فردا. واتخذت باعتبار ثلاث اعضاء : الكبد، الجهاز الأبيض، الخياشيم أول عضو للاتصال مع البيئة البحرية و العضلات الجانبية كعضو مستهلك من طرف الانسان. تم تحديد تركيزات المعادن الثقيلة بواسطة الامتصاص الذري بجهاز (FAAS) في مختلف الأعضاء. نسبة تراكم المعادن في الخياشيم عموما اكبر من الكبد والعضلات مهما كان نوع المعدن ما عدا معدن الكاديوم في الكبد والخياشيم والعضلات، مع تجاوز لوحظ بالنسبة للقيمة المرجعية عند الرصاص و الكاديوم. كشفت نتائج المعالجة إحصائيا فرق كبير بين مختلف الاصناف. مستويات متوسط تركيزات المعادن في العضلات لا تشكل خطرا على المستهلك.

الكلمات المفتاحية: البوري، المعادن الثقيلة، التلوث، ميناء بني صاف

RESUME

Notre présente étude a portée sur l'évaluation de la pollution métallique (Fe, Zn, Cu, Ni, Cd, Pb) chez le mulot (*Mugil cephalus* L.1758) pêché dans le port de Béni saf (W. de Ain Témouchent). Ce poisson benthique, reflète très bien la qualité de son biotope. C'est une espèce très abondante dans les eaux côtières algérienne et fortement très apprécié par le consommateur algérien.

L'échantillonnage a été réalisé pendant le mois de février 2017. Le poids et les différentes tailles ont été relevés. Une dissection a été réalisée sur les vingt individus. Trois organes ont été pris en considération : le foie, organe de métabolisme, les branchies premières organes de contact avec le milieu marin 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 (SAAF) dans les différents organes.

L'accumulation métallique par les branchies est en général supérieure à celle du foie et le muscle, quel que soit le métal sauf le cadmium : foie, branchies et muscle, avec un dépassement observé par rapport aux valeurs de références en particulier pour le plomb et le cadmium.

Les résultats obtenus traités statistiquement révélés une différence significative entre les classes de tailles. Les niveaux des concentrations moyennes des métaux dans le muscle ne présentent pas un risque pour le consommateur.

Mots clés : *Mugil cephalus*, métaux lourds, pollution, port de Béni saf

ABSTRACT

Our present study concerned the evaluation of the metallic pollution (Fe, Zn, Cu, Ni, Cd, Pb) in millet (*Mugil cephalus* L.1758) fished in the port of Beni saf (W. de Ain Témouchent). This benthic fish reflects very well the quality of its biotope. It is a very abundant species in Algerian coastal waters and highly appreciated by the Algerian consumer.

The sampling was carried out during the month of February 2017. The weight and the different sizes were recorded. A dissection was performed on the 20 individuals. Three organs have been taken into consideration: the liver, the organ of metabolism, the gills first organ of contact with marine environment and the muscle representing the part consumed by man. Heavy metal concentrations were determined by flame atomic absorption spectrophotometry (SAAF) in the various organs.

The metal accumulation by the gills is generally superior to that of the liver and the muscle, whatever the metal except cadmium: liver, gills and muscle, with an overshoot compared to the reference values especially for lead and Cadmium.

The results obtained statistically revealed a significant difference between the size classes. The levels of the average metal concentrations in the muscle do not pose a risk to the consumer.

Keywords: *Mugil cephalus*, heavy metals, pollution, port of Beni Saf.