

ملخص:

ركزت دراستنا الحالية على تحليل التلوث المعدني (Mn ، Mo ، Zn ، Cu) في (ساربا سالبا) الذي تم صيده في ميناء غزوات (ولاية تلمسان). هذه الأسماك نادرة بعض الشيء لأنها تعيش على الساحل فوق مناطق الطحالب والصخور، وغالبا ما تكون على الشاطئ.

تم أخذ العينات لمدة ثلاثة أشهر (يناير وفبراير ومارس 2022) تم تسجيل الوزن والأحجام المختلفة ، وتمت إزالة أربعة أعضاء: الخياشيم والعضلات والغدد التناسلية والكبد.

تم تحديد تركيزات المعادن عن طريق القياس الضوئي وقياس الطيف الضوئي للامتصاص الذري للهب (FAAS).

تراكم المعادن في الغدد التناسلية أكبر من تلك الموجودة في الخياشيم والعضلات والكبد ، مهما كان المعدن.

كشفت النتائج التي تم الحصول عليها إحصائيا عن وجود كمية معتبرة للمغنيز على مستوى الأعضاء المستهدفة.

متوسط محتويات المعادن في العضلات لا تشكل خطرا على المستهلك.

كلمات مفتاحية: ساربا سالبا، التلوث المعدني، ميناء غزوات .

Résumé :

Notre présente étude a porté sur l'analyse de la contamination métallique (Cu, Zn, Mo, Mn) chez la saupe (*Sarpa salpa*) pêché dans le port de Ghazaouet (W. Tlemcen). Ce poisson est un peu rare car il vit à la côte au-dessus des zones d'algues et des roches, souvent en bord de plage.

L'échantillonnage a été réalisé pendant trois mois (janvier, février et mars 2022).

Le poids et les différentes tailles ont été relevés, quatre organes ont été prélevés : Les branchies, le muscle, les gonades et le foie.

Les concentrations en métaux ont été déterminées par la photométrie et la spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme (SAAF).

L'accumulation métallique par dans les gonades est supérieure à celles de branchies, muscle et le foie, quelques soit le métal.

Les résultats obtenus traité statistiquement révélés une déférence significative pour le manganèse au niveau des organes ciblés.

Les teneurs métalliques moyennes dans le muscle ne présent pas un risque pour le consommateur.

Mots clés : sarpa salpa, contamination métallique, port de Ghazaouet.

Abstract :

Our present study focused on the analysis of metallic pollution (Cu, Zn, Mo, Mn) in the saupe (*Sarpa salpa*) caught in the port of Ghazaouet (W. Tlemcen). This fish is somewhat rare as it lives on the coast above the algae and rocky areas, often at the edge of the beach.

Sampling was carried out during three months (January, February and March 2022).

Weights and sizes were recorded, four organs were collected: Gills, muscle, gonads and liver.

Metal concentrations were determined by photometry and flame atomic absorption spectrophotometry (FAAS).

Metal accumulation by the gonads is higher than that of the gills, muscle and liver, regardless of the metal.

The results obtained statistically revealed a significant deference for manganese at the level of the target organs.

The average metal content in muscle does not present a risk to the consumer.

Keywords: sarpa salpa, metallic pollution, port of the Ghazaouet.

Remerciements

En tout premier lieu, nous remercions le bon Dieu, nous avoir donnés la force pour survivre, ainsi que l'audace pour dépasser toutes les difficultés.

Ces remerciements vont tout d'abord à notre encadreur Madame **KAID SLIMANE Nacéra** qui a accepté de nous encadrer, nous diriger, ainsi que son soutien moral durant la réalisation de ce travail, sa gentillesse, sa contribution par ses remarques, pour son aide et ses orientations.

Nous tenons à remercier vivement Mr **LAZOUNI Hamadi** de nous avoir fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire et d'être parmi les honorables membres de jury. Ainsi que Mme **MEDJDOUB Houria** d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous tenons à remercier également la direction de l'usine d'ALZINC-Ghazaouet d'avoir bien voulu nous accueillir dans ses laboratoires ainsi que les techniciens qui nous ont accompagné lors des analyses des échantillons.

Aux ingénieurs du laboratoire Valorisation de l'action de l'homme et application en santé publique, pour leurs amabilités et leurs aides efficaces pendant nos travaux.

Il nous faudra plus d'une occasion pour pouvoir remercier chaleureusement et sincèrement nos enseignants du département de biologie de la faculté des sciences de l'université de Tlemcen.

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

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

Merci

Dédicaces

A nos chers parents, pour tous leurs sacrifices, leurs amours, leurs tendresses, leurs soutiens et leurs prières tout au long de nos études.

A nos chères sœurs Zahra, Meriem et Aya pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,

A nos cher frère Marouane pour leurs appuis et leurs encouragements.

A tous nos familles CHERIGUENE, DRIS, ABDELMOUMEN, ROUABHI.

A toute la promotion 2022 de master infectiologie.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Métabolisme et la toxicité de quelques métaux lourds	11
Tableau 2 : Noms commun de <i>Sarpa salpa</i> (FAO, 1987)	14
Tableau 3 : Le poids et les différentes longueurs mesurées par classes de taille.....	36
Tableau 4 : Les concentrations en éléments métalliques (mg/kg) dans les tissus de <i>Sarpa salpa</i> , <i>Deplodus vulgaris</i> et <i>Deplodus sargus</i> de différentes régions	45
Tableau 5 : Corrélations entre le poids, la taille et les teneurs métalliques dans les organes de la <i>Sarpa salpa</i>	50

Liste des figures

Figure 1 : Espèce des sparidés.....	12
Figure 2 : Morphologie externe de la Saupe.....	13
Figure 3 : Répartition géographique de <i>Sarpa salpa</i> (in Fisher base, 2008)	14
Figure 4 : Un ban de Saupe.....	15
Figure 5 : Vue de la ville de Ghazaouet.....	18
Figure 6 : Le port de Ghazaouet.....	19
Figure 7 : La zone industrielle d'ALZINC.....	20
Figure 8 : La Saupe (photo originale)	23
Figure 9 : Individus de la Saupe (photo originale)	24
Figure 10 : Longueur totale et le poids total de la Saupe (photo originale)	24
Figure 11 : Trousse de dissection (photo originale)	26
Figure 12 : Le soulèvement de l'opercule (photo originale)	26
Figure 13 : Ouverture de la partie ventrale de la Saupe (photo originale)	26
Figure 14 : Prise de poids humide (photo originale)	27
Figure 15 : Les quatre organes obtenus après dissection (photo originale)	27
Figure 16 : Matériels utilisés pour la minéralisation (photo originale)	27
Figure 17 : Séchage des échantillons (photo originale)	28
Figure 18 : Calcination des échantillons (photos originales).....	28
Figure 19 : Les cendres obtenues (photo originale)	30
Figure 20 : Matériels utilisés pour la filtration des échantillons (photo originale)	30
Figure 21 : Stockage des solutions minéralisées (photo originale)	31
Figure 22 : Protocole expérimental adopté dans la minéralisation des échantillons par la voie sèche.....	31
Figure 23 : Photomètre (photo originale)	32
Figure 24 : Spectrophotomètre d'absorption atomique à flammé (SAAF) de l'usine ALZINC (photo originale)	33
Figure 25 : Relation entre la taille et le poids chez les individus de <i>Sarpa salpa</i>	37
Figure 26 : Les teneurs métalliques moyennes (Cu, Zn, Mo et Mn) dans les branchies de <i>Sarpa salpa</i> en fonction des classes de taille.....	38
Figure 27 : Les teneurs métalliques moyennes (Cu, Zn, Mo et Mn) dans le muscle de <i>Sarpa salpa</i> en fonction des classes de taille.....	40
Figure 28 : Les teneurs métalliques moyennes (Cu, Zn, Mo et Mn) dans les gonades de <i>Sarpa salpa</i> en fonction des classes de taille.....	41

Figure 29 : Les teneurs métalliques moyennes (Cu, Zn, Mo et Mn) dans le foie de <i>Sarpa salpa</i> en fonction des classes de taille.....	42
Figure 30 : Comparaison des teneurs métalliques moyennes (mg/kg) entre les organes (branchies, muscle, gonades et foie) chez <i>Sarpa salpa</i>	44
Figure 31 : Plan factoriel engendré par les deux premiers axes de l'analyse factorielle calculé à partir des teneurs métalliques pour les différentes classes de taille dans les organes de <i>Sarpa salpa</i>	47
Figure 32 : Dendrogramme d'analyse par groupe hiérarchique des concentrations métalliques (Cu, Zn, Mo et Mn)	49

Liste des abréviations

ETM : Élément de trace métallique

Cu : Cuivre

Zn : Zinc

Mo : Molybdène

Mn : manganèse

PCB : Poly chlorobiphényle

L : Longueur

Lt : Longueur totale

P : Poids

Pt : Poids totale

h : Heur

mn : Minute

UNESCO : Organisation des nations unies pour l'éducation la science et la culture

WHO : World Health Organisation

FAO : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

m² : Mètre carrée

cm³ : Centimètre cube

B : Branchies

M : Muscle

G : Gonades

F : Foie

C : Cluster

Sommaire

Introduction.....	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique	
I-1 Généralités sur la pollution.....	4
I-1-1 Définition de la pollution.....	4
I-1-2 Nature de la pollution.....	4
I-1-2-1 La pollution physique.....	4
I-1-2-2 La pollution chimique.....	4
I-1-2-3 La pollution biologique.....	4
I-1-3 Sources de pollution.....	4
I-1-3-1 Origine naturelle.....	4
I-1-3-2 Origine urbaine.....	4
I-1-3-3 Origine agricole.....	4
I-1-3-4 La pollution industrielle.....	5
I-1-4 Types de pollution.....	5
I-1-4-1 Pollution de l'aire.....	5
I-1-4-2 Pollution du sol.....	5
I-1-4-3 Pollution de l'eau.....	5
I-2 La pollution marine.....	5
I-2-1 Définition de la pollution marine.....	5
I-2-2 Origine de la pollution marine.....	6
I-2-2-1 Effluents urbains.....	6
I-2-2-2 Effluents industrielle et émissions.....	6
I-2-2-3 Rivières et cours d'eau.....	6
I-2-2-4 Décharge côtières incontrôlées.....	6
I-2-2-5 Transport maritime.....	7
I-2-3 La pollution marine en Algérie.....	7
I-3 Les métaux lourds.....	7
I-3-1 Définition des métaux lourds.....	7
I-3-2 Origine des métaux lourds	8
I-3-2-1 Source naturelle.....	8
I-3-2-2 Source anthropique.....	8

I-3-3 Toxicité des métaux lourds sur la santé humaine.....	8
I-3-4 Toxicité des métaux lourds sur la vie aquatique.....	9
I-3-4-1 Toxicité aiguë	9
I-3-4-2 Toxicité sublétales.....	9
I-3-4-3 Toxicité chronique.....	9
I-3-5 La bioaccumulation des métaux lourds.....	9
I-3-5-1 L'assimilation.....	9
I-3-5-2 La bioaccumulation.....	9
I-3-5-3 La bioamplification.....	9
I-3-6 Etude de quelques métaux lourds.....	10
I-3-6-1 Cuivre (Cu)	10
I-3-6-2 Zinc (Zn)	10
I-3-6-3 Molybdène (Mo)	10
I-3-6-4 Manganèse (Mn).....	10
I-4 Etude de matériel biologique la Saupe « <i>Sarpa Salpa</i> »	11
I-4-1 Présentation de la famille des sparidés	11
I-4-2 Description de la Saupe	12
I-4-2-1 Morphologie.....	12
I-4-3 Taxonomie.....	13
I-4-4 Noms commun de la Saupe	14
I-4-5 Répartition géographique.....	14
I-4-6 Alimentation.....	14
I-4-7 Reproduction.....	15
I-4-8 Lieu et technique de pêche.....	15
I-4-8-1 Lieu de pêche.....	15
I-4-8-2 Technique de pêche.....	15
Chapitre II : Description de la zone d'étude	
II-1 La ville de Ghazaouet.....	18
II-1-1 Situation géographique.....	18
II-1-2 Climat.....	19
II-2 Le port.....	19
II-3 La pollution marine à Ghazaouet.....	19
II-4 La zone industrielle ALZINC.....	20
II-4-1 Description de la zone.....	20

II-4-2 Les principaux rejets de l'unité ALZINC.....	20
II-4-2-1 Rejets liquides.....	20
II-4-2-2 Rejets atmosphériques.....	21
II-4-2-3 Rejets solides.....	21

Chapitre III : Matériels et méthodes

III -1 Echantillonnage.....	23
III-1-1 Choix du matériel biologique.....	23
III-1-2 Choix des contaminants.....	23
III-2 Travail au laboratoire.....	23
III-2-1 Mensuration.....	24
III-2-2 Relation taille -poids	25
III-2-3 Dissection.....	25
III-2-4 Minéralisation.....	27
III-2-4-1 Matériels et réactifs utilisées pour la minéralisation.....	28
III-2-4-2 Méthode de minéralisation.....	29
III-2-4-2-1 Séchage à l'étuve.....	29
III-2-4-2-2 Réduction en cendres.....	29
III-2-4-2-3 Filtration et mise en solution	30
III-2-4-2-4 Stockage.....	31
III-2-5 Techniques d'analyse.....	31
III-2-5-1 Analyse par le photométrie.....	32
III-2-5-2 Analyse par spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme (SAAF)	32
III-3 Analyses statistiques.....	33
III-3-1 Analyse de la variance à deux facteurs	33
III-3-2 Analyse Factorielle des Correspondances (AFC).....	33
III-3-3 Dendrogramme.....	34
III-3-4 Corrélation de Pearson.....	34

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV-1 Résultats.....	36
IV-1-1 Mensurations.....	36
IV-1-2 Relation taille –poids.....	37
IV-2 Analyses des teneurs métalliques.....	37
IV-2-1 Evaluation des teneurs métalliques dans les branchies.....	38

IV-2-2 Evaluation des teneurs métalliques dans le muscle.....	39
IV-2-3 Evaluation des teneurs métalliques dans les gonades.....	41
IV-2-4 Evaluation des teneurs métalliques dans le foie.....	42
IV-2-5 Comparaison des concentrations métalliques moyennes (mg/kg) entre les quatre organes (branchies, muscle, gonades, foie) chez la Saupe.....	44
IV-3 Comparaison des résultats avec la littérature.....	45
IV-4 Analyse statistique.....	46
IV-4-1 Analyse multi variante (AFC).....	46
IV-4-2 Dendrogramme.....	48
IV-4-3 Facteur de corrélation.....	49
IV-5 Discussion.....	51
Conclusion générale.....	53
Références bibliographiques.....	54

Introduction

Introduction :

Des centaines de polluants sont déversés chaque jour dans l'environnement. Les métaux lourds sont considérés comme des polluants graves de l'environnement aquatique à cause de leurs rémanences et leurs tendances à la bioaccumulation dans les organismes aquatiques (**Harte et al. 1991; Schuurmann et Markert, 1998**).

Les métaux lourds peuvent ainsi affecter les organismes directement en s'accumulant dans leurs corps ou, indirectement par transfert par le biais de la chaîne alimentaire. La contamination des écosystèmes aquatiques par les métaux lourds peut être confirmée dans l'eau, les sédiments et les organismes (**Forstner et Wittman, 1983**). L'accumulation des métaux lourds dans ces compartiments peut résulter à la suite de sérieux changements écologiques. L'une des causes sérieuses de leur persistance est la bioamplification de ces métaux dans la chaîne alimentaire (**Unlu et Gungum, 1993**).

Les problèmes associés à la contamination par les métaux lourds ont été tout d'abord mis en évidence dans les pays industrialisés, en raison de leurs développements industriels plus importants, et spécialement à la suite d'accidents dus à une pollution par le cadmium en Suède et le mercure au Japon (**maladie de Minamata de 1949 à 1965**), (**Kurland et al. 1960 ; Nitta, 1972 ; Gigon, 1975 ; Goldberg, 1979 ; Jobin, 2006**).

L'Algérie est un pays méditerranéen qui se développe de jour en jour économiquement et industriellement, la source d'énergie de notre pays n'est autre que le pétrole et ses dérivés, en effets, les activités pétrolières et ses produits dérivés ne sont qu'une cause parmi tant d'autres (rejets urbains, agricoles et autres rejets industriels) de la pollution de littoral algérien (**Bensahla talet, 2001**).

Les poissons sont largement utilisés comme espèces sentinelles de contamination dans le milieu aquatique et constituent une partie importante de l'alimentation humaine. Il n'est donc pas surprenant que de nombreuses études soient menées sur la pollution par les métaux chez différentes espèces de poisson.

Notre travail consiste à l'évaluation des teneurs métalliques dans les organes (Branchies, Muscle, Gonades et Foie) de la Saupe « *Sarpa salpa* » procurée à la pêcherie de Ghazaouet.

Nous avons fait la partie pratique au niveau de laboratoire de valorisation des actions de l'homme pour la protection de l'environnement et application en santé publique et laboratoire de contrôle de qualité (ALZINC) de Ghazaouet.

Le choix de site s'est porté sur la baie de Ghazaouet, du fait que la ville représente un pôle industriel important, par son port ouvert aux bateaux de pêche, marchandises et les voyageurs et surtout par la présence de l'unité d'électrolyse de zinc (AL-ZINC).

Notre mémoire est divisé en quatre chapitres :

- ❖ Chapitre I : Nous présentons la partie bibliographique qui regroupe l'étude de la pollution et des généralités sur les métaux lourds, ensuite le matériel biologique.

- ❖ Chapitre II : Nous décrivons la zone d'étude et ses caractéristiques.
- ❖ *Chapitre III* : Nous décrivons la méthode et le matériel utilisé.
- ❖ Chapitre IV : Nous présentons nos résultats et leurs interprétations ainsi qu'une modélisation statistique.

Enfin, nous terminons notre travail par une conclusion générale et des perspectives.

CHAPITRE I
SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE



I-1 Généralités sur la pollution :

I-1-1 Définition de la pollution :

La pollution est toute modification anthropogénique d'un écosystème se traduit par un changement de concentration des constituants chimiques naturels, ou résultant de l'introduction dans la biosphère de substances chimiques artificielles, d'une perturbation du flux de l'énergie, de l'intensité des rayonnements, de la circulation de la matière ou encore de l'introduction d'espèces exotiques dans une biocénose naturelle.

I-1-2 Nature de la pollution :

I-1-2-1 Pollution physique :

Rayonnements ionisantes, réchauffement artificiel du milieu ambiant dû à une source de chaleur technologique.

I-1-2-2 Pollution chimique :

Substances minérales, organiques abiotiques ou encore de nature biochimique.

I-1-2-3 Pollution biologique :

Microorganismes pathogènes, population d'espèces exotiques invasives introduites artificiellement par l'homme.

I-1-3 Sources de pollution :

I-1-3-1 Origine naturelle :

Les plus grands pollueurs naturels sont sans conteste les volcans. Ils rejettent d'importants nuages de dioxyde de soufre. La chaleur qu'ils dégagent produit aussi des oxydes d'azote. Et c'est sans compter sur les poussières minérales qui ont jadis enseveli Pompéi. Les pollens sont aussi considérés comme des polluants, car ils incommode de nombreuses personnes qui y sont allergiques.

I-1-3-2 Origine urbaine :

L'une des causes principales est la mauvaise combustion des combustibles utilisés au quotidien dans nos maisons, notamment ceux pour cuisinier, se chauffer ou encore s'éclairer. De plus les gaz qui s'échappent de nos véhicules thermiques.

I-1-3-3 Origine agricole :

Les déjections animales mais aussi les produits phytosanitaires /pesticides (herbicides, insecticides, fongicides) contenus dans les engrais et utilisés dans l'agriculture. Ils pénètrent alors dans les sols jusqu'à atteindre les eaux souterraines.

I-1-3-4 La pollution industrielle :

Les rejets de produits chimiques comme les hydrocarbures ou le PCB rejetés par les industries ainsi que les eaux évacuées par les usines.

I-1-4 Types de pollution :**I-1-4-1 Pollution de l'air :**

La pollution atmosphérique est une modification de la composition de l'air par des polluants nuisibles à la santé et à l'environnement. Elle est parfois caractérisée par des mesures de polluants (gazeux particulaire et peut être liquides présents dans l'air).

Cette pollution peut ainsi être vue comme une présence dans l'air, d'un ajout d'agents chimiques, biologiques ou physiques ayant des conséquences préjudiciables à la santé humaine, au climat... Ces polluants proviennent des activités humaines ou de la nature.

I-1-4-2 Pollution du sol :

Cette pollution fait référence à la concentration plus ou moins importante de substances toxiques dans les sols, quel que soit leur type.

Elle pourra se diffuser dans l'environnement via l'eau, l'air ou les organismes vivants du sol (bactéries, plantes, champignons), entraînant des perturbations variables dans des écosystèmes associés et des dangers non négligeables pour la santé.

I-1-4-3 pollution de l'eau :

La pollution de la ressource en eau est toute modification chimique, physique ou biologique de la qualité de l'eau, elle se caractérise par la présence de micro-organismes, de substances chimiques ou encore de déchets industriels.

Elle peut concerner les cours d'eau, les nappes d'eau, l'eau de pluie, neige.

I-2 La pollution marine :

I-2-1 Définition de la pollution marine :

La pollution marine résulte de tous les produits rejetés dans les mers et les océans en conséquence de l'activité humaine. Elle arrive dans le milieu marin par le vecteur des voies fluviales, des vents, de l'air en basse latitude ou est directement rejetée à la mer.

« L'introduction par l'homme, directement ou indirectement, de substances ou d'énergie dans l'environnement marin pouvant entraîner des effets délétères, tels que dommages aux ressources biologiques, danger pour la santé humaine, entraves aux activités maritimes, y compris les pêcheries, détérioration des qualités de l'eau de mer pour son utilisation et réduction des possibilités dans le domaine des loisirs ». **Par la Commission Océanographique Internationale de l'UNESCO.**

I-2-2 Origine de la pollution marine :

La production et les émissions de polluants sont souvent dérivées des activités humaines, telles que l'agriculture (les fertilisants, pesticides et produits agrochimiques), l'industrie (les métaux lourds, les éléments traces et les composés organiques), l'urbanisme (agents pathogènes, substances organiques, métaux lourds et éléments traces contenus dans les eaux usées), le tourisme (débris plastiques sur les côtes) (**Larno, 2001**).

I-2-2-1 Effluents urbain :

La plupart des effluents urbains déversent directement dans l'environnement marin immédiat sans aucune mesure de traitement. Ces effluents sont fortement chargés en polluants minéraux et micro-organismes (bactéries, virus pathogènes et parasites).

Au sein des agglomérations urbaines ces effluents contiennent des déchets chimiques provenant aussi bien des activités ménagères qu'industrielles, et confluent dans la majorité des cas vers des collecteurs principaux (**Sabhi, 1998**).

I-2-2-2 Effluents industriels et émissions :

Les industries installées dans les zones côtières déversent leurs déchets directement dans la mer, ou dans les cours d'eau. Les émissions atmosphériques provenant des industries projettent des polluants qui peuvent être transférés par vraie atmosphérique vers la mer (**UNEP, WHO, 1992 ; WHO/UNEP, 1995 ; UNEP/FAO/WHO, 1996**).

I-2-2-3 Rivières et cours d'eau :

Les rivières polluées véhiculent des charges considérables de déchets liquides vers le milieu marin. En plus des apports provenant des installations industrielles et des agglomérations urbaines. Les rivières peuvent parfois aussi transporter les fertilisants et les pesticides utilisés en agriculture.

I-2-2-4 Décharges côtières incontrôlées :

Plusieurs formes de dépôts de déchets solides et liquides dans un près de l'environnement marin, contribuent d'une manière directe ou indirecte à la pollution de la mer selon plusieurs processus dépendant du type et de la quantité de matériel déposé (Eisler, 1995 ; Mance, 1987 ; WHO/UNEP, 1995 ; in Sabhi, 1998).

I-2-2-5 Transports maritimes :

Le transport maritime est connu du grand public par les dégâts et les pollutions spectaculaires qu'il inflige à la mer, on estime que 4 à 6 millions de tonnes de pétrole arrivent ou sont déversés chaque année dans les océans, l'institut français de l'environnement évoque quant à lui des dégazages sauvages à hauteur de 600 000 tonnes par an hydrocarbures déversée en mer méditerranée, et de trois millions de tonnes par an en mer du nord. (Christian, Alain, 2004).

I-2-3 La pollution marine en Algérie :

L'Algérie possède une bande côtière de 1200 km de long, sachant que presque la moitié de la population algérienne est concentrée dans cette zone et exerce la plupart de ces activités économiques et industrielles du pays. Cette zone de la méditerranée subie une pollution grave. Sachant qu'une grande majeure de la population vie là-bas, ceci implique le grand nombre des véhicules et une importante production de déchets ménagers et bien sur la croissante demande en eau potable.

« En Algérie, les endroits où les problèmes de déchets industriels existent, sont les villes côtières et industriels à l'image de Skikda, Annaba et Jijel dans l'Est. Au centre en trouve l'axe Alger-Oued Smar, Rouiba-Reghaia et Béjaia. A l'Ouest, Oran-Arzew, Ghazaouet et Mostaganem » (UNEP, 2001).

I-3 Les métaux lourds :

I-3-1 Définition de métaux lourds :

Les métaux lourds sont généralement définis comme des éléments métalliques naturels dont la masse volumique est supérieure à 5g/cm^3 . Ils sont présents naturellement dans notre environnement et utilisés

massivement dans l'industrie. Généralement émis sous forme de très fines particules, ils sont transportés par le vent et se disséminent dans les sols et les milieux aquatiques, contaminant ainsi la flore et la faune, et se retrouvant dans la chaîne alimentaire.

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

I-3-2 Origines des métaux lourds :

I-3-2-1 Source naturelle :

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

Les métaux sont des composants naturels de l'écorce terrestre dans laquelle on les rencontre généralement sous forme de minerais, associés entre eux et à de nombreux éléments (oxygène et soufre en particulier). Ils sont donc aussi naturellement présents dans les roches drainées par les eaux de surface et les nappes souterraines, de même que dans les poussières atmosphériques.

I-3-2-2 Source anthropique :

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

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

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

I-3-3 Toxicité des métaux lourds sur la santé humaine :

Les métaux sont présents naturellement dans le corps humain sous forme de traces. Ils sont indispensables au bon fonctionnement de notre organisme.

En revanche, lorsqu'ils sont présents en trop fortes quantités, ils peuvent s'avérer toxiques.

Les symptômes sont nombreux et il est souvent difficile d'identifier une contamination aux métaux lourds ; voici quelques exemples :

- ✓ Le cadmium dégrade le foie.
- ✓ Le plomb provoque le saturnisme, particulièrement grave chez l'enfant.
- ✓ Le mercure est neurotoxique.
- ✓ Certaines formes du chrome et du cuivre sont toxiques.

Une exposition chronique aux ETM se manifeste souvent par de la fatigue, des maux de tête, des troubles de sommeil, des troubles de la concentration, des troubles psychiques et des troubles digestifs.

I-3-4 Toxicité des métaux lourds sur la vie aquatique :

I-3-4-1 La toxicité aiguë :

La toxicité aiguë se manifeste après une exposition très courte à une concentration élevée de substance toxique (la notion de concentration élevée est à relativiser, les polluants toxiques sont toxiques à des doses de l'ordre du microgramme par litre).

I-3-4-2 La toxicité sublétales :

Dans ce cas, des expositions fréquentes ou répétées sur une période de plusieurs jours ou semaines sont nécessaires avant que les symptômes n'apparaissent.

I-3-4-3 La toxicité chronique :

La toxicité chronique se manifeste après une exposition longue à une concentration faible de la substance toxique.

I-3-5 La bioaccumulation des métaux lourds :

La bioaccumulation est le processus d'assimilation et de concentration des métaux lourds dans l'organisme. Le processus se déroule en trois temps :

I-3-5-1 L'assimilation :

C'est le processus par lequel un organisme vivant absorbe une substance à une vitesse plus grande que celle avec laquelle il l'excrète ou la métabolise. Elle désigne donc la somme des absorptions d'un

élément par voie direct et alimentaire par les espèces animales aquatiques ou terrestres. (Ramade, 1997).

I-3-5-2 La bioconcentration :

Elle est définie comme étant le processus par lequel une substance (ou un élément) se trouve dans l'organisme vivant à une concentration supérieure à celle de son milieu environnant. C'est donc l'accroissement direct de la concentration lorsqu'il passe de l'eau à un organisme aquatique.

I-3-5-3 La bioamplification :

La bioamplification est une forme de bioaccumulation indirecte : l'absorption des contaminants se fait par la présence d'intermédiaires. Lorsque des organismes contaminés de niveaux trophiques inférieurs sont mangés, ils vont passer les contaminants à leur prédateur. Il en résulte aussi une augmentation de la concentration des contaminants au fur et à mesure que l'on monte dans les niveaux trophiques.

I-3-6 Etude de quelques métaux lourds :

I-3-6-1 Cuivre (Cu) :

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

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

I-3-6-2 Zinc (Zn) :

Le Zinc est un oligo-élément nécessaire au métabolisme des êtres vivants, essentiel pour de nombreux métallo enzymes et les facteurs de transcription qui sont impliqués dans divers processus cellulaires tel que l'expression des gènes, transduction du signal, la transcription et la réplication. (Gunnar et al. 2007).

I-3-6-3 Molybdène (Mo) :

Le molybdène est un métal de transition. Le métal pur est d'aspect blanc métallique et il est très dur. Il a été souvent confondu avec du minerai de graphite et de galène. Il a un haut module d'élasticité et seuls le tungstène et le tantale, des métaux plus aisément disponibles, ont des points de fusion plus élevés.

I-3-6-4 Manganèse (Mn) :

Le manganèse est un métal dont l'apparence est proche de celle du fer. Il est dur et fragile. Il peut s'oxyder très facilement et le métal et ses ions s'avèrent paramagnétiques. Pour le manganèse, tous les états d'oxydation entre +1 et +7 sont observés. Les composés qui contiennent le manganèse dans l'état +7 sont particulièrement oxydants.

Tableau 1 : Métabolisme et la toxicité de quelques métaux lourds

Métaux	Métabolismes	Toxicités
Cu	Est un oligo-élément essentiel joue le rôle d'anti-infectieux et d'anti-inflammatoire. De par ses propriétés chimiques particulières, le cuivre est un métal à la fois essentiel et toxique, comme le fer. Il fait partie des métaux de transition et possède deux états d'oxydoréduction (Cu^{2+} et Cu^+).	Le cuivre provoque une altération des branchies des poissons et retarde leur ponte. Chez l'homme, il est responsable de la maladie de « Wilson » qui est due à l'accumulation du cuivre dans le foie (une maladie héréditaire, autosomique) (Haguenoer et Furon, 1981).
Zn	Le Zinc intervient dans l'activité de nombreuses enzymes. L'organisme d'un homme de 70 kg contient de 2 à 3 g de zinc (Chiffolleau et al. 2001). Les os et les dents contiennent aussi beaucoup de zinc.	Sa toxicité pour les organismes aquatiques, n'en fait pas un contaminant prioritaire, bien qu'il agisse à de forte concentration sur la croissance des espèces aquatiques (Ifremer, 2001).
Mo	Le molybdène intervient dans le fonctionnement de plusieurs enzymes du foie, qui détoxifient l'organisme. Il favorise également l'absorption intestinale du fer, luttant ainsi contre certaines formes d'anémies.	Le molybdène peut présenter un risque de toxicité, notamment pulmonaire, par exposition chronique ou aiguë. Les valeurs limites d'exposition sont de 0,5 mg/m^3 respirable pour les composés solubles, de 10 mg/m^3 inhalable et 3 mg/m^3 respirable pour Mo métal et ses dérivés insolubles.
Mn	Le manganèse contribue à un métabolisme énergétique normal. En étant associé à la superoxyde-dismutase (enzyme impliquée dans la lutte contre les radicaux libres), le manganèse contribue à protéger les cellules contre le stress oxydatif. Il aide au maintien de l'ossature.	La toxicité du manganèse devient irréversible. Elle commence à endommager le cerveau, et une séquence horribante s'ensuit : les dommages progressent, même sans exposition supplémentaire.

I-4 Etude de matériel biologique la Saupe « *Sarpa salpa* » :

La Saupe (*Sarpa salpa*) est une espèce de poissons appartenant à la famille des Sparidés, commune méditerranéenne. C'est le seul du genre *Sarpa* (monotypique).

I-4-1 Présentation de la famille des sparidés :

La famille des sparidés est une famille de poissons osseux (téléostéens) comprenant près de 38 genres (Nelson, 2004).

Le nom de cette famille est dérivé du mot grec Sparoïdes (qui veut dire poisson à tête dorée). Communément appelés « brèmes de mer », les sparidés se caractérisent par un corps oblong, comprimé sur les flancs et portant des écailles cténoïdes. Ils présentent une seule nageoire dorsale longue, en partie épineuse, des pectorales généralement longues et pointues, deux pelviennes thoraciques, une nageoire anale et une caudale fourchue.

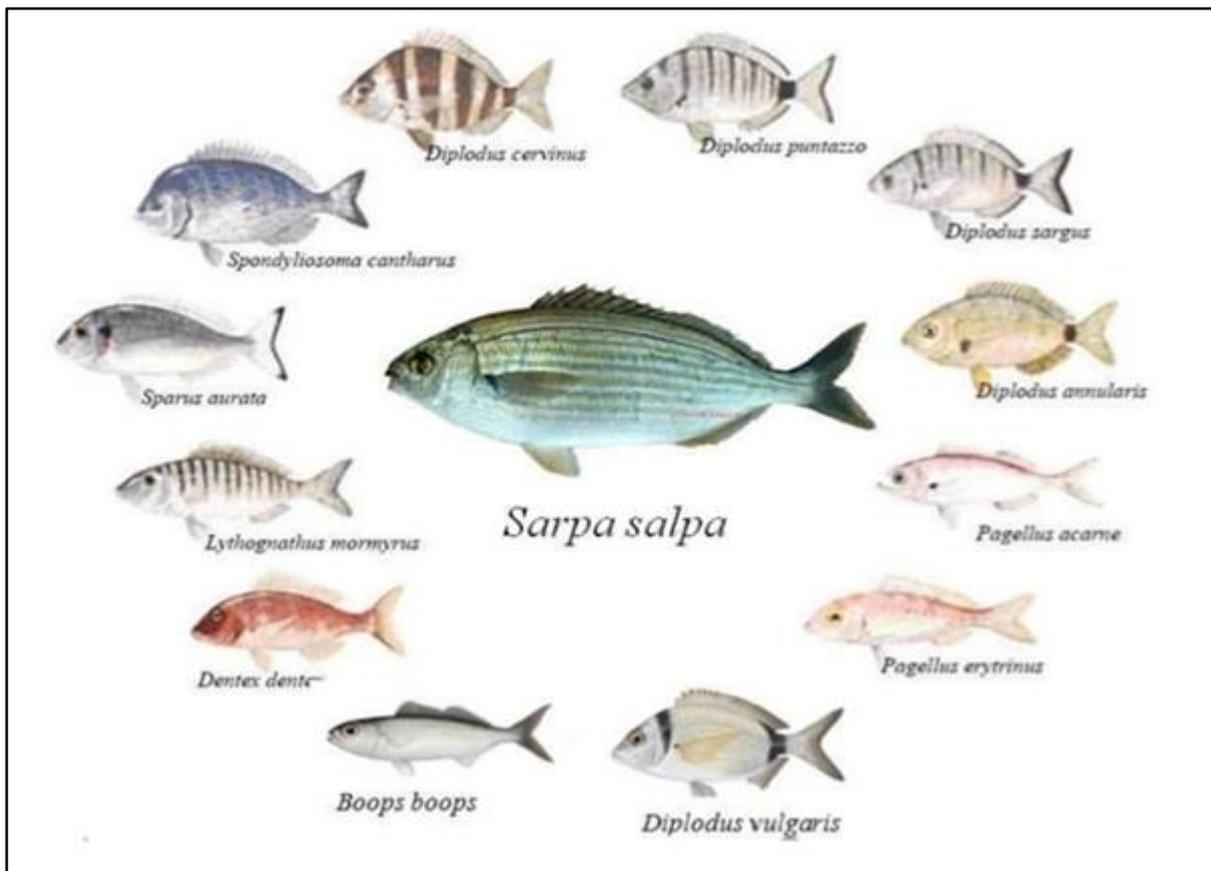


Figure 1 : Espèces des sparidés

I-4-2 Description de la saupe :

I-4-2-1 Morphologie :

Sarpa salpa (Linnaeus, 1758) mesure en moyenne 30 centimètres mais peut atteindre jusqu'à 50 centimètres avec des spécimens pouvant dépasser 1kg. Le corps de la saupe est allongé et comprimé latéralement a des reflets argentés et striés de 10 à 12 lignes longitudinales jaune vif qui vont de la tête, assez courtes jusqu'à la caudale (Bauchot, 1987). L'œil doré est assez gros et proche de la bouche. La bouche est petite et renferme une dentition très saillante. Le dos est gris jaune à verdâtre avec des reflets or. Les nageoires sont grisâtres, il y'a une petite tache noire à la base des pectorales.

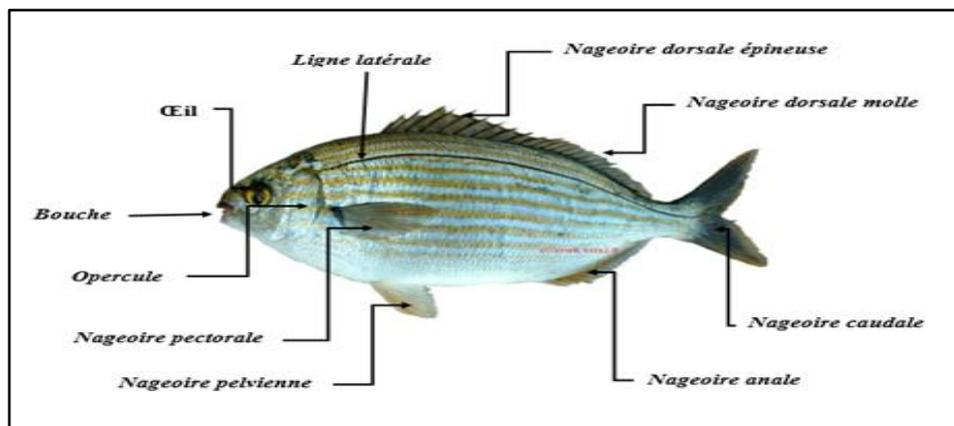


Figure 2 : Morphologie externe de la Saupe

I-4-3 Taxonomie :

- ❖ Règne : Animale.
- ❖ Embranchement : Vertébrés.
- ❖ Sous-embranchement : Chordata.
- ❖ Super-classe : Poissons.
- ❖ Classe : Ostéichyens.
- ❖ Sous-classe : Actinoptérygiens.
- ❖ Super-ordre : Téléostéens.
- ❖ Ordre : Perciformes.
- ❖ Famille : Sparidea.
- ❖ Genre : *Sarpa* (Bonaparte, 1831).
- ❖ Espèce : *Sarpa salpa* (Linnaeu, 1758).

-Nom vernaculaire Français : La Saupe.

-Noms vernaculaires Ouolof : « Nawetouguèdje », « Oursoune ».

I-4-4 Nom commun de la Saupe :

Elle peut être rencontrée sous les noms communs suivants :

Tableau 2 : Noms communs de *Sarpa salpa* (F.A.O, 1987)

Pays	Noms Commun	Langage
U.S. A	GoldLine	Anglais
Algérie	Tchelba, Tchalbine	Arabe
Egypte	Sarb	Arabe
Angleterre	Salema, Salpa	Anglais
Espagne	Salema, Cagona, Saboga	Espagnol
France	Saupe	Français
Italie	Bouba, Manciaracina	Italien
Sénégal	Rasaw	Africain

I-4-5 Répartition géographique :

La saupe présente une large répartition géographique, elle se rencontre en méditerranée, l'océan Atlantique du Golfe de Gascogne au Sénégal et détroit de Gibraltar, Madère, des îles Canaries et du Cap-Vert (Verlaque, 1990).



**Figure 3 : Répartition géographique de *Sarpa salpa* (in Fish base, 2008),
échelle 1/10.000.000**

I-4-6 Alimentation :

La Saupe a un régime alimentaire varié au cours de leur développement et dépend de l'amplitude de sa répartition verticale et ses capacités de broutage, au stade juvénile, elle broute le phytobenthons

jusqu'à 25 cm de longueur, il exploite surtout le couvert algal, au-delà de 25 cm cette espèce broute aussi phanérogames marines genre (*p.oceanica*, *cymodocea modosa*, *asherson* ainsi que *zostera noltii* *hornemann*), quand elle dépasse 30 cm, les contenus Digestifs des spécimens sont comprennent surtout des fragments de feuilles de *Posidonia* et leurs épiphytes (**Verlaque, 1990**).

Cette espèce se nourrit de végétaux à l'âge adulte, elle se nourrit surtout d'algues vertes, comme la laitue de mer *Ulva Lactuca*, ou d'algues rouges du genre *Laurencia*. (**Bianchi et al. 1999**). Ces poissons consomment aussi des feuilles de *Posidonia Oceanica*. *Sarpa salpa* fait partie des espèces herbivores, selon (**Fisher et al. 1987**).

I-4-7 Reproduction :

Sarpa salpa est une espèce hermaphrodite (**Bauchot et al. 1986**). Elle change de sexe, les jeunes sont d'abord mâles et atteignent leur première maturité sexuelle au cours de leur troisième année vers 21 cm, puis ils deviennent femelles au cours de leur quatrième année entre 26 et 28 cm.

La reproduction est sexuée et a lieu en printemps et en automne (**Lepori, 1980**), ou bien pendant en automne et en hiver (**Anato et Ktari, 1983 ; Mendez-Villamil et al. 2001**).

I-4-8 Lieux et technique de pêche :

I-4-8-1 Lieux de pêche :

La Saupe est pêchée essentiellement en méditerranée, elle est rare et peu commercialisée, à cause de sa réputation d'être toxique et de provoquer des hallucinations. Elle vit à la côte au-dessus des zones d'algues (*Posidonia*) et des roches, souvent en bord de plage et au pied des jetées.



Figure 4 : Un ban de Saupe

I-4-8-2 Technique de pêche :

La Saupe se pêche bien avec un petit flotteur positionné sur un nylon fin. L'appât idéal est le pain. Le montage est balancé sous la canne pour être posé délicatement à la surface de l'eau. Ainsi, la mie

de pain descend lentement et le flotteur se stabilise en position verticale. A la moindre coulée, il faut ferrer d'un coup de poignet.

CHAPITRE II

La zone d'étude



II-1 La ville de Ghazaouet :

Est une ville côtière méditerranéenne située au nord-ouest du pays, à environ 75 km au nord-est de la ville de Tlemcen, à l'écart de la ville de Maghnia 45 km, et de la ville de Nedroma à environ 14 km et 45 km de la frontière Marocaine. Elle est connue anciennement sous le nom de de Noumours pendant la colonisation française.



Figure 5 : Vue de la ville Ghazaouet

II-1-1 Situation Géographique :

Ghazaouet se situe à l'extrême ouest de l'Algérie à 80 km au nord de Tlemcen, accrochée au pied des montagnes des Monts des Traras. Cette petite cité au travers de son port dynamique a permis l'approvisionnement de toute la wilaya.

La ville de Ghazaouet est limitée :

- au nord par la mer méditerranéenne,
- au sud par la commune de Tient,
- au sud-Ouest par la commune de Nedroma,
- au l'ouest par la commune de Souahlia (Tounane),
- à l'est par la commune de Dar Yaghmoracen.

Le relief de la ville est assez accidenté, avec une montagne élevée où la forêt est dense à certain endroit, couvrant une superficie de 28 km².

II-1-2 Climat :

Ghazaouet possède un climat méditerranéen chaud avec été sec, sur l'année, la température moyenne à Ghazaouet est de 19.7°C et les précipitations sont en moyenne de 387,8 mm.

II-2 Le port :

Le port de Ghazaouet est situé dans une région à fort potentiel économique. Il constitue une façade maritime pour plusieurs wilayas de l'Ouest et du sud-Ouest. Son activité peut s'étendre même au-delà des frontières Ouest du pays, vues les facilités d'accès dont il dispose et la qualité de service qu'il propose.

C'est un port mixte de pêche et de commerce, 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 1Ha (**D.U.C, 2005**)).



Figure 6 : Le port de Ghazaouet

II-3 La pollution marine à Ghazaouet :

Le milieu marin de Ghazaouet reçoit les eaux résiduaires industrielles recyclées en provenant de l'unité d'électrolyse de zinc à raison de 3.5m³/h (**D.P.R.H.T, 2004**).

Ces rejets chargés en métaux lourds sont déversés dans le milieu marin et ils ont contaminé la base du fond, aggravée par le stockage sauvage des déchets de lixiviation de zinc sur la falaise surplombant la mer et l'usine (**D.P.R.H.T, 2004**).

Les rejets urbains sur le golfe de Ghazaouet apportant plusieurs éléments au milieu marin :

- apport de macro déchets dans la mer (plastique, verre, boîtes métalliques),
- apport de matière organique et particulaire dans les sédiments,

- apport d'hydrocarbures,
- apport de substances nutritives (N et P),
- apport des métaux lourds d'origine anthropique (Zn, Pb, Cu, ...),
- apport de sable ou d'argile lors des épisodes de pluie ou de crues (M.A.T.E, 2007).

II-3 La zone industrielle ALZINC :

II-3-1 Description de la zone :

L'entreprise est située à Ghazaouet dans l'Ouest de l'Algérie juste au bord de la mer. Cette situation géographique a été choisie pour tenir compte des conditions suivantes :

- Faciliter les opérations d'importation et d'exportation par voie maritime et par voie ferroviaire,
- La proximité de l'eau de mer pour le refroidissement.

La zone industrielle d'ALZINC est l'unique producteur du zinc électrolytique au monde arabe et le deuxième en Afrique de Sud.

C'est un pôle industriel de très grande dimension à vocation industrielle (Kebir, 2012).



Figure 7 : La zone industrielle d'ALZINC

II- 3-2 Les principaux rejets de l'unité ALZINC :

II-3-2-1 Rejets liquides :

L'ensemble des rejets liquides provenant du complexe sont déversés dans un réseau de collecte composé de deux caniveaux qui aboutissent à la mer. Ces rejets sont composés des eaux de lavage et de refroidissement. Les déchets de type huiles usagées sont en grande partie stockées dans des futs et remise à Naftal, pour leur recyclage éventuel.

II-3-2-2 Rejets atmosphériques :

Les principaux rejets gazeux vers l'atmosphère sont identifiables principalement au niveau de l'unité d'acide sulfurique quand il y a une mauvaise conversion de SO₂ ou durant des arrêts et redémarrages de cette unité. Ces rejets se produisent lors de la production de zinc selon le procédé d'électrolyse et sont composés de :

- ❖ Poussières contenant du zinc et de cadmium provenant du procédé de fonte des cathodes,
- ❖ Poussières contenant des métaux lourds provenant du maniement des matières premières et du produit de grillage,
- ❖ Des aérosols, contenant du zinc, du cadmium et de l'acide sulfurique peuvent du traitement des résidus,
- ❖ Du gaz perdu, contenant de l'anhydride sulfurique (H₂SO₃) provenant de la production d'acide sulfurique.

Il est important de signaler que les émissions de SO₂ vers l'atmosphère ont donné lieu avant la rénovation de l'unité (réalisée en Septembre 2001) à diverses plaintes en raison des pics de pollution survenus durant certaines phases d'exploitation (D.E.T, 2004).

II-3-2-3 Rejets solides :

Près de 500.000 tonnes de boues de lixiviation de zinc sont stockées sauvagement sur des falaises surplombant la mer 20,000 t/ an continuent d'être produites. Plus de 8000 tonnes de boues cuivriques, ont été recyclés en 2004 au sein de l'usine pour la fabrication de cuivre. Des résidus de thallium hautement toxiques, provenant de l'atelier de cadmium, ont été stockés au sein de l'usine dans deux cuves souterraines à ouverture par trappes, d'une contenance de 1mètre cube chacune (D.E.T, 2004).

Chapitre III

Matériel et Méthodes



III-1 Echantillonnage :

III-1-1 Choix du matériel biologique :

Notre choix s'est porté sur l'espèce de *Sarpa salpa* en raison de sa valeur nutritionnelle et sa sensibilité à la pollution car elle réside près des sédiments, où les contaminations chimiques s'accumulent.



Figure 8 : La Saupe (Photo originale)

III-1-2 Choix des contaminants :

Dans notre étude, nous nous sommes intéressées à quatre éléments métalliques : le zinc, le cuivre, molybdène, manganèse. Ses métaux ont été choisis selon la disponibilité des réactifs et leur présence sur la zone d'étude.

III-2 Travail au laboratoire :

Le matériel utilisé lors de nos expériences au laboratoire est composé de :

- Une balance magnétique
- Une balance de précision
- Trousse de dissection
- Boîtes pétries
- Creusets
- Une étuve ordinaire
- Un four à moufle
- Papier filtre
- Tubes coniques

III-2-1 Mensuration :

Nous avons travaillé sur 16 individus de l'espèce *Sarpa salpa* (la Saupe).



Figure 9 : Individus de la saupe (photo originale)

Tout d'abord nous avons relevé la longueur totale qui a été mesurée entre deux extrémités du poisson de chaque individu, puis le poids total qui correspond au poids frais du poisson à l'aide d'une balance. Après mensuration, nous avons regroupés les individus de l'espèce par classe selon leurs tailles. Nous avons sélectionné quatre classes comme : [24 - 25,1[, [25,1 - 26,9[, [26,9 - 27,9[, [27,9 - 35].



Figure 10 : Longueur et poids totaux de la Saupe (photo originale)

III-2-2 Relation taille poids :

La croissance est un changement de longueur et/ou de poids (**Weatherly et Gill, 1987**).

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

$$P = aL^b$$

Où : $b < 3$ allométrie minorant.

$b = 3$ isométrie.

$b >$ allométrie majorante.

P : Poids du poisson en (g).

L : Longueur totale en (cm).

a : Constante (interception).

b : L'exposant Longueur (pente).

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

$$\ln P = \ln a + b \ln T$$

Les valeurs « a » et « b » ont été obtenues à partir d'une méthode linéaire de régression de la longueur et du poids du poisson (**Hemida, 1987**).

III-2-3 Dissection :

Après avoir accomplis toutes les mensurations, nous avons procédé à la dissection de chaque individu.

Quatre organes ont été prélevés : les branchies, les gonades, le foie et le muscle.

- **Les branchies** : représentent le premier point de contact entre le poisson et les métaux dans l'eau environnante.
- **Les gonades** : sont des organes estimés à la production d'hormones sexuelle et à la reproduction.
- **Le foie** : est l'organe responsable du transit des matières métabolisées.
- **Le muscle** : est l'organe qui est en contact avec l'environnement et qui intéresse le consommateur.

Les étapes de dissection sur les 64 échantillons sont :

- ❖ l'enlèvement des branchies après le soulèvement de l'opercule,



Figure11 : Trousse de dissection
(photo originale)



Figure12 : Le soulèvement de l'opercule
(photo originale)

- ❖ l'ouverture de la partie ventrale de l'espèce pour retirer les gonades, le foie et le muscle.

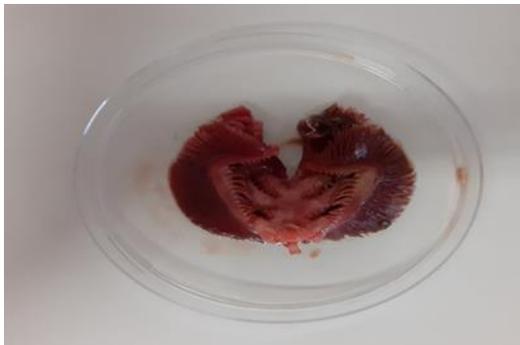


Figure 13 : Ouverture de la partie ventrale de la saupe
(photo originale)

Chaque organe a été pesé puis placés dans une boîte pétrie étiquetée puis conservée au congélateur jusqu'à la minéralisation.



Figure14 : Prise du poids humide (photo originale)



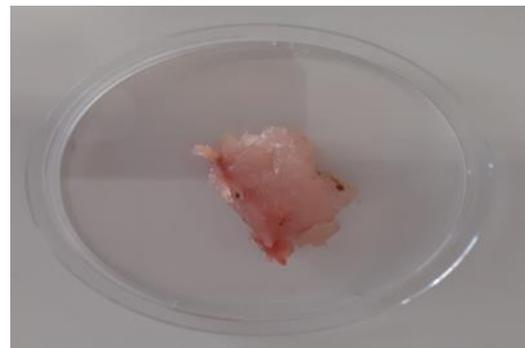
Branchies



Foie



Gonades



Muscle

Figure15 : Les quatre organes obtenus après dissection (photos originales)

III-2-4 Minéralisation :

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

III-2-4-1 Matériels utilisés pour la minéralisation :

Pour la minéralisation nous avons utilisé :

- Des creusets en porcelaine.
- L'étuve et le four à moufle.
- Papier filtre de porosité (0.45 μ m) pour la filtration.
- Tubes coniques (50ml) pour le stockage.



Des creusets



Papier filtre



Tubes coniques



Four à moufle



Etuve

Figure16 : Matériel utilisé pour la minéralisation (photos originales)

III-2-4-2 Méthode de minéralisation :

Dans notre étude la technique de voie sèche a été utilisée pour la minéralisation.

Le protocole expérimental est le suivant :

III-2-4-2-1 Séchage à l'étuve :

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



Figure17 : Séchage des échantillons à l'étuve (photo originale)

III-2-4-2-2 Réduction en cendres :

Une fois le séchage terminé, les échantillons ont été placés dans un four à moufle à une température de 450°C pendant 15 minutes, puis ont été humectés avec l'acide nitrique (1%) et remis dans le four à 350°C pendant 1 heure et 30 minutes.



Figure 18 : Calcination des échantillons (photos originales)



Figure 19 : Les cendres obtenus (photo originale)

III-2-4-2-3 Filtration et mise en solution :

Les cendres obtenues ont été mises dans 25cm³ de solution d'acide nitrique (1%), puis filtrées à l'aide d'un papier filtre de porosité (0,45µm).



Figure 20 : Matériel utilisé pour la filtration des échantillons (photos originales)

III-2-4-2-4 Stockage :

Le filtrat obtenu a été conservé au frais dans des tubes coniques étiquetés à 13°C jusqu'à l'analyse.



Figure21 : Stockage des solutions minéralisées (photo originale)

Le Protocole expérimental adopté dans la minéralisation d'un échantillon par la voie sèche Est résumé sur la figure ci-dessus.

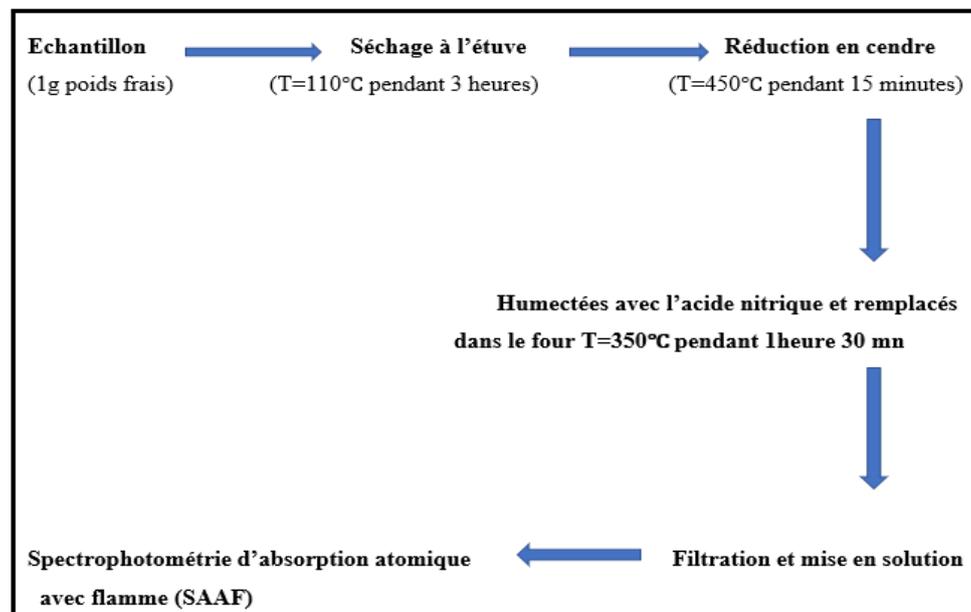


Figure 22 : Protocole expérimental adopté dans la minéralisation d'un échantillon par la voie sèche

III-2-5 Techniques d'analyse

III-2-5-1 Analyse par le photomètre :

Le dosage des métaux lourds étudiés (Mo, Mn) a été réalisées dans un laboratoire de valorisation des actions de l'homme pour la protection de l'environnement et application en santé publique, par un photomètre de type HANNA HI 83099.

Lorsque les réactifs spécifiques sont ajoutés, l'échantillon d'eau prend un degré de coloration proportionnel à la concentration du paramètre à mesurer. Le photomètre mesure cette coloration. Lorsqu'un faisceau lumineux passe à travers l'échantillon coloré, l'énergie d'une longueur d'onde spécifique est absorbée par la substance analysée. Le photomètre détermine la coloration de l'échantillon en mesurant la transmission ou l'absorption de lumière de cette longueur d'onde (en d'autres termes, la lumière monochromatique).



Figure 23 : Photomètre (photo originale)

III-2-5-2 Analyse par spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme (SAAF) :

Le dosage des métaux lourds étudiés (Zn, Cu) a été réalisé par la spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme au niveau de laboratoire de contrôle de qualité (ALZINC) de Ghazaouet.

Cette méthode est appliquée pour les sédiments et pour le matériel biologique (Pinta et al. 1980).

La spectrophotométrie d'absorption atomique est une méthode d'analyse quantitative s'adressant essentiellement aux métaux. Elle est basée sur la propriété des atomes de l'élément qui peuvent absorber des radiations de longueur d'onde déterminée (Walsh, 1955).

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



Figure 24 : Spectrophotomètre de l'usine ALZINC (photo originale)

III-3 Analyses statistiques :

Le traitement statistique des résultats a été effectué à l'aide de Microsoft Excel 2016 et Minitab 16.

III-3-1 Analyse de la variance :

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

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

III-3-2 Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) :

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

Soient deux variables nominales « X » et « Y », comportant respectivement « p » et « q » modalités. On observe les valeurs de ces variables sur une population et on dispose d'un tableau de contingence à « p » lignes et « q » colonnes donnant les effectifs conjoints c'est-à-dire les effectifs observés pour chaque combinaison d'une modalité « i » de « X » et d'une modalité « j » de « Y ». Les valeurs de ce tableau seront notées « n_{ij} », l'effectif total sera noté « N » (**Ramousse et al. 1996**).

III-3-3 Dendrogramme :

Un dendrogramme illustre sous forme d'arborescence les informations du tableau de fusion. Par défaut, le niveau de similarité est mesuré le long de l'axe vertical et les différentes observations sont répertoriées le long de l'axe horizontal.

Le graphe illustre la manière dont les groupes ont été formés en assemblant deux observations individuelles ou en appariant une observation individuelle avec un groupe existant. On peut voir à quels niveaux de similarité les groupes sont formés et la composition des groupes de la subdivision finale (**Falissard, 1998**).

III-3-4 Corrélation de Pearson :

La méthode de corrélation de Pearson a pour but la simplification, l'ordination et la coordination des données initiales, en exprimant la trame complexe dans les interrelations entre variables par un plus petit nombre de facteurs (**Pearson et Rosenber, 1978**). Ces facteurs sont représentés par des axes perpendiculaires dans lesquels se projettent les points. Le test de Pearson calcule et élabore des matrices de coefficients « r » ainsi que les covariances pour chaque ou toutes les paires de variables d'une liste.

Le coefficient de corrélation de Pearson indique le degré de relation linéaire entre les deux séries de données. Il peut prendre des valeurs de -1 à +1. Une valeur de (+1) montre que les variables sont parfaitement linéaires liées par une relation de plus en plus croissante, une valeur de (-1) montre que les variables sont parfaitement linéaires liées par une relation décroissante et une valeur de (0) montre que les variables ne sont pas linéaires entre elles (**Bolbapocà et Jäantschi, 2006**).

Chapitre IV

Résultats et discussion



IV-1 Résultats :**IV-1-1 Mensuration :**

Nous avons travaillé sur 16 individus. Pour chaque individu nous avons relevé le poids total (Pt), le poids des différents organes et la longueur totale (Lt). Nous avons regroupé ces individus en classes de taille. Nous avons obtenu 4 classes. Les résultats sont rassemblés sur le tableau 3.

Tableau 3 : Le poids et les différentes longueurs mesurées par classes de taille

Classes de tailles	Longueur totale (Lt) (cm)	Poids total (Pt) (g)	Poids des Branchies (g)	Poids de muscle (g)	Poids des Gonades (g)	Poids de Foie (g)
[24-25,1[	24	200,19	4,99	4,581	3,377	2,223
	24,4	195,2	5,814	5,9	3,539	2,228
	24,5	192,5	5,258	4,613	4,049	2,435
	24,8	214,98	5,004	4,883	2,629	2,301
[25,1-26,9[	25,1	206,95	3,973	4,181	2,862	0,543
	25,5	211,04	5,779	5,253	3,966	2,378
	25,9	253,31	5,128	4,672	3,677	2,779
	26,4	281,31	7,196	7,317	4,157	4,584
[26,9-27,9[	26,9	286	5,647	4,867	2,899	1,516
	27,3	297,54	6,693	5,595	4,205	4,875
	27,3	299,82	5,538	4,415	2,813	1,937
	27,4	261,53	3,825	3,631	2,287	2,468
[27,9-35]	27,9	280,82	6,532	2,678	4,089	1,114
	27,9	297,35	5,194	3,974	2,440	3,175
	29,4	302,19	8,209	3,091	4,294	1,205
	35	601,12	11,844	7,593	2,885	1,961

IV-1-2 Relation taille-poids :

Pour montrer la relation taille-poids, nous avons tracé la droite $\text{Ln}(\text{Pt}) = \text{Ln}(\text{Lt})$ (Figure 25).

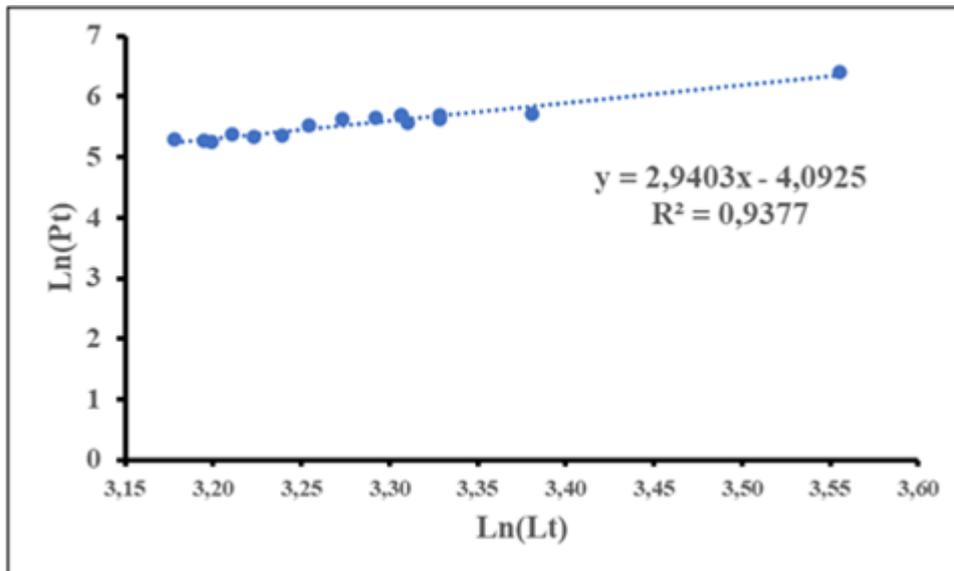


Figure 25 : Relation entre la taille et le poids chez les individus de *Sarpa salpa*

La relation entre le poids et la taille est donnée par l'équation suivante :

$$\text{LnPt} = 2,9403\text{LnLt} - 4,0925$$

La droite obtenue est de la forme $y = ax + b$.

a : la pente ($a = 2,9403$).

b : l'ordonné à l'origine ($b = -4,0925$).

La relation taille-poids montre une allométrie minorante ($a < 3$) pour chaque individu, c'est-à-dire le poids croît moins vite que la taille de l'individu avec un coefficient de corrélation $R^2 = 0,93$. Ceci montre une très bonne corrélation entre les deux paramètres étudiés.

IV-2-Evaluation des teneurs métalliques :

Pour l'évaluation de la pollution métallique (Cu, Zn, Mo, Mn) dans le port de Ghazaouet nous avons utilisé un bioindicateur, la Saupe (*Sarpa salpa*), nous avons choisi quatre organe les branchies, le muscle, les gonades et le foie pour la détermination des teneurs métalliques par un photomètre (Mo, Mn) et un spectrophotomètre d'absorption atomique à flamme (SAAF) (Cu, Zn).

Nous avons calculé les différentes concentrations moyennes et les écarts types pour chaque élément métallique pour chaque organe.

La ligne horizontale indique la valeur de référence pour chaque élément d'après (FAO/WHO, 1980).

IV-2-1 Evaluation des teneurs métalliques dans les branchies :

La figure 26, représente les concentrations moyennes en éléments métalliques (Cu, Zn, Mo, Mn) pour les différentes classes de taille exprimées en mg/kg dans les branchies de la *Sarpa salpa*.

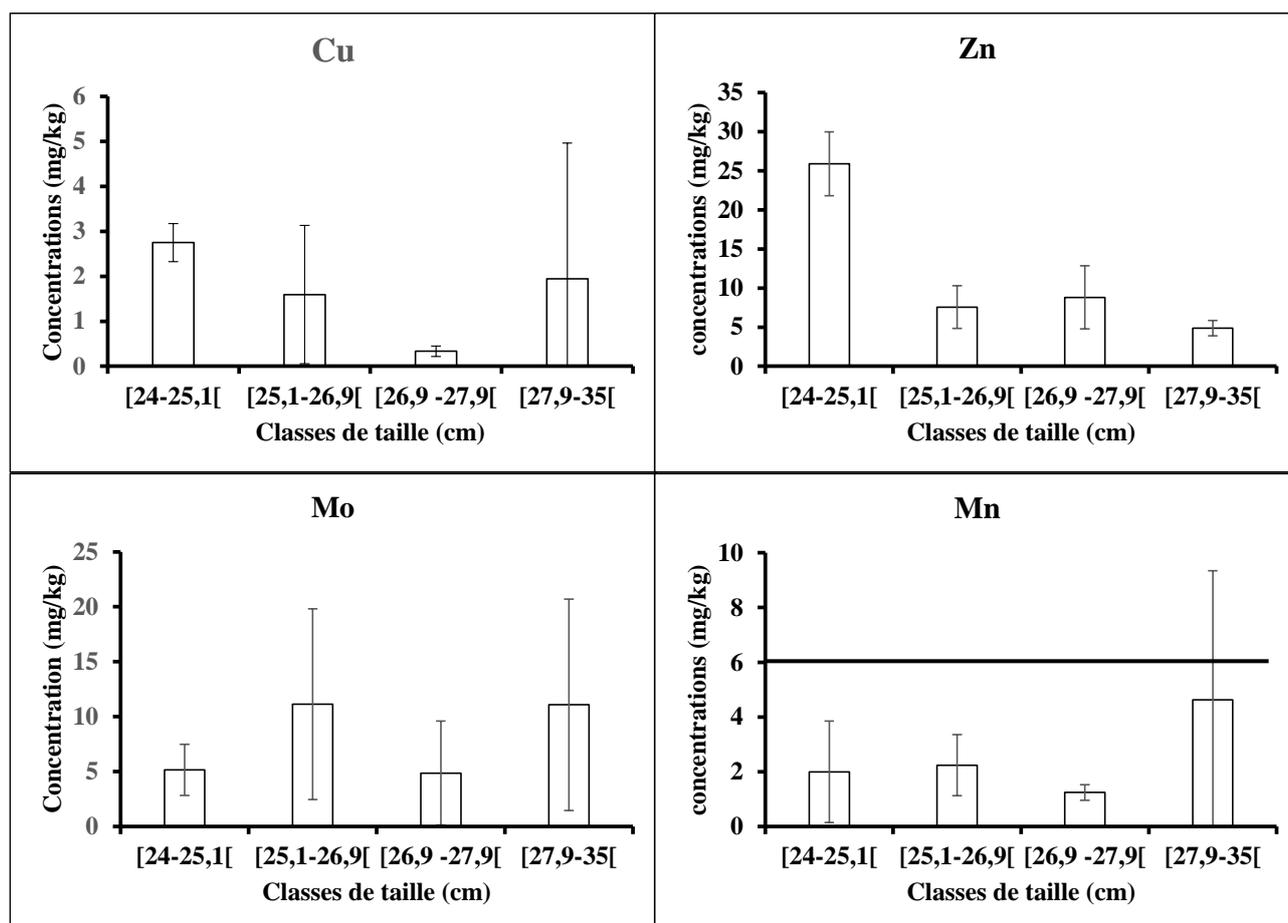


Figure 26 : Les teneurs métalliques moyennes (Cu, Zn, Mo, Mn) (mg/Kg) dans les branchies de *Sarpa salpa* en fonction de classes de taille

A partir de la figure 26, nous constatons que :

La concentration maximale du Cu dans les branchies est de $2,75 \pm 0,42$ mg/kg dans la classe de taille [24 - 25,1[, la concentration minimale est de $0,33 \pm 0,12$ mg/kg dans la classe de taille [26,9 - 27,9[et la moyenne est de $1,94 \pm 3,02$ mg/kg dans la classe de taille [27,9 - 35[.

La concentration maximale du Zn est de $25,89 \pm 4,10$ mg/kg dans la classe de taille [24 - 25,1[, la concentration minimale est de $4,86 \pm 0,97$ mg/kg dans la classe de taille [27,9 - 35] et la moyenne est de $8,81 \pm 4,04$ mg/kg dans la classe de taille [26,9 - 27,9[.

La concentration maximale du Mo est de $11,14 \pm 8,68$ mg/kg dans la classe de taille [25,1 - 26,9[, la concentration minimale est de $4,86 \pm 4,73$ mg/kg dans la classe [26,9 - 27,9[. La moyenne est de $11,08 \pm 9,62$ mg/kg dans la classe [27,9 - 35].

La concentration maximale du Mn est de $4,62 \pm 4,72$ mg/kg dans la classe [27,9 - 35], la concentration minimale est de $1,24 \pm 0,28$ mg/kg dans la classe [26,9 - 27,9[et la moyenne est de $2,23 \pm 1,11$ mg/kg dans la classe [25,1 - 26,9[.

Nous remarquons que les teneurs en Cu, Zn et du Mo dans les branchies sont faibles et ne dépassent pas les normes admises (**FAO/WHO, 1989**), Cu (10 mg/kg), Zn (50 mg/kg), Mo (60 mg/kg). Par contre dans le cas de Mn les valeurs sont élevées par rapport aux normes recommandées par (**FAO/WHO, 1989**) Mn (2mg/kg).

Le gradient d'accumulation des éléments métalliques dans les branchies est le suivant :
 $Mn > Zn > Cu > Mo$.

IV-2-2-Evaluation des teneurs métalliques dans le muscle :

La figure 27, représente les concentrations moyennes en éléments métalliques (Cu, Zn, Mo, Mn) pour les différentes classes de tailles exprimées en mg/kg dans le muscle de la *Sarpa salpa*.

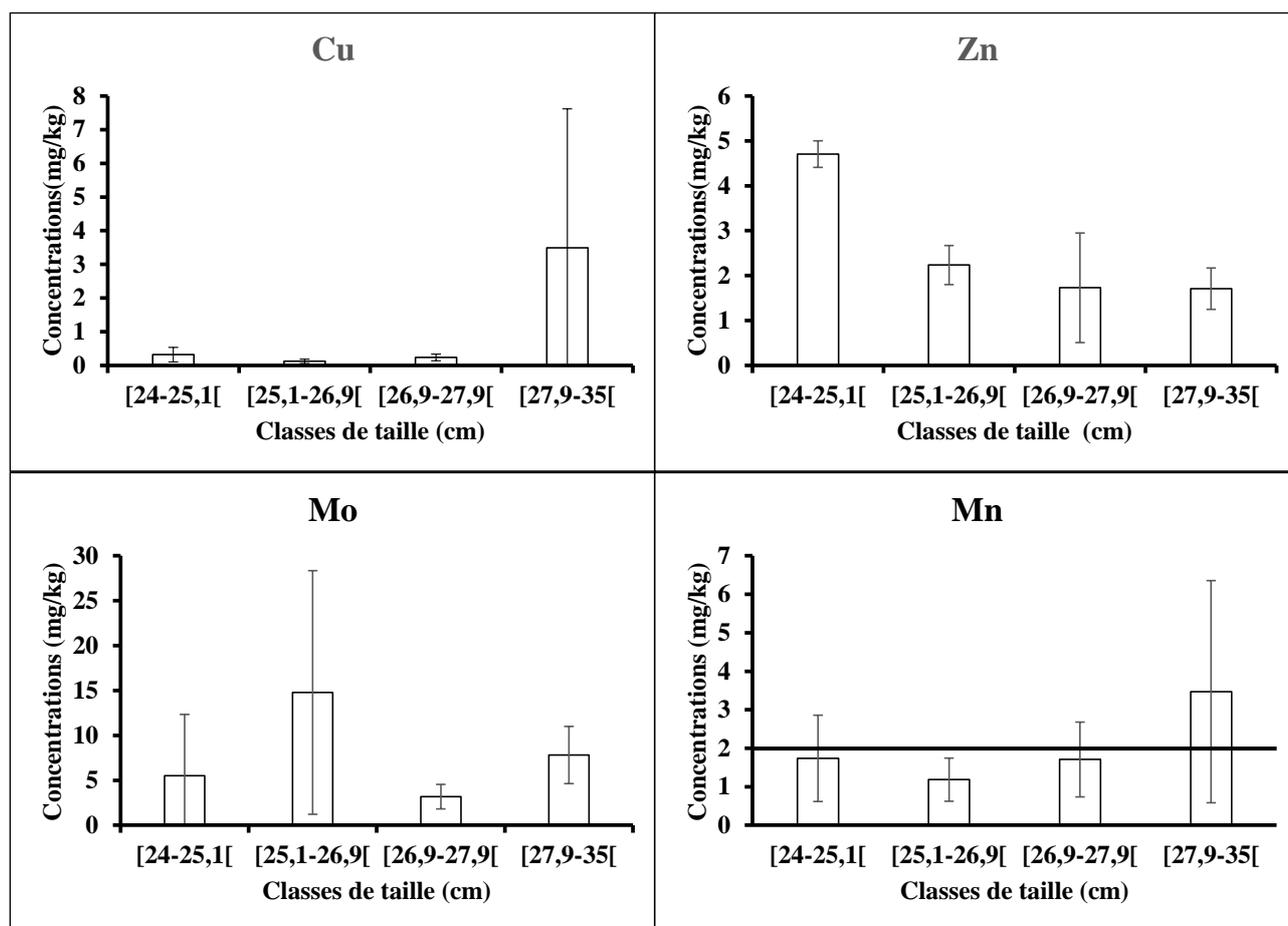


Figure 27 : Les teneurs métalliques moyennes (Cu, Zn, Mo, Mn) (mg/Kg) dans le muscle de *Sarpa salpa* en fonction de classes de taille

A partir de la figure 27 nous constatons que :

La teneur moyenne maximale en Cu dans le muscle est de $3,49 \pm 4,13$ mg/kg dans la classe [27,9 - 35] et minimale de $0,12 \pm 0,06$ mg/kg dans la classe [25,1 - 26,9[et la moyenne est de $0,32 \pm 0,21$ dans la classe [24 - 25,1[.

La concentration maximale du Zn est de $4,71 \pm 0,29$ mg/kg dans la classe [24 - 25,1[, la concentration minimale est de $1,71 \pm 0,46$ mg/kg dans la classe [27,9 - 35] et la moyenne est de $2,24 \pm 0,44$ dans la classe [25,1 - 26,9[.

La concentration maximale du Mo est de $14,79 \pm 13,75$ dans la classe [25,1 - 26,9[, la concentration minimale est de $3,18 \pm 1,36$ mg/kg dans la classe [26,9 - 27,9[et la moyenne est de $7,82 \pm 3,19$ dans la classe [27,9 - 35].

La concentration maximale du Mn est de $3,46 \pm 2,88$ mg/kg dans la classe [27,9 - 35], la concentration minimale est de $1,18 \pm 0,55$ dans la classe [25,1 - 26,9[. La moyenne est de $1,73 \pm 1,12$ dans la classe [24 - 25,1[.

Nous remarquons que les teneurs en Cu, Zn et du Mo dans le muscle sont faibles et ne dépassent pas les normes Cu (10 mg/kg), Zn (50 mg/kg), Mo (60mg/kg). Par contre dans le cas de Mn les valeurs sont élevées par rapport aux normes recommandées par (FAO/WHO, 1989) Mn (2 mg/kg).

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

Mn > Cu > Mo > Zn.

IV-2-3 Evaluation des teneurs métalliques dans les gonades :

La figure 28, représente les concentrations moyennes en éléments métalliques (Cu, Zn, Mo, Mn) pour les différentes classes de tailles exprimées en mg/kg dans les gonades de la *Sarpa salpa*.

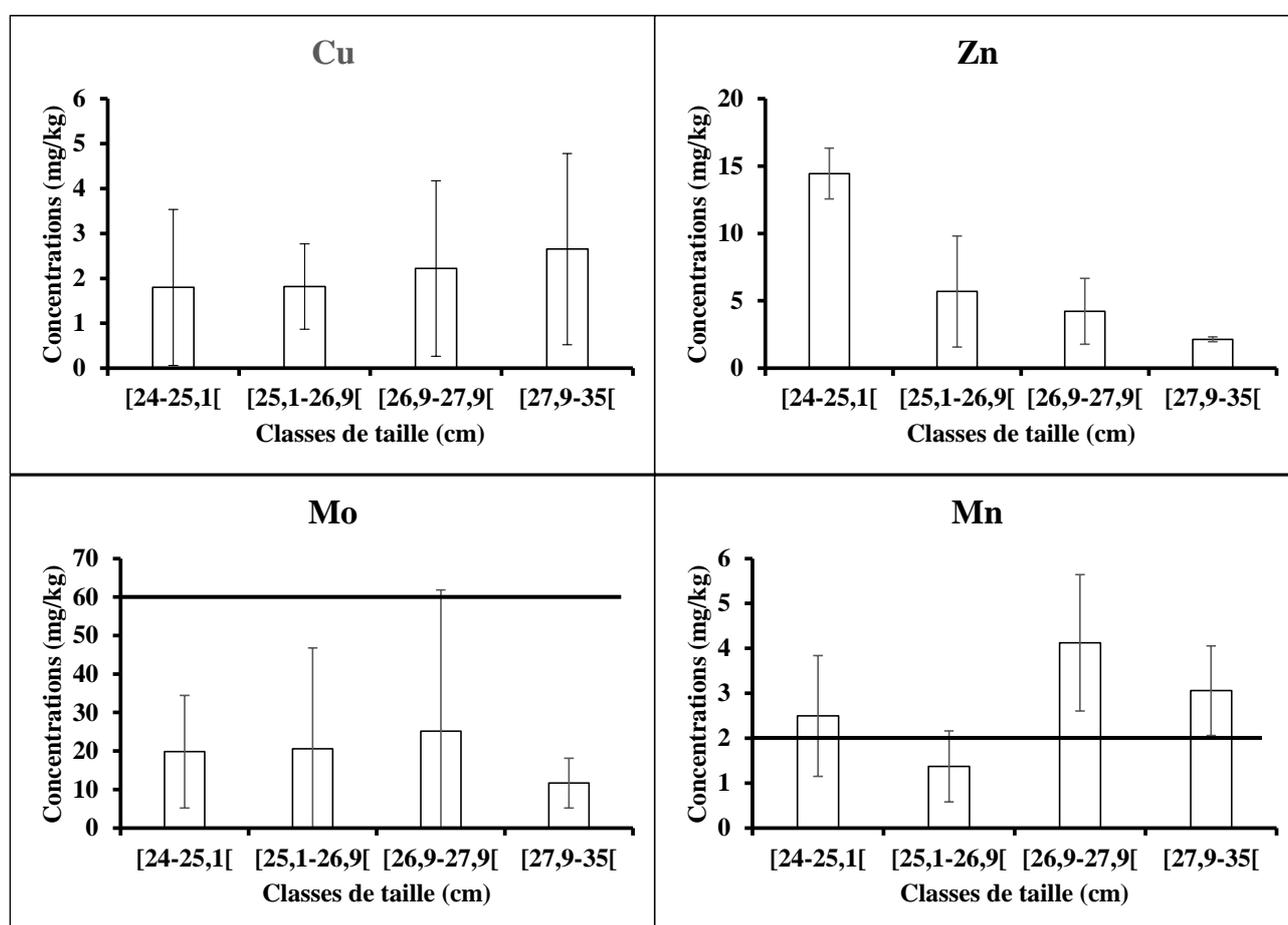


Figure 28 : Les teneurs métalliques moyennes (Cu, Zn, Mo, Mn) dans les gonades de *Sarpa salpa* en fonction de classes de taille

A partir de la figure 28 nous constatons que :

Les teneurs moyennes en Cu dans les gonades reviennent de $2,65 \pm 2,13$ mg/kg dans la classe [27,9 - 35] comme maximum et de $1,80 \pm 1,74$ mg/kg dans la classe [24 - 25,1] comme minimum, avec une moyenne de $2,22 \pm 1,95$ dans la classe [26,9 - 27,9[.

La concentration maximale du Zn est de $14,44 \pm 1,89$ mg/kg dans la classe [24 - 25,1[, la concentration minimale est de $2,14 \pm 0,18$ mg/kg dans la classe [27,9 - 35]. La moyenne est de $5,70 \pm 4,12$ dans la classe [25,1 - 26,9[.

La concentration maximale du Mo est de $25,14 \pm 36,70$ mg/kg dans la classe [26,9 - 27,9[, la concentration minimale est de $11,67 \pm 6,47$ mg/kg dans la classe [27,9 - 35] et la moyenne est de $20,56 \pm 26,21$ dans la classe [25,1 - 26,9[.

La concentration maximale du Mn est de $4,12 \pm 1,51$ mg/kg dans la classe [26,9 - 27,9[, la concentration minimale est de $1,37 \pm 0,79$ dans la classe [25,1 - 26,9[et la moyenne est de $3,05 \pm 0,99$ dans la classe [27,9 - 35].

Nous remarquons que les teneurs en Cu, Zn et du Mo dans les gonades sont faibles et ne dépassent pas les normes Cu (10 mg/kg), Zn (50 mg/kg), Mo (60mg/kg). Par contre dans le cas de Mn les valeurs sont élevées par rapport aux normes recommandées par (FAO/WHO, 1989) Mn (2mg/kg).

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

Mn > Mo > Cu > Zn.

IV-2-4 Evaluation des teneurs métalliques dans le foie :

La figure 29, représente les concentrations moyennes en éléments métalliques (Cu, Zn, Mo, Mn) pour les différentes classes de taille exprimées en mg/kg dans le foie de la *Sarpa salpa*.

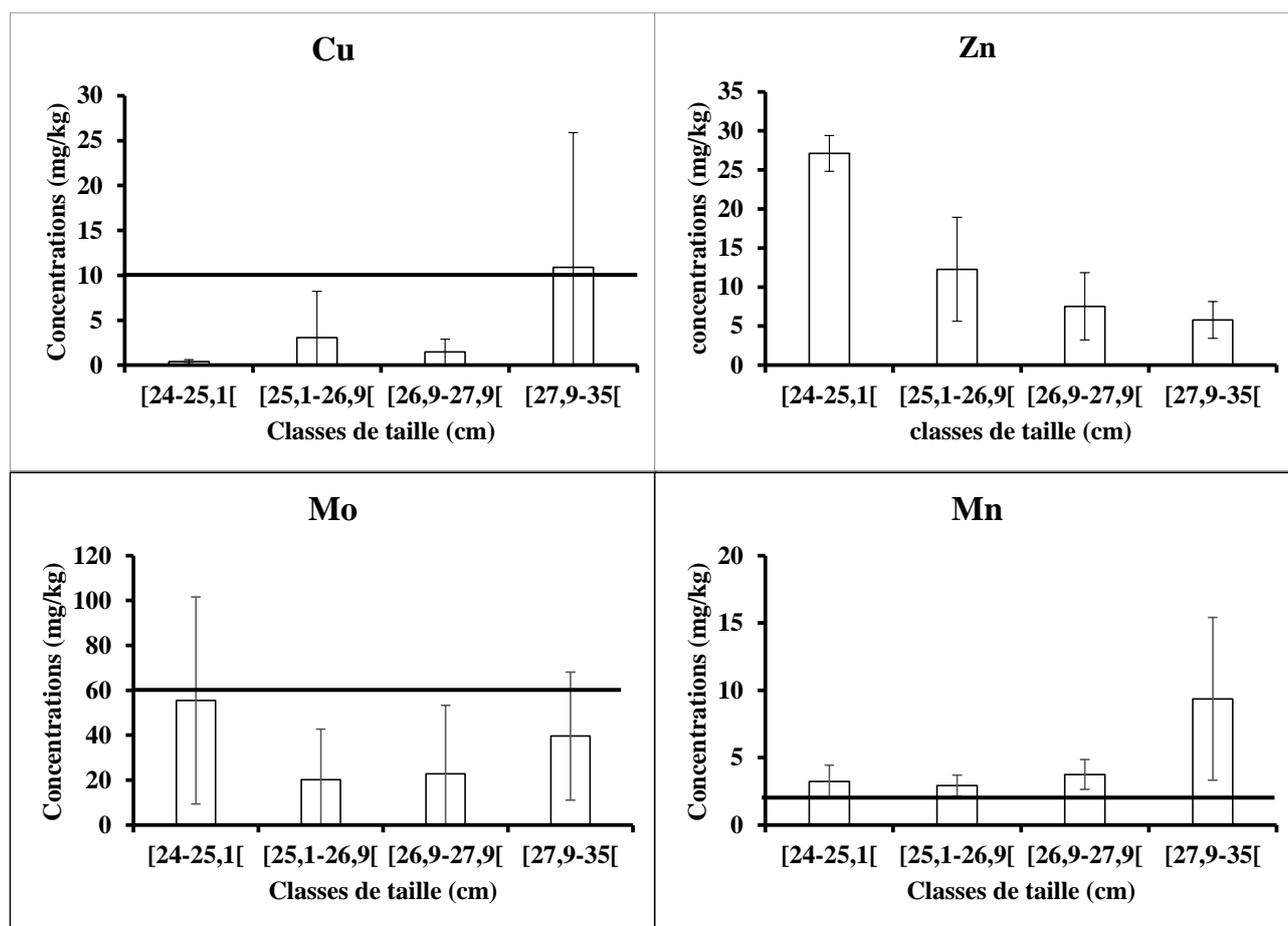


Figure 29 : Les teneurs métalliques moyennes (Cu, Zn, Mo, Mn) (mg/Kg) dans le foie de *Sarpa salpa* en fonction de classes de taille

A partir de la figure 29, nous constatons que :

Les teneurs moyennes en Cu dans le foie reviennent de $10,89 \pm 14,99$ mg/kg dans la classe [27,9 - 35] comme maximum et de $0,39 \pm 0,22$ mg/kg comme minimum dans la classe [24 - 25,1[. La moyenne est de $3,07 \pm 5,16$ dans la classe [25,1 - 26,9[.

La concentration maximale du Zn est de $27,12 \pm 2,29$ mg/kg dans la classe [24 - 25,1[, la concentration minimale est de $5,79 \pm 2,36$ mg/kg dans la classe [27,9 - 35] et la moyenne est d'une moyenne de $12,27 \pm 6,66$ dans la classe [25 ;1 - 26,9[.

La concentration maximale du Mo est de $55,47 \pm 46,05$ mg/kg dans la classe [24 - 25,1[, la concentration minimale est de $20,16 \pm 22,57$ mg/kg dans la classe [25,1 - 26,9[. La moyenne est de $39,62 \pm 28,51$ dans la classe [27,9 - 35].

La concentration maximale du Mn est de $9,36 \pm 6,04$ mg/kg dans la classe [27,9 - 35], minimale est de $2,91 \pm 0,78$ mg/kg dans la classe [25,1 - 26,9[et moyenne est de $3,75 \pm 1,10$ dans la classe [26,9 - 27,9[.

Nous remarquons que les teneurs en Zn dans le foie sont faibles et ne dépassent pas les normes Zn (50 mg/kg). Par contre dans le cas de Mn ; Mo et Cu les valeurs sont élevées par rapport aux normes recommandées par (FAO/WHO, 1989) Mn (2 mg/kg), Mo (60 mg/kg) et Cu (10 mg/kg).

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

Mn > Cu > Mo > Zn.

Selon l'analyse de la variance à deux facteurs ANOVA2 (classes et organes), la comparaison inter-classes montre des différences significatives pour le manganèse ($P < 0,05$) et hautement significative pour le Zn ($P < 0,005$). La comparaison inter-organes montre des différences significatives pour le zinc et le molybdène ($P < 0,05$).

IV-2-5 Comparaison des concentrations métalliques moyennes (mg/kg) entre les quatre organes (branchies, muscle, gonades, foie) chez la Saupe :

La figure 30 représente les comparaisons des teneurs métalliques moyennes (Cu, Zn, Mo, Mn) entre les organes (branchies, muscle, gonades, foie) chez la Saupe :

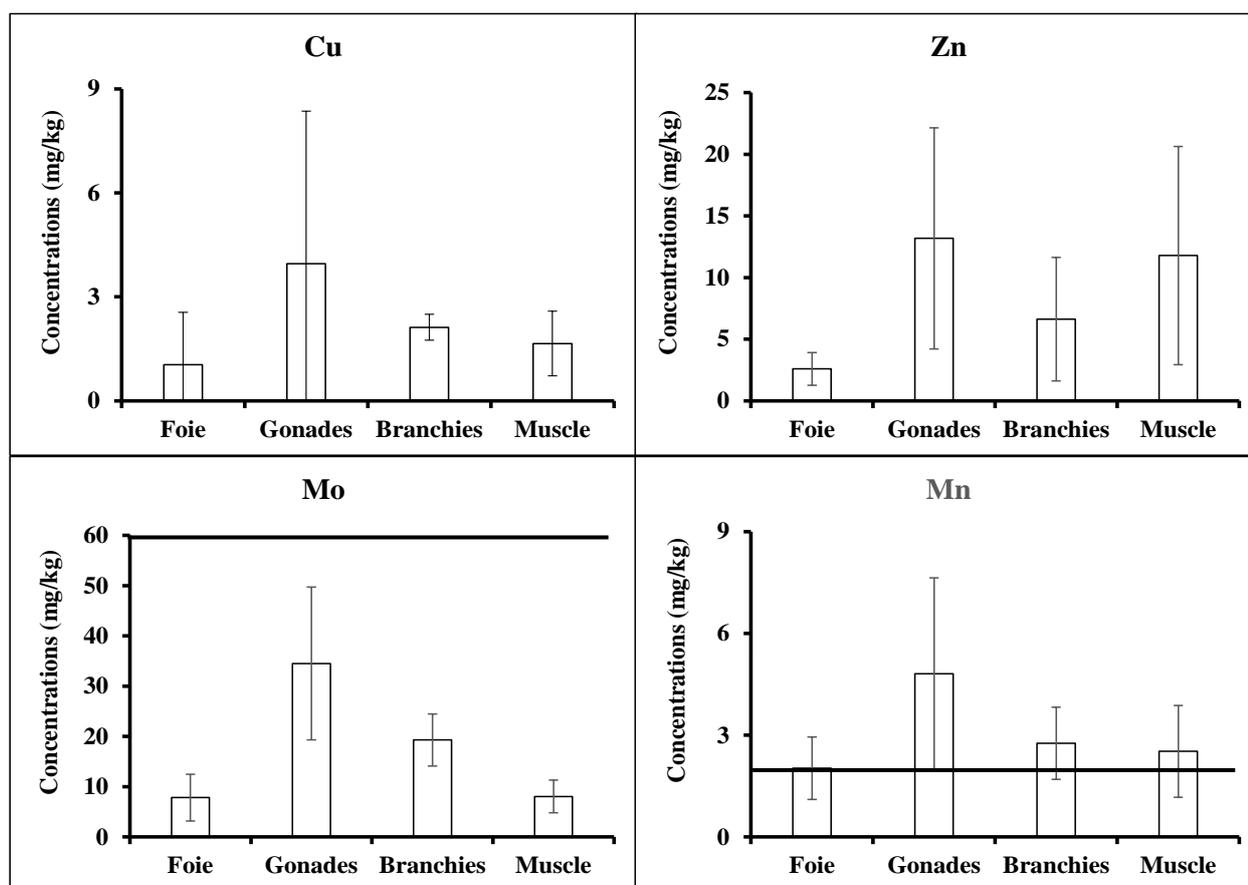


Figure 30 : Comparaison des teneurs métalliques moyennes (mg/kg) entre les organes (les branchies, le muscle, les gonades et le foie) chez *Sarpa salpa*

A partir de la figure 30 nous constatons que les teneurs moyennes en Cu, Zn, Mo ne dépassent pas les normes établies par FAO/WHO (1989) [(Cu : 10 mg/kg), (Zn : 50 mg/kg), (Mo : 60 mg/kg)]. Par contre les valeurs du Mn dépassent les normes établies par (FAO/WHO, 1989).

Les gradients d'accumulation sont les suivants :

- pour le Cu et Mn : gonades > branchies > muscle > foie.
- pour le Zn : gonades > muscle > branchies > foie.
- pour le Mo : gonades > branchies > foie > muscle.

IV-3 Comparaison des résultats avec la littérature :

Le tableau 4 présente les concentrations métalliques (Cu, Zn, Mo, Mn) (mg/kg) chez *Sarpa salpa* pêchée dans le port de Ghazaouet et sont comparées à la littérature (même espèces ou même genre).

Tableau 4 : Les concentrations en éléments métalliques (mg/kg) dans les tissus de *Sarpa Salpa*, *Diplodus vulgaris* et *Diplodus sargus* de différentes régions

Espèce	Zone	Organe	Cu	Zn	Mo	Mn	Références
Nos résultats	Ghazaouet	Branchies	2,12	6,62	19,29	2,76	Cette étude
		Muscle	1,65	11,78	8,05	2,52	
		Gonades	3,95	13,17	34,5	4,81	
		Foie	1,04	2,59	7,82	2,02	
<i>Sarpa Salpa</i>	Honaine	Branchies	0,25	0,4	-	-	Youbi, 2010
		Muscle	0,5	5,2	-	-	
		Gonades	0,18	0,2	-	-	
		Foie	0,11	1,2	-	-	
<i>Diplodus Vulgaris</i>	Laâsilia (Maroc)	Branchies	0,48	81,33	-	-	El Morhit et al, 2013
		Muscle	0,15	67,66	-	-	
	laayoune (Maroc)	Branchies	1,29	74	-	-	
		Muscle	0,5	117,3	-	-	
<i>Diplodus Sargus</i>	Ghazaouet	Branchies	0,81	31,05	-	-	Goual, 2014
		Muscle	0,42	9,72	-	-	
		Gonades	2,18	73,63	-	-	
<i>Diplodus Sargus</i>	Seixalbay (Portugal)	Muscle	2,91	17,25	-	-	Caçador et al, 2011

Cette étude comparative indique qu'il existe des différences de concentrations entre les polluants d'une région à une autre. Pour le Cu, les valeurs enregistrés sont supérieures à celles reportés par Youbi, 2010 ; El Morhit et al, 2013 et inférieures à celles reportées par Goual, 2014 ; Caçador et al, 2011).

Pour le Zn, les valeurs enregistrées sont supérieures à celles reportées par **Youbi, 2010** et inférieures à celles reportées par **Morhit et al., 2013 ; Goual, 2014 ; Caçador et al., 2011**.

Ces résultats montrent que *Sarpa salpa* est un produit non contaminé par le Cu, Zn et Mo, elle est bioaccumule les concentrations moyennes du Mn surtout dans les gonades qui sont des organes de reproduction et dans les branchies qui sont considérées comme des organes filtrants.

IV-4 Analyse statistique :

IV-4-1 Analyse multi variante (AFC) :

Nous présentons sur la figure 31, l'analyse multifactorielle. Elle permet de donner une représentation synthétique et visuelle des interrelations existant entre les facteurs étudiés.

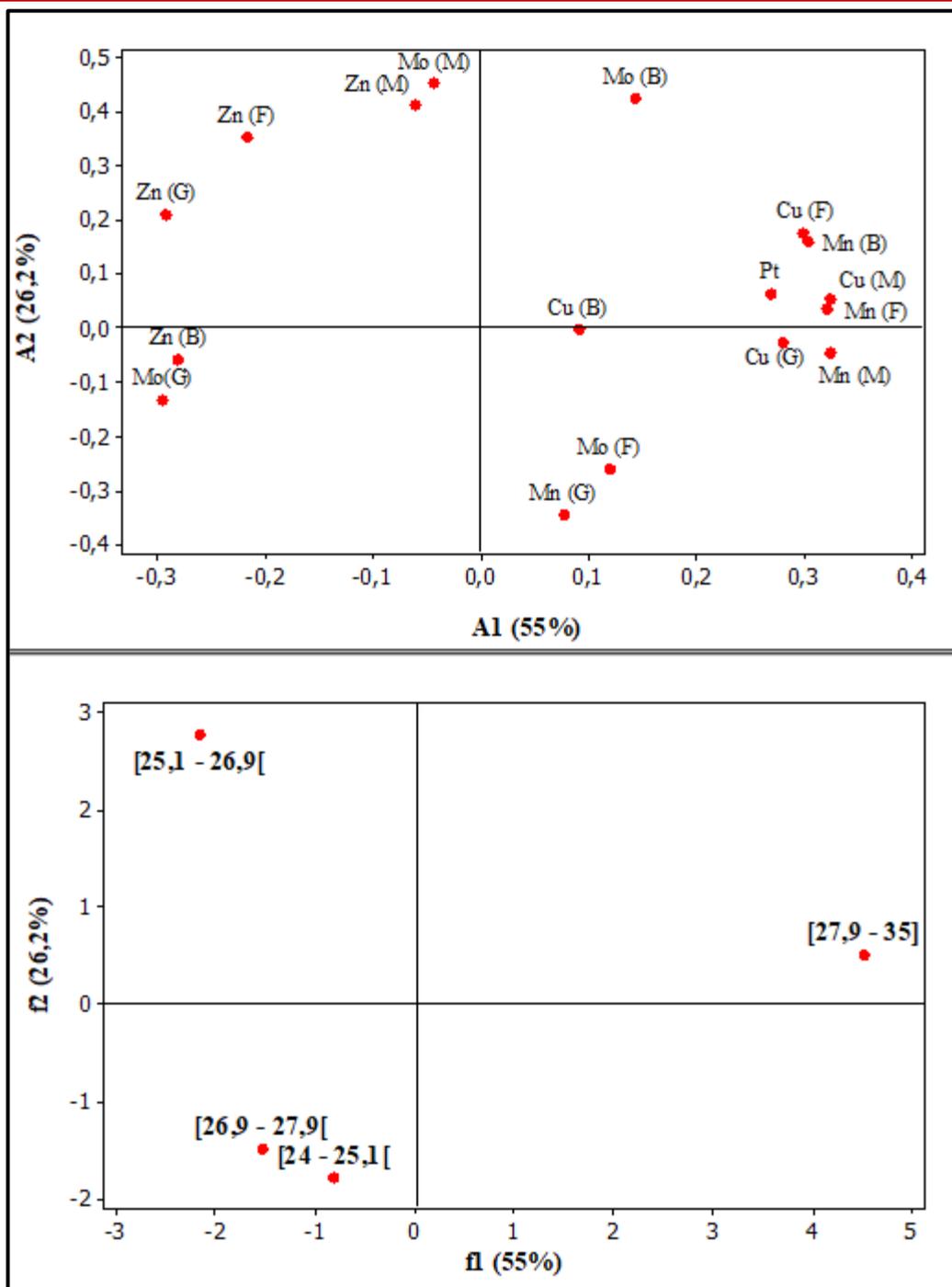


Figure 31 : Plan factoriel engendré par les deux premiers axes de l'analyse factorielle calculé à partir des teneurs métalliques pour les différentes classes de taille dans les organes de *Sarpa salpa* (branchies, muscle, gonades, foie) et le poids total (Pt)

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) appliquée à l'ensemble des données Pt, Cu(B), Zn(B), Mo(B), Mn(B), Cu(M), Zn(M), Mo(M), Mn(M), Cu(G), Zn(G), Mo(G), Mn(G), Cu(F), Zn(F), Mo(F) et Mn(F) pour les quatre classes de taille est représenté sur la figure 30.

Cette analyse nous a permis de classer et de traiter les informations relatives aux éléments traces métalliques et au poids total chez le *Sarpa salpa*.

La matrice d'entrée qui a été utilisée pour l'analyse multivariée appliquée pour les résultats obtenus pour les différentes variables, composées de 17 colonnes, Pt, Cu-Branchies Cu(B), Zn-Branchies Zn(B), Mo-Branchies Mo(B), Mn-Branchies Mn(B), Cu-Muscle Cu(M), Zn-Muscle Zn(M), Mo-Muscle Mo(M), Mn-Muscle Mn(M), Cu-Gonades Cu(G), Zn-Gonades Zn(G), Mo-Gonades Mo(G), Mn-Gonades Mn(G), Cu-Foie Cu(F), Zn-Foie Zn(F), Mo-Foie Mo(F) et Mn-Foie Mn(F), et de lignes qui correspondent aux 4 observations (classes de tailles). (Figure 31).

Les valeurs propres (9,354 et 4,453) ont permis de retenir deux inerties respectives 55% et 26,2%. Le plan de cette analyse totalise 81,2% de l'information.

Pour l'axe 1, les points colonnes de coordonnées positives sont (Pt, Cu(M), Cu(F), Cu(G), Mo(B), Mn(B), Mn(M), Mn(F)). Les points lignes qui construisent cet axe sont représentés par la classe de taille [27,9 - 35], alors que les classes [24 - 25,1[, [25,1 - 26,9[, [26,9 - 27,9[sont de coordonnées négatives. Les concentrations les plus importantes du (Pt, Cu(M), Cu(F), Mo(B), Mn(B), Mn(F)) sont enregistrées dans la classe [27,9 - 35]. Elles contribuent à la définition de l'axe 1 du côté positif.

Pour l'axe 2, les points colonnes de coordonnées positives sont (Zn(M), Zn(G), Zn (F) Mo(M) à l'opposé Zn(B), Mo(G) qui sont des coordonnées négatives.

Les points lignes qui construisent l'axe 2 sont la classe de taille [25,1 - 26,9[du côté positif et [24 - 25,1[et [26,9 - 27,9[du côté négatif.

Au fait, deux facteurs (axes), avec des charges différentes, signifient que deux contributions différentes sont impliquées dans la détermination des concentrations des éléments métalliques.

IV-4-2 Dendrogramme

Les résultats de la classification ascendante hiérarchique (CAH) sont représentés sur la figure 31. Cette classification (CAH) réalisée à partir de la matrice constituée 17 variables utilisant la mesure de distance Pt, Cu(B), Zn(B), Mo(B), Mn(B), Cu(M), Zn(M), Mo(M), Mn(M), Cu(G), Zn(G), Mo(G), Mn(G), Cu(F), Zn(F), Mo(F) et Mn(F) réparties sur les quatre classes de taille [24 - 25,1[, [25,1 - 26,9[, [26,9 - 27,9[, [27,9 - 35[des différents individus pêchés dans le port de Ghazaouet.

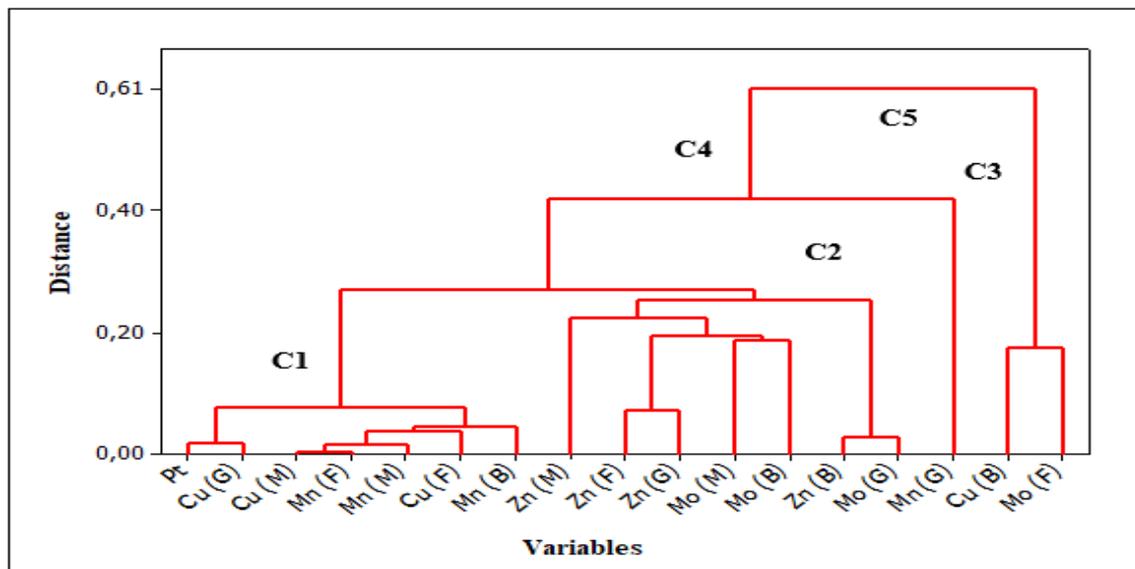


Figure32 : Dendrogramme d'analyse par groupe hiérarchique des concentrations métalliques (Cu, Zn, Mo, Mn)

Les résultats de l'analyse sont présentés sous forme d'un dendrogramme qui montre des similarités entre les groupes : groupe (C1) (Pt, Cu(G), Cu(M), Mn(F), Mn(M), Cu(F), Mn(B) (corrélés dans l'axe 1 dans l'AFC) à des distances de liaisons inférieures, mais une plus grande similarité par rapport aux groupes (C2) (Zn (M), Zn(F), Zn(G), Mo(M), Mo(B), Zn(B), Mo(G), Mn(G)) (corrélés dans l'axe 2 dans l'AFC) et (C3) (Cu(B), Mo(F)). La comparaison entre les concentrations des métaux lourds indique qu'ils sont regroupés à différentes distances. A une distance plus élevée les groupes (C1) et (C2) fusionnent et forment le cluster (C4) puis les deux groupes (C3) et (C4) fusionnent et donnent le cluster (C5).

IV-4-3 Facteur de corrélation :

Pour confirmer les résultats précédents nous avons utilisé les corrélations de Pearson. Les résultats sont donnés sur le tableau 5.

Tableau 5 : Corrélations entre le poids, la taille et les concentrations métalliques dans les organes de *Sarpa salpa*

	Pt	Cu (M)	Cu (F)	Cu (G)	Cu (B)	Zn (M)	Zn (F)	Zn (G)	Zn (B)	Mo (M)	Mo (F)	Mo (G)	Mo (B)	Mn (M)	Mn (F)	Mn (G)	Mn (B)
Pt	1																
Cu (M)	0,869	1															
Cu (F)	0,891	0,9603	1														
Cu (G)	0,981	0,8769	0,845	1													
Cu (B)	-0,301	0,20972	0,1001	-0,2562	1												
Zn (M)	0,2152	-0,0546	0,2235	0,02719	-0,4932	1											
Zn (F)	-0,447	-0,5723	-0,3311	-0,61	-0,1851	0,774	1										
Zn (G)	-0,645	-0,8317	-0,6452	-0,76	-0,3053	0,5794	0,925	1									
Zn (B)	-0,45	-0,8317	-0,7513	-0,4734	-0,716	0,2846	0,4812	0,7449	1								
Mo (M)	-0,125	-0,041	0,1896	-0,3013	0,2105	0,7375	0,804	0,5288	-0,1278	1							
Mo (F)	-0,186	0,24875	0,0117	-0,042	0,824	-0,89	-0,6541	-0,6153	-0,6221	-0,381	1						
Mo (G)	-0,607	-0,9074	-0,8816	-0,5948	-0,5572	0,0699	0,3895	0,7028	0,96982	-0,231	-0,4153	1					
Mo (B)	0,4577	0,53506	0,727	0,30335	0,163	0,6775	0,3795	0,0025	-0,5065	0,811	-0,2997	-0,6647	1				
Mn (M)	0,853	0,9774	0,886	0,9002	0,1886	-0,228	-0,7306	-0,9242	-0,7954	-0,249	0,34837	-0,8406	0,3442	1			
Mn (F)	0,909	0,9949	0,955	0,9209	0,1182	-0,044	-0,5963	-0,8368	-0,7746	-0,101	0,19721	-0,8603	0,4934	0,9825	1		
Mn (G)	0,4545	0,19527	0,0518	0,57547	-0,5554	-0,377	-0,6988	-0,4946	0,20527	-0,892	-0,0011	0,1972	-0,575	0,36306	0,28178	1	
Mn (B)	0,734	0,9512	0,954	0,7048	0,3935	0,0557	-0,3644	-0,6902	-0,9101	0,2357	0,26032	-0,9823	0,719	0,8765	0,9184	-0,1169	1

La matrice de corrélation calculée pour montrer d'éventuelles corrélations entre les organes de *Sarpa salpa* commune du port de Ghazaouet (Tableau 5) a montré des corrélations fortement positives chez les éléments du cluster (C1) Pt et Cu(M) (0,869), Pt et Cu(F) (0,891) ; Pt et Cu(G) (0,981) ; Pt et Mn(M) (0,853), Pt et Mn(F) (0,909), Pt et Mn(B) (0,734), Cu(M) et Cu(F) (0,9603), Cu(M) et Cu(G) (0,8769), Cu(M) et Mn(M) (0,9774), Cu(M) et Mn(F) (0,9949), Cu(M) et Mn(B) (0,9512), Cu(F) et Cu(G) (0,845), Cu(F) et Mn (M) (0,886), Cu(F) et Mn(F) (0,955), Cu(F) et Mn(B) (0,954), Cu(G) et Mn(M) (0,9002), Cu(G) et Mn(F) (0,9209), Cu(G) et Mn(B) (0,7048), Mn(M) et Mn(F) (0,9825), Mn(M) et Mn(B) (0,8765), Mn(F) et Mn(B) (0,9184), et les éléments du cluster (C2) Cu(F) et Mo(B) (0,727), Cu(B) et Mo(F) (0,824), Zn(M) et Zn(F) (0,774), Zn(F) et Zn(G) (0,925), Zn(F) et Mo(M) (0,809), Mo(M) et Mo(B) (0,811), Mo(B) et Mn(B) (0,8765).

IV-5 Discussion :

Les métaux lourds sont considérés comme des polluants graves de l'environnement aquatique à cause de leur rémanence et leur tendance à la bio accumulation dans les organismes aquatiques (**Hart et al. 1991 ; Sclurmann et Marhet, 1998**). Les espèces peuvent se retrouver exposées à des concentrations élevées en métaux lourds (**Kalay et Canh, 2000**). Les métaux, qui sont des constituants normaux de l'environnement à l'état de trace (**Bryan, 1971, 1984**) sont tous toxiques au-dessus d'un certain seuil (**Kucuksezgun et al. 2006**). Chez les poissons, les effets toxiques des métaux lourds peuvent influencer les fonctions physiologiques, le taux de croissance individuel, la reproduction et la mortalité (**Mance, 1987 ; Sorence, 1991 ; Woodward et al. 1994**).

Les résultats obtenus montrent que les concentrations des métaux dans les gonades et les branchies sont généralement plus élevées que dans le muscle et le foie.

Les concentrations métalliques dans les branchies reflètent les concentrations des métaux dans les eaux où les espèces de poissons y vivent (**Heath, 1987**).

Le manganèse contribue à protéger les cellules contre le stress oxydatif, les valeurs obtenues dépassent la valeur de référence établie par (**FAO/WHO, 1980**) pour les quatre organes (branchies, muscle, gonades, foie).

Le molybdène peut présenter un risque de toxicité, notamment pulmonaire, par exposition chronique ou aigüe. Les valeurs limites d'exposition sont de 0,5 mg/m³ respirable pour les composés solubles, de 10 mg/m³ inhalable et 3 mg/m³ respirable pour Mo métal et ses dérivés insolubles.

Le zinc est un élément essentiel dans les réactions enzymatique, ce qui explique sa présence mais ne dépasse pas la dose maximale admissible établie par (**FAO/WHO, 1989**).

Le cuivre est un élément indispensable au déroulement des processus biologiques (**Casas, 2005**).

Les poissons absorbent aisément le cuivre dissous qui peut ainsi poser de nombreux problèmes de toxicité si la concentration dépasse les normes (**Guillaume et al. 1999**).

Nos résultats indiquent que les concentrations des métaux les plus élevées sont trouvées au niveau des gonades qui est l'organe de reproduction.

Dans tous les cas les données confirment que le muscle n'est pas un tissu actif dans la bioaccumulation métallique (**Kargin et Erdem, 1991 ; Erdogrul et Erbilir, 2007**). C'est la partie consommée. Nous pouvons dire que notre poisson ne présente aucun risque sur la santé humaine.

Conclusion

générale

Dans ce travail nous avons évalué le degré de contamination métallique dans le port de Ghazaouet. L'échantillonnage a été réalisé sur la saupe à cause de sa large consommation par une grande partie de la population de la région et son cout économique.

D'après les résultats obtenus, nous notons une bioaccumulation plus ou moins élevé du Mn par rapport autres métaux étudiés quel que soit l'organe considéré et dépasse la valeur recommandée par (2 mg/kg) (FAO/WHO, 1989).

Nous pouvons tirer les gradients des concentrations suivants :

Branchies : Mn > Zn > Cu > Mo.

Gonades : Mn > Mo > Cu > Zn.

Muscle et Foie : Mn > Cu > Mo > Zn.

Nous constatons que les teneurs métalliques étudiées sont plus élevées dans les petites classes de taille. Le gradient de la bioaccumulation métallique se fait selon l'ordre suivant :

- Pour le Zn : Gonades > Muscle > Branchies > Foie.
- Pour le Mo : Gonades > Branchies > Foie > Muscle.
- Pour le Cu et Mn : Gonades > Branchies > Muscle > Foie.
- La comparaison des teneurs métalliques moyennes entre les organes montre que la consommation du muscle ne représente pas un risque pour la santé.
- La comparaison des résultats obtenus dans cette étude avec des travaux antérieurs montre que les proportions trouvées sont faibles par rapport à la littérature.
- Selon l'analyse de la variance à deux facteurs ANOVA2 (classes et organes), la comparaison inter-classes montre des différences significatives pour le manganèse ($P < 0,05$) et hautement significative pour le Zn ($P < 0,005$). La comparaison inter-organes montre des différences significatives pour le zinc et le molybdène ($P < 0,05$).

Enfin, nous souhaitons avoir apporté des éléments nouveaux qui complètent la base de données concernant l'évaluation des teneurs métalliques dans l'extrême ouest algérien.

En perspective, nous espérons élargir cette étude pour d'autres espèces et pour d'autres régions. Il faut aussi soulever le problème d'interaction avec les sédiments, car ces derniers sont d'excellents réservoirs de micropolluants.

Références bibliographiques

-A-

Amirad - Triquet, C. ; Berthet, B. et Mortaja, R, 1991. Influence of salinity on trace metal (Cu, Zn, Ag) accumulation at the molecular, cellular and organisme level in the oyster *carassostera gigas thumberg*. Biol, metals 4, p: 144-150.

-B-

Bauchot, M.L. et Schneider, M, 1987. Méditerranée et mer noire. Vertébrés in Fishes. FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Rome. P : 761, 1530.

Bensalha Talet, L. 2001. Contamination du rouget de vase (*Mullus barbatus* L. 1758) par quatre métaux lourds (Cd, Pb, Cu, Zn) pêché dans la baie d'Arzew. Mémoire de magister, université d'Oran, P: 105.

Bianchi, G., K.E. Carpenter, J.P. Roux, F.J. Molloy, D.Boyerand H.J. Boyer, 1999. FAO species identification guide for fishery purposes. Fielded guide to the living marine resources of Nambia. FAO, Rome. P: 265.

Bonaparte, 1831. World register of marine species.

Bryan, G, 1971.The effect of heavy metals (other than mercury) on marine and estuarine organisms. Proceedings of the Royal Society of London. P : 389- 410

Bryan, G, 1984. Pollution due to heavy metals and their compounds. Marine ecology 5. P: 1290- 143.

-C-

Caçador, L. et al. 2001. Macroinvertebrates and fishes as biomonitors of heavy metal concentration in the seixal bay (Tagus estuary): Which species perform better? Ecological Indicator 19. Elsevier LTD. P :184, 190.

Canli, M. et Kalay, M, 2000. Levels of Heavy Metals (Cd, Pb, Cu, Cr and Ni) In Tissue of *Cyprinus regium* from the Seyhan River, Turkey. Tr. Journal. Zoology. 22. P : 149, 157.

Casas, S, 2005. Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *mytilus galloprovincialis*, en milieu méditerranéen. Thèse de doctorat : Océanologie biologique, environnement marin. 314. P : 12-35.

Chiffolleau, J.F., Claisse D., Cossa D., Ficht A., Ganzalez J.L., Guyot T., Michel P., Miramand. P., Oger C., Et Petit F, 2001. La Contamination Métallique, Région Haute Normandie, (Programme scientifique Seine-Aval) Ifremer 8. P : 39.

Christian, N ; Alain, R, 2004. Déchets et pollution, impact sur l'environnement et la santé, Dunod, paris.P : 100.

-D-

- D.E.T, 2004. Direction de l'environnement de la Wilaya de Tlemcen. Rapport sur le diagnostic et état des lieux de la ville de Ghazaouet. P : 11.
- D.P.R.H.T, 2004. Direction de la pêche et des ressources halieutiques de la wilaya de Tlemcen. Le secteur de la pêche et de l'état environnemental du littoral de la wilaya de Tlemcen. P :41.
- D.U.C, 2005. Direction d'Urbanisme et de Construction de la wilaya de Tlemcen. Révision du plan directeur d'aménagements urbains de la zone de Ghazaouet (P.D.A.U).
- Duchaufour, P, 1997. Abrégé De Pédologie. 5ème Édit. Masson. P :95.
- Duquesne, S, 1994. Bioaccumulation métallique et biomarqueurs. Les métaux lothioneines. Analisis Magazine. France. P: 20-23.

-E-

- Eisler, R, 1995. Mercury hazards to fish, wildlife, and invertebrates: a synoptic review. Contaminant hazard reviews report no. P : 10.
- El Morhit, M ; Belghity, D ; El Morhit, A, 2013. Contamination métallique de *Pagellus acarne*, *Sardina pilchardus* et *Diplodus vulgaris* de la côte atlantique sud (Maroc). Larhyss Journal. P : 131-148.
- Erdogrul, Ö ; Erbilir, F. 2007. Heavy metal and trace elements in various fish samples from Sir dam lake, Kahramanmaras, Turkey-Environmental Monitoring and Assessment. P : 130, 373.

-F-

- FAO,1987. Fiche d'indentification des espèces pour les besoins de la pêche. P :1473
- Fischer, W ; Bauchot, M.L. ET Schneider. M, 1987. Fiches F.A.O d'identification des espèces méditerranée et mer noir (zone de pêche 37)" Révision 1tome II : Vertébrés. FAO, Rome. P :761, 1530.
- Forstner, U ; Wittmann, G.T.W, 1983. Metal Pollution in Aquatic Environment. SpringerVerlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo. P :486.

-G-

- Gaujous, D, 1995. La pollution des milieux aquatiques. Aide-mémoire-Ed. Lavoisier. Paris. P :220.
- Gigon, F,1975. Le 400ème chat ou Les pollués de Minamata, édition Robert Laffont.
- Gual, M. T, 2010. Contribution au suivi de la bioaccumulation métallique dans trois tissus du sar commun sur le littoral de Ghazaouet.
- Guillaume, J., Kanshik S, Bergot, P et Metailler, R, 1999. Nutrition et alimentation des poissons et crustacés, coéd. INRA-Editions. P: 224-228.

Gunnar, F. Nodberg. Bruce, A. NODBERG F.W. FRIBERG L. Handbook on the toxicology of metals. 3eme edition. Academic Press. P : 2007, 1024.

-H-

Haguenoer, J.M, Furon. D, 1981. Toxicologie et hygiènes industrielles. Technique et documentation Lavoisier. Paris. P : 47-61.

Harte, J ; Holdren, C ; Schneider, R ; Shirley, C, 1991. Toxics A to Z, A Guide to Everyday Pollution Hazards. University of California Press, Oxford, England. P : 478.

Heath, A.G, 1987. Water pollution and fish physiology, CRC press, Inc. Boca Rotan, Florida. P245.

Hemida, F, 1987. Contribution à l'étude de l'anchois *Engraulis encrasicolus* (Linné, 1758) dans la région Algéroise, biologie et exploitation. Thèse de Magistère en halieutique U.S.T.H.B Alger. P : 138.

-I-

Ifremer, E, 2001. Evaluation de la qualité des eaux basée sur l'utilisation de stations artificielles de moules en méditerranée : résultats de la campagne 2000- Réseau Intégrateurs Biologiques. P : 93.

Ineris, 2004. Analyse critique des méthodologies pour la détermination et l'application de normes de qualité environnementale pour les métaux. P :27.

-J-

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

Jobin Paul, 2006. Maladies industrielles et syndicats au Japon, éditions de l'EHESS.

-K-

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

-L-

Larno, V ; Loroche, J ; Launey. S., Flammaion. P ; Deveaux. A, 2001. Responces of chub populations chemical stress, assessed by genetic markeus. 10. P : 175.

Linnaeus. C, 1758. Systema Naturae per Regna Tria Naturae secundum Classes, Ordinus.

-M-

Mance, G, 1987. Pollution threat of heavy metals in aquatic environment. Poll. Monitor. P : 371.

M.A.T.E, 2007. Etude de pré investissement pour le Hot Spot de Ghazaouet (Algérie)- Rapport de Phase II. P : 217.

-N-

Nelson, J.S. 2004. Fishes of the world. 3ème édition. John Wiley and Sons, New York. P : 600.

-P-

Pauly, D, 1983. Some simple methods for the assessment of tropical fish stock, FAO Fish. Tech. Pap. P : 52.

Pearson, T.H. and Rosenberg, R, 1978. Macrobenthic Succession in Relation to Organic Enrichment and Pollution of the Marine Environment. Oceanography and Marine Biology An Annual Review, 16. P : 229-311.

Pinta M,1980. Spectrophotométrie d'Absorption Atomique. P : 259.

-R-

Ramade, F, 1997. Ecotoxicologie. Masson, Paris. P : 205.

Ramousse, R, Le Berre, M., Le Guelte, L, 1996. Introduction Aux Statistiques.

-S-

Sabhi, Y, 1998. Etudes des tendances des contaminations des organismes marins de la côte méditerranéenne marocaine par les métaux lourds (Hg, Cd, Pb, Cr, Ni, Ti, Zn et Cu) : aspects environnementaux et expérimentaux. Thèse de Doctorat Es-Sciences biologie. Fac. ScDhar el Mehratz. Fès.

Schuermann, G; Markert, B, 1998. Ecotoxicology, Ecological Fundamentals, Chemical Exposure, and Biological Effects. John Wiley & Sons Inc. and Spektrum Akademischer Verlag. P : 900.

Sorensen, E.M, 1991. Metal poisoning in fish. Crc Press, Boca Raton.

-U-

UNEP, 2001. Programme des nations unies pour l'environnement.

UNEP/FAO/WHO, 1996. Etat du milieu marin et du littoral de la région méditerranéenne. MAP Technic.101. P : 1-148.

UNEP/WHO, 1992. Biogeochemical cycles of specific pollutants Activite K. Survival of pathogens- Final Reports on Research Projects (1989-1991). MAP Technical Reports Series. P : 86.

Unlu. E ; Gungum.B, 1993. Concentrations of copper and zinc in fish and sediments from the Tigris river in Turkey. Chemosphere, 26. P : 2055–2061.

-V-

Verlaque, M, 1990. Relations entre *Sarpa salpa* (Linnaeus, 1758) (Téléostéen, Sparidae), les autres poissons brouteurs et le phytobenthos algal méditerranéen. Oceanol. Acta 13. P : 373-388.

-W-

Walsh, A, 1955. The Application of Atomic Absorption Spectra to Chemical Analysis. Spectrochim Acta, 7. P : 252.

Weatherley, A. H et Gill H.S,1987. The biology of fish growth- Academic press, London.Toronto. P :443.

WHO/UNEP, 1995 Health Risks From Marine Pollution in the Mediterranean. Implication For Policy Markers. EUR/HFA-Taraget 20. Part I. P :255.

Woodward, D.F ; Brumbaugh, W.G ; Delonay. A.J et Smith C, 1994. Effects on rainbow trout of a metals-contaminated diet of benthic invertebrates from the Clark fork river, Montana. Trans Am Fish Soc. P :51-62.

-Y-

Youbi, F, 2010. Contribution à l'évaluation de la pollution métallique chez deux espèces de poissons la saupe (*Sarpa salpa*) et le sar (*Diplodus vulgaris*) dans la baie de Honaine (Wilaya de Tlemcen)