

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

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



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR EN SCIENCES DE LA MER

OPTION : Environnement

Thème :

**Etude de la bioaccumulation des métaux
traces par trois poissons démersaux dans
le golfe de Ghazaouet**

Présenté par :

NAAB Yamina

Soutenu le 25/10/2017 devant le jury suivant :

M. BOULAHID M.

M. INAL A.

Mme BENTCHIKOU L.

M. MEKNACHI A.

Professeur (ENSSMAL)

Attaché de Recherche (CNRDPA)

Maitre-assistant (ENSSMAL)

Attaché de recherche (CNRDPA)

Président

Promoteur

Examinatrice

Examinateur

Promotion : 2017

Remerciements

C'est un plaisir autant qu'un devoir d'exprimer mes gratitudee à toutes les personnes ayant contribué, chacune à sa manière, pour le bon déroulement de ma formation, et la réalisation de ce modeste travail.

- Je tiens à remercier vivement Monsieur M.BOULAHIDID d'avoir, accepté de présider ce jury.
- Je remercie Madame L.BENTCHIKOU et Monsieur A.MEKNACHI d'avoir acceptés d'examiner et corriger ce travail.
- Mes vifs remerciements au Monsieur A.INAL d'avoir accepté de m'encadré dans la réalisation de ce travail et pour sa patience et son encouragement.
- Mes vifs remerciements vont aux membres de laboratoire de l'ENSSMAL à la station de Sidi Fredj, et très particulièrement Mlle OUNADI, M^{me} EDALIA, M. BOUDJELLAL et à toute l'équipe de laboratoire de l'ENSSMAL à Dely Ibrahim en particulier : M^{me} HOUDA et M. MATOUK pour leurs conseils, aides, et temps.
- Mes infiniment remerciements vont à ma famille pour tout ce qu'ils ont fait pour moi durant mes études, qui étaient toujours là à mes côtés.
- A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour la réalisation de ce modeste travail, toute ma reconnaissance et mes plus vifs remerciements.

Merci pour vous.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A ma très chère grand-mère, source d'amour et d'affection.

A mes très chers parents qui veillent à ma réussite et bonheur.

A mes chères sœurs et mon frère, *Hafida, Fatima, Samira, Bouabdalah.*

A mon oncle et sa femme.

A mon Spiderman *Abdelkader.*

A toutes ma famille.

A mes amies qui m'ont continuellement encouragé et qui tiennent une place toutes particulière, *Fatiha, Romaiissa, Sihem, Louiza, Sihem.I, Terkia* et surtout a *Djema* et *Romaiissa*

Je pense à tous mes amis (es) d'enfance et d'adolescence, Halima, Sorraia, Yasmine, Dalila, Aicha, Wahiba, Shems.

A tous mes collègues de la spécialité Environnement avec qui nous avons passé d'excellents moments à l'école ou ailleurs.

Pour terminer, je rends un vibrant hommage à *Amina* (Balola), pour son aide inestimable, ses précieux conseils et suggestions, ainsi que son soutien moral durant la réalisation de ce mémoire.

SOMMAIRE

Introduction	1
Chapitre I : Synthèse Bibliographique	4
1 .définition de la pollution.....	5
2. les différents types de pollution.....	5
3. les éléments traces métalliques « ETM ».....	5
3.1. Définition et classification des ETM.....	5
3.2. Origine.....	6
3.2.1. Source naturel.....	6
3.2.2. Source anthropique.....	6
3 .3 .Toxicité.....	7
3.4. Cycle biogéochimique des ETM dans le milieu marin.....	7
3.5. Processus physiologiques de bioaccumulation des ETM.....	9
4-Les contaminants métalliques dans les organismes marins	10
4-1.Choix de l'espèce.....	11
4.2. Présentation des espèces bio-indicatrices.....	11
4.2.1. Le merlu (<i>Merluccius merluccius</i>).....	11
a. Position systématique.....	11
b. Etymologie et nom vernaculaire.....	12
c. Morphologie et clés d'identification.....	12
d. Distribution géographique et bathymétrique.....	13
e. Régime alimentaire.....	14
f. Reproduction.....	14
g. Croissance et développement.....	14
h. Migration.....	15

i. Pêche et exploitation	15
4.2.2. Le rouget barbet de vase (<i>Mullus barbatus</i> , Linnaeus, 1758).....	16
a. Position systématique.....	16
b. Etymologie en nom vernaculaire.....	16
c. Morphologie et clés d'identification.....	17
d. Distribution géographique et bathymétrie.....	17
e. Régime alimentaire.....	18
f. Reproduction	18
g. Croissance et développement.....	19
h. Migration.....	19
i. Pêche et exploitation	19
4.2.3. Le pageot (<i>Pagellus erythrinus</i> Linnaeus , 1758).....	19
a. Position systématique.....	19
b. Etymologie et nom vernaculaire.....	20
c. Morphologie et clés d'identification.....	20
d. Distribution géographique et bathymétrie.....	21
e. Régime alimentaire.....	21
f. Reproduction.....	21
g. Croissance et développement.....	22
h. Pêche et exploitation	22
5. Présentation des principaux ETM étudiés.....	22
5.1 Le cuivre (Cu).....	22
5.2 Le Zinc (Zn).....	23
5.3 Le fer (Fe).....	23
5.4 Le manganèse (Mn).....	24
5.5 Le nickel (Ni).....	24
Chapitre II : Zone d'étude	25
1-description générale du bassin méditerranéen.....	26
2-caractéristiques générales du littoral algérien.....	26
3-Le site d'étude (la baie de Ghazaouet).....	27
3.1 Situation géographique.....	27
3-2 Milieu physique.....	28
3.2.1. Hydrologie.....	28

3.2.2. Le Climat.....	29
a. Précipitations.....	29
b. La température.....	30
3.3. Courantologie.....	30
3.4. Tissu industriel.....	31
3.4.1 Le complexe ALZINC.....	31
3.4.2 Les apports du rejet industriel en milieu marin.....	31
3.5 Le port.....	32
Chapitre III : Matériels et Méthodes	33
1. Travaux effectués en mer.....	34
1.1. Choix et intérêt du matériel biologique.....	34
1.2. Prélèvement des échantillons.....	34
1.3 Positionnement des stations.....	34
1.4. Traitement des échantillons.....	35
1.5. Conservation des échantillons.....	35
2. Travaux effectués au laboratoire.....	35
2.1 Le dosage des métaux traces.....	35
2.1.1. Conditionnement du matériel.....	35
2.1.2. Traitement des échantillons.....	36
a. Lyophilisation.....	36
b. Broyage.....	36
c. Homogénéisation.....	37
2.2. Extraction des métaux traces.....	37
2.2.1. Principe de la digestion ou de la minéralisation.....	37
2.2.2. Le protocole expérimental.....	37
a. Minéralisation à blanc.....	37
b. Minéralisation des sous échantillons.....	37
2.3. Analyse des métaux traces.....	38
2.3.1. Spectrophotométrie d’Absorption Atomique (SAA).....	38
a. Principe.....	39
b. Appareillage.....	40
c. Etalonnage.....	41

d. Calcul des concentrations des métaux.....	42
2.4. Analyse biochimique : Méthodes d'analyse des protéines, lipides et glucides...	42
2.4.1. Dosage des protéines.....	42
2.4.1.1. Présentation de la méthode.....	43
2.4.1.2. Principe.....	43
2.4.1.3. Mode opératoire	44
a. Minéralisation.....	44
b. Filtration et dilution du minéralisât.....	44
c. Distillation.....	44
d. Titrage.....	45
2.4.1.4. Expression des résultats.....	45
2.4.2. Dosage des lipides.....	45
2.4.2.1. Présentation de la méthode.....	45
2.4.2.2. Principe.....	45
2.4.2.3. Mode opératoire.....	46
2.4.2.4 Expression des résultats.....	46
2.4.3. Dosage des glucides.....	46
2.4.3.1. Présentation de la méthode.....	47
2.4.3.2. Mode opératoire.....	47
2.4.3.3. Solution de référence.....	47
Chapitre IV : Résultats et discussions	48
1. Analyse paramétrique.....	49
1.1. Les teneurs en métaux traces.....	49
1.1.1. Le Manganèse.....	50
1.1.2 Le Zinc.....	50
1.1.3. Le Cuivre.....	50
1.1.4. Le Fer.....	50
1.1.5. Le Nickel.....	50
1.2. La composition biochimique.....	50
1.2.1. Taux des protéines.....	51
1.2.3. Taux des lipides.....	51

1.2.3. Taux des glucides.....	51
2. Variations des teneurs en métaux traces et de la composition biochimique.....	51
2.1. Variations des teneurs en métaux traces.....	51
2.1.1. Le rouget de vase (<i>M.barbatus</i>).....	51
2.1.2. Le merlu (<i>M.merluccius</i>).....	53
2.1.3. Le pageot (<i>P.erythrinus</i>).....	54
2.2. Variations de la composition biochimique.....	57
2.2.1. Le rouget de vase (<i>M.barbatus</i>).....	57
2.2.2. Le merlu(<i>M.merluccius</i>).....	58
2.2.3. Le pageot(<i>P.erythrinus</i>).....	59
Conclusion	60
Bibliographie	63
Annexes	72

Liste des figures	Page
Figure I.1 : classification de la pollution marine (Galaf et al, 2003).....	3
Figure I.2 : Cycle géochimique simplifié des métaux lourds (Miquel, 2001).....	6
Figure I.3 : <i>Merluccius merluccius</i> (Linnaeus , 1758).....	10
Figure I.4 : Morphologie générale de <i>M. merluccius</i> (vue latérale).....	11
Figure I.5 : Distribution géographique de <i>Merluccius merluccius</i> (Medifaune 2002).....	12
Figure I.6 : Rouget de vase (<i>Mullus barbatus</i> , Linnaeus , 1758).....	14
Figure I.7 : Aspect général du rouget barbet de vase <i>M . barbatus</i>	15
Figure I.8 : Répartition géographique de <i>M. barbatus</i> (www.sealifebase.org).....	16
Figure I.9 : <i>Pagellus erythrinus</i> (Linnaeus, 1758).....	18
Figure I.10 : Distribution géographique de <i>P erythrinus</i> (www.sealifebase.org)	19
Figure II.1 : Carte du bassin algérien (A : région Ouest ; B : région Centre ; C : région Est).....	24
Figure II.2 : localisation de Ghazaouet.....	24
Figure III.1 : Lyophilisateur de marque CHRIST-Beta 1- 8.....	32
Figure III.2 : minéralisation sur plaque chauffante	34
Figure III.3 : Spectromètre d'absorption atomique de marque HITACHI, modèle Z-500.....	35
Figure IV.1 : Variations des teneurs en métaux traces chez le rouget de vase selon les organes.....	47
Figure IV.2 : Variations des teneurs en métaux traces chez le merlu (A : Femelle, B : Male) selon les organes.....	49
Figure IV.3 : Variations des teneurs en métaux traces chez le pageot (A : Femelle ; B : Male) selon les organes.....	50
Figure IV.4 . Variations des taux protéiques, lipidiques et glucidiques chez le rouget de vase selon les organes.....	52
Figure IV.5 : Variations des taux protéiques, lipidiques et glucidiques chez le merlu (A : Femelle ; B : Male) selon les organes.....	53
Figure IV.6 : Variations des taux protéiques, lipidiques et glucidiques chez le pageot (A : Femelle ; B : Male) selon les organes.....	54

Liste des Tableaux	Page
Tableau I.1 : Contamination de la chaine trophique.....	8
Tableau I.2 : La position systématique de <i>Merluccius merluccius</i>	9
Tableau I. 3 : La position systématique de <i>Mullus barbatus</i> , Linnaeus, 1758.....	14
Tableau I.4 : La position systématique de <i>Pagellus erythrinus</i> , Linnaeus , 1758.....	17
Tableau II.1 : Moyennes mensuelles des précipitations et des températures Ghazaouet (2004/2011) (O.N.M).....	26
Tableau II.2 : Les principales unités industrielles de la région de Ghazaouet.....	28
Tableau III .1 : coordonnées géographiques des traits de pêche réalisés dans le golfe de Ghazaouet.....	31
Tableau III.2 : les caractéristiques des échantillons analysés (métaux traces).....	32
Tableau III.3 : les caractéristiques des échantillons analysés (composition biochimique)	39
Tableau IV.1 : Les teneurs en métaux traces en µg/g du poids sec dans les différents organes chez <i>Mullus barbatus</i> , <i>Merluccius merluccius</i> et <i>Pagellus erythrinus</i> du golfe de Ghazaouet.....	44
Tableau IV.2: Valeurs de la composition biochimique de <i>M.barbatus</i> , <i>M.merluccius</i> et <i>P.erythrinus</i> (protéines, lipides et glucides) exprimées en pourcentage dans les différents organes (Chair, Foie et Gonades).....	46
Tableau IV.3 : comparaison des concentrations (µg/g) des métaux analysés dans les poissons de Ghazaouet avec celles des poissons de la côte Algérienne.....	51

A.I.E.A : Agence Internationale de l'énergie atomique

ALDEM : Algérie Démersale

ALZINC : Entreprise de production de zinc et d'acide sulfurique de Ghazaouet

A.N.A.T: Agence Nationale d'Aménagement du Territoire

A.O.A.C: Association of Official Agricultural Chemists

C: Chair

°C : Degré Celsius

CNRDPA : Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et l'Aquaculture

D.P.R.H.T : Direction de la Pêche et des Ressources Halieutiques de la wilaya de Tlemcen

D.U.C : Direction d'Urbanisme et de Construction de la wilaya de Tlemcen

EEA : European Environment Agency

ENSSMAL : Ecole Nationale Supérieur des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral.

ETM : Éléments Traces Métalliques

F: Foie

F.A.O : Food and Agriculture Organization of the United Nation (organisation de l'ONU pour l'alimentation et l'agriculture)

F_{BA} : Facteur de bioaccumulation

F_{BC} : Facteur de bioconcentration

G : Gonades

g : Gramme

HAPE : Hiver. Automne .Printemps. Eté

Km : Kilomètre

L.E.M : Laboratoire d'Etudes Maritimes

m : Mètre

M.A.T.E : Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement

Max: Maximum

M.barbatus: *Mullus barbatus*

METANOF : Entreprise nationale de métallurgie et de la transformation des métaux non ferreux

M.E.T.A.P : Mediterranean Environmental Technical Assistance Program

Min : minimum

M.merluccius : *Merluccius merluccius*

O.N.M : Office National de la Météorologie

P.erythrinus: *Pagellus erythrinus*

pH : potentiel d'Hydrogène

Ppm : partie par million

RGS : rapport gonado-somatique

SAA : Spectrométrie d'Absorption Atomique

Le milieu aquatique constitue près de 71% de la superficie de la terre, et l'équilibre de notre planète en dépend fortement. La pollution de ce milieu risque de provoquer de grands dégâts écologiques (perturbation de cycles biogéochimiques, carence en eau, extinction de certaines espèces, etc.) (Ramade, 2007).

Dans le milieu aquatique, de nombreuses substances toxiques générées par les activités humaines sont quotidiennement déversées. Les contaminants majeurs sont regroupés en plusieurs familles dont les plus importantes sont les hydrocarbures, les métaux lourds, les polychlorobiphényles et les pesticides.

Les polluants présents en mer sont majoritairement d'origine anthropique. Au niveau du littoral occidental algérien, l'urbanisation galopante des zones littorales, et la croissance industrielle, ramènent leurs lots d'eau usée non traitée, rejetée directement en mer. Le trafic maritime intense dû à la présence de grands ports au niveau de cette zone (Mostaganem, Arzew, Oran, Ghazaouet), constitue des sources de pollution majeure ; s'ajoute à cela la forte affluence de touristes pendant l'été. Ce qui a mené à classer certaines de ces zones comme zones à risque de pollution marine, et d'autres comme points chauds de pollution (EEA, 2006). Face à cette situation inquiétante, des études ont été menées afin de connaître la qualité de ces rejets et ont pu mettre en évidence la présence de contaminants dangereux tels que les métaux lourds, polluants qui se distinguent des autres polluants chimiques par une faible biodégradabilité et un important pouvoir de bioaccumulation le long de la chaîne trophique. Cette région a été choisie du fait qu'elle représente un pôle industriel important par son port ouvert aux bateaux de pêche, de marchandises et de voyages et surtout par la présence de l'unité ALZINC suspecté d'être le plus grand responsable de la pollution dans la région.

Ce travail s'intéresse essentiellement à l'étude des niveaux et des différences de bioaccumulation des métaux traces par trois poissons demersaux dans le golfe de Ghazaouet à savoir ;

Le merlu (*Merluccius merluccius*) considéré comme l'espèce la plus importante des poissons demersaux exploitées, d'une part, et par le rang trophique élevé qu'il occupe, d'autre part, le merlu est potentiellement exposé à la bioaccumulation des composés inorganiques (Belhoucine, 2012) ;

Le rouget barbet de vase (*Mullus barbatus*) est un poisson dont la chair est fortement appréciée, et dont la valeur commerciale est importante, il a été recommandé parmi les espèces prioritaires pour des études biologiques et d'évaluation en méditerranée (CGPM, 2002) ;

Le pageot (*Pagellus erythrinus*) est une espèce à caractère commercial important, et qui représente également une ressource biologique conséquente dans les réseaux trophiques marins (Saad et *al.*, 1992).

Alors, ce travail a pour objectifs :

- ✓ De déterminer les concentrations en métaux traces (Cu, Zn, Fe, Mn et Ni) dans trois poissons démersaux (le merlu, le rouget de vase et le pageot).
- ✓ Evaluer la bioaccumulation des métaux traces par ces poissons dans des organes accumulateurs potentiels (chair, foie et gonades) et étudier les variations de celle-ci en fonction du sexe.
- ✓ Evaluer le taux des protéines, des lipides et des glucides dans les différents organes des espèces cibles.

Ce travail s'articule sur les quatre chapitres suivants :

- ✓ Le premier chapitre est une synthèse bibliographique regroupant des généralités sur les métaux traces, la bioaccumulation métallique et les espèces ciblées dans cette étude.
- ✓ Le deuxième chapitre est consacré à la présentation de la zone d'étude : golfe de Ghazaouet.
- ✓ Le troisième chapitre décrit la méthodologie d'échantillonnage et d'analyse utilisée.
- ✓ Le quatrième chapitre est essentiellement réservé aux résultats obtenus et à leurs interprétations.

Enfin, ce travail est achevé par une conclusion générale.

1 .Définition de la pollution

Selon la convention de 1982 pour la pollution marine, la pollution se définit comme : “l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, dans le milieu marin (estuaires compris), de substances ou d'énergie provoquant des effets nuisibles tels que dommages aux ressources biologiques, risques pour la santé humaine, entraves aux activités maritimes, notamment à la pêche, altération de la qualité d'utilisation de l'eau de mer et réduction des agréments”.

2. Les différents types de pollution

Il existe deux principaux critères utilisés pour classer les polluants en milieu marin (Galaf et *al.*, 2003) (Figure I.1).

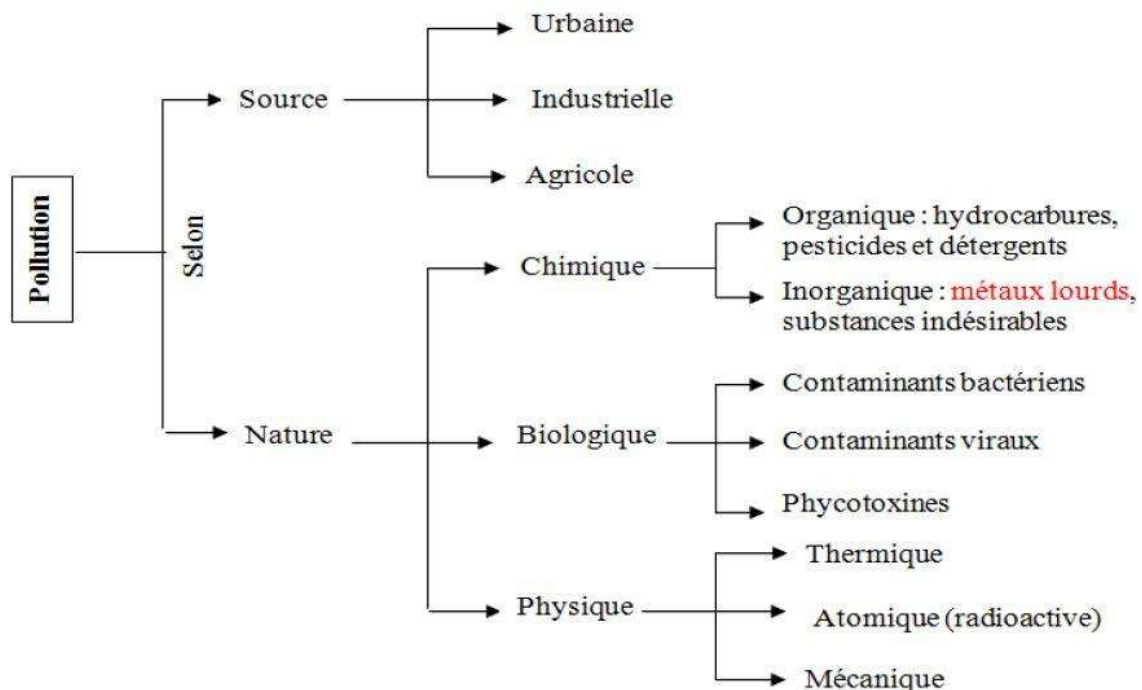


Figure I.1 : Classification de la pollution marine (Galaf et *al.*, 2003)

3. Les éléments traces métalliques « ETM »

3.1. Définition et classification des ETM

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 utilisés par l'homme depuis l'Antiquité.

On appelle en général métaux lourds les éléments métalliques naturels, métaux ou dans certains cas métalloïdes caractérisés par une masse volumique élevée, supérieure à 5 grammes par cm³ (Miquel, 2001).

Les éléments traces métalliques sont généralement définis comme des métaux lourds. Cependant, la classification en métaux lourds est souvent discutée car certains métaux toxiques ne sont pas particulièrement « lourds » (par exemple le Zinc), tandis que certains éléments toxiques ne sont pas des métaux (c'est le cas de l'arsenic qui est un métalloïde). Ce terme générique désigne donc indistinctement des métaux et métalloïdes réputés toxiques. Pour ces différentes raisons, l'appellation « éléments traces métalliques » -ETM- ou par extension « éléments traces » est préférable à celle de métaux lourds (Miquel, 2001).

Tous les métaux sont à l'état solide à la température ambiante sauf le mercure qui se solidifie à une température de - 39°C.

Dans l'eau de mer, les métaux peuvent se trouver à l'état ionique, dissous, en complexes colloïdaux, organo-métalliques ou adsorbés sur le matériel particulaire organique ou inorganique (Ramade, 2000)

3.2. Origine

3.2.1. Source naturel

Les métaux lourds sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, mais en général en quantités très faibles.

On dit que les métaux sont présents «en traces». Ils sont aussi «la trace» du passé géologique et de l'activité de l'homme (Miquel, 2001).

Les métaux sont des composants naturels de l'écorce terrestre dans laquelle on les rencontre généralement sous forme de minerais, associés entre eux et à de nombreux éléments (oxygène et soufre en particulier). Ils sont donc aussi naturellement présents dans les roches drainées par les eaux de surface et les nappes souterraines, de même que dans les poussières atmosphériques. Par ailleurs, les volcans et les incendies de forêts, constituent aussi des sources naturelles importantes de métaux (Chiffolleau et *al.*, 2001).

3.2.2. Source anthropique

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).

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

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

3.3 .Toxicité

Une des principales conséquences de la présence des métaux dans l'eau de mer est leur passage dans la biomasse. Ce transfert peut enchaîner des toxicités directes qui se manifestent rapidement par une atteinte de la biomasse, ou indirectes qui sont liées à l'accumulation progressive de ces métaux par les organismes (Ramade, 2000).

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

Par ailleurs, si les métaux sont souvent indispensables au métabolisme des êtres vivants (oligo-éléments), nombreux d'entre eux sont cependant toxiques lorsque leur concentration dépasse un seuil, lui-même fonction de l'état physicochimique de l'élément considéré. C'est le cas du fer (Fe), du cuivre (Cu), du zinc (Zn), du nickel (Ni), du cobalt (Co), du molybdène (Mo), du manganèse (Mn), du chrome (Cr), du titane (Ti)...etc. (Miquel, 2001).

D'autres ne sont pas nécessaires à la vie et sont préjudiciables dans tous les cas comme le plomb (Pb), le cadmium (Cd) et l'antimoine (Sb) (Chiffolleau et *al.*, 2001).

3.4. Cycle biogéochimique des ETM dans le milieu marin

Le cycle biogéochimique des métaux lourds se déroule, en général, en deux grandes étapes qui sont fonction des conditions physico-chimiques de ce milieu (Bittel, 1977) (Figure I.2).

- **La première étape** : consiste en un piégeage des molécules métalliques par des particules en suspension, la biomasse marine et le sédiment.

- **Précipitation** :

C'est un phénomène qui se produit quand le polluant métallique en solution chute par gravitation en fond du milieu marin .Cependant, en eau profonde, certains métaux pourraient retourner en solution avant d'atteindre le fond.

- **Adsorption**

C'est la fixation des molécules ou ions métalliques à la surface des différents compartiments marins (particules en suspension, organismes marins, sédiments).Grace au mucus qui enduit la peau et les écailles, les polluants peuvent se coller et atteindre ainsi l'organisme.

- **Absorption**

C'est le passage du polluant métallique dans un organisme .Les ions métalliques franchissent rapidement les membranes biologiques .Les éléments à l'état colloïdal ou particulaire atteignent les organismes par la voie des organes filtrants chez les organismes marins.

- **Sédimentation**

C'est le dépôt des particules et des métaux par gravité sous forme solide, de la colonne d'eau vers le fond marin formant des couches sédimentaires .Le temps de résidence des métaux dépend des facteurs chimiques, physiques ,biologiques et du type même du métal .

➤ **La deuxième étape** : consiste en un relargage des différents polluant par :

- **Désorption** : phénomène inverse à l'adsorption.
- **Diffusion ou propagation** des produits précipités dans le milieu marin.
- **Redissolution ou remise en solution** des produits précipités par décomposition et minéralisation des matières organiques et parfois même redistribution par le biais des organismes marins.

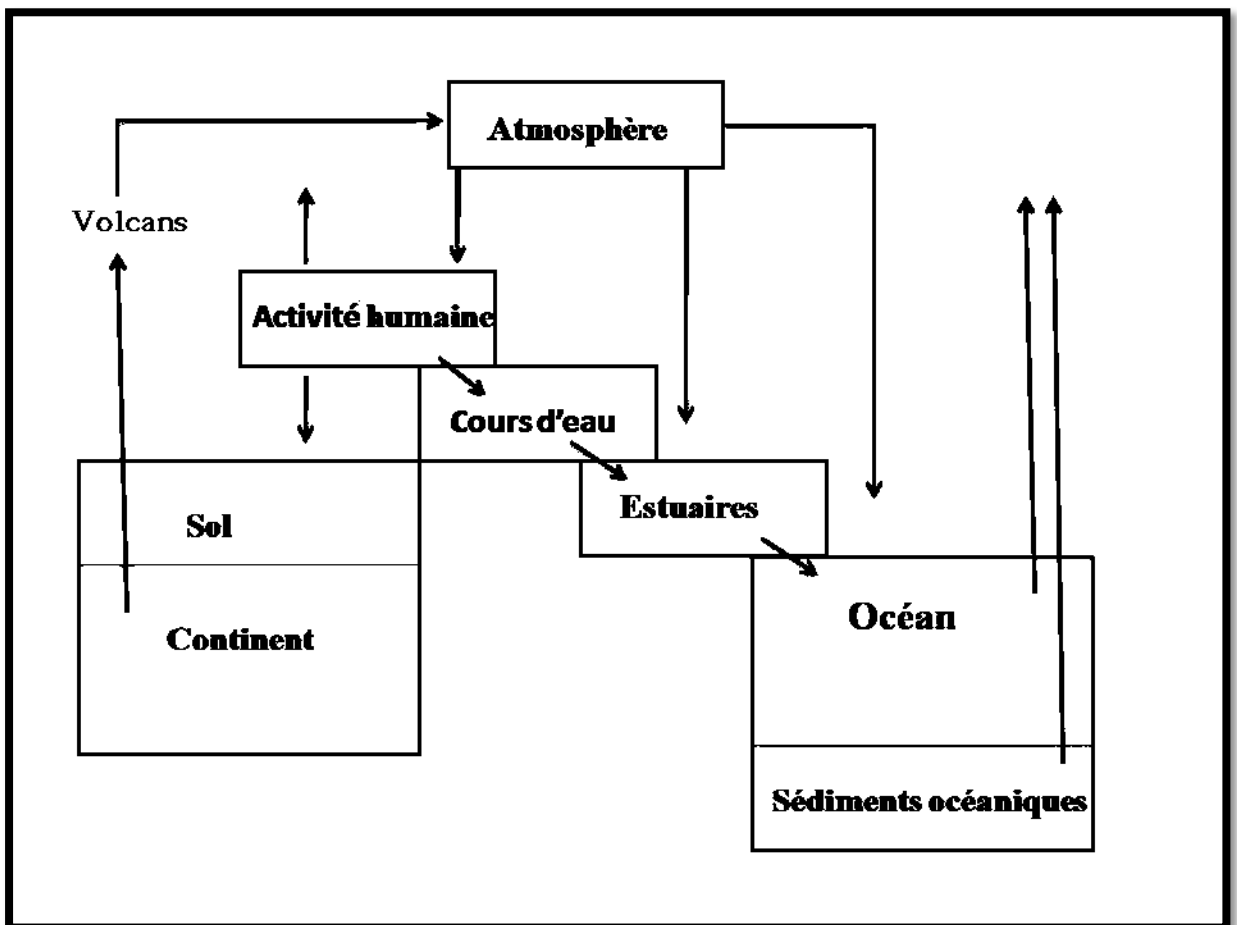


Figure I.2 : Cycle géochimique simplifié des métaux lourds (Miquel, 2001).

3.5. Processus physiologiques de bioaccumulation des ETM

a-Notion de biodisponibilité

La biodisponibilité d'un polluant est définie comme étant la fraction de la quantité totale de ce dernier présente dans le biotope, qui est absorbée par les producteurs (végétaux) et les consommateurs (animaux) et/ou les décomposeurs (bactéries, champignons), et qui peut être prélevée par un organisme à partir de son biotope et être transférée, stockée ou métabolisée par ce dernier, il convient d'exclure de la fraction biodisponible, la fraction qui transite par le tube digestif sans être utilisée.

La notion de biodisponibilité est particulièrement importante quand il s'agit de métaux et métalloïdes car selon leur état chimique, ils sont plus ou moins assimilables, cet état joue un rôle majeur dans la toxicité d'un élément (Ramade, 2011).

b-Bioaccumulation

La bioaccumulation est le processus d'assimilation et de concentration des métaux lourds dans l'organisme. La bioaccumulation est donc le résultat des processus par lesquels le contaminant entre dans l'organisme, et des processus de décontamination, une combinaison des mécanismes d'excrétion vers l'environnement et de biotransformation endogène.

Le processus se déroule en trois temps :

- L'assimilation
- La bioaccumulation par l'individu à partir du milieu, ou bioconcentration
- La bioaccumulation entre individus, ou bioamplification

➤ -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.

La partie soluble biodisponible, assimilable, se concentre dans certains organes.

Chez les organismes aquatiques, la bioaccumulation est définie par la somme des absorptions par contact et par ingestion, plus celle faite par adsorption (pénétration directe de l'eau par voie transbranchiale et transtégumentaire). La bioaccumulation n'implique pas obligatoirement un accroissement de concentration d'un polluant quand il passe du biotope à un organisme considéré (Ramade, 2011).

On appelle facteur de bioaccumulation F_{BA} le rapport entre la concentration d'un polluant dans les tissus d'un organe donné, à sa concentration dans le biotope.

➤ **-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 à celle auxquelles il est exposé. Le processus de bioconcentration ne constitue donc qu'un cas particulier du processus de bioaccumulation.

La bioconcentration est définie par la valeur du facteur de bioconcentration F_{BC} qui correspond en définitive aux cas $F_{BC} (F_{BA}) > 1$ (Ramade, 2011).

➤ **-La bioamplification ou biomagnification**

La bioamplification ou la biomagnification correspond au processus de circulation du polluant dans les réseaux trophiques. En effet tous les êtres vivants possèdent la propriété de stocker, à des degrés différents dans leurs organismes toutes substances peu ou pas biodégradables, 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 leur tissus.

Le schéma général de la contamination de la chaîne trophique océanique se traduit dans le tableau suivant (tableau I.1) (Ramade, 2011).

Tableau I.1 : Contamination de la chaîne trophique

Niveau trophique I	Niveau trophique II	Niveau trophique III	Niveau trophique IV	Niveau trophique V
Phytoplancton	Zooplancton herbivore	Zooplancton et poissons microphages	Invertébrés et poissons prédateurs	Super prédateurs (poissons, oiseaux et mammifères piscivores)
Producteurs	Herbivores	Carnivores 1	Carnivores 2	Carnivores 3

4-Les contaminants métalliques dans les organismes marins

Jusqu'au début des années 1970, la surveillance de la contamination métallique reposait uniquement sur l'analyse chimique de l'eau. Cette technique analytique, ne fournit pas d'informations sur la biodisponibilité des éléments en traces métalliques, et ne permet pas de prévoir l'impact de ces substances sur les organismes. C'est dans ce contexte que Goldberg(1975), propose l'utilisation d'organismes pour évaluer la qualité du milieu et que naît le concept d'indicateur biologique ou bio-indicateur.

L'intérêt des bio-indicateurs réside dans le fait qu'ils permettent de révéler la présence d'un déséquilibre au sein de l'écosystème et de mettre en évidence aussi précocement que possible ses modifications naturelles, ou provoquées. Une bonne connaissance de la biologie des espèces (mode de vie, stratégie de nutrition, reproduction, croissance...) est une condition essentielle à leur sélection comme bio-accumulateurs.

4-1. Choix de l'espèce

Les espèces choisies pour réaliser ce type de surveillance, doivent satisfaire à un certain nombre de critères :

- La sédentarité pour représenter la région où ils se développent ;
- Une durée de vie compatible avec les variations temporelles que l'on souhaite mesurer ;
- Une large répartition géographique, une abondance, présence tout le long de l'année et une grande taille pour offrir suffisamment de tissus pour les analyses ;
- Un pouvoir d'accumulation vis-à-vis de la substance considérée ;
- Une facilité de prélèvement.

Beaucoup d'organismes marins accumulent des contaminants à de très fortes concentrations dans leurs tissus. Ces processus d'accumulation dépendent des taux d'assimilation, d'excrétion et de stockage de chaque élément (Phillips et Rainbow, 1993).

L'utilisation de plusieurs espèces, représentant différents niveaux trophiques, a progressivement été considérée comme nécessaire pour une meilleure évaluation de l'impact des contaminants sur l'environnement.

4.2. Présentation des espèces bio-indicatrices

4.2.1. Le merlu (*Merluccius merluccius*)

a. Position systématique (tableau I.2)

Tableau I.2 : La position systématique de *Merluccius merluccius*

Embranchement	Vertébrés
Sous embranchement	Gnathostomes
Super classe	Poissons
Classe	Osteïchthyens
Sous classe	Actinopterygii
Super ordre	Téléostéens
Ordre	Gadiformes
Famille	Merluccidae
Genre	<i>Merluccius</i>
Espèce	<i>Merluccius</i> (Linnaeus, 1758)



Figure I.3 : *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758).

b. Etymologie et nom vernaculaire

- **Origine du nom scientifique**

Pierre Belon (1553 in Belloc, 1923) par analogie avec le brochet, l'appela *Maris lucius* d'où son nom actuel de *Merluccius*

- **Noms vernaculaires**

F.A.O : Merlu commun

Algérie : Merlan

Anglais : European hake

Espagnol : Merluza (Adultes)

Français : Merlu, colin, merluchon, colinot, bâtard

Italien : Nasello.

c. Morphologie et clés d'identification

Le merlu est souvent appelé colinot ou merluchon lorsqu' il est petit. La taille courante est de 30 cm à 1,10 m (Figure 1.4).

Le corps est long, mince et comprimé latéralement avec deux nageoires dorsales distinctes. La première courte, haute et triangulaire de 8 à 11 rayons. La seconde longue et échancrée dans sa partie moyenne de 35 à 40 rayons. La nageoire anale est semblable à la seconde dorsale.

Les pectorales longues et minces ; les pelviennes situées en avant des pectorales, et enfin les caudales plus petites que la tête et devenant progressivement fourchue avec la croissance. Il n'existe pas de rayons épineux aux nageoires (Prevost, 2002).

La ligne latérale plus ou moins parallèle au profil dorsal (Figure I.4). Des petites écailles cycloïdes, de 127 à 156 le long de la ligne latérale.

La face supérieure de la tête aplatie, avec une crête basse en forme de V ; la bouche largement fendue, le maxillaire s'étendant jusqu'à la verticale du centre de l'œil ; la mâchoire inférieure dépassant légèrement la supérieure ; les dents des mâchoires fortes et inclinables ; pas de barbillons au niveau du menton ; le nombre total de branchiospines sur le premier arc de 8 à 12. Coloration gris acier sur le dos, plus clair sur les côtés et blanc argenté sur le ventre (Fischer et *al.*, 1987).

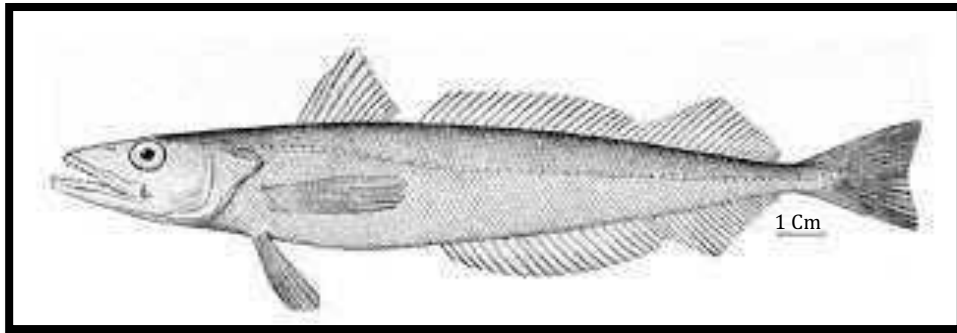


Figure I.4 : morphologie générale de *M. merluccius* (vue latérale).

d. Distribution géographique et bathymétrique

Le merlu est signalé le long des côtes de la Norvège à la Mauritanie et en Méditerranée.

En Méditerranée occidentale, le merlu est très abondant (Figure I.5), mais il se fait plus rare au-delà des côtes grecques. Il fréquente en grand nombre les côtes d'Algérie, de Tunisie et de Libye, ainsi que l'Adriatique ; fréquent également sur les côtes espagnoles et portugaises et les côtes Marocaines (Medifaune, 2002).

Du point de vue bathymétrique, la répartition du merlu dépend de son âge. D'une façon générale, les grands individus vivent dans les grandes profondeurs. Le merlu se trouve depuis les faibles profondeurs à partir de 50 mètres, jusqu'au-dessous des fonds de 1000 mètres (Bertignac, 2004).

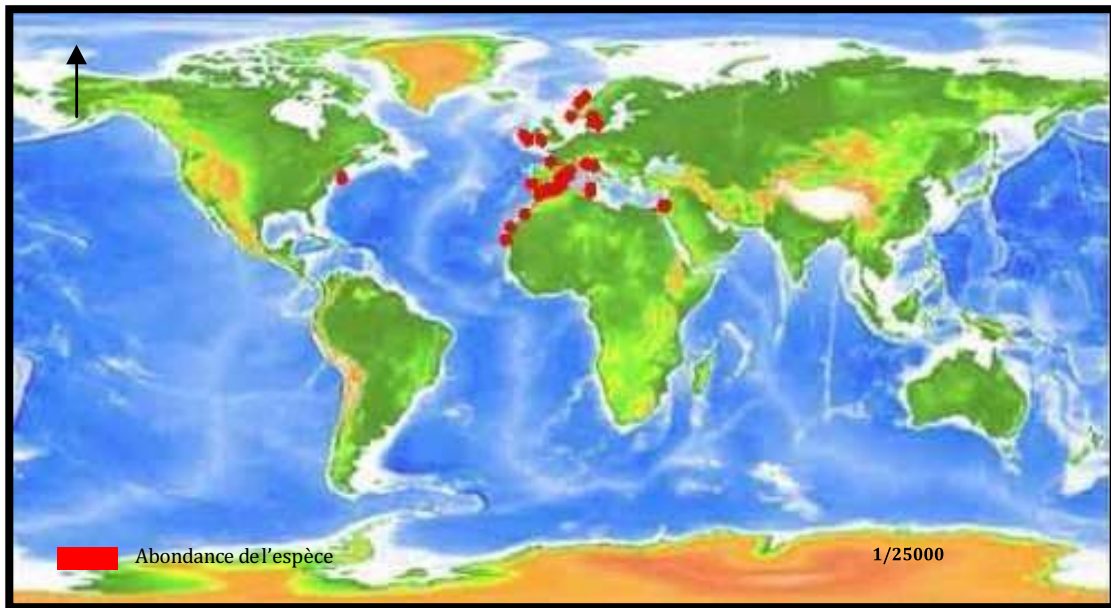


Figure I.5 : Distribution géographique de *Merluccius merluccius* (Medifaune 2002).

e. Régime alimentaire

Le merlu est un des plus grands prédateurs dans les écosystèmes qu'il habite. Il est surtout piscivores, c'est à dire se nourrit principalement de poissons, mais il mange aussi des crustacés et mollusques. Le merlu est un prédateur actif, carnivores et opportuniste, qui change son régime alimentaire en fonction de l'environnement et des variations saisonnières en conformité avec la disponibilité des proies (Roel et MacPherson, 1988 ; Ruiz et Fondacaro, 1997).

f. Reproduction

Pendant la période de reproduction, le merlu occupe le bord du plateau continental et vit dans les fonds entre 100 à 700 m. Ces périodes varient selon la zone géographique (Biagi et *al.*, 1995). Le merlu supporte des variations biologiques d'une certaine amplitude ; mais en règle générale, son lieu de ponte préféré se situe entre 100 et 300 m. Il se reproduit à partir de décembre en Méditerranée, en février dans le Golfe de Gascogne et en mars au bord du plateau continental européen (Cohen et *al.*, 1990).

g. Croissance et développement

Le merlu acquiert sa première maturité sexuelle, en Atlantique, chez les femelles en majorité au cours de leur 7ème année, vers 57 cm (certaines dès 50 cm), chez les mâles, au cours de leur 5ème année vers 40 cm (dès 34 cm pour certains individus) (Bauchot, 1987).

La croissance du merlu est généralement déterminée par interprétation des marques portées par les otolithes (Colloca et *al.*, 2003). Elle comprend trois périodes, la première, correspond à une croissance rapide, pendant les deux premières années de sa vie pour les femelles, et pendant les

trois premières années pour les mâles. La deuxième est une croissance moyenne, jusqu'à 7 ans environ ; la troisième est à partir de 7 ans, et elle est lente (Ifremer, 2004).

Chez le merlu la croissance est inégale entre les sexes. Il existe donc un dimorphisme sexuel lié à la croissance de *Merluccius merluccius* en faveur des femelles. A 20 ans, les femelles mesurent environ 1 m et les mâles environ 80 cm (Aldebert et al., 1992).

En Méditerranée, *Merluccius merluccius* semble avoir un taux de croissance équivalent à celui observé en Atlantique, au moins au cours de ses premières années de vie (Oliver et Gaza, 1989). Le merlu mesure entre 60 cm et 110 cm, mais il peut atteindre exceptionnellement une taille de 1,5 m et un poids maximal de 11 Kg. Cette espèce peut atteindre une taille de 33 cm à l'âge de 4 ans, et peut peser en moyenne entre 5 et 8 Kg (Mariano et Antonio, 2002).

h. Migration

Le merlu est un poisson des zones tempérées et des profondeurs moyennes. Ce double caractère va dominer toute sa biologie (Bouaziz et al., 1998).

Le merlu effectue deux types de migrations, la première en vue de la reproduction constitue une migration de concentration, qui a pour but par le rapprochement des individus dans un espace restreint afin d'assurer la fécondation ; une fois la reproduction terminée, nous assistons à la migration de dispersion, dont le but est de favoriser la recherche de la nourriture sur une grande étendue (Medifaune, 2002).

i. Pêche et exploitation

La pêche au merlu est semi-industrielle et artisanale. Les principaux engins utilisés pour la capture du merlu sont les chaluts de fond et pélagiques, filets maillants et palangres de fond, sennes coulissantes et lignes à main. Régulièrement présent sur les marchés en Méditerranée, occasionnellement en mer Noire, le merlu est commercialisé frais, réfrigéré, congelé, salé-séché ou en conserves (Bauchot, 1987).

La flottille d'Algérie est composée de plus de 4000 unités de pêche (chalutiers, senneurs, petits métiers) distribuée sur 29 ports, ciblant plusieurs espèces démersales dont le merlu et espèces pélagiques. Leur production annuelle est d'ordre de 150 mille tonnes par an (FAO, 2007).

4.2.2. Le rouget barbet de vase (*Mullus barbatus*)

a. Position systématique (tableau I.3)

Tableau I. 3 : La position systématique de *Mullus barbatus*

Embranchement	Chordés
Sous embranchement	Vertébrés
Super classe	Osteichthyens
Classe	Actinoptériens
Sous classe	Téléostéens
Super ordre	Acanthopterygii
Ordre	Perciformes
Sous ordre	Percoidés
Famille	Mullidés
Genre	Mullus
Espèce	<i>Mullus barbatus</i> (Linnaeus, 1758)



Figure I.6 : *Mullus barbatus* (Linnaeus, 1758).

b. Etymologie en nom vernaculaire

Origine du nom scientifique : Le genre *Mullus* est tiré du latin Mulleus qui signifie rouge et désigne le rouget. Le nom latin *barbatus*, signifie a de la barbe.

Ce qui constitue la caractéristique retenue pour designer cette espèce : la présence des deux barbillons (Didier Laurent, 2012).

Noms vernaculaires : Les noms vernaculaires diffèrent d'une région à une autre et d'un pays à un autre (Morat, 2007).

Algérie : Barbouni el hagar ou Rougi,

Allemagne : Meer barbe ou Rote Meerbarbe,

Espagne : Salmonete de fango,

France : Rouget-barbet de vase,

Grande Bretagne : Red mullet.

c. Morphologie et clés d'identification

Le corps du rouget de vase est allongé et légèrement comprimé. La face ventrale aplatie, et est couverte par de grandes écailles cténoïdes et de grandes écailles sur la tête. Cette dernière est relativement courte. Les yeux sont positionnés près du sommet de la tête. La bouche est petite et légèrement protractile. Il existe deux barbillons au-dessous de l'ouverture de la bouche.

Ces barbillons mentonniers épais, pouvant se replier sur la gorge dans un sillon médian et sont employés pour la recherche des proies. La ligne latérale est bien marquée et ont une fonction sensorielle. Présence de deux nageoires dorsales bien séparées dont la première est entièrement épineuse, tandis que la seconde se trouve alignée à la nageoire anale, avec absence de la vessie gazeuse. La taille moyenne du rouget de vase est comprise entre 10 et 20cm avec une taille maximum de 30 cm (FAO). En Algérie, la taille de *Mullus barbatus* est comprise entre 12 et 18 cm, et peut atteindre 25 cm (Darly 1992) (figure I.7).

En Méditerranée, le genre *Mullus* regroupe deux espèces très abondantes avec une différence d'habitat : le rouget de roche pour *M. surmuletus* et le rouget de vase pour *M. barbatus*. (Fischer et al., 1987).

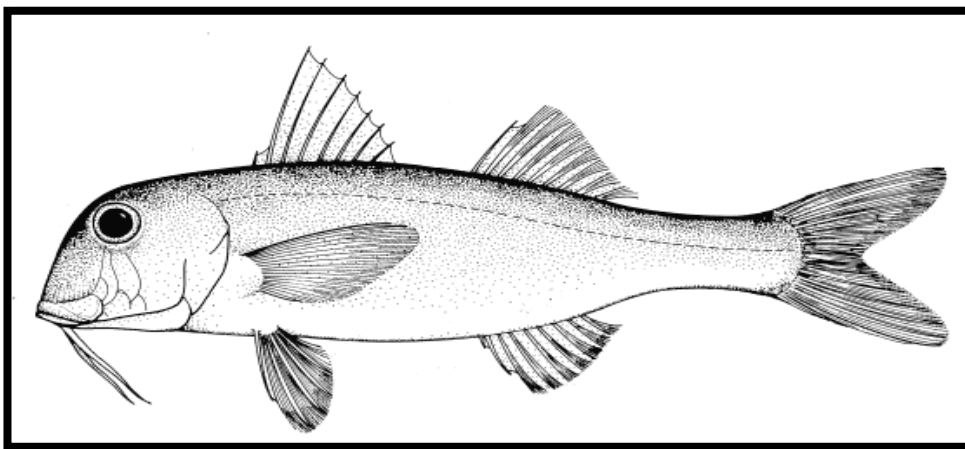


Figure I.7 : Aspect général du rouget barbet de vase *M.barbatus*.

d. Distribution géographique et bathymétrie

Mullus barbatus est présent en Atlantique (des côtes européennes et africaines), du nord du golfe de Gascogne jusqu'au Sénégal en passant par les îles canaries. Ainsi qu'en méditerranée et en mer noire (Hureau, 1986).

En 2000, Lombarte et ses collaborateurs ont étudié la ségrégation spatiale de *M. barbatus* dans la Méditerranée occidentale et ont montré sa nette préférence pour les zones où le plateau s'élargit.

En Algérie, Dieuzeide et *al.*, (1959) mentionnent que le rouget de vase est commun sur les fonds vaseux jusqu'à 150 m de profondeur et se trouve également en bordure des prairies de zostères et de posidonies. En été les jeunes s'approchent très près du rivage selon les mêmes auteurs.

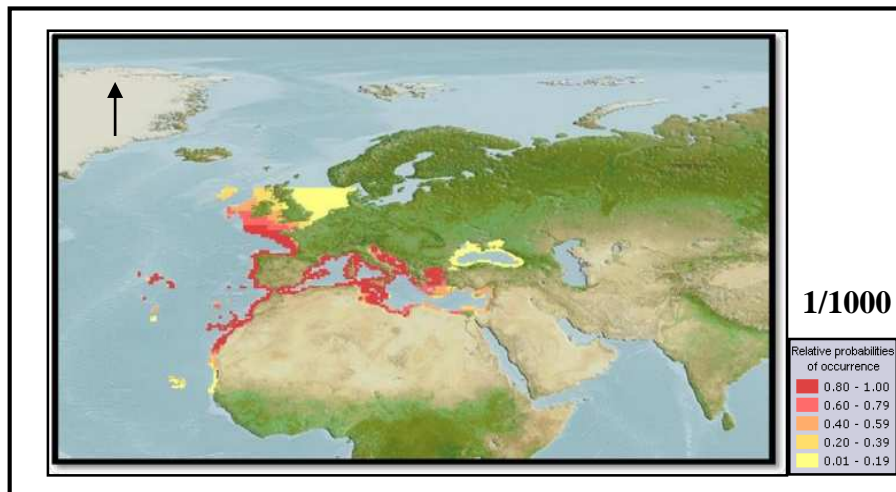


Figure I.8 : Répartition géographique de *M. barbatus* (www.sealifebase.org).

e. Régime alimentaire

Mullus barbatus est un poisson carnivore, euryphage, se nourrissant principalement de crustacés amphipodes, de polychètes, et de mollusques bivalves. Les décapodes, les isopodes et les nématodes sont des proies secondaires. Alors que les gastéropodes et les alevins de poissons restent des proies accessoires. Il est à noter que l'analyse des estomacs de *Mullus barbatus* montrent qu'ils contiennent du sable et des coquillages, ce qui prouve que c'est un poisson qui se nourrit sur le fond, qui peut détecter à l'aide de ses barbillons, et capturer des organismes enfouies (Layachi, 2007).

f. Reproduction

Mullus barbatus est une espèce de poisson gonochorique. Selon Hebbar, 2012, sa taille à la première maturité sexuelle, sur la côte oranaise est estimée à 13,6 cm pour les mâles et 14.5 cm pour les femelles. La période de ponte s'étend d'Avril à Juillet. Le sexe ratio est en faveur des femelles toute l'année, et au-delà de 20 cm. Cependant, la taille à la première maturité sexuelle varie d'un secteur à l'autre de la Méditerranée. Les œufs sont pondus à de grandes profondeurs et rejoignent la côte grâce aux courants. Les œufs, les larves et les poste larves sont pélagiques et vivent dans les eaux de surface jusqu'à une profondeur de 30-35cm.

Mullus barbatus a un comportement grégaire. Les juvéniles se concentrent très près du rivage en été, alors qu'en automne, elles se déplacent à de plus grandes profondeurs (Voliani, 1999).

g. Croissance et développement

Comparée à d'autres espèces de poisson, la croissance du rouget de vase paraît être lente. Il atteint le poids de 50 à 100 gr à la 3ème année de sa vie. La croissance des mâles est inférieure à celle des femelles. La relation taille poids est fortement corrélée (Suquet, 2001).

h. Migration

L'espèce a un comportement grégaire. Pendant l'été, les juvéniles se concentrent très près du rivage ; tandis que, à l'automne, ils se déplacent à de plus grandes profondeurs. Dans certaines régions, ce mouvement représente une vraie migration de la population du peu profond au profond terrain (Voliani, 1999).

i. Pêche et exploitation

Le rouget barbet de vase a une grande valeur commerciale. Il fait partie des principales espèces ciblées par de nombreuses pêcheries démersales. Sa Pêche est semi-industrielle, artisanale et sportive. Les Engins utilisés pour la pêche du rouget sont : La senne de plage, le chalut et filets maillants de fond, verveux, la ligne à main et la pêche sous-marine.

En Algérie, la pêche du rouget de vase est réalisée principalement par les petits métiers et les chaluts (DPRH, 2014).

Régulièrement présent sur les marchés de Méditerranée, occasionnellement à rarement en mer Noire, il est commercialisé frais, réfrigéré, congelé et salé.

4.2.3. Le pageot (*Pagellus erythrinus*)

a. Position systématique (tableau I.4)

Tableau I.4 : La position systématique de *Pagellus erythrinus*

Embranchement	Vertébrés
Sous embranchement	Gnathostomes
Super classe	Poissons
Classe	Ostéichtyens
Sous classe	Actinoptérygiens
Super ordre	Téléostéens
Ordre	Perciformes
Sous ordre	Percoïdes
Famille	Sparidés
Genre	Pagellus
Espèce	erythrinus (Linnaeus, 1758)



Figure I.9 : *Pagellus erythrinus* (Linnaeus, 1758).

b. Etymologie et nom vernaculaire

• **Origine du nom scientifique**

Pagellus : du latin populaire [pagellus], diminutif ou dérivé de pager « poisson de type pagre », lui-même dérivé du grec [p (h) agros].

erythrinus : du grec [eruthros] = rouge.

• **Noms vernaculaires**

En Angleterre : Common pandora.

En Espagne : Breca.

En France : pageot commun.

c. Morphologie et clés d'identification

D'après Fischer et *al.*, (1987) et Muus et *al.*, (1999) *Pagellus erythrinus* a un corps ovale, comprimé, un profil de la tête rectiligne ; diamètre oculaire nettement plus petit que la longueur du museau ; écaillage dorsale atteignant ou dépassant le niveau du bord antérieur de l'œil ; bouche basse, légèrement inclinée ; lèvres épaisses ; aux deux mâchoires, dents pointues en avant, molariformes en arrière.

Nageoire dorsale à 12 épines et 10 ou 11 rayons mous ; anale à 3 épines et 8 ou 9 rayons mous. Écailles de la ligne latérale : 55 à 65 ; coloration rose assez vif, marqué de petits points bleus sur la partie supérieure des flancs. Tête plus foncée, surtout entre les yeux et, sur le profil du museau. Une tâche rougeâtre sur la base des pectorales. Intérieur de la bouche blanchâtre ou grisâtre. Parfois une petite tâche rouge sombre à la base des derniers rayons de la dorsale (Larraneta, 1963 ; Mytilineou, 1989).

d. Distribution géographique et bathymétrique

Signalé en Mer Noire, dans l'ensemble de la Méditerranée et en Atlantique oriental entre 60°N et 10°N de la Scandinavie, *Pagellus erythrinus* est une espèce à affinité septentrionale (Bauchot, 1986), il a été souvent confondu avec *Pagellus coupei* où il est assez rare dans les îles Britanniques jusqu'au Cap Vert et à la Guinée-Bissau, y compris les îles Canaries et Madère (Bonnet, 1969) (figure I.10).

Sur le plan bathymétrique, les espèces de Sparidé qui ont la faculté de pouvoir vivre à des profondeurs nettement différentes comme c'est le cas pour *Pagellus erythrinus* possèdent une extension géographique plus vaste que celles limitées aux fonds inférieurs à 100 m du plateau continental (Rellini et Munro, 1985).

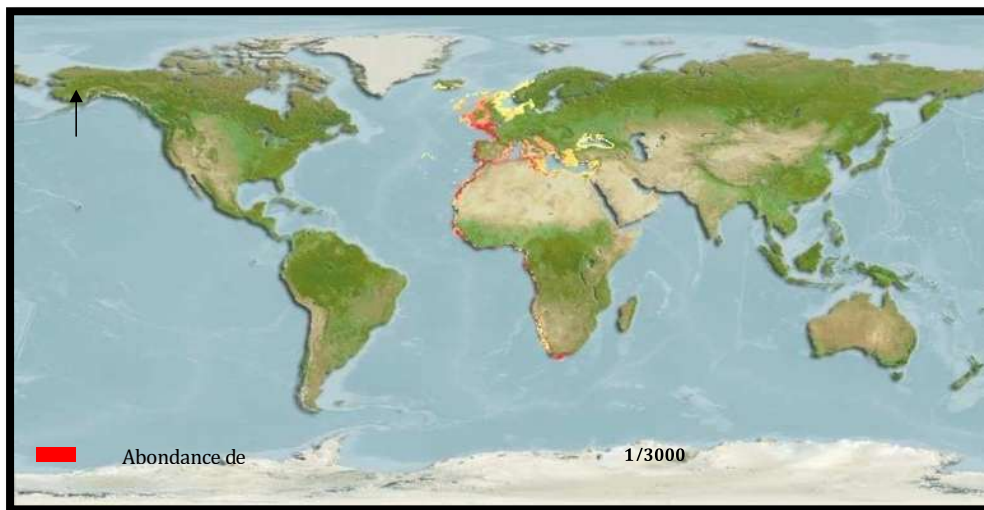


Figure I.10 : distribution géographique de *P.erythrinus* (www.sealifebase.org).

e. Régime alimentaire

Le comportement alimentaire de cette espèce omnivore à prédominance carnivore montre que ce Poisson est euryphage se nourrit principalement de Crustacés et de Mollusques (proies préférentielles), secondairement d'Annélides et d'Echinodermes (Bauchot et al., 1990).

f. Reproduction

Les recherches faites sur la sexualité des Sparidés méditerranéenne, par Alekseev, (1962), Bauchot, (1986) montrent que les cas d'hermaphrodisme sont très nombreux et variés. Il existe plusieurs types d'hermaphrodisme ; et celui qui concerne *Pagellus erythrinus* est l'hermaphrodisme protogynique (d'abord femelle puis mâle), dont la maturité sexuelle est atteinte pour les femelles après 1 à 2 ans pour une taille de 15 à 17 cm. Certaines des grandes femelles de plus de 2 ans deviennent mâles.

La reproduction a lieu lorsque la température de l'eau est entre 19 et 21 °C, de mai à août (Méditerranée), de mars à juillet (sud Portugal). Il peut y avoir 2 périodes de frai dans le Sud de l'aire de répartition (Fischer et *al.*, 1990). La ponte est pélagique, les gamètes sont relâchés en pleine eau. Les œufs donnent naissance après 2 jours d'incubation à 21 °C à une larve pélagique mesurant environ 2,5 mm. Les alevins se concentrent ensuite sur des sites peu profonds (Fischer et *al.*, 1987).

g. Croissance et développement

Le pageot, *Pagellus erythrinus*, est une petite espèce à croissance initiale moyennement correcte de 220-250 g à 18-24 mois qui stagne ensuite. *Pagellus erythrinus* peut vivre plus de 10 ans, l'âge de certains spécimens a été estimé à 15 ans et même 21 ans. La longueur et le poids augmentent avec l'âge : par exemple, à 1 an environ 12 cm, à 2 ans environ 16 cm (90 g), à 3 ans environ 17 à 20 cm (100 à 175 g). Les individus de 30 cm pèsent plus de 500 g et peuvent avoir plus de 6 ans. Les individus de 40 à 50 cm ont entre 15 et 21 ans. Le poids maximal publié d'un individu est de 3,24 kg (Fisher et *al.*, 1987).

h. Pêche et exploitation

Le pageot commun fait l'objet d'une pêche semi industriel et artisanal au moyen d'engins très variés tel que les chaluts pélagiques, chalut de fond et filet maillant. Les meilleurs rendements sont obtenus sur des fonds de 30 à 100 m. le Pageot est un Poisson méfiant, toujours en mouvement à l'approche du moindre danger, donc difficilement capturable. Leur valeur commerciale est généralement très appréciée. Son intérêt culinaire réside dans la qualité de sa chair qui reste estimée par la population (Bauchot et Hureau, 1986).

5. Présentation des principaux ETM étudiés

5.1 Le Cuivre (Cu)

Le cuivre est extrait d'une grande variété de minerais (165) d'une teneur de 0.7 à 2 %. De nombreux autres éléments métalliques (Fe, Ni, Zn, Pb, Co ...) sont souvent associés au cuivre (Rodier, 1996).

Son emploi est extrêmement diversifié. L'utilisation d'oxyde de cuivre comme matière active des peintures anti-salissures constitue une source importante de cuivre en zone portuaire. Cet élément est aussi utilisé dans des produits phytosanitaires (désherbants, insecticides, fongicides) (Ifremer, 2001).

Le cuivre est un élément essentiel chez l'homme et l'animal (oligo élément), impliqué dans de nombreuses voies métaboliques, notamment pour la formation d'hémoglobine. Le cuivre et les

composés cupriques peuvent avoir une action toxique par inhalation, ingestion, voies cutanée et oculaire. Les sels de cuivre sont des agents particulièrement irritants. (Acétate, carbonate, chlorure, hydroxyde, nitrate, oxyde, oxychlorure et sulfate (Pichard, 2005).

La toxicité vis-à-vis des organismes marins dépend de la forme chimique du cuivre et de son état d'oxydation (Chiffolleau et *al.*, 2001). Néanmoins, la concentration létale apparaît pour certaines espèces à partir de 2mg/L (larve d'huitre par exemple) alors que des retards de croissance sont observés chez le phytoplancton au-delà de 4mg/L (Fairbrother et *al.*, 2007).

5.2 Le Zinc (Zn)

Le zinc est très souvent associé au plomb et au cadmium dans les minerais, avec une teneur variant de 4 à 20 %. Le minerai principal est la blende, sulfure de zinc (ZnS). Il s'agit d'un oligo-élément indispensable au développement de la vie (Rodier, 1996).

Les principaux secteurs d'utilisation étant la couverture de bâtiments (40%), les barres et profilés (20%), la chimie, notamment du caoutchouc (12%). L'apport de zinc au milieu marin est essentiellement imputable à la métallurgie et à la combustion des bois et des charbons. Dans les zones portuaires, le zinc est introduit à partir de la dissolution des anodes destinées à la protection des coques de bateaux contre la corrosion. De plus, le zinc est contenu dans certaines peintures antisalissure (Ifremer, 2001).

Les sels de zinc sont moins toxiques que ceux du cuivre ou du cadmium et présentent la particularité d'être moins nocifs pour les organismes marins que pour ceux des eaux douces, en raison de l'action protectrice des ions calcium. Sa toxicité pour les organismes aquatiques n'en fait pas un contaminant prioritaire, bien qu'il agisse à de fortes concentrations sur la reproduction des huîtres et la croissance des larves (Ifremer, 2001).

5.3 Le Fer (Fe)

Le fer est un oligo-élément essentiel aux organismes marins photosynthétiques, il constitue le nutriment qui limite la productivité biologique primaire (Martin, 1990).

Le fer est surtout utilisé après traitement chimique, il s'agit du fer forgé, de la fonte et de l'acier. Le fer commercial pur est utilisé dans la production des feuilles de métal galvanisées (Kuvarega et Taru, 2008).

C'est un oligo-élément indispensable à tous les êtres vivants, intervient dans les constitutions des molécules d'hémoglobine, des hématies et des myoglobines des muscles.

Il joue un rôle important dans les processus d'oxydoréduction cellulaire, comme constituant de systèmes électro actifs dans les pigments respiratoires des vertébrés (Nizamov, 1976).

Le fer dans les eaux semble avoir un effet de stimulation sur la croissance algale vis à vis des poissons ; la toxicité du fer dépend du pH et est reliée au dépôt d'hydroxyde ferrique sur les branchies. Selon Chernyev (in Levesque, 1979), le fer à une concentration de 0.52 mg/L cause la mort d'œufs de poissons incubés. Celle-ci résulterait d'une précipitation du fer sous forme d'oxydes sur la membrane de l'œuf.

5.4 Le Manganèse (Mn)

Le manganèse présente des changements de forme (soluble, particulaire et colloïdale), il est plus concentré dans la fraction colloïdale, ce qui implique qu'il a une sédimentation plus lente (Dojlido et Best, 1993). On le retrouve dans les accumulateurs électriques, dans la fabrication de l'acier, dans les engrais ainsi que dans l'industrie du verre. Les sources anthropiques de manganèse dans le milieu aquatique sont essentiellement dues à l'activité industrielle et aux consommations des énergies fossiles.

Le Mn est un élément essentiel à faible concentration, il devient toxique lorsque ses teneurs dépassent certains seuils de tolérance. Ainsi, on observe une altération de la croissance et de la reproduction chez certains organismes aquatiques lorsqu'il est ingéré à forte concentration (Fairbrother et al, 2007 ; Boust, 1999). Les niveaux normaux du manganèse s'étendent de 40 à 900 mg/kg, avec un moyen estimé de 330 mg/kg du poids sec (Tonnelier, 1984 ; Corde et al., 1988).

5.5 Le Nickel (Ni)

Le nickel est un élément métallique très répandu dans la croûte terrestre. Le principal secteur d'utilisation du nickel correspond aux aciers inoxydables (62%) (Chiffolleau, 2001). Il entre également dans la composition de nombreux alliages en raison de ses caractéristiques de dureté et de résistance à la corrosion (12%). Les autres formes d'utilisation sont les traitements de surfaces (10%), les batteries Nickel-Cadmium et les catalyseurs Nickel-Aluminium (Caplat, 2001).

Le nickel est beaucoup moins toxique pour les organismes marins que le cadmium ou le mercure. Faiblement bioaccumulable, des effets sur le développement embryonnaire d'invertébrés marins ont cependant été observés (Lampert, 2007).

Dans ce chapitre nous avons bien voulu avant de présenter la zone d'étude, de passer en aperçu les caractéristiques générales de la mer méditerranée ainsi que du littoral algérien.

1-Description générale du bassin méditerranéen

La mer méditerranée est une mer intercontinentale semi fermée, située entre l'Europe, l'Afrique et l'Asie et que s'étend sur une superficie d'environ 2,5 millions de kilomètres carrés. Son ouverture vers l'océan Atlantique par le détroit de Gibraltar est large de seulement 14 kilomètres.

Du point de vue hydrodynamique, la Méditerranée occidentale est une région complexe où coexistent différents types d'eau. Elle soumise à un climat aride, avec de faibles précipitations (Tchernia, 1978). De ce fait, les pertes d'eau douce par évaporation sont supérieures aux apports issus des précipitations, des fleuves et de la mer Noire : la mer méditerranée est un bassin de concentration et d'évaporation (Bryden et al., 1994).

2-Caractéristiques générales du littoral algérien

L'Algérie dispose d'un littoral d'environ de 1280 Km, de la frontière Algéro-Marocaine à l'Ouest à la frontière Algéro-Tunisienne à l'Est, comme le montre la carte ci-après (figure II.1). Ce littoral est caractérisé par un plateau continental réduit à l'exception dans la région de Ghazaouet (wilaya de Tlemcen) à l'extrême Ouest et la région d'El Kala (wilaya d'El Taref) à l'extrême Est. La superficie maritime sous juridiction nationale algérienne offrant près de 9,5 millions d'hectares pour l'exercice de la pêche.

La côte Algérienne est caractérisée par ces deux couches d'eaux superposées, l'eau Atlantique modifiée et l'eau Méditerranéenne. En effet, l'eau Atlantique pénètre dans la mer d'Alboran où ses caractéristiques initiales commencent à s'altérer, donnant ainsi naissance à l'eau atlantique modifiée (Benzohra, 1993). Ce même auteur signale cette eau dans le bassin Algérien où elle se reconnaît dans une couche superficielle de 150 m d'épaisseur, avec une température de 15 à 23°C en surface et de 13,5 à 14°C en profondeur et de salinités allant de 36,5 à 38‰.

Le long des côtes algériennes, l'eau Atlantique modifiée décrit un écoulement plus ou moins stable avant de se diviser en deux branches. Dans le bassin algérien, l'eau atlantique modifiée pénétrerait (Millot, 1987 ; Millot, 1993 et Benzohra, 1993) sous forme d'une veine de courant étroite qui donne naissance à des méandres et tourbillons côtier associés à des upwellings.

Ces derniers favoriseraient une forte productivité biologique et par conséquent, augmentation des capacités trophiques du milieu.

Ainsi la côte algérienne peut se diviser en trois grands secteurs (figure II.1).

- le secteur occidental (A) : de la frontière algéro-marocaine à l'Ouest jusqu'à Ténès à l'Est
- le secteur central (B) : de Ténès à Dellys

- le secteur oriental (C) : de Dellys à l'Ouest jusqu'à la frontière Algéro-tunisienne à l'Est.

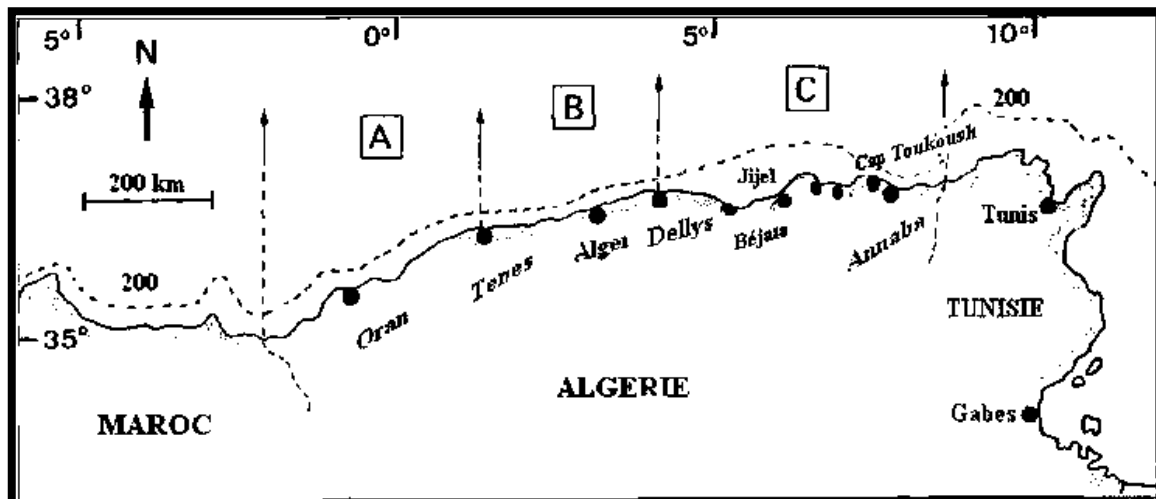


Figure II.1 : Carte du bassin algérien (A : région Ouest ; B : région Centre ; C : région Est).

3-Le site d'étude (le golfe de Ghazaouet)

3.1 Situation géographique

Ghazaouet, une ville côtière de l'extrême ouest Algérien se situe dans la partie septentrionale des monts des Traras (figure II.2).

Elle se trouve à 80 km au Nord du chef-lieu de la wilaya de Tlemcen, à 60 km de l'Aéroport international «Messali El-Hadj»-Tlemcen, à 170 km de la métropole régionale d'Oran et à 50 km de la frontière marocaine. (A.N.A.T, 1995).

En raison de sa position géographique, Ghazaouet et son port ont depuis longtemps constitué un point d'ancrage sur le littoral pour toute la région Nord-Ouest du pays.

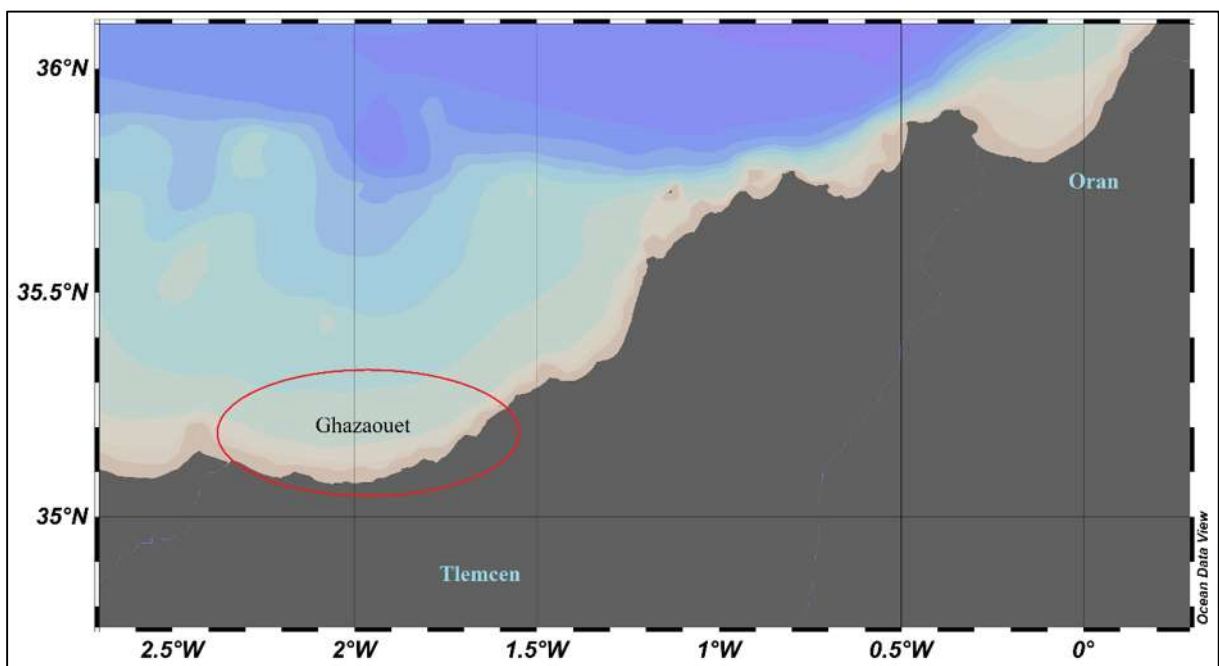


Figure II.2 : localisation de Ghazaouet.

Couvrant une superficie de 28 km² la ville de Ghazaouet est limitée :

- au Nord par la mer méditerranée ; - au Sud par la commune de Tient ; - au Sud -est par la commune de Nedroma ; - à l'Est par la commune de Dar yaghmoracen ; - à l'Ouest par la commune de Souahlia (Tounane).

Notre zone d'étude s'étend entre l'Oued Abdallah à l'Ouest et la baie Ouest du plateau de Touent, selon les coordonnées géographiques 1°50'20" Ouest et 35°06'07" N à 1° 52'05" Ouest et 35°05'09' Nord. (L.E.M, 1997).

3-2 Milieu physique

La ville de Ghazaouet fait partie du massif des Traras, qui est une chaîne côtière où le relief est faible et tourmenté.

Ce massif apparaît comme un arc montagneux amygdaloïde ceinturé de dépressions périphériques et encastré entre la méditerranée, par sa partie concave, la vallée du Kiss à l'Ouest, la vallée de la Tafna à l'Est et celle de son affluent oued Mouilah au sud par sa partie convexe. (Thinthoin, 1960).

Les traits marquant des Traras sont :

- Le déversement vers le sud ;
- Failles abondantes ;
- Glissement superficiel des unités allochtones sur des pentes faibles qui marquera la fin d'une tectonique récente.

3.2.1. Hydrologie

Trois bassins versants concernent le territoire de la ville de Ghazaouet et ses communes avoisinantes, respectivement et par ordre d'importance sont celui de l'Oued Ghazouana qui couvre 285 km², de l'Oued Abdallah d'une superficie de 15 km² et d'El Kelba qui couvre 7.5 km². (M.A.T.E, 2007).

Les cours d'eau qui débouchent sur la côte de Ghazaouet sont principalement :

- Oued Ghazouana (anciennement appelé Oued El Marsa), passant au centre de la ville, il est considéré comme le plus grand Oued de la région.
- Oued Arkoub débouchant dans la petite plage du même nom.
- Oued Abdallah, se situe vers l'Ouest, il est presque parallèle à Oued Ghazouana, et qui longe les quartiers Ouest de la ville. Il débouche dans la petite plage dite du «premier ravin».
- Oued El Ayadna en provenance du massif montagneux des Traras, il est plus petit que les autres Oueds (A.N.A.T, 2000).

3.2.2. Le Climat

D'après Seltzer (1946) et Thinthoin (1948) (in Mekkaoui, 2013), le climat de l'Algérie relève du régime méditerranéen, avec deux saisons bien tranchées, une très sèche, l'autre relativement humide. Ce climat tend vers une aridité de plus en plus accentuée, il se concrétise non seulement par le régime pluviométrique mais aussi par les fortes températures estivales entraînant une intense évaporation. Le climat de la région de Tlemcen est typiquement méditerranéen. (Quezel ; 2000).

Le climat de notre zone d'étude est influencé par des paramètres propres à la région de Ghazaouet à savoir :

- Son exposition découverte au Nord sur le littoral ;
- Sa position abritée par les monts de Traras au sud ce qui lui confère un contexte bioclimatique semi-aride avec des hivers tempérés à doux (A.N.A.T, 2000 ; M.E.T.A.P, 2000).

Pour connaître le climat qui règne dans notre zone d'étude, nous avons pris en considération deux paramètres climatiques : les précipitations et la température.

L'interprétation de ces derniers se base sur les données de la station météorologique de Ghazaouet représentant une période de 08 ans qui s'étale de 2004 à 2011 (Tableau II.1).

Tableau II.1 : Moyennes mensuelles des précipitations et des températures : Ghazaouet (2004/2011) (O.N.M)

Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P (mm)	45.2	44	50.2	38.6	28.2	3.7	3.1	3.8	21.2	62.2	71.1	81.5
T(C°)	12.7	13.8	15.3	15.6	20.3	22.4	25.4	25.3	22.5	20.1	17.1	13.4

a. Précipitations

Djebaili (1978) définit la pluviosité comme le facteur primordial qui permet de déterminer le type du climat.

Les précipitations en Algérie diminuent du Nord au Sud et de l'Est à l'Ouest. La région Ouest reçoit en moyenne 300 à 400mm/an. (O.N.M, 2006).

En se basant sur les données du Tableau II.1 on constate que le climat de Ghazaouet est marqué par une alternance de deux saisons :

- Une saison pluvieuse longue caractérisée par une irrégularité interannuelle s'étalant sur neuf mois consécutifs allant du mois de Septembre et se prolongeant jusqu'au mois de Mai.
- La saison sèche s'étale sur trois mois du mois de Juin jusqu'au mois d'Août.

Nous constatons que le mois le plus pluvieux est décembre. Le régime saisonnier (classement des saisons par ordre de pluviosité décroissant) de la région de Ghazaouet est de type HAPE.

b. La température

Tout comme l'eau, la lumière et l'oxygène, la température est un élément vital et un facteur fondamental pour le déroulement des processus biologiques chez les êtres vivants.

Ce facteur a été défini comme une qualité de l'atmosphère et non une grandeur physique mesurable. (Peugy, 1970)

La caractérisation de la température en un lieu donné se fait généralement à partir de la connaissance de quatre variables au minimum :

Les températures moyennes mensuelles ; les températures maximales ; les températures minimales et l'écart thermique.

Les températures dans la région de Ghazaouet sont régulées tant en hiver qu'en été, et cela par l'effet régulateur de la mer méditerranée.

Les bulletins météorologiques de l'Algérie montrent que c'est à Ghazaouet que la température est plus douce, et que les écarts thermiques sont moins sensibles.

Cette situation climatique privilégiée tient à la position géographique et à la latitude sous laquelle se trouve Ghazaouet (D.U.C, 2005).

Les moyennes mensuelles des températures de la région de Ghazaouet (Tableau II.1) confirment que Janvier est le mois le plus froid avec une température de 12.7°C, alors que Juillet et Août sont les mois les plus chauds avec une température qui dépasse 25°C.

Pour le reste des mois de l'année, les moyennes de température ne descendent pas au-dessous de 13°C. En estimant les écarts thermiques entre les maxima « M » et les minima « m » selon la méthode de Debrach (1953), on constate que la région de Ghazaouet est influencée par un climat littoral où $15^{\circ}\text{C} < M - m < 25^{\circ}\text{C}$.

3.3. Courantologie

Les courants jouent un rôle primordial dans la circulation des eaux et leur brassage ; et par conséquent sur la dispersion de la pollution. (Lacaze, 1996).

Millot (1987) affirme que la partie occidentale de la méditerranée présente deux principaux courants : le courant du Nord et le courant algérien.

Les instructions nautiques signalent l'existence d'un courant général au large de vitesse comprise entre 0,5 et 1m/s, se dirigeant d'Ouest vers l'Est, et engendrant un contre courant côtier d'une vitesse moyenne de 0,2 m/s.

Dans le golfe de Ghazaouet, le vent soufflant de l'Ouest ainsi que l'étranglement formé par les îlots des deux frères et des deux sœurs et la pointe Ouest, permettent la création d'un courant spécifique. Ces courants influent sur l'épandage des polluants dans la région. (L.E.M, 1997).

3.4. Tissu industriel

Le tissu industriel dans la région de Ghazaouet est plus ou moins diversifié représenté par un certain nombre d'entreprises (Tableau II.2), dont l'unité ALZINC qui occupe une place importante avec les emplois offerts pour la population de la région ainsi que la grande participation dans l'activité portuaire.

Tableau II.2 : Les principales unités industrielles de la région de Ghazaouet.

Entreprise	Date de mise en service	Localisation	Production		Type de pollution
			Type	Quantité /an	
ALZINC	1974	Ghazaouet	Zinc	40000T/an	Solide, Liquide, Gazeux
CERAMG (ECO)	1978	Ghazaouet	Céramique Sanitaire	655000 articles	Solide
SOBIRT	1975	Tounane	Briques	100000U/an	/

3.4.1 Le complexe ALZINC

La société Algérienne du zinc par abréviation ALZINC est une filiale de METANOF, qui est une société par action dénommée, Entreprise Nationale de métallurgie et de la transformation des métaux non ferreux, la production de cette filiale a débuté en 1974. L'installation a été conçue, initialement pour traiter essentiellement le concentré minier d'El Abed situé à environ 200 Km au Sud-ouest de Ghazaouet (M.E.T.A.P, 2000).

La société ALZINC a pour objet :

- Production de zinc et d'alliages (Zamac, pastille de Zinc...), de l'acide sulfurique et du cuivre cathodique.
- Distribution locale et exportation de ses produits à travers le monde.

3.4.2 Les apports du rejet industriel en milieu marin

En plus des rejets urbains, le milieu marin de Ghazaouet reçoit les eaux résiduelles industrielles recyclées en provenance de l'unité d'électrolyse de zinc à raison de 3.5m³ /heure. Ces rejets chargés des métaux lourds sont déversés dans le milieu marin et ils ont participé à la

contamination de la vase aggravée par le stockage sauvage des déchets de lixiviation de Zinc sur la falaise surplombant la mer et l'usine (D.P.R.H.T, 2004).

3.5 Le port

Le port mixte (commerce/pêche/transport de voyageurs) de Ghazaouet est situé à une trentaine de kilomètres à vol d'oiseau à l'Est de la frontière Algéro- marocaine et à 45 Km de l'aéroport international MESSALI El Hadj de Tlemcen.

Il s'étend sur 23 Ha de terre-pleins et 25 ha de plan d'eau (dont une petite darse pour les navires de pêche de 01 ha) (D.U.C, 2005).

Grâce aux échanges commerciaux (import/export) et au transport des voyageurs, le port de Ghazaouet a pu acquérir une place importante au niveau national et régional.

La pêche avec chalutiers ou artisanale est une autre activité qui se trouve au niveau du port mais son apport économique reste insuffisant.

La flotte produit 4 types de poissons : Bleus, blancs, crevettes et crustacés.

1. Travaux effectués en mer

1.1. Choix et intérêt du matériel biologique

Les polluants peuvent avoir des effets toxiques sur les organismes. Ainsi il a été proposé qu'ils soient utilisés en tant que sentinelles des effets de pollution (Bayne, 1989).

Dans cette optique, notre choix s'est porté sur trois espèces de poissons démersaux *Pagellus erythrinus* (Pageot), *Merluccius merluccius* (Merlu) et *Mullus barbatus* (Rouget de vase).

Le Pageot, le Merlu, comme le Rouget de vase sont des indicateurs biologiques, capables de renseigner sur l'identité et la qualité des substances polluantes tels que les métaux lourds biodisponibles dans l'environnement.

De plus, la contamination de ces produits de pêche par les métaux lourds, soulève un problème sanitaire majeur lié directement à leurs consommations par l'homme, dernier maillon de chaîne alimentaire.

1.2. Prélèvement des échantillons

L'échantillonnage a été effectué à bord du navire de recherche « Grine Belkacem » lors de la campagne d'évaluation des ressources démersales (ALDEM 2015) réalisée par le CNRDPA. Ceci nous permet d'être sûrs de leur état de fraîcheur, de connaître la date de leur capture et de leur lieu de pêche. Toutes ces informations sont précisées dans une fiche d'échantillonnage.

1.3 Positionnement des stations

Le choix du site de prélèvement des échantillons s'est axé, d'une part, sur la facilité d'accès et l'abondance des espèces cibles, afin de pouvoir disposer d'un lot suffisant en provenance du même site et d'autre part, sur sa position dans l'extrême ouest de la cote algérienne et sa proximité aux différentes unités industrielles, notamment celle de l'usine de zinc (ALZINC).

Le paramètre de stratification retenu est la profondeur, avec les limites bathymétriques suivantes: strate A (20-50m), strate B (51-100m), strate C (101-200 m), strate D (201-500m) et strate E (501-800m).

Les dates, les coordonnées géographiques, correspondant à la position du navire scientifique en début et en fin de chaque pêche réalisé sont regroupées et présentées sous forme de tableau (tableau III.1).

Tableau III .1 : coordonnées géographiques des traits de pêche réalisés dans le golfe de Ghazaouet

Code	N° trait	Date	Latitude D	Longitude F	Latitude D	Longitude F
12	30	20/05/15	35°12.149' N	1°55.382'	5°11.900' N	1°56.523'
23	30	20/05/15	35°12.149' N	1°55.382'	5°11.900' N	1°56.523'
52	35	21/05/15	35°06.056' N	01°58.002'	35°06.060' N	01°57.041'
56	35	21/05/15	35°06.056' N	01°58.002'	35°06.060' N	01°57.041'
70	31	21/05/15	35°09.093' N	02°10.088'	35°09.513' N	02°10.069'
93	31	21/05/15	35°09.093' N	02°10.088'	35°09.513' N	02°10.069'
105	31	21/05/15	35°09.093' N	02°10.088'	35°09.513' N	02°10.069'

1.4. Traitement des échantillons

Les poissons sont triés par classe de taille, puis ils sont placés dans un plat propre en pyrex pour éviter toute contamination par les instruments métalliques, la dissection a été faite à l'aide de couteaux en plastiques afin de prélever : la chair, le foie et les gonades.

Enfin, les organes prélevés sont placés séparément dans des piluliers rincés auparavant à l'acide nitrique dilué ensuite plusieurs fois à l'eau distillée (Aubert et *al.*, 1975).

1.5. Conservation des échantillons

119 sous échantillons d'organes de poissons ont été placés dans des piluliers et conservés à -18°C dont 7 ont été destinés à l'analyse des métaux traces ainsi qu'à l'analyse biochimique. Afin de minimiser la contamination de nos échantillons, il convient de prendre des précautions particulières lors de la manipulation.

2. Travaux effectués au laboratoire

2.1 Le dosage des métaux traces

Le dosage d'éléments métalliques en trace dans le milieu marin nécessite un contrôle rigoureux et permanent des différentes étapes, car il existe des risques de contamination des échantillons du moment de prélèvement à celui de l'analyse finale (A.I.E.A, 2001). Pour cela, un soin particulier a été apporté aux prélèvements et aux méthodes de dosage des métaux.

Le dosage des métaux lourds a été réalisé au laboratoire des métaux traces de la station de recherche de Sidi Fredj.

Les échantillons destinés au dosage des métaux traces sont de l'ordre de 7 ; ils présentent les caractéristiques cités dans le tableau ci-après (Tableau III.2) :

Tableau III.2 : les caractéristiques des échantillons analysés (métaux traces)

Code	Espèce	Sexe	Taille (cm)	Organe	N° Trait
12	<i>M.barbatus</i>	Femelle	>15	Chair	30
23	<i>M.barbatus</i>	Femelle	>15	Gonade	30
52	<i>M.merluccius</i>	Femelle	<31	Chair	35
56	<i>M.merluccius</i>	Male	<26	Foie	35
70	<i>P.erythrinus</i>	Femelle	>22	Gonade	31
93	<i>P.erythrinus</i>	Male	>21	Chair	31
105	<i>P.erythrinus</i>	Femelle	>22	Chair	31

2.1.1. Conditionnement du matériel

Afin d'éviter les contaminations, tout instrument et verrerie utilisé dans notre travail sont minutieusement nettoyés et conditionnés selon le protocole suivant :

- Lavage aux détergents commerciaux ;
- Rinçage avec de l'eau du robinet ;
- Rinçage à l'eau bidistillée obtenue sur un système MILLI Q (MILLIPORE) et ayant une résistivité de 18MΩ ;
- Séchage à l'étuve à 70°C pour le matériel en verre et à 40°C pour le matériel en plastique pendant 24 h ;
- Rinçage à l'eau acidulée à 5%, préparée à partir d'acide nitrique (HNO₃) de 68% de pureté ;
- Rinçage à l'eau bidistillée ;
- Séchage à l'étuve pendant 24 h.

Ces opérations doivent être effectuées impérativement avant chaque utilisation du matériel

2.1.2. Traitement des échantillons

a. Lyophilisation

La lyophilisation, ou séchage à froid, consiste à extraire progressivement l'eau contenue dans un produit préalablement congelé (phase solide) par passage à la phase vapeur, sans passer par la phase liquide à basse pression ; c'est la sublimation (Romond, 2015).

Elle a été faite à l'aide d'un lyophilisateur de marque CHRIST-Beta 1- 8 (Figure III.1), pendant 48 heures sous vide (10^{-1} mbar) et à très basse température (-50° C à -60° C). Cette méthode évite la perte des métaux les plus volatiles en particulier le mercure (Charlou et *al.*, 1983).



Figure III.1 : Lyophilisateur de marque CHRIST-Beta 1- 8

b. Broyage

Les échantillons du biote lyophilisés sont broyés à l'aide d'un broyeur automatique en acier inoxydable jusqu'à l'obtention d'une poudre fine.

Cette dernière est récupérée dans des piluliers en verre et stockée dans un endroit sec (dessiccateur).

c. Homogénéisation

Pour une répartition uniforme des éléments métalliques au sein de la matière sèche des poissons et de prélever ainsi une quantité représentative de l'échantillon, l'homogénéisation se fait avant minéralisation par agitation manuelle.

2.2. Extraction des métaux traces

2.2.1. Principe de la digestion ou de la minéralisation

La minéralisation d'un échantillon consiste à éliminer toute matière organique dans le but de rechercher un toxique minéral (Amiarad, 1991). Ce processus vise à :

- Eliminer toute action perturbatrice de substrat protéique ;
- Ioniser les métaux ;
- Assurer leur concentration (puisque le métal n'existe qu'à l'état de trace)

La minéralisation a été faite au niveau du laboratoire de la station de recherche de Sidi Fredj.

2.2.2. Le protocole expérimental

a. Minéralisation à blanc

Avant l'utilisation des godets, on procède à une minéralisation à blanc (Figure 1, Annexe 1). Un volume de 5 ml d'acide nitrique (HNO_3) à 69% est mis dans chaque godet à téflon puis ce dernier est fermé hermétiquement.

Par la suite, les godets sont mis sur une plaque chauffante à 120°C pendant 2h 30min. Après refroidissement des échantillons, la soupape de sécurité est ouverte doucement, les godets sont rincés à l'eau bi-distillée et séchés à l'étuve.

b. Minéralisation des sous échantillons

Selon le protocole décrit par l'A.I.E.A (2001), la minéralisation a lieu sous hotte aspirante dans un godet en téflon.

Une masse de 0,5 g de matière sèche a été pesé dans des godets à téflon (Figure 2, Annexe 1), puis un volume de 5ml d'acide nitrique(HNO_3) concentré à 69% est ajouté. Les godets sont fermés hermétiquement avec des pinces et laissés à température ambiante pendant une nuit. Par la suite les godets ont été placés sur une plaque chauffante à 120°C pendant 2h30min (Figure III.2).



Figure III.2 : minéralisation sur plaque chauffante.

Après refroidissement, les échantillons ont été transposés dans des tubes coniques en polyéthylène de 50 ml, préparés au préalable (n°, espèce, date,...etc.). Les godets sont rincés plusieurs fois avec l'eau bidistillée, les tubes coniques sont complétés jusqu'à 50 ml par l'eau bidistillée (Figure 3, Annexe 1).

Chaque série de minéralisation est accompagnée d'une part par la minéralisation d'un blanc, constitué de 1ml de HNO_3 . Et d'autre part par la minéralisation d'un standard d'intercalibration. Les séries sont conservés dans un réfrigérateur à 4°C jusqu'au moment d'analyse pour éviter toute perte et contamination (A.I.E.A, 2001).

2.3. Analyse des métaux traces

Lors d'une analyse spectrochimique optique, les éléments contenus dans l'échantillon sont déterminés grâce à leur spectre atomique. Toutefois, ceci n'est réalisable qu'à la condition qu'une partie significative de l'échantillon liquide, soit vaporisée. Les atomes libres peuvent alors être identifiés et quantifiés autant par spectroscopie d'émission, d'absorption ou de fluorescence, ces techniques spectrochimiques présentant des avantages complémentaires. En outre, chacune de ces techniques utilise différents types d'atomiseurs (Bernhard, 1985).

Le dosage des métaux a été réalisé par la spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA) pour 5 métaux (Cu, Zn, Fe, Mn et Ni) au niveau de laboratoire de l'ENSSMAL à Sidi Fredj.

2.3.1. Spectrophotométrie d'Absorption Atomique (SAA)

La spectrométrie d'absorption atomique (SAA) est une technique décrite pour la 1^{ère} fois par Walsh (1955). SAA étudie les absorptions de lumière par l'atome libre. C'est une des principales techniques mettant en jeu la spectroscopie atomique dans le domaine UV-visible utilisée en analyse chimique. Elle permet de doser une soixantaine d'éléments chimiques (métaux et non-métaux). Les applications sont nombreuses étant donné qu'on atteint couramment des concentrations inférieures au mg/L (ppm) (Forstner *et al.*, 1980).

Les analyses des métaux traces dans le biote ont été réalisées sur un spectrophotomètre d'absorption atomique de marque HITACHI, modèle Z-5000 équipé de four, flamme et correction effet Zeeman (Figure III.3).



Figure III.3 : Spectromètre d'absorption atomique de marque HITACHI, modèle Z-500

a. Principe

Le passage de la forme ionique (métal en solution) à la forme atomique se produit par une source thermique (source d'atomisation). Les atomes ainsi formés passent d'un niveau énergétique fondamental (état initial) à un niveau plus élevé (état excité) traversé par un faisceau de lumière à mesure et d'intensité incidente I_0 . L'absorbance correspond à la différence entre l'intensité incidente (I_0) et l'intensité transmise (I). Cette différence ($I-I_0$) est déterminée par un photomultiplicateur qui lui transforme cette intensité lumineuse en un signal électrique quantifiable.

En pratique, l'absorbance A peut être appréhendée par la variation de l'intensité lumineuse à travers la chambre d'atomisation de l'élément à doser.

L'intensité de l'absorption dépend directement du nombre de particules absorbant la lumière selon la loi de Beer-Lambert. D'après cette dernière, la densité optique d'une solution d'une substance absorbante dans un solvant transparent est proportionnelle à l'épaisseur de la solution traversée et à la concentration des substances absorbante de la solution (Audigie et *al.*, 1985).

$$I = I_0 \cdot e^{-K.L.C}$$

La lecture s'effectue en absorbance (A) ou en densité optique (DO) :

$$A = DO = \log I_0/I = \epsilon L.C$$

Où :

I : Intensité de l'énergie lumineuse transmise (émergente).

I_0 : Intensité de l'énergie lumineuse émise (incidente).

ϵ : Coefficient d'absorption atomique (constante).

L : Longueur du trajet optique (constante).

C : Concentration de l'élément absorbant (analyte).

b. Appareillage

Les spectrophotomètres d'absorption atomique sont essentiellement composés d'une source qui émet le spectre de l'élément à analyser, d'un atomiseur qui peut être soit une flamme soit un four en graphite, d'un monochromateur, d'un détecteur et d'un appareil de réduction des données.

➤ **Source lumineuse**

Elle consiste à émettre une radiation de résonance par l'élément même qu'on veut doser.

Les sources d'émission doivent être stables dans le temps, présenter une luminance élevée pour le spectre de l'élément avec un fond continu faible et enfin avoir une durée de vie assez longue. Elles sont généralement constituées de lampe à cathode creuse ou lampe à décharge électronique (Pinta, 1979).

➤ **Nébuliseur**

Les échantillons destinés à une analyse par spectrométrie atomique sont pour la plupart dissouts en milieu aqueux et introduit dans l'atomiseur par un nébuliseur, celui-ci aspire l'échantillon liquide à travers un capillaire par un flux de gaz à haute pression qui s'écoule autour de l'extrémité du tube « effet Bernoulli » (Skoog et *al.*, 2003). La solution d'analyse est alors aspirée dans le capillaire et à la sortie, elle est pulvérisée en un aérosol constitué de fines gouttelettes. Cet aérosol pénètre alors dans la chambre de nébulisation dont le rôle est de faire éclater les gouttelettes et d'éliminer les plus grosses. Ce brouillard homogène pénètre alors dans le bruleur.

➤ **Chambre d'absorption**

Les chambres d'absorption les plus utilisées en spectrométrie sont la flamme et le four graphite qui sont capables, à partir d'éléments présents en solution, de fournir des atomes libres en proportion suffisante pour utiliser la technique d'absorption.

➤ **Monochromateur**

Le faisceau incident (source émise) est un spectre de raies qui contient : les raies de l'élément à doser et les raies du gaz de remplissage, les raies d'éventuelles impuretés ainsi que les raies de l'atomiseur (flamme) par conséquent, c'est une lumière polychromatique. Le rôle du monochromateur consiste à éliminer toute la lumière, quelle que soit son origine, ayant une longueur d'onde différente de celle à laquelle on travaille pour avoir un faisceau monochromatique (Benedetto, 1997).

➤ **Détecteur et dispositif de mesure**

Dans les méthodes physiques d'analyse, l'appareil utilisé fournit un résultat qui sera le plus souvent un signal électrique représentatif de la grandeur à mesurer : le détecteur est donc un 'transformateur' qui fournit un courant ou une tension à partir d'une caractéristique physico-chimique.

En spectrophotométrie d'absorption, la grandeur physique observée est le flux lumineux reçu par un détecteur de photons (Benedetto, 1997).

c. Etalonnage

Pour chaque élément à doser on prépare une gamme d'étalons dans les mêmes conditions des échantillons, à différentes concentrations (en fonction du type de métal).

Les absorbances de ces solutions standards sont mesurées, ce qui permet de tracer la courbe d'étalonnage (absorbance = f(concentration)), pour les faibles concentrations, c'est-à-dire pour les faibles absorbances, la courbe est quasi linéaire, donc de la forme :

$$Y = aX + b$$

Où : **Y** : Densité optique (DO).

X : Concentration du métal à analyser.

a : Pente de la courbe.

b : Ordonnée à l'origine.

A l'aide de la droite d'étalonnage, nous pouvons déterminer les concentrations inconnues en métaux des échantillons de poissons à analyser.

d. Calcul des concentrations des métaux

La concentration du métal dans l'échantillon minéralisé est obtenue à partir de la droite d'étalonnage par une régression linéaire aux moindres carrés.

➤ Détermination de la concentration au niveau des échantillons

La concentration du métal dans l'organisme est calculée selon la formule suivante (Asso, 1982).

$$C_{\text{finale}} = C_x - C_b * V/P$$

Où : **C_{finale}** : Concentration du métal dans l'échantillon (µg/g).

C_x : Concentration du métal présent dans l'analyte (µg/ml).

C_b : Concentration du blanc (µg/ml).

V : Volume de dilution (ml).

P : Poids sec de l'échantillon biologique minéralisé (g).

2.4. Analyse biochimique : Méthodes d'analyse des protéines, lipides et glucides

Le dosage des protéines, lipides et glucides a été réalisé au laboratoire de chimie et de biochimie de l'Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral « ENSSMAL ».

Les échantillons destinés à l'analyse biochimique sont de l'ordre de 7 ; ils présentent les caractéristiques cités dans le tableau ci-après (Tableau III.3) :

Tableau III.3 : les caractéristiques des échantillons analysés (composition biochimique)

Code	Espèce	Sexe	Taille (cm)	Organe	N° Trait
12	<i>M.barbatus</i>	Femelle	>15	Chair	30
23	<i>M.barbatus</i>	Femelle	>15	Gonade	30
52	<i>M.merluccius</i>	Femelle	<31	Chair	35
56	<i>M.merluccius</i>	Male	<26	Foie	35
70	<i>P.erythrinus</i>	Femelle	>22	Gonade	31
93	<i>P.erythrinus</i>	Male	>21	Chair	31
105	<i>P.erythrinus</i>	Femelle	>22	Chair	31

2.4.1. Dosage des protéines

L'extraction et le dosage des protéines ont été effectués selon la méthode de référence « Kjeldahl ».

2.4.1.1. Présentation de la méthode

La méthode de Kjeldahl est la méthode de référence pour la détermination des protéines dans les aliments. Il existe deux versions de la méthode qui utilisent le même principe : la méthode macro-Kjeldahl et la méthode micro-Kjeldahl. Elles diffèrent seulement par l'appareillage utilisé et les quantités d'échantillons : la masse d'échantillon analysée par la méthode macro-Kjeldahl est environ 5 fois plus élevée que celle analysés par la méthode micro-Kjeldahl (Salghir, 2004).

2.4.1.2. Principe

La détermination des protéines par la méthode micro-Kjeldahl s'effectue en trois étapes :

Etape 1 : Digestion ou minéralisation de l'échantillon

Pendant l'étape de la digestion, l'azote protéique est transformé en azote ammoniacal par oxydation de la matière organique dans l'acide sulfurique concentré à haute température, en présence d'un catalyseur et d'un sel :

-l'acide sulfurique H_2SO_4 concentré a pour but d'oxyder la matière organique et de transformer l'azote protéique en ammoniac NH_3 . Il sert également à piéger l'ammoniac gazeux sous la forme de sulfate d'ammonium, par action de la base avec l'acide.

-l'addition du sel de sulfate de potassium K_2SO_4 a pour but d'élever le point d'ébullition de la solution pour accélérer la réaction de minéralisation de la matière organique.

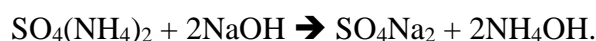
-le catalyseur utilisé est le sulfate de cuivre $CuSO_4$.

La réaction chimique est la suivante :



Etape 2 : Distillation de l'ammoniac

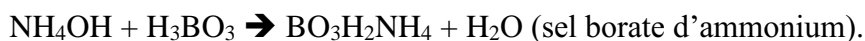
Avant de distiller l'ammoniac à la vapeur d'eau, on doit le libérer par l'addition d'une solution concentrée de soude $NaOH$ en excès. La transformation chimique est :



L'ammoniac est ensuite distillé par la vapeur d'eau et piégé dans une solution d'acide borique.

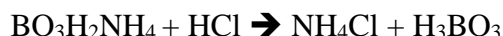
L'ammoniac réagit avec l'acide borique pour former des sels de borates d'ammonium.

La transformation chimique est :



Etape 3 : Titrage de l'ammoniac

L'ammoniac sous la forme de borate d'ammonium est titré directement à l'aide d'une solution standardisée d'acide chlorhydrique HCl , et d'un indicateur (le Tashiro) :



2.4.1.3. Mode opératoire

a. Minéralisation

La minéralisation permet de dénaturer les protéines (casser les liaisons) et de libérer les acides aminés, ensuite transformer l'azote organique en azote minéral.

Elle est effectuée à l'aide d'un appareil de minéralisation « Inkjel. M, Behr labor-technik GmbH » équipé : d'une plaque chauffante, un porte matras, un collecteur de fumée et un thermostat. Tout le système est relié à une pompe à vide qui est relié à un piègeur de fumée (Figure 4, Annexe 1).

Dans un matras de Kjeldahl, on met :

- 2 g de l'échantillon de poisson lyophilisé, 7 g de sulfate de potassium K_2SO_4 , 5 mg de sulfate de cuivre $CuSO_4$ et 1ml d'eau oxygénée H_2O_2 à 60%(10Vol), 10ml d'acide sulfurique H_2SO_4 concentré et 2-3 petits morceaux de pierre ponce ;
- On agite et on place le matras dans le dispositif de minéralisation ;
- On chauffe doucement et progressivement jusqu'à l'apparition des fumées noires ;
- On poursuit le chauffage durant 30 à 45 minutes jusqu'à l'obtention d'une couleur limpide.

A la fin de la minéralisation, on laisse les matras refroidir.

b. Filtration et dilution du minéralisât

Après refroidissement des matras, on filtre chaque minéralisât dans un erlenmeyer. On lave le matras et on filtre aussi l'eau de rinçage.

On ajuste à 100ml, avec l'eau distillée.

On transvase les minéralisât dilués et filtrés dans des erlenmeyers colorés en brun, à bouchon, étiquetés (Figure 5, Annexe 1) et on les conserve au réfrigérateur à 4° C.

c. Distillation

-On prélève dans un matras de Kjeldahl 20 ml du minéralisât filtré et dilué pour la distillation. Ensuite, on place le matras dans l'appareil de distillation « Behr, Labor-Technik » (Figure 6, Annexe 1).

-A l'aide d'un bouton on ajoute 40 ml de la soude NaOH à 40% dans le matras et on débute la distillation.

- On recueille le distillat (ammoniaque entraîné à la vapeur d'eau) dans un erlenmeyer de collecte, contenant 20ml d'acide borique à 4% dont le pH a été préalablement déterminé.

-On continue la distillation jusqu'à obtenir 100 ml de solution (acide borique + ammoniaque entraîné à la vapeur d'eau), l'opération dure 5 à 10 min. On relève de nouveau la valeur du pH.

d. Titrage

On ajoute au distillat obtenu, 10 gouttes de la solution d'indicateur « Tashiro », On titre directement la solution obtenue par une solution d'acide chlorhydrique HCl à 0.2N jusqu'à l'obtention du pH initial de la solution d'acide borique (Figure 7, Annexe 1).

2.4.1.4. Expression des résultats

Soit : 1ml de HCl → 2.803 mg N (azote)

Le taux des protéines est calculé selon l'équation suivante :

$$\% \text{ de protéine} = X * F = \frac{2.803 * V * 100}{100 * m} * F$$

Où : **X** : quantité d'azote dans 100g de chair.

F : facteur dépendant du type d'aliment analysé = 6.25 (protéine animale).

V : volume d'HCl.

m : le poids de l'échantillon en g.

2.4.2. Dosage des lipides

Les lipides sont insolubles dans l'eau et très solubles dans les solvants organique, tel que l'éther éthylique. La plupart des méthodes de dosage des lipides exploitent ces propriétés physiques pour extraire les lipides des aliments dans le but de mesurer leur concentration.

L'extraction des lipides est réalisée par la méthode de Soxhlet.

2.4.2.1. Présentation de la méthode

Selon l'A.O.A.C(2002) la méthode Soxhlet est l'une des méthodes de référence utilisée pour la détermination de la matière grasse dans les aliments solides déshydratés. C'est une méthode gravimétrique, puisqu'on pèse l'échantillon au début et la matière grasse à la fin de l'extraction.

2.4.2.2. Principe

L'aliment solide est pesé et placé dans une capsule de cellulose (cartouche). L'échantillon est extrait en continu par l'éther éthylique à ébullition (P.E. 35° C) qui dissout graduellement la matière grasse. Le solvant contenant la matière grasse retourne dans le ballon par déversements successifs causés par un effet de siphon dans le coude latéral. Comme seul le solvant peut s'évaporer de nouveau, la matière grasse s'accumule dans le ballon jusqu'à ce que l'extraction soit complète. Une fois l'extraction terminée, l'éther est évaporé, généralement sur un évaporateur rotatif, et la matière grasse est pesée.

Les cartouches de cellulose sont perméables au solvant et à la matière grasse qui y est dissoute. Ces cartouches sont jetables.

2.4.2.3. Mode opératoire

L'appareil de Soxhlet « Behr Labor-Technik » est équipé de quatre postes de travail, d'une plaque chauffante, de ballons, des matrasses et un réfrigérant.

- On allume d'abord le réfrigérant pour atteindre la température de 2° C ;
- Ensuite on pèse chaque ballon vide, soit P_0 ce poids ;
- On pèse 2g de chaque échantillon lyophilisé et broyé dans une cartouche tarée et on pèse, soit m ce poids ;
- On place les ballons vides et pesés sur la plaque chauffante, et les cartouches dans les matrasses (Figure 8, Annexe 1) ;
- On verse environ 160ml de l'éther éthylique dans chaque matras jusqu'à ce qu'il se déverse dans le ballon. Fermer les matrasses ;
- On chauffe progressivement jusqu'à l'ébullition du solvant, on maintient la même température de sorte à maintenir l'ébullition de solvant stable. On garde le même rythme pendant 5h 30min qui correspond à 34 cycles (un cycle dure en moyenne 10 min) ; afin de dissoudre tous les lipides présents dans l'échantillon à la fin de l'extraction, on laisse les ballons refroidir ;
- On met chaque ballon contenant le solvant et l'extrait (lipides) dans un rot a vapeur (Figure 9, Annexe 1) à 40° C et à une vitesse de rotation de 6 à 7 tours/min, pour concentrer l'extrait et récupérer le solvant ;
- On sèche les ballons dans l'étuve à 37° C, puis on les laisse refroidir dans un dessiccateur.

- On pèse les ballons remplis, soit **P** ce poids.

2.4.2.4 Expression des résultats

La quantité des lipides totaux est calculée selon la formule suivante :

$$\% \text{ lipides} = \frac{M}{m} * 100$$

Où : **M** : quantité des lipides (P – P₀) en g.

P : poids du ballon rempli de lipides en g.

P₀ : poids du ballon vide en g.

m : poids de l'échantillon en g.

2.4.3. Dosage des glucides

Le dosage des sucres totaux solubles est réalisé par la méthode de phénol-sulfurique (Dubois et *al.*, 1956).

2.4.3.1. Présentation de la méthode

Pour la détermination des glucides totaux, nous avons utilisé la méthode de phénol-sulfurique (Dubois et *al.*, 1956), qui est une méthode colorimétrique devient du Test de Molish pour les glucides, et impliquent le réchauffement du matériel avec de l'acide sulfurique H₂SO₄ concentré et une action avec le phénol. Le phénol est un alcool qui réagit fortement avec les glucides. La réaction de couleur est linéaire à la longueur d'onde de 485nm.

2.4.3.2. Mode opératoire :

- Peser 3mg d'échantillon lyophilisé.
- Ajouter 4ml de NaOH 1N. Vortexer et passer aux ultrasons 30 secondes au froid.
- Diviser en 3 tubes avec 1ml par tube.
- Ajouter 25µl de phénol à 80% et agiter immédiatement, après ajouter 2.5ml d'H₂SO₄ et agiter. (Faire la même opération pour chaque tube).
- Laisser refroidir à température ambiante pendant 30 minutes.
- Lire à 485 nm, avant 2 heures par spectrophotométrie

2.4.3.3. Solution de référence

Faire une solution mère de glucose 1mg/ml en NaOH

Préparer les points de gamme :

Glucose (µl)	0	200	400	600	800	1000
V. NaOH (µl)	1000	800	600	400	200	0
Concentration(µg/ml)	0	20	40	60	80	100

Une courbe d'étalonnage est effectuée à partir d'une solution de glucose (Figure 10, Annexe1).

Pour cette partie du mémoire, nous présentons et discutons les résultats obtenus au cours de l'ensemble des expériences et analyses réalisées.

Ces résultats résultent de l'analyse des éléments traces métalliques et la composition biochimique réalisées au niveau du laboratoire de l'ENSSMAL.

1. Analyse paramétrique

1.1 Les teneurs en métaux traces

La diversité des substances chimiques qui polluent l'écosystème marin aggrave le phénomène de bioaccumulation dans les tissus et les organes des organismes marins.

De ce fait, les poissons se trouvent être des vecteurs de cette contamination, c'est ce qui nous renseigne sur la qualité de leurs milieu ambiant.

Trois poissons démersaux ont été choisis comme bio-indicateurs dans cette étude, ils sont le merlu (*Merluccius merluccius*), le rouget de vase (*Mullus barbatus*) et le pageot (*Pagellus erythrinus*). Ceci dans le but d'évaluer la qualité de l'écosystème côtier au niveau du golfe de Ghazaouet.

En effet, le niveau de bioaccumulation de cinq métaux (Manganèse, Zinc, Cuivre, Fer, et Nickel) dans trois organes cibles (chair, foie, gonades) de ces espèces de poissons ont fait l'objet de l'analyse par spectrométrie d'absorption atomique à flamme dont les résultats sont résumés dans le tableau IV.1.

Tableau IV.1 : Les teneurs en métaux traces en $\mu\text{g/g}$ du poids sec dans les différents organes chez *Mullus barbatus*, *Merluccius merluccius* et *Pagellus erythrinus* du golfe de Ghazaouet.

Espèce	Sexe	Organe	Les métaux traces ($\mu\text{g/g}$)				
			Mn	Zn	Cu	Fe	Ni
<i>M.barbatus</i>	Femelle	C	0,62	21,05	1,39	42,89	2,69
		G	1,34	204,06	4,74	63,11	2,22
<i>M.merluccius</i>	Femelle	C	0,27	21,82	3,45	9,52	3,25
	Mâle	F	2,07	28,60	4,49	33,45	0,74
<i>P.erythrinus</i>	Femelle	G	1,00	245,85	1,78	35,70	1,66
		C	0,73	16,21	3,20	15,89	0,15
	Mâle	C	2,71	18,88	3,67	28,48	5,27
		Max.	2,71	245,85	4,74	63,11	5,27
		Min.	0,27	16,21	1,39	9,52	0,15

1.1.1. Le Manganèse

Les teneurs de Manganèse dans les trois poissons étudiés (Tableau IV.1) varient entre un minimum de 0,27µg/g révélé dans la chair de *M.merluccius* et un maximum de 2,71µg/g trouvé dans la chair de *P.erythrinus*.

1.1.2 Le Zinc

Les teneurs de Zinc dans les poissons (Tableau IV.1) varient dans une large gamme entre un minimum de 16.21µg/g révélé dans la chair de *P.erythrinus* et un maximum de 245.85µg/g enregistré dans les gonades de la même espèce.

1.1.3. Le Cuivre

Les poissons présentent des teneurs en Cuivre (Tableau IV.1) qui varient entre un minimum de 1.39µg/g décelé dans la chair de *M.barbatus* et un maximum marqué dans les gonades de la même espèce.

1.1.4. Le Fer

Les teneurs de Fer déterminées (Tableau IV.1) sont comprises entre un minimum de 9.52µg/g révélé dans la chair de *M.merluccius* et un maximum de 63.11µg/g enregistré dans les gonades de *M.barbatus*.

1.1.5. Le Nickel

Les teneurs de Nickel enregistrées dans les poissons cibles (Tableau IV.1) varient entre un minimum de 0,15µg/g révélé dans la chair des femelles de *P.erythrinus* et un maximum de 5,27µg/g trouvé dans le même organe chez le male de la même espèce.

1.2. La composition biochimique

Les résultats de l'analyse de la composition biochimique de différents organes (Chair, Foie et Gonades) des trois poissons (*M.barbatus*, *M.merluccius* et *P.erythrinus*) sont énumérés dans le tableau IV.2.

Tableau IV.2 : Taux des protéines, des lipides et des glucides exprimés en pourcentage dans les différents organes (Chair, Foie et Gonades) des trois poissons.

Espèce	Organe	Protéines (%)	Lipides (%)	Glucides (%)
<i>M.barbatus</i>	C	11,20	56,87	0,0250
	G	7,67	73,31	0,0347
<i>M.merluccius</i>	C	15,58	15,11	0,0002
	F	2,80	99,60	0,1799
<i>P.erythrinus</i>	G	9,83	67,32	0,1390
	C	11,38	27,53	0,0221
	C	7,18	17,83	0,0022

1.2.1. Taux des protéines

Le taux des protéines (Tableau IV.2) le plus élevé est enregistré au niveau de la chair de *M.merluccius* avec un pourcentage de 15,58%, suivi des gonades avec 7,67% et le taux le plus faible est observé au niveau du foie avec un pourcentage de l'ordre de 2,80%.

De ce fait, nous pouvons classer les trois espèces en fonction du taux des protéines dans la chair comme suit : Le merlu(*M.merluccius*) > le pageot(*P.erythrinus*) > le rouget de vase(*M.barbatus*).

1.2.3. Taux des lipides

On remarque que le taux des lipides dans les poissons cibles (Tableau IV.2) montre une différence significative en fonction des trois organes. Ainsi, le taux le plus élevé de lipides est enregistré au niveau du foie (99.60%) suivi par les gonades (73.31%) et la chair avec un taux faible de 17.83%.

1.2.3. Taux des glucides

Pour les glucides (Tableau IV.1), le taux le plus élevé est révélé au niveau du foie avec un pourcentage de 0.18% suivi par les gonades avec un taux de 0.14% et la chair avec un taux très faible de l'ordre de 0.0002%.

2. Variations des teneurs en métaux traces et de la composition biochimique

2.1. Variations des teneurs en métaux traces

2.1.1. Le rouget de vase (*M.barbatus*)

Les variations des concentrations des métaux traces étudiés (Mn, Zn, Cu, Fe et Ni) chez le rouget de vase selon les organes sont illustrées dans le graphe ci-dessous (Figure IV.1).

L'analyse des concentrations des cinq éléments métalliques en traces au niveau des deux organes de *Mullus barbatus* (chair et gonades) (Figure IV.1), montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les concentrations du manganèse et du nickel au niveau des deux organes.

Tandis que pour les concentrations de zinc, fer et cuivre, une différence significative se manifeste au niveau des deux organes. En effet, la concentration la plus élevée est enregistrée au niveau des gonades pour tous les métaux à l'exception du Nickel ou les concentrations sont semblables au niveau des deux organes (chair et gonades).

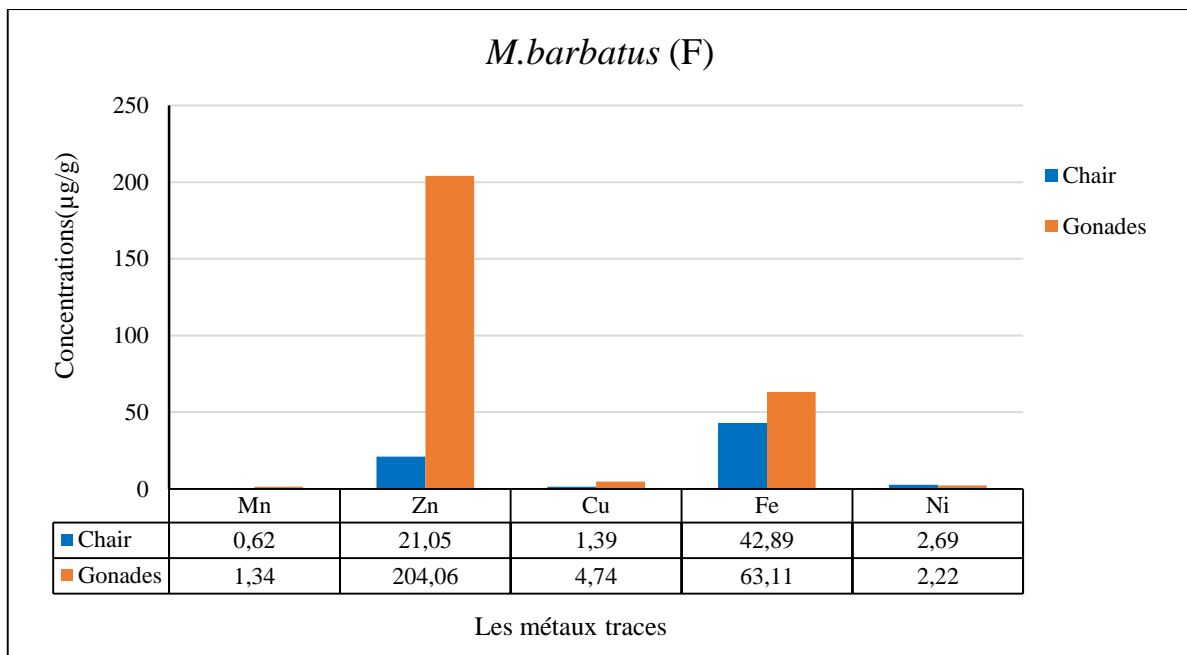


Figure IV.1 : Variations des teneurs en métaux traces chez le rouget de vase selon les organes.

Ainsi, dans les gonades de *M.barbatus* l'accumulation du Zinc est importante, avec une concentration de l'ordre de 204,06µg/g.

Plusieurs études ont mis en évidence l'existence d'un brassage spectaculaire de Zinc dans le poisson pendant la période de vitellogénèse, soit une mobilisation de ce métal induite par les œstrogènes à partir d'autres tissus vers les gonades qui augmenterait simultanément avec RGS (Olsson, 1996).

Alors, les valeurs de Zinc enregistrées dans notre travail dans les différents organes de rouget de vase de golfe de Ghazaouet sont très élevées par rapport aux valeurs notées dans le Sar de Beni Saf et la Saurel de la baie d'Oran trouvées respectivement par Ayad, 2010 et Bennada 2010 (Tableau IV.3).

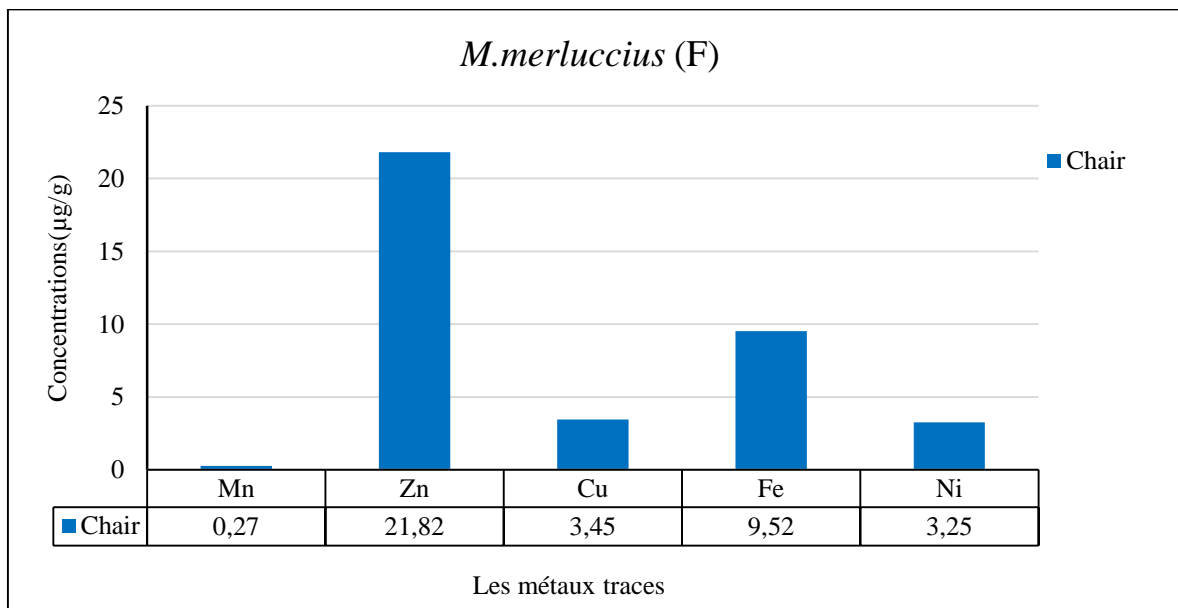
En plus, les concentrations de Nickel dans les différents organes de rouget de vase de la région de Ghazaouet sont faibles par rapport aux concentrations enregistrées dans les différents organes de rouget de vase des côtes Algériennes (Ghazaouet, Beni Saf, Mostaganem et Bou Ismail) trouvées par Amzelel, 2014. (Tableau IV.3).

2.1.2. Le merlu (*M.merluccius*)

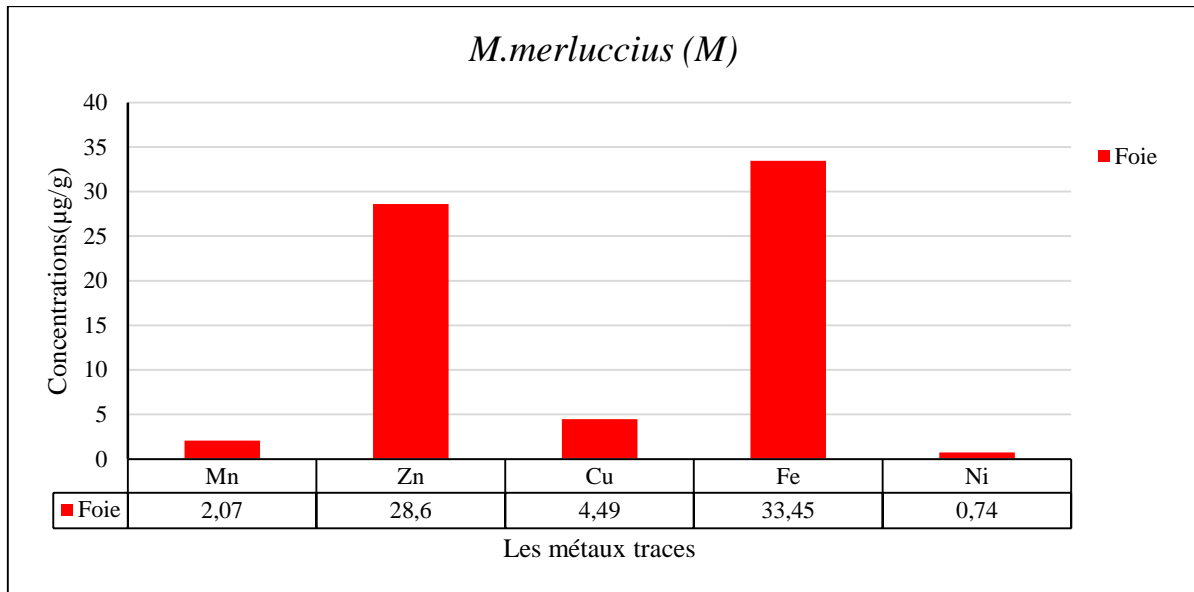
Les variations des concentrations des métaux traces chez le merlu en fonction du sexe et des organes sont illustrées dans les graphes ci-dessous (Figure IV.2, A et B).

On remarque que les concentrations des métaux enregistrées chez le male de *Merluccius merluccius* (Figure IV.2) sont plus élevées par rapport aux concentrations enregistrées chez la femelle de cette espèce à l'exception du Nickel.

On note aussi une prédominance très nette de Zinc suivie par le Fer au niveau de la chair des femelles. Tandis que, chez les mâles, une accumulation importante du Fer suivie par celle de Zinc au niveau du foie a été constatée.



(A)



(B)

Figure IV.2 : Variations des concentrations des teneurs en métaux traces chez le merlu (A : Femelle, B : Male) en fonction des organes.

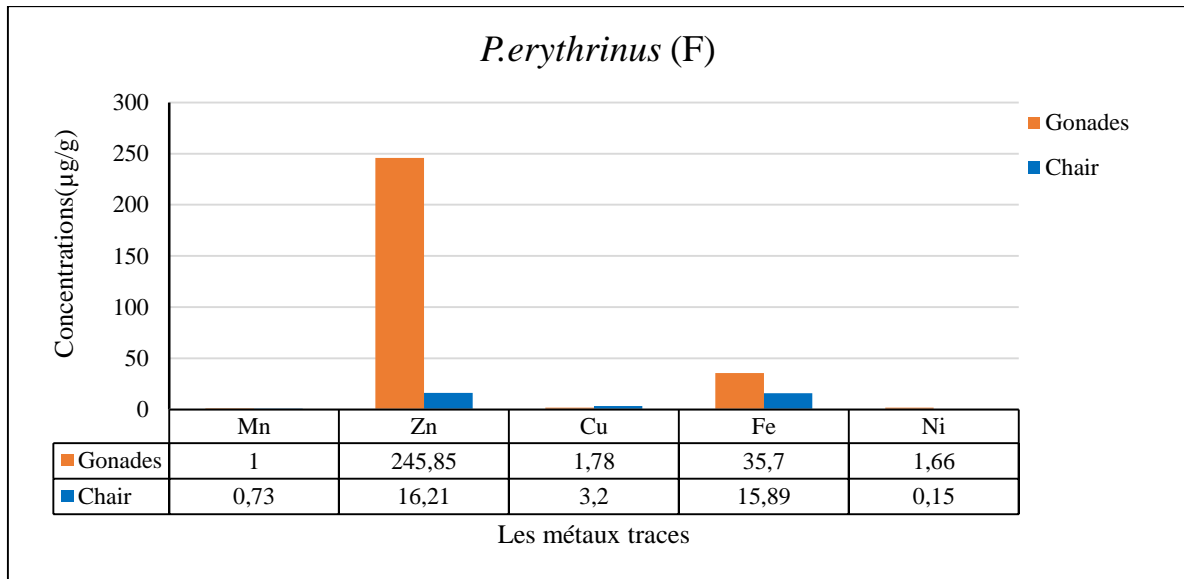
Ces résultats peuvent être expliqués par le rôle important de ces deux métaux (Zinc et Fer). Ils sont impliqués dans de nombreux processus physiologiques donc ils sont indispensables à la vie d'un grand nombre d'organismes (oligo-éléments).

Les teneurs des ETM dans le foie de *M. merluccius* sont plus importantes à celles observées dans la chair. Ces teneurs en métaux peuvent être due à une élimination plus lente que la prise ; ceci peut s'expliquer aussi par le comportement éco-toxicologique du foie lié à l'excrétion envers les processus de bioaccumulation (Zhang et al., 2007).

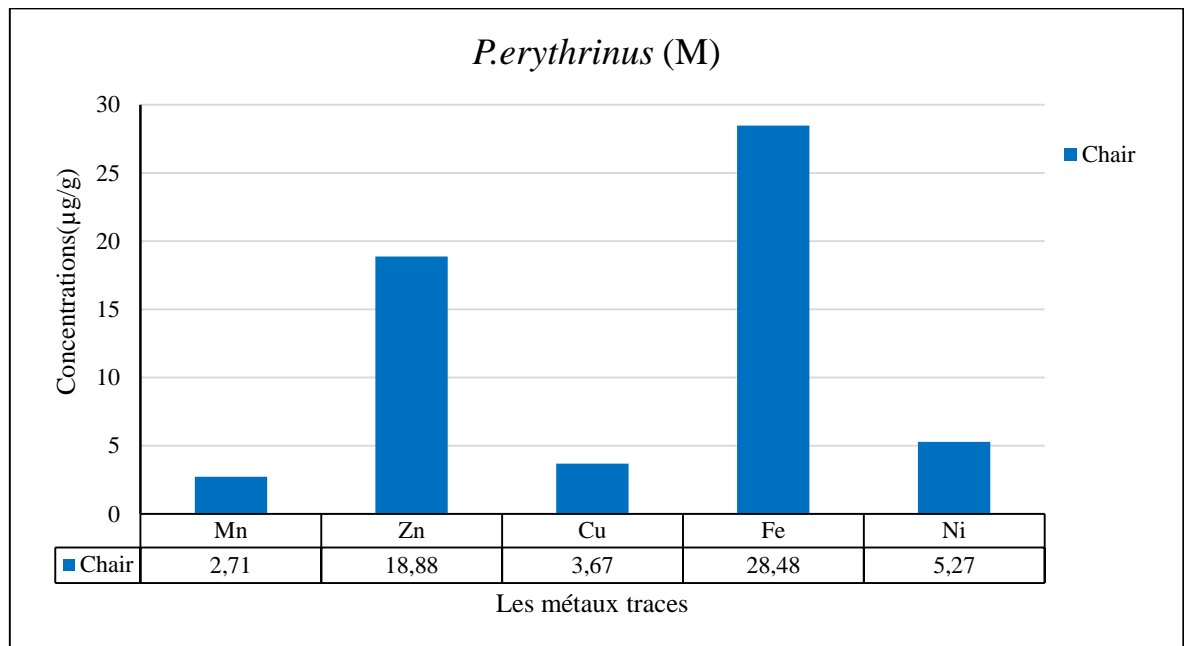
Les valeurs de Zinc dans la chair et le foie de merlu du Ghazaouet observées dans le présent travail sont faibles par rapport au merlu de Ghazaouet, Beni Saf, Mostaganem et Bou-Ismaïl trouvées par Dendene, 2014. (Tableau IV.3).

2.1.3. Le pageot (*P. erythrinus*)

Les variations des concentrations des métaux traces chez le pageot en fonction du sexe et organes sont illustrées dans les graphes ci-dessous.



(A)



(B)

Figure IV.3 : Variations des teneurs en métaux traces chez le pageot (A : Femelle ; B : Male) en fonction des organes.

L'accumulation des métaux traces chez la femelle du pageot est importante dans les gonades que dans la chair avec une prédominance très nette de zinc. Ceci est peut-être dû au phénomène de reproduction, dont les femelles se déplacent pour pondre vers les côtes où il y a plus de rejets directs et donc différentes formes de pollution (Ayad, 2010).

Chez le mâle, la variation des concentrations des métaux traces au niveau de la chair montre que la valeur la plus élevée est celle de Fer suivi par celle de zinc. Ce résultat peut être expliqué

par le rôle important de ces éléments, car ils rentrent dans les processus métaboliques des espèces.

A titre comparatif, les valeurs de Zn notées dans la chair et les gonades du pageot de Ghazaouet sont semblables avec celles des valeurs trouvées par (Benmoussa, 2014) dans la chair et les gonades de la même espèce des côtes Ghazaouet, Beni Saf, et Mostaganem (Tableau IV.3).

Tableau IV.3 : comparaison des concentrations ($\mu\text{g/g}$) des métaux analysés dans les poissons de Ghazaouet avec celles des poissons de la côte Algérienne.

Travail	Région	Espèce	Organe	Mn	Zn	Cu	Fe	Ni
Présent travail	Ghazaouet	<i>Mullus barbatus</i>	chair	0.62	21.05	1.39	42.89	2.69
			gonade	1.34	204.06	4.74	63.11	2.22
		<i>Merluccius merluccius</i>	chair	0.27	21.82	3.45	9.52	3.25
			foie	2.07	28.6	4.49	33.45	0.74
		<i>Pagellus erythrinus</i>	chair	0.73	16.21	3.2	15.89	0.15
			gonade	1	245.85	1.78	35.7	1.66
Dendene, 2014	Ghazaouet	<i>Merluccius merluccius</i>	chair	-	35.31	-	-	11.68
			gonade	-	-	-	-	-
			foie	-	57.75	-	-	5.49
	Beni Saf		chair	-	-	-	-	-
			gonade	-	-	-	-	-
	Mostaganem		foie	-	54.78	-	-	3.09
			chair	-	31.72	-	-	2.39
			gonade	-	192.05	-	-	3.53
	Bou Ismail		foie	-	82.56	-	-	5.83
			chair	-	-	-	-	-
			gonade	-	189.97	-	-	7.07
			foie	-	56.87	-	-	5.45
Amezelel, 2014	Ghazaouet	<i>Mullus barbatus</i>	chair	-	26.77	-	-	15.11
			gonade	-	231.46	2.507	-	25.77
			foie	-	129.42	9.35	-	31.85
	Beni Saf		chair	-	32.17	-	-	17.09
			gonade	-	-	-	-	-
	Mostaganem		foie	-	131.97	6.51	-	11.52
			chair	-	36.47	-	-	13.79
			gonade	-	145.03	17.13	-	13.44
	Bou Ismail		foie	-	163.61	3.54	-	12.62
			chaire	-	27.69	-	-	14.73
			gonade	-	194.13	-	-	12.48
			foie	-	127.96	9.72	-	17.83
Benmoussa, 2014	Ghazaouet	<i>Pagellus erythrinus</i>	Chair	-	30.99	-	-	11.09
			gonade	-	224.32	-	-	10.29
			foie	-	80.04	-	-	13.84
	Beni Saf		Chair	-	38.77	-	-	11.27
			gonade	-	205.4	-	-	9.21
			foie	-	141.15	-	-	17.90
	Mostaganem		Chair	-	33.10	-	-	14.04

	Baie de Bou-Ismaïl		gonade	-	252.62	-	-	14.01
			foie	-	137.31	-	-	13.43
			Chair	-	-	-	-	-
			gonade	-	-	-	-	-
	Baie d'Alger		foie	-	114.68	-	-	12.24
			Chair	-	-	-	-	-
			gonade	-	-	-	-	-
			foie	-	117.40	-	-	15.69
Ayad, 2010	Beni Saf	<i>Diplodus sargus</i>	gonade	-	2.43	-	-	-
			foie	-	3.15	-	-	-
	Baie d'Oran		gonade	-	3.36	-	-	-
			foie	-	2.9	-	-	-
Benadda, 2009	Baie d'Oran	<i>Trachurus trachurus</i>	foie		4.38			

2.2. Variations de la composition biochimique

2.2.1. Le rouget de vase (*M.barbatus*)

Les variations de taux des protéines, lipides et glucides en fonction des organes chez le rouget de vase sont illustrées dans le graphe ci-dessous.

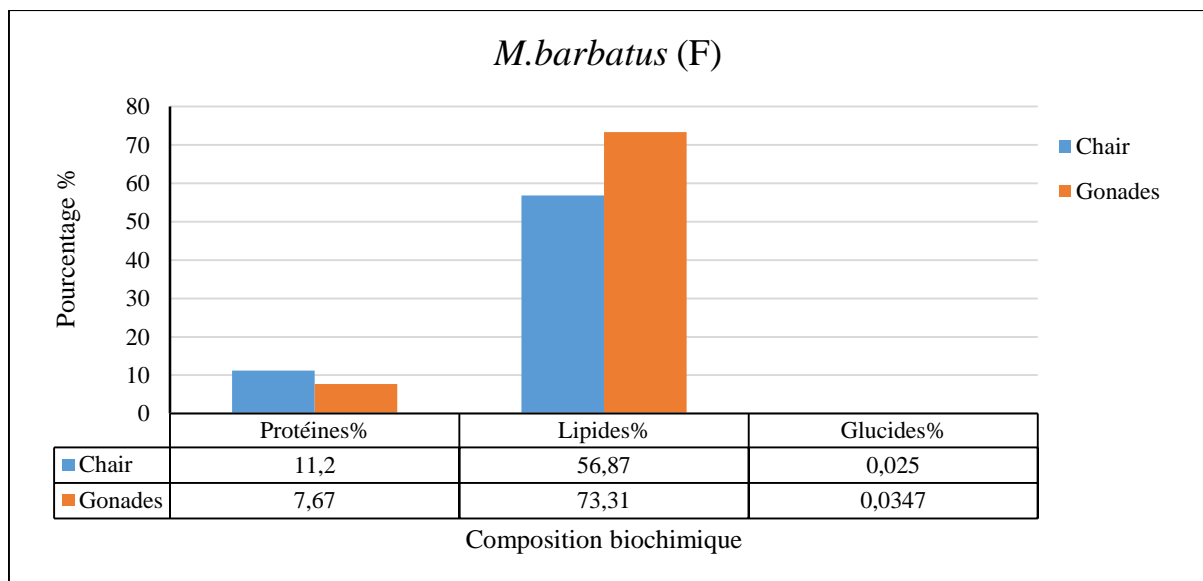


Figure IV.4. Variations des taux protéiques, lipidiques et glucidiques chez le rouget de vase en fonction des organes.

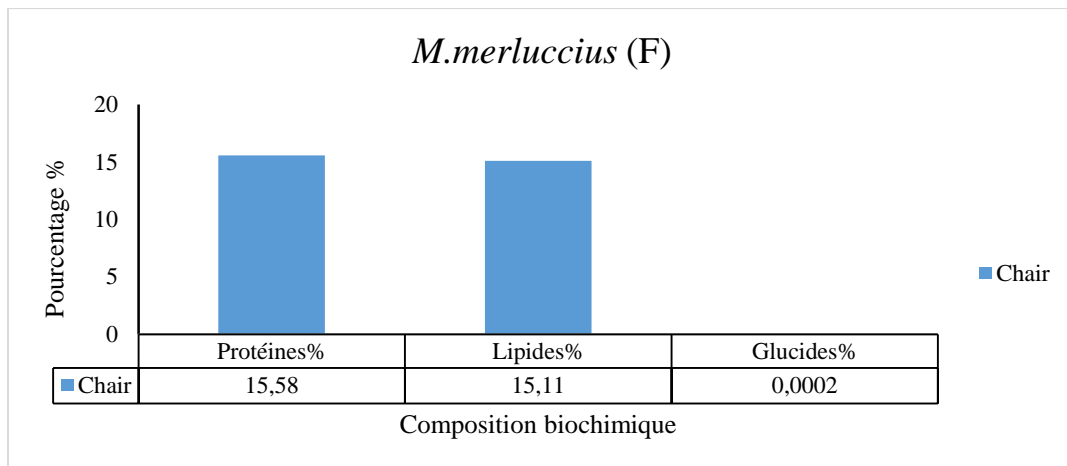
On remarque que les lipides (figure IV.4) sont les composés les plus abondants chez le rouget de vase avec un taux significatif au niveau des deux organes (chair et gonades) et une prédominance très nette au niveau des gonades.

Le pourcentage des protéines dans la chair du rouget est plus élevé que celui dans les gonades. Les glucides présentent des valeurs plus faibles dans les deux organes.

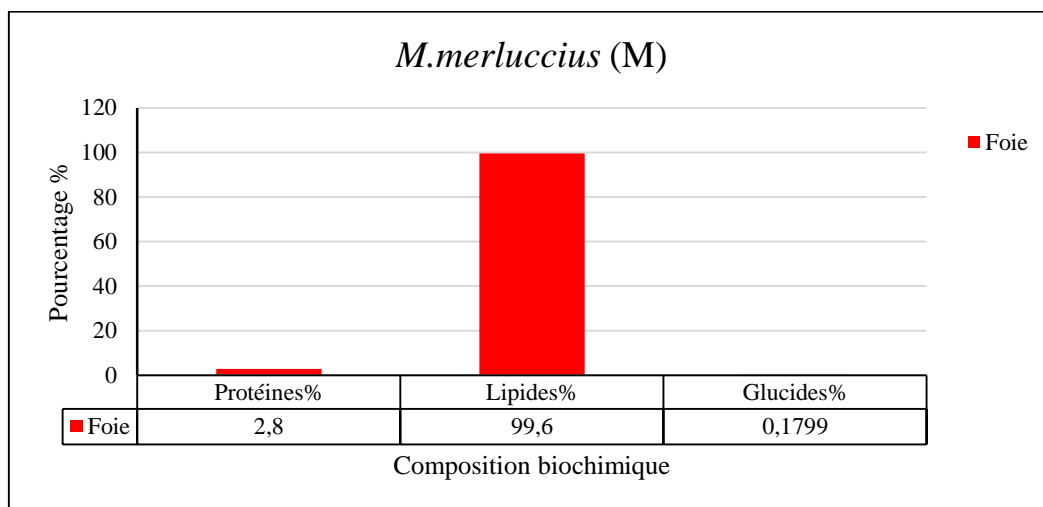
Ainsi, on constate une différence entre le taux des trois composés biochimiques, avec le gradient décroissant suivant : lipides>> protéines>> glucides.

2.2.2. Le merlu (*M.merluccius*)

Les variations des taux des protéines, lipides et glucides en fonction des organes et sexe chez le merlu sont illustrées dans les graphes ci-dessous.



(A)



(B)

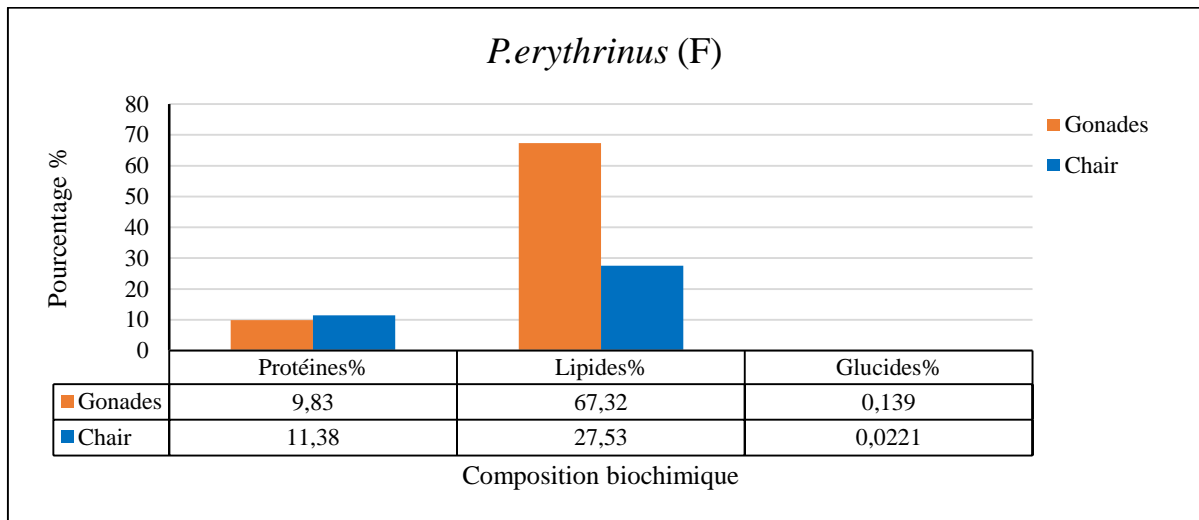
Figure IV.5 : Variations des taux protéiques, lipidique et glucidiques chez le merlu (A : Femelle ; B : Male) en fonction des organes.

Les variations des taux des trois composés au niveau de la chair chez la femelle de *M. merluccius* montre qu'il n'y a pas une différence significative entre le taux des protéines et celui des lipides. Ainsi, un taux très faible des glucides a été observé.

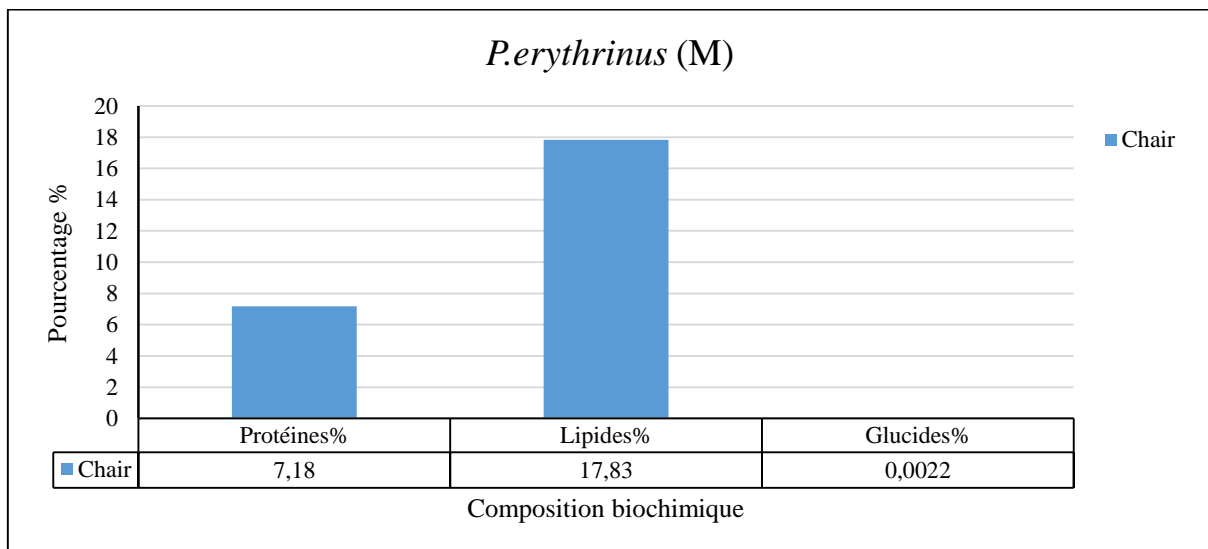
Tandis qu'au niveau de foie du mâle, nous avons constaté une différence significative entre les trois composés, avec un taux très élevé des lipides suivi par celui des protéines et un taux très faible des glucides.

2.2.3. Le pageot (*P.erythrinus*)

Les variations des taux des protéines, lipides et glucides chez le pageot (A : Femelle ; B : Male) selon les organes sont illustrées dans la figure suivante.



(A)



(B)

Figure IV.6 : Variations des taux protéiques, lipidique et glucidiques chez le pageot (A : Femelle ; B : Male) selon les organes

Les variations des taux des trois composés chez la femelle de *P.erythrinus*, montrent que les lipides sont les composés les plus abondants au niveau des gonades suivi par les protéines au niveau de la chair. Tandis que les glucides sont les plus composés les moins abondants au niveau des deux organes.

Au niveau de la chair des mâles, on constate le même gradient d'abondance pour les trois composés que celui constaté chez les femelles : lipides>>protéines>>glucides.

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer la bioaccumulation de cinq métaux (Mn, Zn, Cu, Fe et Ni) au niveau de la chair, le foie et les gonades des trois poissons demersaux (*Mullus barbatus*, *Merluccius merluccius* et *Pagellus erythrinus*) du golfe de Ghazaouet d'une part, et étudier la composition biochimiques (protéines, lipides, et glucides) des poissons cibles, d'autre part.

A cet effet, deux échantillons de rouget de vase, deux échantillons de merlu, et trois échantillons de pageot ont fait l'objet de l'analyse des éléments traces métalliques (Zinc, Cuivre, Manganèse, Fer et Nickel) et l'étude biochimique (taux de protéines, glucides et lipides) après dissection et récupération des organes cibles.

Les résultats de l'analyse de la composition biochimique dans les trois organes (Chair, Foie et Gonades) des trois poissons (*M.barbatus*, *M.merluccius* et *P.erythrinus*) montrent que les lipides se trouvent avec un taux plus important que les protéines et les glucides. En plus, le taux des lipides, protéines et glucides diffère d'une espèce à l'autre et d'un organe à l'autre.

Les résultats de l'analyse des ETM montrent d'une manière explicite la variation des teneurs métalliques d'une espèce à l'autre et d'un organe à l'autre.

En analysant les résultats dans leurs ensembles, il apparait que :

- La bioaccumulation du Zinc et du Fer est très importante par rapport aux autres métaux étudiés quel que soit l'espèce et l'organe.
- Les métaux sont plus accumulés dans les gonades et le foie que dans la chair.
- Par rapport au sexe, les individus males bio-accumulent plus que les individus femelles.
- Le Zinc se trouve avec des teneurs plus élevées (245,85µg/g) par rapport aux autres métaux et ses concentrations sont plus élevées chez *Pagellus erythrinus* que les autres poissons.

Les concentrations des métaux étudiés sont influencées par le taux de présence de chacun des éléments métalliques et le pouvoir bioaccumulateur de chaque organe.

En effet, *Mullus barbatus*, *Merluccius merluccius* et *Pagellus erythrinus* pourraient être considérer en tant que des bons indicateurs biologique des écosystèmes aquatiques (espèces sentinelles).

Les résultats trouvés ne font que nous renseigner sur l'existence d'une relation entre le taux de bioaccumulation des métaux étudiés et le degré de la pollution au niveau de notre zone d'étude. Par conséquent, il apparaît primordial de contrôler la pollution dans les zones marines et en particulier à Ghazaouet pour l'endiguer, à défaut de l'arrêter.

Il est donc impératif aux autorités responsables, notamment celle d'Alzinc, de prendre les mesures nécessaires qui sont en fait multiples et à plusieurs niveaux (eaux usées non traitées,

rejets divers d'Alzinc, rejets de la station de dessalement, décharges incontrôlés...), pour limiter l'impact de cette pollution sur l'écosystème marin et par conséquent sur le développement de la faune marine.

Il serait souhaitable de compléter et d'enrichir ces études concernant la bioaccumulation des métaux en fonction des saisons, des organes, des autres mailles de la chaîne trophiques afin de bien comprendre le phénomène de bioaccumulation.

Enfin, nous recommandons d'entreprendre ce genre d'étude à l'avenir, pour pouvoir créer des bases de données qui permettent le suivi de la qualité du milieu et produits marins et l'élaboration des normes de qualité propre à notre richesse et littoral Algérien, pour mieux gérer les zones les plus vulnérables et protéger celles qui présentent un risque.

- AIEA. (2001).** The performance study for MED POL: Determination of trace elements and methylmercury in estuarine sediment sample. Laboratory Procedure Book. p. 64.
- ALDEBERT, Y., RECASENSE. L., CARRIES, JC. (1992).** La croissance du merlu dans le Golfe du Lion. Méthodologie. Problèmes posés. *Report of the age-reading workshop on Mediterranean Hake and Sardine*. Palma de Mallorca, Espana. N. 4. p. 66-70.
- ALEKSEEV, FE. (1962).** Hermaphroditism and regulations of population sexual structure in *Pagellus erythrinus*. Cons. int. Explor. Mer. Section Océanogr. phys. N. 55. p. 28.
- AMEZELEL, N. (2014).** Bioaccumulation des métaux traces chez le rouget de vase (*Mullus barbatus* Linnaeus, 1758) de la côte algérienne : influence de la composition biochimique. Mémoire Master. Environnement. Alger : ENSSMAL. p. 35.
- ANAT. (1995).** Agence Nationale d'Aménagement du Territoire. Etude de la zone franche de Ghazaouet. Tlemcen. p. 55.
- ANAT. (2000).** Schéma d'organisation de l'armature urbaine «Nord- Ouest» - Ville de Ghazaouet, Mission 1 : Diagnostic et état des lieux. Rapport. p. 53.
- AUBERT. (1975).** Utilisation d'une chaîne trophodynamique de type benthique pour l'étude des transferts des polluants métalliques. Revue internationale d'océanographie médicale. Tome XXXI. p. 112-118.
- AUDIGIE, C., DUPONT, G., et ZONZAIN, F. (1985).** Principes des méthodes d'analyse biochimique. Tome.1. France : Doin. p. 190.
- AYAD, F. (2010).** Evaluation de la pollution métallique par trois métaux lourds (Cd, Pb, Zn) dans les organes (foies, gonades et muscle) chez le sar *Diplodus sargus* (Linné, 1758) pêché dans les baies de Béni Saf et d'Oran. Thèse Magister. Science de l'environnement. Algérie : université d'Oran. p.174.
- BAUCHOT, M L., HUREAU, JC. (1986).** Sparidae. Fishes of the North- Eastern Atlantic and Mediterranean. Rome: FAO. p. 883-907.
- BAUCHOT, ML. (1987).** Poissons osseux. In W. FISCHER, M.L. BAUCHOT and M. SCHNEIDER (1987). Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Vol. II. Rome : FAO. p. 891-1421.
- BAUCHOT, ML., HUREAU, JC. QUERO, JC. (1990).** Sparidae. Check-list of the fishes of the eastern tropical Atlantic (CLOFETA). Vol. 2. Paris: UNESCO. p. 790-812.
- BELHOUCINE, F. (2012).** Etude de la biologie, de la croissance et de la reproduction d'un poisson téléostéen le merlu (*Merluccius merluccius* L., 1758) et son utilisation comme indicateur biologique de la pollution par les métaux lourds (Zinc, Plomb et Cadmium) dans la

baie d'Oran (Algérie). Thèse de Doctorat. Science de l'environnement. Algérie : Université d'Oran. p. 326.

BELLOC, G. (1923). Note sur la croissance du merlu. Mem. Off. Scient. Tech. Pêches Marit. N. 21. p. 1-32.

BENADDA, H. (2009). Evaluation de la pollution marine par trois métaux lourds (Cadmium, Plomb, Zinc) sur un Poisson pélagique : la Saurel, *Trachurus trachurus* (Linné, 1758) pêchée dans la baie d'Oran. Mémoire Magister. Science de l'environnement. Algérie : Université d'Oran Es-Sénia. p.103.

BENEDETTO, MD. (1997). Les métaux lourds : Méthodes spectrométriques d'analyse et de caractérisation, spectrométrie d'absorption atomique. Document non publié. France : Ecole des mines de Saint Etienne. p. 203.

BENMOUSSA, S. (2014). La bioaccumulation des métaux traces par le pageot commun (*Pagellus erythrinus*) dans la côte algérienne : influence de la composition biochimique. Mémoire Master. Environnement. Alger : ENSSMAL. p. 48.

BENZOHRRA, M. (1993). Les structures hydrodynamiques le long des côtes Algériennes. Workshop sur la circulation des eaux et pollution des côtes méditerranéennes du Maghreb, 9-11 novembre 1992, INOC. p. 33-44.

BERNHARD, W. (1985). Atomic absorption spectrometry. Second edition. Germany: Wiley VCH-Verlag-Ges. p. 506.

BERTIGNAC, M. (2004). Merlu (*Merluccius merluccius*). France: CIEM. p. 29.

BIAGI, F., CESARINI, A., SBRANA, M., VIVA, C. (1995). Reproductive biology and fecundity of *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) in the Northern Tyrrhenian Sea. Bapp. Comm. Int. Mer. Medt. N. 34. P.168-172.

BITTEL, R. (1973). Etude du comportement des métaux lourds en milieu marin, en vue de l'évaluation de la capacité limite d'acceptation des écosystèmes océaniques pour la pollution chimique. Chemical Geology. N. 20. P. 45-55.

BONNET, M. (1969). Observations biologiques et physiologiques sur le maquereau du golfe de Lion (*Scomber scombrus*). Rev. Trav. Inst. Pêches marit. N. 27 (2). P. 179- 184.

BOUAZIZ, A., SEMROUD, R. DJABALI F., MAURIN, C. (1998). Reproduction du merlu *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) dans la région de Bou-Ismaïl. Cah. Opt. Méditer. N. 35. P. 109-117.

BRYDEN, H., CANDELA, J., KINDER, T. (1994). Exchange through the strait of Gibraltar. Prog. Oceanogr. N. 33. P. 201-248.

- CAPLAT, C. (2001).** Caractérisation géochimique de sédiments fins du littoral du Calvados (baie de seine) –comparaison de matériaux portuaires contaminés à des matériaux non contaminés de la baie des Veys. Thèse doctorat. Sciences de la Terre et de l'Univers. France : université de Caen. p. 182.
- CGPM. (2002).** Report of the twenty-seventh session. Report. N. 27. Rome: FAO. p. 36
- CHARLOU, J., JOANNY, M. (1983).** Dosage du mercure et d'autres métaux (Pb, Zn, Cu, Co, Ni, Cr, Mn) dans les sédiments marins par absorption atomique. In AMINOT, A., et CHAUSSEPIED, M. (1983) : Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Brest : CNEXO. P. 285-295.
- CHIFFOLEAU, J C. (2001).** La contamination métallique, région haute Normandie, (Programme Scientifique Seine-Aval). Nantes : IFREMER. VOL. 8. P. 39.
- CHIFFOLEAU, JF. (2001).** La contamination métallique. France : Ifremer. p. 39.
- COHEN, DM., INADA, T. IWAMOTO, T., SCIALABBA, N. (1990).** FAO species catalogue. Gadiform fishes of the world (Order Gadiformes). An annotated and illustrated catalogue of cods, hakes, grenadiers and other gadiform fishes known to date. Rome: FAO. p. 1-442.
- COLLOCA, F, GENTILONI. P., BELLUSCIO, A., CARPENTIERI., G.D.A. (2003).** Analysis and validation of annual increments in otoliths of European hake (*Merluccius merluccius*) in central Mediterranean Sea. Est. Coast. Shelf Sci. N. 56. p.469-480.
- DARLY, B. (1992).** Poissons des côtes algériennes. INES Agronomie de Tizi ouzou. Alger : Office des publications universitaires. p. 56.
- DEBRACH, J. (1953).** Notes sur les climats du Maroc occidental, Maroc méridional. p. 32-34.
- DENDENE, L. (2014).** Etude de la bioaccumulation des métaux traces par le merlu (*Merluccius Merluccius*, Linnaeus 1758) de la côte Algérienne. Mémoire d'ingénieur. Environnement. Alger : ENSSMAL. p. 86.
- DIDIER LAURENT, S., LAMARE, V., PASTOR, J. (2012).** In DORIS. (2012). *Mullus barbatus* (Linnaeus, 1758). [Consulté le 20/02/2015]. Disponible sur le site web (http://doris.ffessm.fr/fiche2.asp?fiche_numero=579).
- DIEUZEIDE, R., NOVELLA, M., ROLAND, J. (1959).** Catalogue des poissons des côtes algériennes. Osteopterygiens (suite et fin). Bull. stat. Aquic. Pêche Castiglione. N. 6. p. 53-94.
- DJEBAILI, S. (1978).** Recherches phytoécologiques sur la végétation des hauts plaines steppiques de l'Atlas Saharien Algérien. Thèse Doctorat. Sc et Tech du Languedoc. France : université de Montpellier. p. 299.

- DPRH. (2014).** Direction de la pêche et des ressources halieutique. Rapport non publié. p. 32.
- DPRHT. (2004).** Direction de la Pêche et des Ressources Halieutiques de la wilaya de Tlemcen. Le secteur de la pêche et l'état environnemental du littoral de la Wilaya de Tlemcen. Rapport non publié. p. 41.
- DUBOIS, M. (1956).** Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. Anal. Chem. p. 350-356.
- DUC (2005).** Direction d'Urbanisme et de Construction de la wilaya de Tlemcen. Révision du plan directeur d'aménagements urbains de la zone de Ghazaouet. Rapport non publié. p. 48.
- DUCHAUFOR, P. (1997).** Abrégé de pédologie. 5ème édit. France : Masson. p. 200.
- EEA, (2006).** European Environment Agency. Priority issues in the Mediterranean environment, Copenhagen. Report N. 4. p. 88.
- FAIRBROTHER, A. (2007).** Framework for Metals Risk Assessment. Ecotoxicology and Environmental Safety. p. 145-227.
- FAO, (2007).** Rapport N°856 sur les pêches : dixième session du comité scientifique consultatif Nicosie, Chypre. Rapport. p. 45.
- FISCHER, W., BAUCHOT, ML., SCHNEIDER, M. (1987).** Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche (Révision1). Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Volume 1. Végétaux et invertébrés. Rome : FAO. p. 760.
- FISHER. W, SCHNEIDER, M., BAUCHOT, M. (1987).** Fishes FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et mer noir organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. N. 2. Révision 1. p. 1529.
- FORSTNER, U., SALOMONS, W. (1980).** Trace metal analysis on polluted sediments. Part I.assessment of sources and intensities. Environmental Technology Letters. Vol. I. p. 505.
- GALAF, F., GHANNAM, S. (2003).** Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu marin. Mémoire de troisième cycle. Agronomie. Maroc : Institut agronomique et vétérinaire Hassan II Rabat. p. 101.
- GOLDBERG, ED. (1975).** The Mussel Watch. Mar. Pollut. Bull. N. 6. p. 111-113.
- HEBBAR, C., KERFOUF, A., BOUTIBA, Z. (2012).** Contribution à l'étude de la reproduction du rouget barbet de vase *Mullus Barbatulus* (Linné, 1758) de la baie d'Oran (Algérie). J. Sci. Halieut. Aquat. N. 5. p. 144-151.
- HUREAU, JC. (1986).** Fishes of the northeastern Atlantic and the Mediterranean. Paris : UNESCO. Vol. 2. p. 333.

- IFREMER. (2001).** Evaluation de la qualité des eaux basée sur la détermination et l'application de stations artificielles de moules en méditerranée : résultats de la campagne 2000-Réseau Intégrateurs Biologiques (RINBIO). p. 93.
- IFREMER. (2004).** Résultats de la surveillance de la qualité du milieu marin littoral- Bulletins régionaux de la surveillance. [Consulté le 12/10/2015] disponible sur le site web (<http://www.ifremer.fr>).
- INERIS. (2004).** Analyse critique des méthodologies pour la détermination et l'application de normes de qualité environnementale pour les métaux. Rapport de synthèse. p. 27.
- KUVAREGA, AT., TARU, P. (2008).** Ambient dust speciation and metal content variation in TPS, PM10, PM2, 5 in urban atmospheric air of Harare (Zimbabwe). Environ. Monit Assess. N. 144. p. 122-130.
- LACAZE, JC. (1996).** L'eutrophisation des eaux marines et continentales : causes, manifestations, conséquences et moyens de lutte. Paris : Ellipses. p. 191.
- LAMPERT L. (2007).** Suivi de la contamination métallique et organique de deux lots de moules (*Mytilus edulis*) implantés au port de Goury et à l'Anse Moulinets (Manche). Rapport. p. 38.
- LARRANETA, MG. (1963).** Un critère pour localiser les anneaux dans les écailles cténoïdes. Cons. gén. Pêches Médit. Déb. Doc. tech. N. 7. p. 57-61.
- LAYACHI, M., MELHAOU, M., RAMDANI, M., SROUR, A. (2007).** Etude préliminaire du régime alimentaire du Rouget-barbet (*Mullus barbatus*) de la côte nord-est méditerranéenne du Maroc (Nador) au cours de l'année 2001 (poisson Mullidea). Bulletin. Institut Sciences, Rabat, section Sciences de la Vie. N. 29. p. 43-51.
- LEM. (1997).** Etude d'impact sur l'environnement du dragage du port de Ghazaouet. Rapport non publié. p. 34.
- LOMBARTE, A., RECASENS, L., GONZÁLEZ, M. GIL DE SOLA, L. (2000).** Spatial segregation of two species of Mullidae (*Mullus surmuletus* and *M. barbatus*) in relation to habitat. Mar. Ecol. Progr. Ser. N.206. p. 239-249.
- MARIANO, GR., ANTONIO, E. (2002).** How fast does hake grow? A study on the Mediterranean hake (*Merluccius merluccius* L) comparing whole otoliths readings and length frequency distributions data. Scientia Marina. N. 66 (2). p. 145-156.
- MATE. (2006).** Etude de pré investissement pour le HOT SPOT de Ghazaouet (Algérie). Rapport de Phase I. p. 67.
- MATE. (2007).** Etude de pré investissement pour le HOT SPOT de Ghazaouet (Algérie)- Rapport de Phase II. p. 217.

- METAP. (2000).** Mediterranean Environmental Technical Assistance Program. Estimation du degré de la pollution atmosphérique occasionnée par l'usine d'électrolyse de Zinc de Ghazaouet en Algérie : son impact et des solutions possibles. Etats-Unis : Univ. Harvard Cambridge. p.101.
- MILLOT, C. (1987).** La circulation générale en méditerranée occidentale. Annale de géographie. N. 549. p. 497-515.
- MILLOT, C. (1987).** The circulation of the levantine intermediate water in the Algerian basin. Journal of geophysical research. N. 92(C8). p. 8265-8276.
- MILLOT, C. (1993).** La circulation générale en Méditerranée occidentale. Workshop sur la circulation des eaux et pollution des côtes Méditerranéennes du Maghreb. p. 29-30.
- MIQUEL, G. (2001).** Rapport sur les effets des métaux lourds sur l'Environnement et la santé. Paris : Assemblé Nationale Française. p. 366.
- MIQUEL, G. (2001).** Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport de l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. p. 346p.
- MIQUEL, M. (2001).** Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. France : l'Office Parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. p. 360.
- MORAT, F. (2007).** Régime alimentaire de la population de cormoran huppé de Méditerranée (*Phalacrocorax aristotelis desmarestii*) de Riou. Marseille : Centre d'Océanologie de Marseille. p. 23.
- MUUS, BJ., NIELSEN, JG. (1999).** Sea fish. Scandinavian Fishing Year Book. Denmark : Hedehusene. p. 340.
- MYTILINEOU, C. (1989).** Données biologiques sur le Pageot, *Pagellus erythrinus*, des côtes orientales de la Grèce central. Fao Fish Rep. N. 412. p. 77-82.
- NIZAMOV, M. (1976).** Hygienic evaluation of work conditions at the iron of round stone preparation plants. Paris : Masson. p. 111.
- O.N.M. (2006).** Office National de la Météorologie.
- OLSSON, PE. (1996).** Metallothionein in fish: induction and use in environmental monitoring. In: **MARTÍNEZ GÓMEZ, C., FERNÁNDEZ, B., BENEDICTO, J. (2012).** Health status of red mullets from polluted areas of the Spanish Mediterranean coast, with special reference to Portmán (SE Spain). Marine Environmental Research. N. 77. p. 50-59.
- PEUGY, CHP. (1970).** Précis de climatologie. Paris : Masson et Cie. p. 444.
- PHILLIPS, D J H., RAINBOW, P S. (1993).** Biomonitoring of trace aquatic contaminants. Environmental management series. Oxford :Alden Press LTD. p. 371.

- PICHARD, A. (2005).** Cuivre et ses dérivés. France : INERIS. p. 66.
- PINTA, M. (1979).** Spectrométrie d'absorption atomique. Application à l'analyse chimique. Tome I. 2^e éd. France : Masson. p.262.
- QUEZEL, P. (2000).** Réflexion sur l'évolution de la flore et de la végétation au Maghreb méditerranéen. Paris : Ibis. Press. p.117.
- RAMADE, F. (2000).** Dictionnaire encyclopédique des pollutions - les polluants de l'environnement à l'homme. Paris : science international. p. 690.
- RAMADE, F. (2011).** Introduction à l'écochimie, les substances chimiques de l'écosphère à l'homme. France : Lavoisier. p. 828.
- RELLINI, D., MUNRO, JL. (1985).** Vertical distribution, age, growth and mortality of *Pagellus erythrinus* on trawled coastal areas of the Ligurian Sea. Rapp. Comm. Int. Mer Médit. N. 29. p. 103-106.
- RODIER, J. (1996).** L'Analyse de l'eau .Eaux naturelles –Eaux résiduaires-Eaux de mer. 8^{ème} Edit. Paris: DUNOD. p. 1383.
- ROEL, BA., MACPHERSON, E. (1988).** Feeding of *Merluccius capensis* and *M. paradoxus* off Namibia. South African. Journal of Marine Science. N. 6. p. 227-243.
- ROMOND, C. (2015).** LYOPHILISATION. Encyclopædia Universalis. [en ligne]. [Consulté le 11/05/2016] disponible sur le site web ([http://www.universalis.fr/encyclopedie/lyophilisation/.](http://www.universalis.fr/encyclopedie/lyophilisation/))
- RUIZ, AE., FONDACARO, RR. (1997).** Diet of hake (*Merluccius hubbsi* Marini) in a spawning and nursery area within Patagonian shelf waters. Fisheries Research. N. 30. p. 157-160.
- SAAD FARES, A., COMBES. (1992).** Abundance/host size relationship in a fish trematode community. Journal of Helminthology. N. 66. p. 187-192.
- SALGHI. (2004).** Analyses physicochimiques I, analyses des denrées alimentaires. Ecole nationale des sciences appliquées d'Agadir. p. 33.
- SELTZER, P. (1946).** Le climat d'Algérie. Inst. Météo. Phys. Géol. Univ. Alger. p. 219.
- SKOOG, DA., HOLLER, FJ., NIEMANT, A. (2003).** Principe d'analyse instrumentale, 5^e éd. France : boeck université .p.938.
- SUQUET, M., PERSON LE RUYET, J. (2001).** Les rougets barbets (*Mullus barbatus*, *Mullus surmuletus*). Biologie, pêche, marché et potentiel aquacole. France : IFREMER. p. 4.
- TCHERNIA, P. (1978).** Océanographie régionale, description physique des océans et des mers. France : centre d'édition et de documentation de l'ensta.

THINTHOIN. (1960). Les Traras, étude d'une région musulmane d'Algérie. Bull, Soc. Géogr. Arch. Oran. p. 309.

THINTHOIN, R. (1948). Les paysages géographiques de l'Oranie. Fasc, Bull, Soc. Géogr. Arch. Oran. p. 280.

VOLIANI, A. (1999). *Mullus barbatus*. In RELINI G., BERTRAND J.A., ZAMBONI A. (1999). Synthesis of knowledge on bottom fishery resources in central Mediterranean (Italy and Corsica). Biopl. Mar. Medit. N. 6(1). p. 276-291.

WALCH, A. (1955). Application of atomic absorption spectra to chemical analysis. Italie: Spectrochim. Acta 7. p. 555.

ZHANG, L., WANG, W X. (2007). Waterborne cadmium and zinc uptake in a euryhaline teleost *Acanthopagrus schlegeli* acclimated to different salinities. Aquatic Toxicology. N. 84(2). p. 173-181.



Figure 1: Minéralisation à blanc.



Figure 2 : Godet à téflon avec 0,5g de matière sèche.



Figure 3 : Tube conique (échantillon après minéralisation +50ml d'eau distillée).



Figure 4 : Minéralisation.



Figure 5 : Filtration et dilution du minéralisât.



Figure 6 : Distillation.



Figure 7 : Titrage.



Figure 8 : Emplacement des ballons et des capsules dans l'appareil de Soxhlet.



Figure 9 : Le rot a vapeur.

Tableau 1 : Dosage des protéines

Code	Espèce	Organe	Pesée (g)	pH	V _{HCl} (ml)	Protéines%
52	<i>M.merluccius</i>	Chair	1,0009	8,28	8,9	15,577
93	<i>P.erythrinus</i>	Chair	1,0008	8,15	6,5	11,378
105	<i>P.erythrinus</i>	Chair	1,0009	7,86	4,1	7,176
56	<i>M.merluccius</i>	Foie	1,0026	7,43	1,6	2,795
12	<i>M.barbatus</i>	Chair	1,0013	8,10	6,4	11,197
23	<i>M.barbatus</i>	Gonades	0,5025	7,35	2,2	7,669
70	<i>P.erythrinus</i>	Gonades	0,4101	7,53	2,3	9,825

Avec : PH (acide borique)= 3,92

Tableau 2 : Dosage des lipides

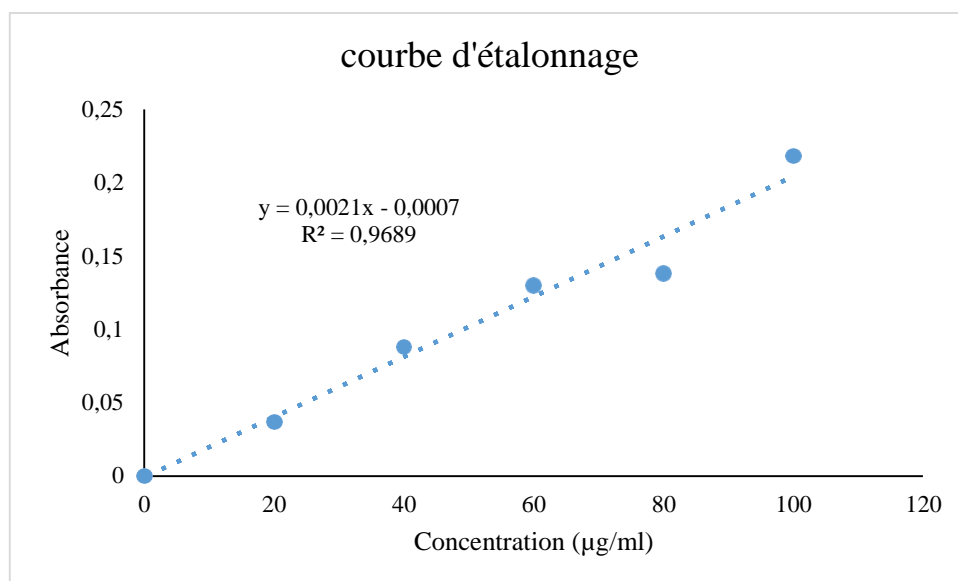
Code	Espèce	Poids de l'échantillon m(g)	Poids du ballon vide p ₀ (g)	Poids du ballon rempli de lipides p(g)	Quantité des lipides M (g) (p-p ₀)	Lipides%
12	<i>M.barbatus</i>	0,9437	111,6287	112,1654	0,5367	56,8718873
52	<i>M.merluccius</i>	2,2954	89,2122	89,5591	0,3469	15,1128344
93	<i>P.erythrinus</i>	2,1083	97,7092	98,2897	0,5805	27,5340322
105	<i>P.erythrinus</i>	2,3625	125,6046	126,0258	0,4212	17,8285714
70	<i>P.erythrinus</i>	0,3296	111,6287	111,8506	0,2219	67,3240291
23	<i>M.barbatus</i>	0,6074	89,2088	89,6541	0,4453	73,3124794
56	<i>M.merluccius</i>	2,6199	97,7029	100,3123	2,6094	99,5992213

Tableau 3 : Dosage des glucides

Echantillon	D.O(1)	D.O(2)	D.O(3)	moyenne
Blanc	0	0	0	0
56	1,304	0,888	1,378	1,19
70	0,925	1,023	1,037	0,995
105	0,371	0,31	0,35	0,34366667
23	0,571	0,48	0,445	0,49866667
12	0,237	0,585	0,535	0,45233333
93	0,253	0,245	0,186	0,228
52	0,183	0,575	0,245	0,33433333

Tableau 4 : Gamme d'étalon

solution	Blanc	1	2	3	4	5
D.O	0	0,037	0,088	0,13	0,138	0,218
C (µg/ml)	0	20	40	60	80	100



Courbe d'étalonnage des glucides

Tableau 5: Gammes -étalons des métaux traces analysés dans les trois poissons.

N° STD	Concentration Mn (mg/l)	Absorbance
STD 1	00	0,0004
STD2	200	0,0082
STD3	400	0,0150
STD4	600	0,0223

N° STD	Concentration Zn (mg/l)	Absorbance
STD 1	00	0,0002
STD 2	1000	0,1642
STD 3	2000	0,3153
STD 4	3000	0,4551

N° STD	Concentration Cu (mg/l)	Absorbance
STD 1	00	0,0002
STD 2	300	0,0039
STD 3	600	0,0076
STD 4	900	0,0116

N° STD	Concentration Fe (mg/l)	Absorbance
STD 1	00	0,0004
STD 2	1000	0,0192
STD 3	2000	0,0365
STD 4	//	//

N° STD	Concentration Ni (mg/g)	Absorbance
STD 1	00	0,0002
STD 2	300	0,0064
STD 3	600	0,0118
STD 4	900	0,0178

Etude de la bioaccumulation des métaux traces par trois poissons démersaux dans le golfe de Ghazaouet

La présente étude porte sur l'évaluation de la bioaccumulation des métaux traces : le Manganèse, le Zinc, le Cuivre, le Fer et le Nickel par trois poissons démersaux : le rouget de vase (*Mullus barbatus*), le merlu (*Merluccius merluccius*) et le pageot (*Pagellus erythrinus*) dans le golfe de Ghazaouet dans des organes accumulateurs potentiels (chair, foie et gonades) et l'étude des variations de celle-ci en fonction du sexe. L'échantillonnage des individus a été effectué au mois de Mai 2015.

L'utilisation de ces poissons comme bio indicateurs dans l'évaluation de la contamination par les 05 métaux traces (Mn, Zn, Cu, Fe et Ni) a permis de mettre en évidence la présence de ces micropolluants au niveau des 03 organes cibles (la chair, le foie et les gonades).

Ces résultats ne font que révéler l'existence d'une relation étroite entre la pollution marine et les nombreux rejets industriels au niveau du golfe de Ghazaouet et surtout la présence de l'unité ALZINC.

A cette étude est ajoutée une analyse biochimique afin de déterminer la composition chimique (taux des protéines, des lipides et des glucides) de chaque organe (la chair, le foie et les gonades) des 03 poissons.

Mots clés : poissons démersaux, *Mullus barbatus*, *Merluccius merluccius*, *Pagellus erythrinus*, métaux traces, Manganèse, Zinc, Cuivre, Fer, Nickel, bioaccumulation, contamination, composition biochimique, protéines, lipides, glucides, golfe du Ghazaouet.

Study of the bioaccumulation of trace metals by three demersal fishes in the Gulf of Ghazaouet

The present study concerns the evaluation of the bioaccumulation of trace metals: Manganese, Zinc, Copper, Iron and Nickel by three demersal fishes: red mullet (*Mullus barbatus*), hake (*Merluccius merluccius*) and the pageot (*Pagellus erythrinus*) in the Gulf of Ghazaouet in potential accumulating organs (flesh, liver and gonads) and the study of the variations of this one according to the sex. The sampling of the individuals was carried out in May 2015.

The use of these fishes as bioindicators in the evaluation of trace metal contamination (Mn, Zn, Cu, Fe and Ni) has made it possible to demonstrate the presence of these micropollutants in the 03 target organs (flesh, liver and gonads).

These results only reveal the existence of a close relationship between marine pollution and the numerous industrial discharges in the Gulf of Ghazaouet and especially the presence of the ALZINC unit.

To this study is added a biochemical analysis to determine the chemical composition (rate of proteins, lipids and carbohydrates) of each organ (flesh, liver and gonads) of the 03 fishes.

Key words: demersal fish, *Mullus barbatus*, *Merluccius merluccius*, *Pagellus erythrinus*, trace metals, Manganese, Zinc, Copper, Iron, Nickel, bioaccumulation, contamination, biochemical composition, proteins, lipids, carbohydrate, Gulf of Ghazaouet.

دراسة التراكم البيولوجي للمعادن الثقيلة بواسطة ثلاثة اسماك قاعية في خليج الغزوات

تتناول هذه الدراسة تقييم التراكم الاحيائي للمعادن: المنغنيز، الزنك، النحاس، الحديد و النيكل بواسطة ثلاثة اسماك قاعية البوري الاحمر (*Mullus barbatus*) سمك النازلي (*Merluccius merluccius*) وسمك المرجان

(*Pagellus erythrinus*) على مستوى خليج الغزوات في الاعضاء التي تتراكم فيها المعادن (اللحم الكبد والغدد

التناسلية) ودراسة الاختلافات فيها وفقا للجنس. وقد تم اخذ العينات في ماي 2015

ساعد استخدام هذه الاسماك كشواهد حيوية في تقييم تلوث بالمعادن الثقيلة (المنغنيز، الزنك، النحاس، الحديد و النيكل) على تسليط الضوء على وجود هذه الملوثات الدقيقة في الأجهزة المستهدفة الثلاثة (اللحم، الكبد والغدد التناسلية).

لا تكشف هذه النتائج الا عن وجود علاقة وثيقة بين التلوث البحري والعديد من التصريف الصناعي في خليج الغزوات لاسيما مع وجود وحدة الزنك

ويضاف الى هذه الدراسة تحليل الكيمياء الحيوية لتحديد التركيب الكيميائي (معدل البروتينات، الدهون والكربوهيدرات) في كل عضو (اللحم، الكبد والغدد التناسلية) من الأسماك الثلاثة.

الكلمات الدالة: اسماك القاع، البوري الأحمر، سمك النازلي، سمك المرجان، المعادن الثقيلة، المنغنيز، الزنك، النحاس، الحديد، النيكل، التراكم الاحيائي، التلوث، التركيب الكيميائي الحيوي، البروتينات، الدهون، الكربوهيدرات، خليج الغزوات.