

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة أمحمد بوقرة بومرداس
Université M'hamed Bougara de Boumerdès



Faculté des Sciences - Département de Chimie

Domaine : Science de la Matière

Filière : Chimie

Spécialité : Chimie de l'Environnement

Mémoire de projet de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Présenté et soutenu par

FARTAS Imene

FERDJOUKH Sarah

Evaluation de la pollution marine par la quantification de quelques ETM
dans deux espèces marines (*Mullus barbatus* et *Octopus vulgaris*)

Mme DEHAK. K	MCA à l'Université de Boumerdès	Présidente
Mme MEKRI.M	MRB au CRAPC Bou Ismail	Promoteur
Mme AMOKRANE.S	MAA à l'Université de Boumerdès	Co-Promoteur
Mme BENSADALAH.L	MCB à l'Université de Boumerdès	Examineur

Remerciements

*Nous remercions d'abord **Allah** de nous avoir donné le courage et la force pour achever ce travail.*

Nous exprimons nos profonds remerciements à notre promotrice Madame MEKRI.M pour avoir accepté de nous suivre, guider, Conseiller avec patience et rigueur tout au long de ce travail ainsi qu'à notre Co-promotrice Madame AMOKRANE.S pour sa gentillesse et pour l'aide qu'elle nous a apportée au Cours de ce travail.

Nous tenons à remercier Monsieur BACHARI Kheldoun pour nous avoir donné la possibilité de manipuler au sein du laboratoire agroalimentaire du centre de recherche des analyses physico-chimique (CRAPC).

Nos vifs remerciements vont au Mme DEHAK. K pour l'honneur qu'elle nous fait de présider ce jury.

Nous remercions également chaleureusement Mme BENSADALAH.L d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous remercions tous les enseignants qui nous ont suivies durant toutes nos années d'études.

Un grand merci à toutes les personnes qui nous ont soutenues et encouragées.

Dédicaces

*Je dédie ce travail, qui est le couronnement de toutes les années d'études et
qui ne s'est achevé sans votre amour et encouragement:*

*Aux deux plus chères personnes de ma vie, mes parents auxquels je
témoigne toute ma reconnaissance pour leurs inquiétudes, leurs sacrifices
et leurs encouragements durant toute ma vie ;*

*A mes sœurs Amel et Wissem, a mes beaux-frères Mourad et Hamza, a
mes chers grands-mères et grands-pères ;*

A mon binôme et sœur Sarah ;

A mes adorables amies: Safaa et Sihem;

*A ma deuxième famille a Bou Ismail qui m'a bien accueilli avec leur
gentillesse et leur chaleureuse réception, je ne vous oublierai jamais
merci infiniment.*

A tous mes amies qui m'ont encouragé.

Imene

Dédicace

Dieu merci qui nous a aidées à réaliser ce modeste travail

*Je dédie ce travail à mes chers parents pour leurs soutiens et leurs
amours*

A mes chers frères pour leurs encouragements

*A ma Djamila que dieu la bénisse et fait dans son paradis, et à ma
grande famille*

*Un spécial dédicace à ma sœur et binôme Imene, Roumaissa et à tous
mes amis et collègues et les personnes qui m'aiment et ceux qui mon
aider de près ou de loin*

*A ma deuxième famille à Bou Ismail, Sihem et ses deux mamans pour
leur gentillesse et leur soutien merci infiniment*

*Et à tous les enseignantes qui ont contribué à ma formation, qu'ils
veuillent trouver ici, l'expression de ma profonde gratitude.*

Sarah

Liste des abréviations

ETM: Élément Trace Métallique

ADN: Acide désoxyribonucléique

Al: Aluminium

As: Arsenic

Cd: Cadmium

Cr: Chrome

Cu: Cuivre

Fe: Fer

Hg: Mercure

Mn: Manganèse

Ni: Nickel

Pb: Plomb

Sn: Étain

Ti: Titanium

V: Vanadium

Zn: Zinc

CIRC : Centre International de Recherche sur le Cancer

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

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

L R S E : Laboratoire de Recherche Réseau de Surveillance Environnementale

I.A.R.C : International Agency for Research on Cancer (Centre international de recherche sur le cancer)

A.N.S.E.S : l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

INRS : Institut national de recherche et de sécurité

FC: Le facteur de concentration

UV-Visible: Ultra- violet visible

Moy P E: Moyenne Poulpe Entier

Moy R E: Moyenne Rouget Entier

PC: Prélèvement Chair

PE: Prélèvement Entier

PGD: Prélèvement Glande Digestive

SAA: Spectromètre d'Adsorption Atomique

SAAF: Spectromètre d'Adsorption Atomique à Flamme

GFAA: Spectromètre d'Adsorption Atomique à Four Graphite

Liste des figures

Figure 1. Cycle biogéochimique des métaux lourds dans le milieu marin.....	6
Figure 2. Influence de la concentration en élément essentiel (A) ou non essentiel (B) sur l'activité ou la croissance d'un organisme (Jaquet, M, 2015).....	11
Figure 3. Image satellitaire des 3 zones des sites d'études.....	17
Figure 4. Récupération de la pêche.....	19
Figure 5. Echantillons des espèces cibles.....	19
Figure 6. La morphologie du Rouget de vase (<i>Mullus barbatus</i>).....	20
Figure 7. La morphologie du poulpe (<i>Octopus vulgaris</i>).....	21
Figure 8. Opération de dissection.....	22
Figure 9. Lyophilisateur CHRIST ALPHA.....	22
Figure 10. Micro_Onde Milestone ETHOS ONE SK 10.....	23
Figure 11. Schéma d'un système de spectromètre d'Absorption Atomique (SAA).....	24
Figure 12. Spectromètre d'Absorption Atomique.....	25
Figure 13. Histogrammes des ETM dans les échantillons de rouget de vase (Entier).....	28
Figure 14. Histogrammes des ETM dans les échantillons de rouget de vase (Chair).....	29
Figure 15. Histogrammes des métaux lourds dans les échantillons de poulpe (Entier).....	31
Figure 16. Histogrammes des métaux lourds dans les échantillons de poulpe (GD).....	33
Figure 17. Histogramme des concentrations moyennes en ETM dans l'entier des deux espèces.....	34

Liste des tableaux

Tableau 1. Sources industrielles des métaux présents dans l'environnement (Boulkrah, 2008).....	5
Tableau 2. Données de la pêche N°1	18
Tableau 3. Données de la pêche N°2.....	18
Tableau 4. Données de la pêche N°3.....	18
Tableau 5. Données de la pêche N°4.....	18
Tableau 6. Teneur moyenne des métaux traces dans l'entier du rouget de vase ($\mu\text{g/g}$).....	26
Tableau 7. Teneur moyenne des métaux traces dans la chair du rouget de vase ($\mu\text{g/g}$).....	28
Tableau 8. Teneurs moyennes des métaux traces dans l'entier du poulpe ($\mu\text{g/g}$).....	30
Tableau 9. Teneur moyenne des métaux traces dans la glande digestive du poulpe ($\mu\text{g/g}$)...	32
Tableau 10. Tableau des concentrations moyenne en ETM dans l'entier des deux espèces.	34

Sommaire

Introduction générale	1
-----------------------------	---

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I. La pollution en milieu marin	2
II. Bio indicateur	3
III. Généralités sur les E.T.M	3
1- Définition des ETM.....	3
2- Les sources des ETM dans l'environnement.....	4
2.1- Les sources naturelles.....	4
2.2- Les sources anthropogènes	4
3- Cycle biogéochimique des ETM dans le milieu marin.....	5
3.1- Première étape.....	7
3.1-1.Précipitation.....	7
3.1-2.Adsorption.....	7
3.1-3.Absorption.....	7
3.1-4.Sédimentation.....	7
3.2- Seconde étape.....	7
IV. Transport et accumulation des E.T.M par les organismes marins.....	8
1- Dans les organismes marins	8
1.1- L'assimilation.....	8
1.2- La bioaccumulation par l'individu : la bioconcentration.....	9
1.3- La bioaccumulation entre individus : la bioamplification.....	9
2- Dans les différents organes des poissons	9
2.1- Branchies.....	10
2.2- Foie et Muscles.....	10
V. Effets des ETM sur la santé humaine	10
1- Toxicité du Cuivre.....	12
2- Toxicité du Cadmium.....	12
3- Toxicité du Plomb.....	14
4- Toxicité de l'Arsenic.....	14
5- Toxicité du Nickel.....	15
6- Toxicité du Mercure.....	16

Sommaire

Chapitre II : Matériels et méthodes

I.	Présentation des sites d'études.....	17
II.	Echantillonnage.....	19
	1- Espèces de poissons étudiées.....	19
	1.1- Rouget de vase (Mullus barbatus Linnaeus, 1758).....	19
	1.1.1- La morphologie du Rouget de vase.....	19
	1.1.2- La biologie du Rouget de vase.....	20
	1.2- Poulpe (Octopus vulgaris, Cuvier 1797).....	20
	1.2.1- La morphologie du poulpe.....	21
	1.2.2- La biologie du poulpe.....	21
	2- Préparation des échantillons	21
	2.1- Dissection.....	21
	2.2- Lyophilisation.....	22
	2.3- Broyage et homogénéisation.....	22
III.	Digestion assistée par micro-onde.....	22
IV.	Analyse par Spectrométrie d'absorption atomique (SAA).....	23
	1- Principes de fonctionnement.....	23
	2- Installation générale.....	24
	3- Méthode d'Absorption Atomique a Flamme.....	24
	4- Méthode d'Absorption Atomique a Four Graphite.....	25
V.	Analyses statistiques.....	25

Chapitre III : Résultats et discussions

I.	Comparaison de la distribution des concentrations en ETM dans le Rouget vase.....	26
	1- Distribution des ETM dans l'entier du rouget de vase.....	26
	2- Distribution des ETM dans la chair du rouget de vase.....	28
II.	Comparaison de la distribution des concentrations en ETM dans le poulpe.....	30
	1- Distribution des ETM dans l'entier du poulpe.....	30
	2- Distribution des ETM dans la glande digestive du poulpe.....	32
III.	Comparaison des données obtenues entre les deux espèces marines.....	33
	Conclusion.....	36

الملخص

الهدف من هذا العمل هو تقييم التلوث البحري من خلال القياس الكمي لبعض العناصر المعدنية كالنحاس، الكاديوم، الرصاص، الزرنيخ، الزنك، النيكل و الحديد في نوعين بحريين هما سمك البوري الاحمر Mullus Barbatus و الاخطبوط Octopus vulgaris تم اصطيادها في أربعة مواقع زموري، مزافران، برار و بوسماعيل.

تم استهداف عضوين ، بالنسبة للبوري الاحمر الجسد الكامل و اللحم اما الاخطبوط زيادة عن الجسد الكامل استأصلنا الغدة الهضمية. قمنا بمعالجة هذه العينات بدقة وتجفيفها وسحقها ثم معدنتها، و أخيراً تحليل هذه العناصر المعدنية يتم بفضل S.A.A مقياس طيف الامتصاص الذري.

وأكدت النتائج التي تم الحصول عليها التراكم الحيوي للمعادن الثقيلة في هذه الاسماك.

كلمات البحث

التلوث البحري، العناصر المعدنية Mullus Barbatus , Octopus vulgaris ، الجسد الكامل ، اللحم ، الغدة الهضمية ، S.A.A مقياس طيف الامتصاص الذري.

Résumé

Ce travail a pour but d'évaluer la pollution marine par la quantification de quelque ETM qui sont Cu, Cd, Pb, As, Zn, Ni et Fe dans deux espèces marines, Mullus barbatus (Rouget de vase) et Octopus vulgaris (Poulpe) pêché au niveau de quatre site ; Zemmouri, Mazafran, Bérard et Bou Ismail.

Deux parties ont été ciblées pour le Rouget de vase l'entier et la chair ; pour le poulpe en plus de l'entier la glande digestive a été séparée. Ces échantillonnages ont été minutieusement traités, séchés, broyés puis minéralisés par Micro-onde et en fin le dosage des éléments traces métalliques est réalisé grâce à la S.A.A.

Les résultats obtenus ont confirmés la bioaccumulation de ces poissons pour les métaux lourds.

Mots clés : Pollution marine, ETM, Mullus barbatus, Octopus vulgaris, entier, chair, glande digestive, S.A.A.

Abstract

This work aims to assess marine pollution by quantifying some ETMs which are Cu, Cd, Pb, As, Zn, Ni and Fe in two marine species, *Mullus Barbatus* (Red mullet) and *Octopus vulgaris* (Octopus) fished at four sites; Zemmouri, Mazafran, Bérard and Bou Ismail.

Two parts have been targeted for the Red Mullet the whole and the flesh; for the Octopus in addition to the whole digestive gland was separated. These samples have been meticulously processed, dried, crushed then mineralized and finally the determination of metallic trace elements is carried out thanks to S.A.A.

The results obtained confirmed the bioaccumulation of these fish for heavy metals.

Keywords: Marine pollution, ETMs, *Mullus Barbatus*, *Octopus vulgaris*, whole, digestive gland, S.A.A.

Introduction générale

Introduction

Les pollutions d'origine métallique constituent un des risques majeurs dans le monde actuel. C'est un problème d'actualité qui préoccupe toutes les régions soucieuses de maintenir leur patrimoine côtier à un haut degré de qualité **(Ben Bouih et al, 2005)**. Ainsi, la présence des éléments traces métalliques (ETM) dans les milieux aquatiques à des concentrations élevées induit des effets dévastateurs sur la balance écologique de l'environnement aquatique **(Katemo Manda et al, 2010)**. Ces derniers sont très sensibles aux éléments traces métalliques par la coexistence des phénomènes de bioaccumulation et de bioamplification. En effet, ces éléments traces se concentrent dans l'eau et les microorganismes aquatiques entraînant ainsi leur bioaccumulation dans les ressources aquatiques **(Ogindo, 2001 ; Tabinda et al, 2010)**. C'est ainsi que la surveillance de la qualité de l'environnement est nécessaire, est peut se faire suivant deux approches : **(Adams, 2002)**

- La détection des polluants et leur quantification,
- L'évaluation des effets des polluants sur les organismes vivants, soit à l'échelle des individus, soit à l'échelle des populations et des communautés.

Et se décline en principalement quatre méthodes : **(Amiard et al, 1999)**

- Les indices de qualité : par une détermination de la composition floristique et faunistique du milieu,
- Les organismes bio-accumulateurs : par la quantification des polluants dans les organismes,
- La détection et la quantification des polluants dans les milieux physiques (eaux et sédiments),
- Le suivi de la modification de certains paramètres biologiques (les bios marqueurs).

Dans ce travail, nous avons choisi de quantifier quelques éléments traces métalliques (Cu, Cd, Pb, As, Zn, Ni, Fe) dans deux espèces marines, un poisson démersal *Mullus barbatus* communément appelé le rouget de vase et un céphalopode *Octopus vulgaris* communément appelé le poulpe, et ce dans quatre traits de pêche (Zemmouri, Mazafran, Bérard et Bou-Ismaïl).

Chapitre I
Synthèse bibliographique

I. La pollution en milieu marin

La pollution marine est définie comme l'introduction directe ou indirecte de déchets, des substances, ou d'énergie, y compris de sources sonores sous-marines d'origine humaine, qui entraîne ou qui est susceptible d'entraîner des effets nuisibles pour les ressources vivantes et les écosystèmes marins, avec pour conséquence, un appauvrissement de la biodiversité, des risques pour la santé humaine, des obstacles pour les activités maritimes, et notamment la pêche, le tourisme et les loisirs ainsi que les autres utilisations de la mer, une altération de la qualité des eaux du point de vue de leur utilisation, et une réduction de la valeur d'agrément du milieu marin.

On distingue la pollution générée par les substances chimiques et celle produite par les déchets aquatiques. Les déchets aquatiques comprennent tout solide ménager, industriel, naturel qui se retrouve dans l'environnement maritime et côtier. Ils peuvent être de nature très variée : déchets flottants en surface ou dans la colonne d'eau, déchets déposés dans les fonds, déchets échoués sur les plages et sur le littoral **(Goeury D, 2014)**.

Dans le milieu marin, les polluants peuvent suivre différents trajets, certains sont dégradés très rapidement par des réactions chimiques, sous l'effet de la lumière, ou encore grâce à l'intervention des microorganismes (biodégradation). D'autres polluants comme les métaux lourds (le Mercure, le Cadmium, le Chrome et d'autres produits chimiques toxiques) sont persistants et contaminent le milieu marin, soit en restant dans l'eau, surtout dans les sédiments, soit en passant dans les organismes vivants et dans certains cas, en s'accumulant dans les différentes chaînes alimentaires, provoquant des effets toxiques à court et/ou à long terme **(Bouhadiba, 2011)**.

Plus de 80% des pollutions marines ont une origine terrestre via les fleuves, par ruissellement ou par déversement par les stations d'épuration urbaines ou industrielles. Alors que 20% sont représentés par les pollutions marines dont l'origine les activités en mer tels que les rejets d'hydrocarbures ou d'autres substances chimiques, les pertes de cargaison ou les immersions de déchets et les rejets atmosphériques. Ces derniers sont représentés par la combustion des moteurs (Plomb, Soufre...) et les incinérateurs (composés aromatiques) **(C.S.H.P.F, 1996)**.

Parmi les substances polluantes qui sont déversées chaque jour dans l'environnement, les éléments traces métalliques, ce sont des substances dangereuses de l'environnement aquatique à cause de leur rémanence et leur tendance à la bioaccumulation dans les organismes aquatiques (EFSA, 2006).

II. Bio indicateurs

Les substances chimiques libérées ou déversées par l'Homme dans l'environnement, accompagnées de leurs métabolites, s'ils ont des propriétés non biodégradables, peuvent s'accumuler dans un organisme vivant qui va alors constituer un témoin précieux de la pollution : bio indicateur biologique. C'est ce qui permet de surveiller la concentration en polluants dans leurs corps et peut par conséquent prévenir des dangers pour la santé.

Les bio indicateurs biologiques les plus utilisés sont les vertébrés représentés par les poissons vivants sur le fond de la mer (poissons plats), et par les invertébrés (moules) (Moukrim A, 2000).

III. Généralités sur les ETM

III.1- Définition des ETM

Un ETM est un élément chimique, issu le plus souvent d'un minerai ou d'un autre métal, doté d'un éclat particulier, bon conducteur de chaleur et d'électricité, ayant des caractéristiques de dureté et de malléabilité, se combinant ainsi aisément avec d'autres éléments pour former des alliages utilisables dans l'industrie et ce depuis l'antiquité. On appelle en général métaux lourds les éléments métalliques naturels, métaux dans certains cas metalloïdes (environ 65 éléments), caractérisés par une forte masse volumique qui est supérieure à 5g par cm³ (Miquel M, 2001).

Les ETM sont toxiques à cause de leur :

- non-dégradabilité et donc leur persistance dans les milieux ;
 - leur toxicité à faible concentration ;
- leur tendance à s'accumuler dans les organismes vivants et à se concentrer le long des chaînes trophiques. https://www.notre_planete.info/environnement/metaux_lourds.php

La classification en métaux lourds est souvent discutée car certains métaux ne sont pas particulièrement « lourds » (cas du zinc), et certains autres éléments ne sont pas tous des métaux (cas de l'arsenic). Pour ces différentes raisons, la plupart des scientifiques préfèrent à l'appellation métaux lourds, l'appellation « éléments en traces métalliques » -ETM- ou par extension « éléments traces » ou « métaux traces » (**Miquel, 2001**).

III.2- Les sources des ETM dans l'environnement

Les métaux lourds sont naturellement présents dans la croûte terrestre, ils suivent un cycle géochimique qui conduit une distribution hétérogène de leur concentrations à la surface du globe (**Le Goff et Bonnomet, 2004**). Les métaux sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, mais en général en quantités très faibles (en traces). Le développement industriel et technologique a provoqué l'augmentation de leur concentration dans le milieu environnemental. Ces métaux lourds qui entrent dans l'environnement aquatique proviennent de sources naturelles et de sources anthropogènes.

III.2.1- Les sources naturelles

Leur entrée peut être le résultat soit de déversements effectués directement dans les écosystèmes marins et dans les eaux douces, soit d'un cheminement indirect comme dans le cas des décharges sèches et humides et du ruissellement agricole (**Biney et al, 1995**).

Parmi les importantes sources naturelles, citons l'activité volcanique, l'altération des continents et les incendies de forêts. La contribution des volcans peut se présenter sous forme d'émissions volumineuses dues à une activité explosive, ou d'émissions continues de faible volume, résultant notamment de l'activité géothermique et du dégazage du magma (**Zoller, W.H, 1984**).

III.2.2- Les sources anthropogènes

Les métaux provenant d'apports anthropiques sont présents sous des formes chimiques assez réactives et entraînent de ce fait des risques très supérieurs aux métaux d'origine naturelle qui sont le plus souvent immobilisés sous des formes relativement inertes (**Monna F, 2008**).

Les sources anthropogènes sont les suivantes : (**Biney et al, 1995**)

- Effluents d'extractions minières ;
- Effluents industrielles (tableau 1) ;
- Effluents domestiques et ruissellements orageux urbains ;
- Lessivage de métaux provenant de décharges d'ordures ménagères et de résidus solides ;
- Apports de métaux provenant de zones rurales, par exemple métaux contenus dans les pesticides ;
- Sources atmosphériques, par exemple combustion de carburants fossiles, incinération des déchets et émissions industrielles ;
- Activités pétrochimiques.

Tableau 1: Sources industrielles des métaux présents dans l'environnement (Boulkrah, 2008).

Utilisations	Métaux
Batteries et autres appareils électriques	Cd, Hg, Pb, Zn, Mn, Ni
Pigments et peintures	Ti, Cd, Hg, Pb, Zn, Mn, Sn, Cr, Al, As, Cu, Fe
Alliages et soudures	Cd, As, Pb, Zn, Mn, Sn, Ni, Cu
Biocides (pesticides, herbicides, conservateurs)	As, Hg, Pb, Cu, Sn, Zn, Mn
Agents de catalyse	Ni, Hg, Pb, Cu, Sn
Verre	As, Sn, Mn
Engrais	Cd, Hg, Pb, Al, As, Cr, Cu, Mn, Ni, Zn
Matières plastiques	Cd, Sn, Pb
Produits dentaires et cosmétiques	Sn, Hg
Textiles	Cr, Fe, Al
Raffineries	Ni, V, Pb, Fe, Mn, Zn
Carburants	Ni, Hg, Cu, Fe, Mn, Pb, Cd

III.3- Cycle biogéochimique des ETM dans le milieu marin

Le transfert des métaux lourds dans l'eau de mer, ainsi que leur dépôt et leur élimination sont régis par le cycle biogéochimique (figure 1) (Fowler, 1982).

Le degré dans lequel un métal est absorbé ou précipité dépend notamment de ses propriétés intrinsèques (état(s) d'oxydation, rayon atomique, etc.), des paramètres physico-chimiques de

L'environnement (pH et potentiel d'oxydoréduction), de la nature de l'absorbant (charge dépendant du pH, type de complexes ligands, surface spécifique), des autres métaux présents et de leurs concentrations (**Alloway, B.J et Ayres, D.C, 1997**).

Les métaux présents dans l'eau peuvent exister sous forme de complexes, de particules ou en solutions. Les principaux processus qui gouvernent la distribution et la répartition des métaux lourds sont la dilution, la dispersion, la sédimentation et l'adsorption/désorption.

Certains processus chimiques peuvent néanmoins intervenir également. C'est ainsi que la spéciation selon les diverses formes solubles est régie par les constantes d'instabilité des différents complexes, et par les propriétés physico-chimiques de l'eau (pH, ions dissous, et température).

Les métaux lourds subissent de nombreuses transformations: réduction par processus biochimique, méthylation, déméthylation et oxydation d'espèces de métaux isolées des réactions redox peuvent aussi faciliter certaines transformations. Les processus biochimiques sont effectués par des micro-organismes et par des algues. Les principales sources de contamination de l'eau sont les suivantes : (**Gaujous D, 1993**)

- Les eaux usées domestiques et industrielles,
- L'activité agricole,
- Les polluants atmosphériques,
- Les anciennes décharges.

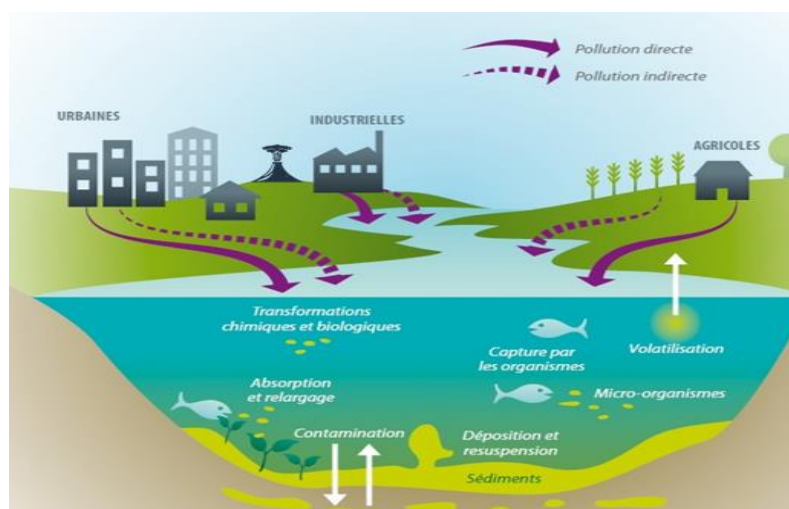


Figure 1: Cycle biogéochimique des métaux lourds dans le milieu marin

Ce cycle obéit, en général, à deux grandes étapes qui sont en fonction des conditions physico-chimiques du milieu :

III.3.1- Première étape

Elle consiste en un piégeage des molécules métalliques par des particules en suspension, la biomasse marine et le sédiment.

3.1-1. Précipitation : un phénomène qui s'opère lorsque le polluant métallique en solution chute par gravitation au fond du milieu marin. Cependant certains autres métaux pourraient retourner en solution avant d'atteindre le fond **(Bittel, 1973)**.

3.1-2. Adsorption : un phénomène qui a lieu quand les molécules ou les ions métalliques se fixent à la surface des composantes marines (particules, organismes marins, sédiments) **(Bittel, 1973)**.

3.1-3. Absorption : c'est le passage du polluant métallique dans un organisme marin. **(Bittel, 1973)**.

3.1-4. Sédimentation : un phénomène naturel activé par les animaux benthiques en consolidant dans leurs matières fécales les particules et leurs métaux associés. **(Sorokin, 1972 in Aoumeur, 1990)**.

III.3.2- Seconde étape

Celle-ci consiste en un relargage des polluants par :

- Désorption ou sorption : qui est un phénomène inverse à l'adsorption.
- Diffusion ou propagation des produits précipités.
- Redissolution ou remise en solution des produits précipités par décomposition et reminéralisations des matières organiques et parfois même par redistribution par le biais des organismes marins.

Ainsi la dernière phase de la circulation d'un polluant dans la biosphère est constituée par la contamination des êtres vivants et parfois, par la bioaccumulation dans l'organisme de ces derniers **(Forstner et Wittman, 1983 ; Harte et al, 1991 ; Schuurmann et Markert, 1998)**.

IV. Transport et accumulation des E.T.M par les organismes marins

IV.1- Dans les organismes marins

La bioaccumulation est le processus par lequel un organisme vivant absorbe une substance à une vitesse plus grande que celle avec laquelle il l'excrète ou la métabolise. Elle désigne la somme des absorptions d'un élément par voie directe, alimentaire, par les espèces animales aquatiques (**Ramade, 1992**). La bioaccumulation est le résultat des processus de contamination, une combinaison des mécanismes d'excrétion vers l'environnement et de biotransformation endogène (**Ribeyre et Boudou, 1989**).

Ce processus se déroule en trois temps (**Miquel, 2001**), l'assimilation, la bioaccumulation par l'individu ou bioconcentration, et la bioaccumulation entre individus, ou bioamplification.

IV.1.1- L'assimilation :

L'exposition aux polluants peut être réalisée à travers deux voies principales : 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.

Toute absorption a fortiori tout contact avec un polluant n'est pas nécessairement dangereux. D'une part, tout dépend évidemment des concentrations du polluant. D'autre part, il faut s'intéresser à la seule fraction soluble bio disponible à 95 % du métal ; l'autre fraction, insoluble, peu bio disponible étant éliminée par différentes voies : voie solide, voie liquide (urine), voie cutanée (sueur).

La partie soluble bio disponible, assimilable, se concentre dans certains organes. C'est ce qu'on appelle « l'organotropisme ». Parmi les organes d'accumulation des polluants (exemples: le foie, principal siège de la métabolisation c'est-à-dire de la transformation des matières, ou le rein, siège de l'excrétion).

Selon la nature des métaux, le cadmium, par exemple, se concentre presque exclusivement dans le tube digestif, le foie et les reins. Le plomb diffuse également dans la peau, les muscles, la colonne vertébrale. Le mercure, dans sa forme organique, diffuse dans le système nerveux et le fœtus (**Miquel M, 2001**).

IV.1.2- La bioaccumulation par l'individu : la bioconcentration

La bioconcentration est le processus par lequel une substance ou un élément se trouve présent dans un organisme vivant, à une concentration supérieure à celle de son milieu environnant. C'est donc l'accroissement direct de la concentration d'un contaminant lorsqu'il passe de l'eau à un organisme aquatique.

Le facteur de concentration (FC) est une constante issue du rapport de la concentration d'un élément dans un organisme en état d'équilibre à sa concentration dans le biotope (**Ramade, 1992**).

IV.1.3- La bioaccumulation entre individus : la bioamplification

La bioamplification est une concentration d'un toxique après consommation de plus petits organismes de la chaîne par les plus grands individus; il s'agit dans ce cas de la possibilité pour un toxique d'être cumulé dans la chaîne trophique, si le toxique n'est pas dégradé ou éliminé, il risque de s'accumuler de plus en plus au niveau de chaque maillon de la chaîne alimentaire (**Boutiba Z, 2004**).

IV.2- Dans les différents organes du poisson

Plusieurs études ont montré, qu'en général, le foie, les branchies et les reins sont des organes qui participent à la détoxification de l'organisme après exposition à des solutions métalliques, ils sont susceptibles d'accumuler des quantités plus importantes en ions métalliques (**Canli, M., M. Kalay, and O. Ay; 2001**).

Les ETM peuvent être stockés sous forme de dépôts granuleux dans le cytoplasme. Ils peuvent également précipiter sous formes de sels minéraux insolubles (ex : sélénure de mercure). Enfin, ils peuvent être liés avec des protéines de faible poids moléculaire, comme les métallothionéines, localisées au niveau des branchies, du foie, des reins, de l'intestin et en faible quantité dans le sang (**Canli M. and Alti G, 2003**).

En effet l'accumulation des métaux-traces dans les organismes marins est différente selon les organes et les espèces. Chez le poisson, les métaux lourds se répartissent préférentiellement

aux niveaux des écailles, des branchilles et de la peau, beaucoup moins aux niveaux des gonades et encore moins dans le muscle qui présente les plus faibles teneurs excepté pour le Cuivre (**Pain D ; 1991**).

IV.2.1- Branchies :

Les branchies constituent un organe en contact direct avec le milieu extérieur, elles apportent donc une information essentielle quant à la contribution de la voie directe (respiration) dans la contamination de l'individu.

IV.2.2- Foie et Muscles :

Comme les branchies qui accumulent les éléments présents dans le milieu de vie du poisson, le foie est recommandé en tant qu'indicateur de la pollution aquatique (**Carpene, E., Vasak, M, 1989**). Il est considéré comme étant un organe d'accumulation, siège de métallisation de certains éléments et constitue l'organe principal de détoxification de l'organisme.

Enfin, les ETM présentent peu d'affinité pour les muscles, exceptés pour le mercure qui est un élément lipophile (**Bustamante, P., et al, 2003**).

V. Effets des ETM sur la santé humaine

Si le terme "toxique" évoque des cas de pollution graves et spectaculaires, ce sont surtout les effets toxiques à moyen et à long terme qui présentent le plus de danger pour l'homme et son environnement.

Un produit toxique peut toucher les organismes aquatiques de deux manières: Soit par contamination directe (absorption ou adsorption), soit par contamination indirecte, du fait de la consommation d'espèces contaminées. Dans ce cas, on peut avoir un phénomène de bioaccumulation le long de la chaîne alimentaire, ce qui représente un risque réel pour l'homme qui se situe toujours en fin de la chaîne. Si on se réfère à une échelle de temps et d'effets, on peut distinguer plusieurs toxicités :

- La toxicité aiguë, dont les effets à court terme apparaissent à la suite d'une exposition de durée brève. Dans le cas des milieux aquatiques, ce sont toujours des mortalités massives, donc spectaculaires, de poissons qui sont le plus médiatisées.

- La toxicité à moyen et à long terme qui apparaît pour des expositions de longue durée à des concentrations faibles. Les effets sont variables : altération du développement, de la reproduction, du comportement, etc. Les toxicités aiguës sont évaluées par les teneurs en matières inhibitrices et en micropolluants ; Il existe trois principales familles de micropolluants :

- Les éléments traces métalliques (mercure, plomb, cadmium, chrome, cuivre,...),
- Les composés organiques de synthèse,
- Les produits radioactifs.

Les ETM occupent une place prépondérante dans notre monde moderne car ils interviennent dans la plupart des secteurs d'activité. Par ailleurs, ils sont, pour beaucoup d'entre eux, indispensables au monde vivant, comme les éléments essentiels (fer, zinc...). Ces derniers, présentent deux seuils, un seuil de déficience en deçà duquel l'organisme est en déficience et un seuil de toxicité au-delà duquel l'élément est en excès et devient toxique (figure 2-A). Pour les éléments non essentiels, comme le mercure, le plomb et le cadmium, seul le seuil de toxicité existe (figure 2-B) (**Cheuk et al., 2008**).

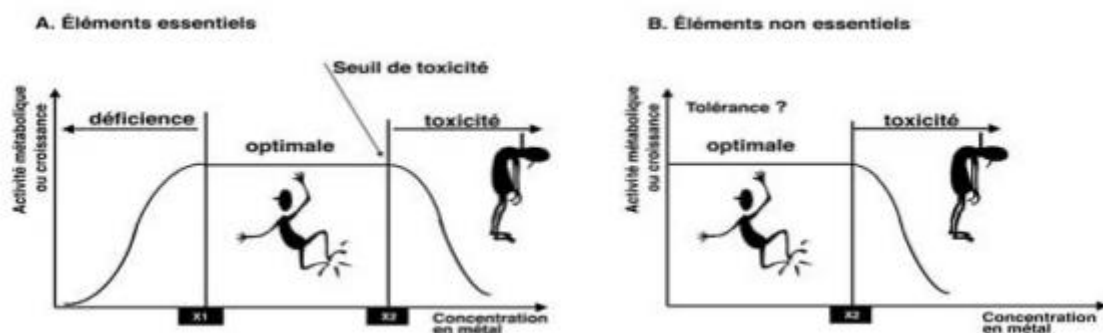


Figure 2 : Influence de la concentration en élément essentiel (A) ou non essentiel (B) sur l'activité ou la croissance d'un organisme (Jaquet, M, 2015)

Le cadmium (Cd), le plomb (Pb) et le mercure (Hg) sous sa forme organique (méthylmercure, MeHg), sont les polluants particulièrement visés, à cause de leur large distribution et leurs implications profondes dans la santé humaine (**Clarkson, T.W. and Magos L, 2006 ; Mergler, D, 2001**).

V.1- Toxicité du Cuivre

Le cuivre, à très faible dose est un oligo-éléments indispensable à la vie .Il est notamment nécessaire à la formation de l'hémoglobine et remplace même le fer pour le transport de l'oxygène chez une espèce d'Arthropode, le limule, dont le sang est bleu (**Fergusson, 1990 ; Alloway et Ayres, 1997**). Selon **canli et al (2002)**, il est essentiel pour le métabolisme des poissons.

Chez l'homme et les mammifères, le cuivre intervient dans la fonction immunitaire et contre le stress oxydant ; son manque cause le syndrome de Menke. Il est aussi, à dose plus élevée et sous ses formes oxydées, un puissant poison pour l'Homme, causant la maladie de Wilson (**Plumlee et Ziegler, 2003**).

Cependant le Cuivre en excès produit des radicaux libres responsables de lésions cellulaires au niveau de l'ADN et d'organites tels que les mitochondries ou les lysosomes (**PICHARD, A ; 2003**).

Le cuivre contamine les eaux environnantes à des doses et concentrations infimes (10µg), et pour de nombreux organismes :algues, mousses, microorganismes marins, champignons microscopiques (**Fergusson, 1990 ; Alloway et Ayres, 1997**).

V.2- Toxicité du Cadmium

Le cadmium est un toxique puissant et cumulatif dont la demi-vie biologique dans le corps humain dépasse 10ans ; il s'accumule essentiellement dans les reins, qui constituent donc l'organe cible critique, tant pour la population générale que pour la population professionnellement exposée (**IBGE, 2002**).

L'absorption du cadmium chez l'adulte est relativement faible, de l'ordre de 5 à 10%, et légèrement supérieure chez l'enfant. Une fois absorbé, il se fixe sur les érythrocytes via les métallothionéines. La fraction de cadmium non liée est certainement à l'origine de la toxicité rénale de ce métal.

En 1993, les données de l'évaluation du Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) ont conduit à classer le cadmium en cancérigène catégorie 1 « **cancérigène avéré pour l'homme »**. **(I.A.R.C, 1994)**.

Ses principaux effets toxiques sont des atteintes de la fonction rénale. La néphrotoxicité se caractérise en premier lieu par une dégénérescence et une atrophie des tubules proximaux, diminuant la résorption tubulaire, et une micro-protéinurie **(Satarug, S. and M.R. Moore;2004)**. Des symptômes caractérisant la maladie Itai-Itai ont également été rapportés, notamment une fragilité osseuse : réduction de la densité minérale, déformations, réduction de l'activité ostéoclastique et de la minéralisation. De récentes études américaines rapportent un risque accru de fractures (+43%) pour un niveau de cadmium urinaire de 0,5-1 µg/g créatinine et un risque accru d'ostéoporose de +78% et 280%, pour des concentrations urinaires de 1-1,99 et >2µg/g créatinine, respectivement. Des troubles de la reproduction, pouvant être des effets secondaires des dysfonctionnements rénaux, ont également été rapportés **(WU, Q., J.H. MAGNUS, and J.G. HENTZ;2009)**.

Dans l'eau, le Cadmium provient de l'érosion naturelle, du lessivage des sols (engrais phosphatés) ainsi que des décharges industrielles et du traitement des effluents industriels et des mines.

Le Cadmium fait également partie des métaux lourds les plus dangereux. Même à de faibles concentrations, il tend à s'accumuler dans le cortex rénal sur de très longues périodes (50 ans) où il entraîne une perte anormale de protéines par les urines (protéinurie) et provoque des dysfonctionnements urinaires chez les personnes âgées **(CASAS, Stello; 2005)**.

V.3- Toxicité du Plomb

Le Plomb est présent dans la croûte terrestre et dans tous les compartiments de la biosphère. Dans l'air, les émissions de Plomb provenant de poussières volcaniques véhiculées par le vent sont reconnues d'une importance mineure. Les rejets atmosphériques sont principalement anthropiques, ils proviennent d'abord des industries de première et deuxième fusion du plomb, et au niveau urbain ou routier, des rejets des véhicules à moteur. Les rejets aquatiques les plus importants proviennent de la sidérurgie **(PICHARD, A ;2003)**.

Le saturnisme désigne l'ensemble des manifestations de l'intoxication par le plomb. Les principaux organes cibles sont : le système nerveux, les reins et le sang.

D'après une étude récente réalisée par l'ANSES, l'exposition chronique au plomb provoque une toxicité rénale chez les adultes, et une neurotoxicité chez les jeunes enfants **(A.N.S.E.S. 2012)**.

Le plomb bloque plusieurs enzymes nécessaires à la synthèse de l'hémoglobine. Ces effets sanguins aboutissent à une diminution du nombre des globules rouges et à une anémie.

L'administration de fortes doses de plomb a induit des cancers du rein chez de petits rongeurs. En revanche, il n'a pas été mis en évidence de surmortalité par cancer dans les populations exposées au plomb **(CASAS, Stelio; 2005)**.

V.4- Toxicité de L'Arsenic

L'absorption digestive de l'arsenic s'effectue majoritairement dans l'intestin grêle, car le pH est optimal, et rarement dans l'estomac **(Dueñas-Laita et al., 2005)**. Elle se fait par un procédé électrogénique impliquant un gradient de proton.

Les sulfures d'arsenic, tels que le réalgar ou l'orpiment, sont quant à eux peu hydrosolubles et donc faiblement absorbés dans le tube digestif **(Liu et al., 2008)**. L'arsenic minéral est facilement incorporé dans les cheveux en raison de sa forte affinité pour les groupements thiols et de sa lente élimination dans les urines. Les concentrations d'arsenic dans les cheveux sont plus importantes comparées à celles constatées dans les autres tissus. Dans le cas d'un empoisonnement à l'arsenic, la distribution de cet élément le long d'un cheveu peut être utilisée pour distinguer entre une exposition aiguë ou chronique **(Goullé, 1998)**.

La toxicité aiguë : La toxicité aiguë par ingestion d'arsenic associe initialement nausées, vomissements, douleurs abdominales et diarrhées sévères. Cette symptomatologie digestive est appelée le « choléra arsenical » et peut parfois être hémorragique (**Salomon et al., 2012**).

La toxicité chronique : Les premiers symptômes se manifestent généralement au niveau cutané par des lésions, une mélanodermie sur les zones non découvertes prédominant sur l'abdomen et une hyperkératose principalement palmo-plantaire (**Ahsan et al., 2000 ; Blaise et al., 2007**).

Il peut aussi y avoir des bandes de Mees, ceci est dû à l'accumulation d'arsenic dans les phanères qui induit au niveau des ongles des bandes blanches transversales (**Ratnaike, 2003**).

Il existe également des atteintes cardiovasculaires (arythmie, trouble de la conduction, HTA, maladie de Raynaud, maladie des pieds noirs), hématologiques (anémie et leucopénie) et de l'appareil respiratoire (bronchite et emphysème) (**Bisson et al., 2010**). D'autre part, il a été découvert récemment que l'arsenic avait un impact possible sur certains types de diabète (**Sung et al., 2015**).

V.5- Toxicité du Nickel

Le nickel est un métal toxique à faible concentration, surtout dans des eaux acides, douces et en présence d'autres métaux, ces concentrations naturelles sont très faibles par rapport à ses concentrations bio-efficaces. Des anomalies de développement larvaire ont été observées chez huître à des concentrations élevées en sulfate de nickel (**Lagarde, 2002 ; Taylor et al., 1998**).

D'après les analyses effectuées sur plusieurs groupes d'êtres humains, le nickel absorbé par l'organisme, suite à une ingestion orale, se trouve surtout dans le foie, les reins, l'aorte, le cœur, la rate et le cerveau (**Friedrich & Filice, 1976**).

La toxicité du nickel se manifeste plutôt lorsqu'il est administré par injection ou lorsqu'il est inhalé. Le carbonyle du nickel est le seul composé reconnu pour être systématiquement toxique vis à vis de l'homme. De nombreux cas d'empoisonnement par ce produit ayant été

répertoriés chez les ouvriers de l'industrie du nickel. Les principales lésions sont une hémorragie et un œdème pulmonaire ainsi qu'une hémorragie cérébrale. Le carbonyle de nickel d'autre part est reconnu comme étant un élément carcinogène touchant principalement les voies respiratoires (poumons, cavité nasale).

V.6- Toxicité du Mercure

Le mercure est un métal très réactif au milieu dans lequel il se trouve. Dans l'organisme, il peut se lier aux molécules constituant la cellule vivante (acides nucléiques, protéines...) en modifiant leur structure ou en inhibant leurs activités biologiques (**Gérard Miquel, 2001**). Après pénétration dans l'organisme, le mercure métallique persiste pendant une courte période sous forme métallique, ce qui explique son passage facile de la barrière hémato-encéphalique grâce à sa liposolubilité. Il se retrouve alors dans le cerveau, où il est ensuite piégé, car, une fois transformé en Hg^{2+} , il passe plus difficilement la barrière hématoencéphalique (**Givica-Perez et al., 2001**).

Une accumulation du mercure inorganique survient essentiellement dans les reins selon la voie d'absorption et, dans une moindre mesure, dans le foie. Beaucoup d'études sur l'exposition professionnelle au mercure indiquent qu'une forte exposition peut avoir des effets nocifs et critiques sur les reins, ces effets consistent en lésions rénales au niveau du tube contourné proximal et de l'anse de Henlé (**Bismuth et al., 2000**).

L'ingestion accidentelle de sels mercuriques entraîne immédiatement une inflammation de l'ensemble du tractus gastro-intestinal, une insuffisance rénale aiguë, anurique par néphrite tubulaire interstitielle apparaît dans les premières 24 heures (**INRS, 1997**).

D'autre part, le mercure inhibe les systèmes de protection cellulaire contre les radicaux libres et inhibe également les enzymes à zinc du fait d'une compétition entre ces deux métaux (même colonne dans le tableau de classification des éléments). Il provoque la lyse des membranes cellulaires, sans doute en catalysant l'oxydation des phospholipides membranaires. En outre, les effets clastogènes du mercure ont été observés dans des lymphocytes de sujets ayant ingéré des poissons contaminés par du méthylmercure: cassure de chromosomes, présence de fragments ou de chromosomes surnuméraires et absence de centromère (**Grosman et Melet, 2011**).

Chapitre II

Matériels et méthodes

I. Présentation des sites d'études

Les pêches ont été effectuées au moyen d'un chalut démersal GOC73 entre les profondeurs de 35m et 45m dans les zones A, B, et C (figure 3).



Figure 3: Image satellitaire des 3 zones des sites d'études

Les coordonnées géographiques et les données (date, zone et profondeur) des quatre traits de pêches réalisés sont résumées dans les (tableaux 2 ; 3 ; 4 ; 5).

Tableau 2: Données de la pêche N°1

Pêche N°1		
Date	Décembre 2019	
Zone	Zemmouri (P1)	
Profondeur (m)	43	
	<u>Début</u>	<u>Fin</u>
Heure	17H22	18H42
Latitude	36° 47 56	36 °47 196
longitude	03° 23 58	03° 29 189

Tableau 3: Données de la pêche N°2

Pêche N°2		
Date	Décembre 2019	
Zone	Mazafran (P2)	
Profondeur (m)	38	
	<u>Début</u>	<u>Fin</u>
Heure	8H09	8H48
Latitude	36° 43 293	36 °44 337
longitude	02° 46 209	02° 48 318

Tableau 4: Données de la pêche N°3

Pêche N°3		
Date	Décembre 2019	
Zone	Bérard (P3)	
Profondeur (m)	42	
	<u>Début</u>	<u>Fin</u>
Heure	7H40	8H20
Latitude	36° 34 894	36 °36 270
longitude	02° 30 966	02° 32 970

Tableau 5: Données de la pêche N°4

Pêche N°4		
Date	Décembre 2019	
Zone	Bou Ismail (P4)	
Profondeur (m)	45	
	<u>Début</u>	<u>Fin</u>
Heure	10H42	11H38
Latitude	36° 36 201	36 °36 390
longitude	02° 30 540	02° 33 840

II. Echantillonnage

Les espèces cibles (le rouget de vase (*Mullus barbatus*) et le poulpe (*Octopus vulgaris*) ont été destinés au dosage des métaux traces. Chaque pêche a été répartie comme suit (figure 4 ; 5) : Un échantillon (de 5 à 8 individus de rouget de vase) (de 2 à 4 individus de poulpe) pour l'analyse des métaux lourds a été conservé à -18°C à bord du navire.



Figure 4: Récupération de la pêche



Figure 5: Echantillons des espèces cibles

II.1- Espèces de poissons étudiées

II.1.1- Rouget de vase (*Mullus barbatus* Linnaeus, 1758)

Le Rouget de vase est une espèce de poisson marin de la famille des Mullidés, également appelé barbet ou Rouget de vase.

II.1.1.1- La morphologie du Rouget de vase :

Le Rouget de vase a un corps allongé, au profil assez plat, d'une taille moyenne de 5 à 30cm. Ces deux barbillons mentonniers blancs sont très caractéristiques, ils contiennent des organes tactiles, olfactifs et gustatifs. Ils sont aptes à détecter les parois dans la vase, le poisson peut alors les déterrer à grandes bouchées. La tête du Rouget est massive avec un profil abrupt busqué au droit des yeux. Il n'a pas de dents à la mâchoire supérieure, ni d'épines sur le bord de l'opercule. Ces joues possèdent trois grandes écailles, la plus petite, incolore, étant souvent arrachée. Ces écailles sont grandes et très caduques, sa ligne latérale est bien marquée. Il a deux nageoires dorsales bien séparées, la première étant incolore, à rayons épineux. La caudale n'a pas de stries (**Darby, 1992**). En général, il est de ton brunâtre, parfois rosé et plus clair sur le ventre. Cependant, sa coloration peut varier suivant l'environnement. (**Dieuzeid, 1959 ; Didier-laurent, 2012**).

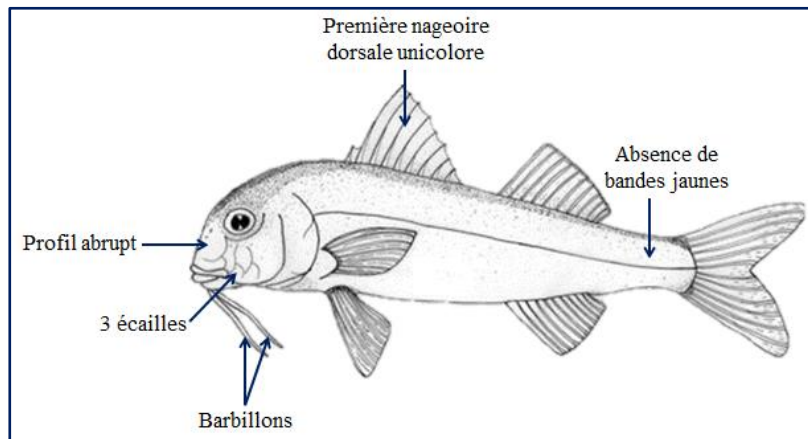


Figure 6: La morphologie du Rouget de vase (*Mullus barbatus*)

II.1.1.2- La biologie du Rouget de vase :

L'âge maximum (par lecture des otolithes à section mince des plus grands spécimens), estimé en années dans le stock permanent des sous régions : Island et le Sud de Sicile, exploitées est de 10 ans pour les femelles et 7 ans pour les mâles. Il est muni de barbillons tactiles lui servent à repérer sa nourriture en fouillant le fond. Il n'hésite pas le cas échéant à creuser des trous profonds. Il affectionne particulièrement toute vie animale ayant élu domicile dans le sable ou la vase (alevins, vers, invertébrés en tout genre...) (**Rizzo et al 2005**).

Le Rouget est un carnivore, se nourrissant principalement des petits crustacés, des polychètes et des mollusques bivalves. Les ophiuroïdes et les céphalopodes peuvent parfois être mangés (**Gharbi et Katri, 1979 ; Andaloro et Giarritta, 1985 ; Voliani 1999 ; Aguirre, 2000 ; Bautista, 2007**).

Comparée à d'autres espèces, la croissance du Rouget de vase paraît être lente. Il atteint le poids de 50 à 100 g à la 3^{ème} année de sa vie, la croissance des mâles est inférieure à celle des femelles, la relation taille-poids est fortement corrélée (**Suquet, 2001**).

II.1.2- Poulpe (*Octopus vulgaris*, Cuvier 1797)

Le poulpe est un mollusque Céphalopode également appelée *octopus vulgaris*. C'est une espèce néritique vivant sur des substrats rocheux ou sableux du plateau continental, dans des eaux comprises entre 7 et 25 °C (**Faraj 2006**).

II.1.2.1- La morphologie du poulpe :

Le corps est globuleux avec un manteau ovale. La tête est assez distincte et les yeux latéraux saillants. Les tentacules, disposées en couronne sont au nombre de huit: Chaque tentacule porte deux rangées de ventouses disposées ventralement. La troisième, située à droite est hectocotylisée, c'est le bras copulateur. La bouche, située sur la face ventrale, est munie d'un bec. La couleur est variable et communément marbrée de brun, de blanc et de beige, suivant le degré d'expansion des chromatophores (Salif W, 1994).

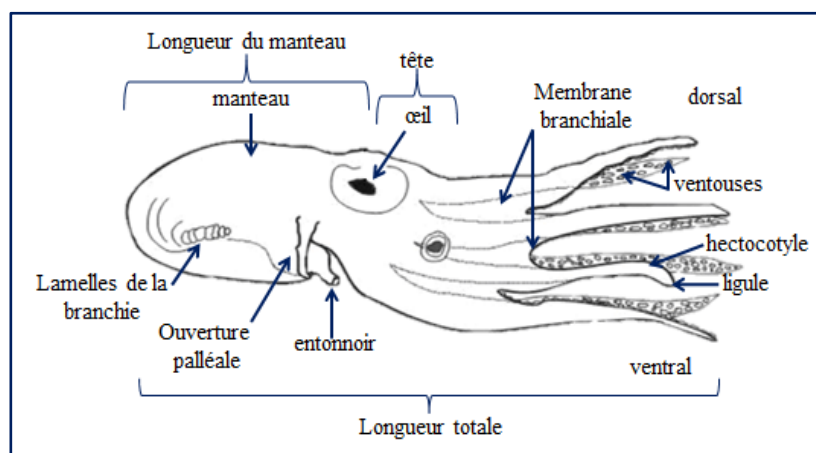


Figure 7: La morphologie du poulpe (*Octopus vulgaris*)

II.1.2.2- La biologie du poulpe :

Le poulpe se caractérise par un cycle biologique court. Il est connu par sa forte acuité visuelle et sa relative intelligence (la seconde du monde aquatique après celle des dauphins). La taille à la première maturité sexuelle serait de 8 cm (longueur de manteau) pour les mâles et de 12 à 13 cm pour les femelles. À 15 mois, les poulpes pèsent plus de 2 kg.

<http://www.fao.org/3/w9160f/w9160f27.pdf>

II.2- Préparation des échantillons

II.2.1- Dissection : La dissection a été réalisée au moyen d'une trousse de dissection, pour le rouget de vase, l'entier et la chair ont été récupérés ; pour le poulpe, en plus de la chair la glande digestive a été séparée (figure 8).

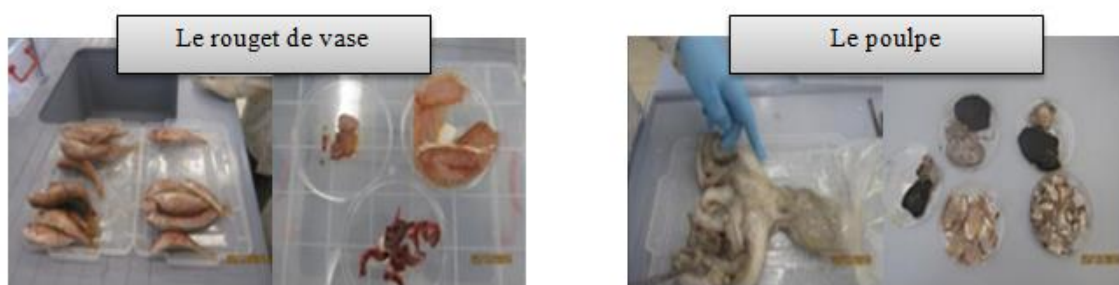


Figure 8: Opération de dissection

II.2.2- Lyophilisation : La lyophilisation a été réalisée au moyen d'un lyophilisateur de type CHRIST ALPHA (figure 9).



Figure 9: Lyophilisateur CHRIST ALPHA

II.2.3- Broyage et homogénéisation : Les échantillons lyophilisés ont été broyés à l'aide d'un broyeur automatique en acier inoxydable jusqu'à l'obtention d'une poudre fine. L'homogénéisation se fait avant minéralisation par agitation manuelle ou par un agitateur électrique pendant quelques minutes.

III. Digestion assistée par micro-onde

La minéralisation se fait moyennant un système de four à micro-onde fermé (type Milestone ETHOS ONE) (figure 10). Le rotor de ce four à micro-ondes contient dix réacteurs dans lesquels des creusets en téflon résistant sont insérés. Grâce à sa puissance non-pulsée, délivrée par deux magnétrons et modulable jusqu'à 1200 W, ce four à micro-onde pourrait atteindre

une température de 200 °C et une pression de 80 bars. Une option d'agitation magnétique permet en outre d'homogénéiser le milieu et souvent d'accélérer les réactions. En triplicata, on pèse environ 0,5 g de chaque espèce, on y ajoute 7 ml d' HNO_3 et 1 ml d' H_2O_2 dans des flacons en téflon, qui sont placés par la suite dans des réacteurs Milestone (**Savio et al. 2014**).

L'ensemble est placé dans le four à microonde. Après un cycle de chauffe complet 55 min. Les réacteurs sont alors retirés de la micro-onde avec précaution. Une fois refroidi, le volume de chaque flacon est récupéré dans une fiole jaugée et ajusté à 20 ml avec de l'eau ultra pure, ainsi les échantillons sont prêts pour être analysés.



Figure 10: Micro_Onde Milestone ETHOS ONE SK 10

IV. Analyse par Spectrométrie d'absorption atomique (SAA)

La spectrométrie d'absorption atomique est une méthode d'analyse quantitative basée sur le phénomène d'absorption du rayonnement électromagnétique UV-Visible par les vapeurs atomiques dans un domaine énergétique de l'ordre des transitions électroniques. Elle permet de doser une soixantaine d'éléments chimiques à l'état de traces (quelques mg/l).

IV.1- Principes de fonctionnement

Les techniques de spectroscopie d'absorption atomique(SAA) reposent sur le fait qu'un élément atomisé absorbera la lumière d'une longueur d'onde caractéristique, le faisant quitter l'état fondamental vers un état excité. La quantité d'énergie lumineuse absorbée est proportionnelle au nombre d'atomes analytes dans le trajet optique.

La technique est étalonnée en introduisant des concentrations connues d'atomes analytes dans le trajet optique et en faisant un graphique d'absorption par rapport à la concentration.

IV.2- Installation générale

Le dispositif expérimental utilisé en absorption atomique se compose de :

- La lampe à cathode creuse : Elle émet de la lumière pour l'élément d'intérêt.
- L'atomiseur : Convertit l'échantillon liquide en atomes libres qui absorbent l'énergie de la lampe.
- Le monochromateur : Sélectionne la longueur d'onde utilisée pour la mesure.
- Le détecteur : Mesure la lumière absorbée par les atomes libres.

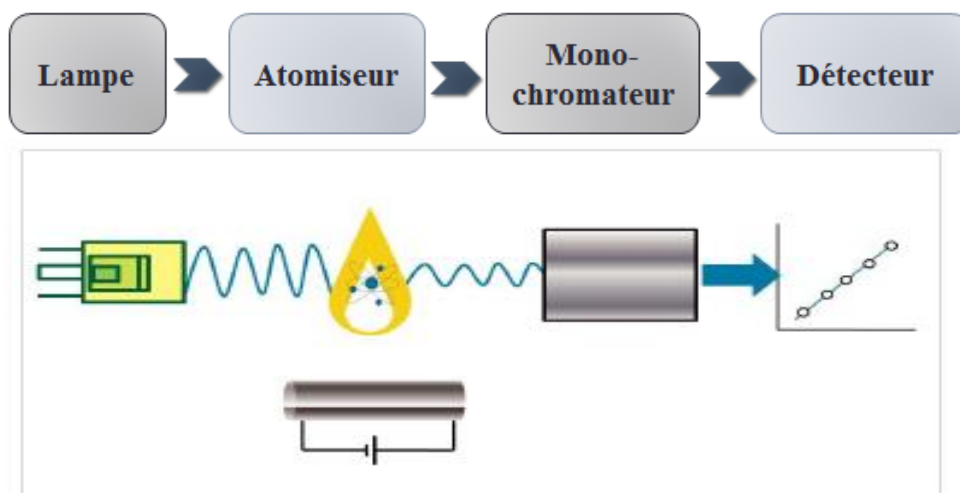


Figure 11 : Schéma d'un système de spectromètre d'Absorption Atomique (SAA)

Dans notre travail, Le dosage des métaux lourds s'est fait par spectrométrie d'absorption atomique à flamme et à four (ci-dessous les références).

IV.3- Méthode d'Absorption Atomique a Flamme

Equipement : Agilent AA 240 Fs spectromètre d'absorption atomique dédié Flamme a correction Deutérium.

Dans l'absorption atomique a flamme (SAAF), l'échantillon est préparé sous forme de liquide et nébulisé dans la flamme. La caractéristique fondamentale de cette technique est l'atomisation qui survient dans la flamme.

IV.4- Méthode d’Absorption Atomique a Four Graphite

Equipement : Agilent AA 240 Z spectromètre d’absorption atomique dédié four graphite, à correction Zeeman transversale pulsée, incluant le four graphite GTA 120.

Dans cette méthode l'échantillon est injecté dans un tube en graphite et chauffé électrothermiquement à différentes étapes pour atomiser l'analyte. Le tube en graphite est positionné dans la tête de four qui fournit un gaz inerte et une puissante tension pour chauffer le tube, qui désolvate puis atomise l'échantillon.

En absorption atomique four graphite (GFAA), l'atomisation a lieu en trois étapes:

- Séchage
- Décomposition
- Atomisation

Le fonctionnement du four graphite est une technique complémentaire à l'absorption atomique flamme conventionnelle et ajoute des avantages à l'analyse.

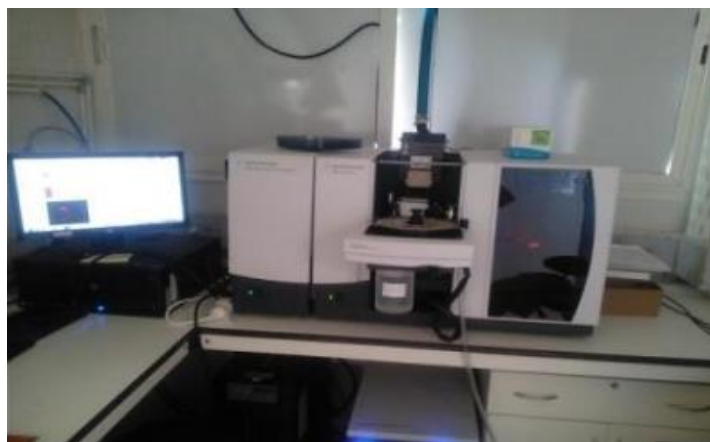


Figure 12: Spectromètre d’Absorption Atomique

- Les métaux analysés par SAAF sont (Fe, Cu, Pb et Zn).
- Les métaux analysés par GFAA sont (Ni, As et Cd).

V. Analyse statistique

Pour comparer les moyennes des ETM et déterminer les différences significatives entre les organes des espèces étudiés et les différents sites de pêches on a eu recours à l'analyse de la variance (ANOVA) à un et deux facteurs sur Excel 2013 ($p \leq 0,05$).

Chapitre III

Résultats et discussion

La teneur en éléments métalliques toxiques a été évaluée dans deux espèces marines, un poisson démersal *Mullus barbatus* communément appelé le rouget de vase et un céphalopode *Octopus vulgaris* communément appelé le poulpe, et ce, dans les quatre traits de pêche sous cités.

I. Comparaison de la distribution des concentrations en ETM dans le Rouget de vase

I.1- Distribution des ETM dans l'entier du rouget de vase

Les moyennes $\pm$ écart type des concentrations des ETM dans les individus de rouget de vase en entier (tous les organes confondus) sont résumées dans le tableau ci-dessus.

Tableau 6: Teneur moyenne des métaux traces dans l'entier du rouget de vase ($\mu\text{g/g}$)

Moyenne	Cu	Cd	Pb	As
P1E	0,4 $\pm$ 0,110	0,005 $\pm$ 0,004	0,11 $\pm$ 0,052	0,36 $\pm$ 0,029
P2E	2,1 $\pm$ 0,138	0,005 $\pm$ 0,002	0,17 $\pm$ 0,045	0,43 $\pm$ 0,068
P3E	3,4 $\pm$ 0,620	0,016 $\pm$ 0,009	0,18 $\pm$ 0,033	0,34 $\pm$ 0,062
P4E	1,8 $\pm$ 0,218	0,003 $\pm$ 0,002	0,05 $\pm$ 0,021	0,71 $\pm$ 0,035
NORME	0,5	0,05	0,3	0,1

Moyenne	Zn	Ni	Fe
P1E	37,32 $\pm$ 1,379	7,16 $\pm$ 1,493	182,48 $\pm$ 5,584
P2E	40,6 $\pm$ 2,033	5,84 $\pm$ 0,279	30,08 $\pm$ 1,254
P3E	42,2 $\pm$ 2,454	5,16 $\pm$ 0,233	92,48 $\pm$ 1,333
P4E	52,12 $\pm$ 3,666	5,12 $\pm$ 0,252	347,28 $\pm$ 6,627
NORME	30	0,5	800

N.B: les résultats en police rouge sont au-dessus de la norme

Norme tolérée par la réglementation algérienne.

Les analyses statistiques montrent que les résultats des teneurs en ETM sont significativement différentes ($p \leq 0.05$) entre les différents sites de pêche. Le site de Zemmouri présente une contamination au-dessus de la norme concernant trois éléments métalliques étudiés à l'échelle de trace à savoir l'arsenic, le zinc et le nickel avec respectivement $0.36 \mu\text{g/g}$, $37.32 \mu\text{g/g}$ et $7.16 \mu\text{g/g}$; tandis que les teneurs en cuivre, cadmium et le plomb ainsi que le fer sont inférieure à la dose maximale tolérée par la réglementation algérienne. Notons que ce site présente la concentration la plus élevée en nickel comparativement aux autres sites.

Les résultats issus des prélèvements du site Mazafran présentent une contamination au-dessus de la norme concernant quatre éléments métalliques à savoir le cuivre, l'arsenic, le zinc et le nickel avec respectivement $2.1 \mu\text{g/g}$, $0.43 \mu\text{g/g}$, $40.6 \mu\text{g/g}$ et $5.84 \mu\text{g/g}$; tandis que les teneurs en cadmium et le plomb ainsi que le fer sont inférieures à la dose maximale tolérée par la réglementation algérienne.

Les résultats issus des prélèvements du site Berrard présentent une contamination au-dessus de la norme concernant les mêmes quatre éléments métalliques que le précédent site à savoir le cuivre, l'arsenic, le zinc et le nickel avec respectivement $3.4 \mu\text{g/g}$, $0.34 \mu\text{g/g}$, $42.2 \mu\text{g/g}$ et $5.16 \mu\text{g/g}$. Tandis que les teneurs en cadmium et le plomb ainsi que le fer sont inférieures à la dose maximale tolérée par la réglementation algérienne. Notons que ce site présente la concentration la plus élevée en cuivre comparativement aux autres sites.

Les résultats issus des prélèvements du site de Bou Ismail présentent une contamination au-dessus de la norme concernant les mêmes quatre éléments métalliques que les deux précédant sites à savoir le cuivre, l'arsenic, le zinc et le nickel avec respectivement $1.8 \mu\text{g/g}$, $0.71 \mu\text{g/g}$, $52.12 \mu\text{g/g}$ et $5.12 \mu\text{g/g}$; tandis que les teneurs en cadmium, en plomb et en fer sont inférieures à la dose maximale tolérée par la réglementation Algérienne. Notons que ce site présente les concentrations les plus importantes en arsenic et zinc que les autres sites.

Ces résultats sont repris graphiquement sur la (figure 13).

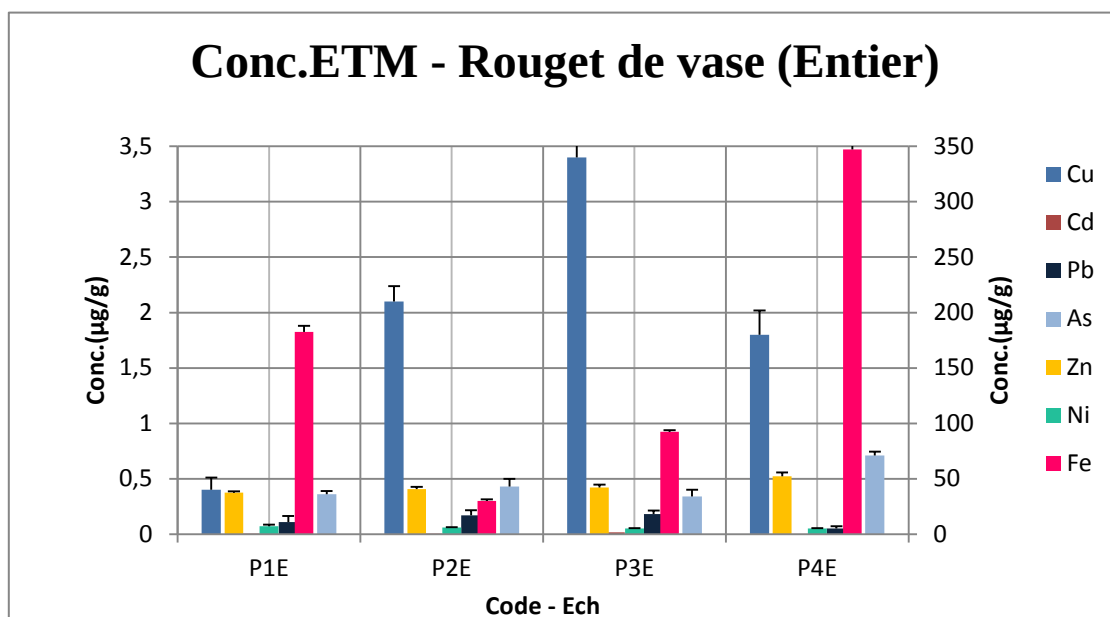


Figure 13 : Histogrammes des ETM dans les échantillons de rouget de vase (Entier)

I.2- Distribution des ETM dans la chair du rouget de vase

Les concentrations moyennes $\pm$ écart type, des ETM dans la chair du rouget de vase sont résumées dans le tableau ci-dessus.

Tableau 7: Teneur moyenne des métaux traces dans la chair du rouget de vase ($\mu\text{g/g}$)

Moyenne	Cu	Cd	Pb	As
P1C	1,52 $\pm$ 0,305	0,01 $\pm$ 0,003	0,06 $\pm$ 0,019	0,32 $\pm$ 0,048
P2C	2,12 $\pm$ 0,187	0,01 $\pm$ 0,004	0,11 $\pm$ 0,024	0,32 $\pm$ 0,076
P3C	1,04 $\pm$ 0,168	0,02 $\pm$ 0,003	0,08 $\pm$ 0,027	0,57 $\pm$ 0,057
P4C	0,72 $\pm$ 0,125	0,01 $\pm$ 0,005	0,14 $\pm$ 0,045	0,79 $\pm$ 0,118
NORME	0,5	0,05	0,3	0,1

Moyenne	Zn	Ni	Fe
P1C	48,2 $\pm$ 3,701	19,4 $\pm$ 1,386	78,48 $\pm$ 2,665
P2C	24,6 $\pm$ 2,694	21,8 $\pm$ 2,318	40,08 $\pm$ 1,564
P3C	17,0 $\pm$ 2,786	21,8 $\pm$ 1,989	28,56 $\pm$ 1,965
P4C	71,8 $\pm$ 2,745	8,8 $\pm$ 0,614	98,48 $\pm$ 1,992
NORME	30	0,5	800

Les concentrations des ETM dans la chair des échantillons de rouget de vase sont à quelques différences près semblables à celles trouvées dans le poisson entier. Les analyses statistiques montrent que les moyennes en ETM (Cu, As, Zn et Ni) sont significativement différentes ($p \leq 0.05$).

Ces résultats sont repris graphiquement sur la (figure 14).

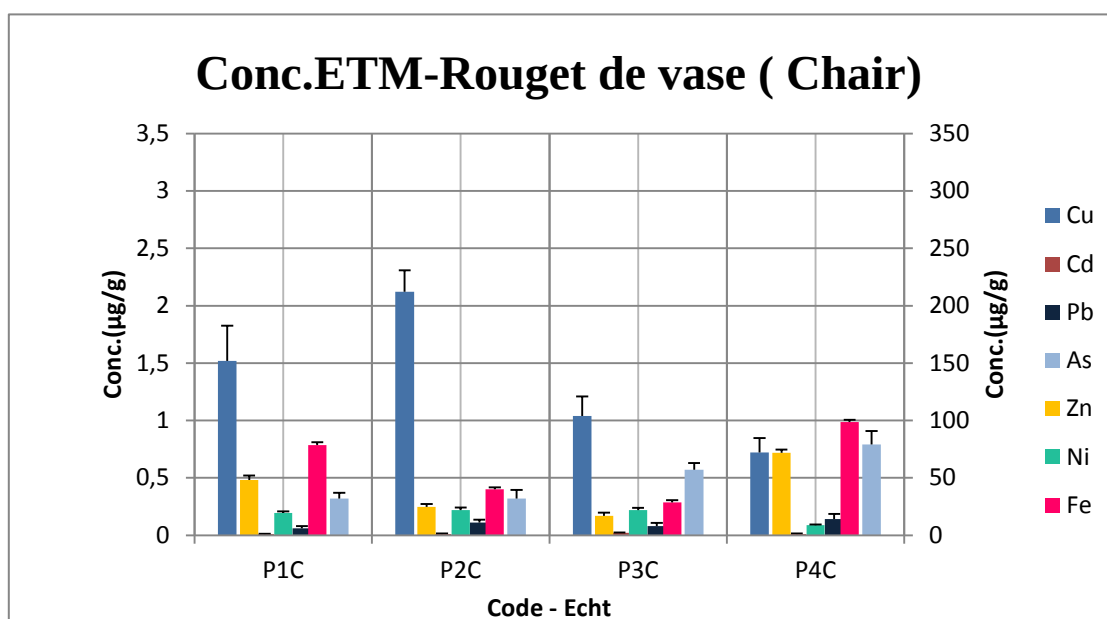


Figure 14 : Histogrammes des ETM dans les échantillons de rouget de vase (Chair)

II. Comparaison de la distribution des concentrations en ETM dans le poulpe

II.1- Distribution des ETM dans l'entier du poulpe

Les concentrations moyennes $\pm$ écart type des ETM dans l'entier du poulpe sont résumées dans le tableau ci-dessus.

Tableau 8: Teneurs moyennes des métaux traces dans l'entier du poulpe ($\mu\text{g/g}$)

Moyenne	Cu	Cd	Pb	As
P1E	0,88 $\pm$ 0,084	0,001 $\pm$ 0,001	0,19 $\pm$ 0,085	0,554 $\pm$ 0,009
P2E	1,52 $\pm$ 0,138	0,012 $\pm$ 0,001	0,157 $\pm$ 0,055	0,658 $\pm$ 0,041
P3E	0,8 $\pm$ 0,093	0,001 $\pm$ 0,000	0,163 $\pm$ 0,005	0,59 $\pm$ 0,086
P4E	1,24 $\pm$ 0,114	0,024 $\pm$ 0,009	0,048 $\pm$ 0,019	1,422 $\pm$ 0,064
NORME	0,5	0,05	0,3	0,1

Moyenne	Zn	Ni	Fe
P1E	53,8 $\pm$ 9,289	3,8 $\pm$ 0,494	332,88 $\pm$ 3,161
P2E	67,4 $\pm$ 4,219	9,72 $\pm$ 0,462	5,76 $\pm$ 0,510
P3E	82,6 $\pm$ 3,305	0,12 $\pm$ 0,036	19,32 $\pm$ 0,729
P4E	71,8 $\pm$ 1,691	10,6 $\pm$ 0,812	26,48 $\pm$ 0,748
NORME	30	0,5	800

Les résultats des analyses statistiques montrent une différence hautement significative entre les teneurs moyennes en ETM dans les différents sites, ces résultats montrent que le site de Zemmouri présente une contamination au-dessus de la norme concernant les éléments métalliques analysés à savoir le cuivre, l'arsenic, le zinc et le nickel avec respectivement 0,88 $\mu\text{g/g}$; 0,554 $\mu\text{g/g}$; 53,8 $\mu\text{g/g}$ et 3,8 $\mu\text{g/g}$. Tandis que les teneurs en cadmium, plomb et fer sont inférieures à la dose maximale tolérée par la réglementation Algérienne.

Les résultats issus des prélèvements du site de Mazafran présentent une contamination au-dessus de la norme concernant les quatre éléments métalliques à savoir le cuivre, l'arsenic, le zinc et le nickel avec respectivement 1,52 $\mu\text{g/g}$; 0,658 $\mu\text{g/g}$; 67,4 $\mu\text{g/g}$ et 9,72 $\mu\text{g/g}$. Tandis que les teneurs en cadmium, plomb et fer sont inférieures à la dose maximale tolérée par la réglementation Algérienne.

Les résultats issus des prélèvements du site de Bérard présentent une contamination au-dessus de la norme concernant cuivre, l'arsenic et le zinc avec respectivement $0,8\mu\text{g/g}$, $0,59\mu\text{g/g}$ et $82,6\mu\text{g/g}$. Tandis que les teneurs en cadmium et le plomb ainsi que le nickel et le fer sont inférieures à la dose maximale tolérée par la réglementation Algérienne.

Les résultats issus des prélèvements du site de Bou Ismail présentent une contamination au-dessus de la norme pour les quatre éléments métalliques avec des teneurs plus élevées en arsenic et nickel par rapport aux autres sites.

Ces résultats sont repris graphiquement sur la (figure 15).

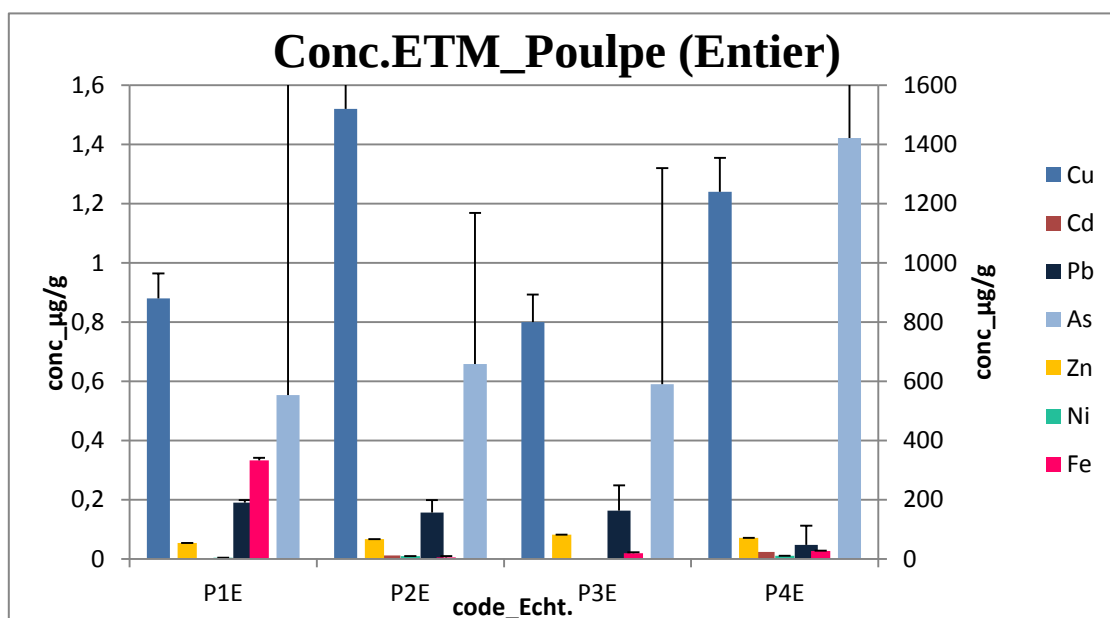


Figure 15: Histogrammes des métaux lourds dans les échantillons de poulpe (Entier)

II.2- Distribution des ETM dans la glande digestive du poulpe

Les concentrations moyennes $\pm$ écart type des ETM dans la glande digestive du poulpe sont résumées dans le tableau ci-dessus.

Tableau 9 : Teneur moyenne des métaux traces dans la glande digestive du poulpe ($\mu\text{g/g}$)

Moyenne	Cu	Cd	Pb	As
P1GD	1,04$\pm$0,095	0,001 $\pm$ 0,000	0,152$\pm$0,014	0,262$\pm$0,048
P2GD	0,4 $\pm$ 0,316	0,004 $\pm$ 0,002	0,053 $\pm$ 0,006	0,242$\pm$0,038
P3GD	0,48 $\pm$ 0,117	0,006$\pm$0,003	0,053 $\pm$ 0,008	0,811$\pm$0,023
P4GD	0,4 $\pm$ 0,076	0,004 $\pm$ 0,002	0,106 $\pm$ 0,004	0,592$\pm$0,009
NORME	0,5	0,05	0,3	0,1

Moyenne	Zn	Ni	Fe
P1GD	141,8$\pm$6,076	3,32 $\pm$ 0,218	1586,08$\pm$8,748
P2GD	137,8 $\pm$ 3,236	4 $\pm$ 0,124	775,96 $\pm$ 5,198
P3GD	139,8 $\pm$ 3,624	7,48$\pm$0,093	547,96 $\pm$ 6,733
P4GD	134,2 $\pm$ 3,214	4,8 $\pm$ 0,107	242,48 $\pm$ 1,982
NORME	30	0,5	800

Les résultats montrent une différence significative entre les différents sites sauf pour le Cd et Pb. En général, les concentrations des métaux traces dans la glande digestive des échantillons de poulpe sont supérieures à celles trouvées dans le poulpe entier et à la dose maximale tolérée par la réglementation Algérienne. Tandis que le cuivre et le fer représentent des concentrations élevées seulement dans le site de Zemmouri.

Au vu de ces données, la glande digestive paraît être un bon indicateur de l'exposition des poulpes aux contaminants métalliques (**BUSTAMANTE 2006**).

Ces résultats sont repris graphiquement sur la (figure 16).

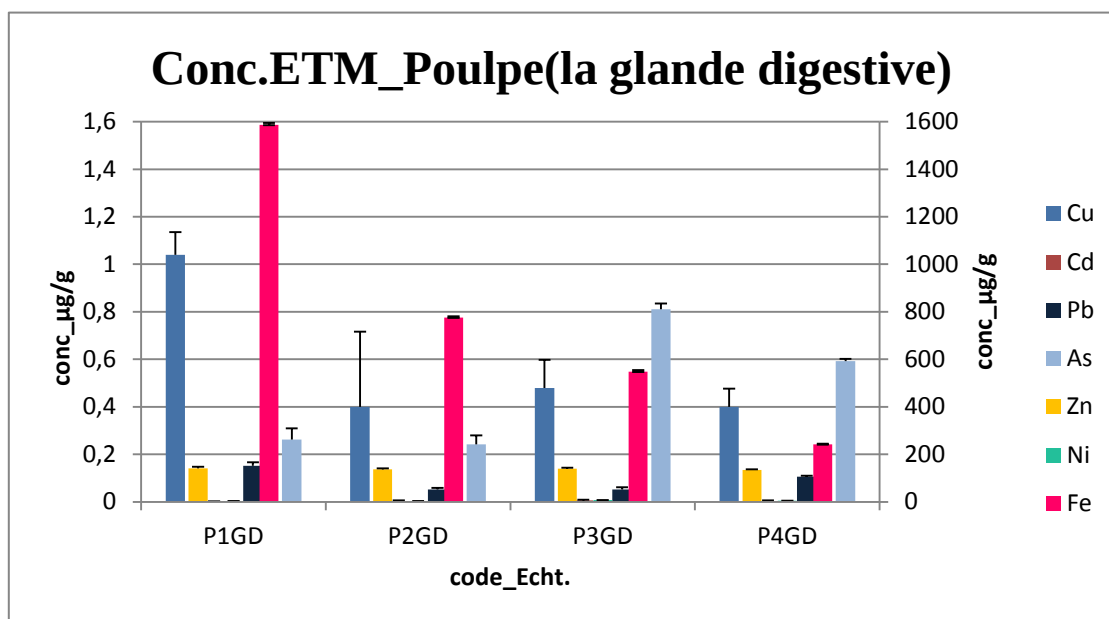


Figure 16: Histogrammes des métaux lourds dans les échantillons de poulpe (GD)

III. Comparaison des données obtenues entre les deux espèces marines

Les teneurs moyennes en ETM tels que cadmium (Cd), plomb (Pb) et Fer (Fe) dans les deux espèces marines (Rouget de vase et poulpe) dans les quatre site de pêche sont conformes sauf au niveau de la glande digestive du poulpe au site de Zemmouri , on remarque qu'il y a une contamination au-dessus de la norme concernant le fer qui est de 1586,08 µg/g supérieur à la dose maximale tolérée par la réglementation Algérienne 800 µg/g.

Toutefois, dans le cas de l'arsenic (As), élément relativement toxique, présente dans les deux espèces des valeurs supérieures à la limite permmissible rapportée par l'OMS/FAO (1995). Notons, que la teneur moyenne en ETM tels que le cuivre (Cu) le zinc (Zn) et le nickel (Ni), bien qu'ils soient considérés comme éléments nutritifs, ils restent supérieurs à la dose maximale tolérée par la réglementation Algérienne.

De ce fait, une comparaison est faite entre la moyenne des teneurs en ETM dans l'entier de chaque espèce dans les 4 régions. Les résultats obtenus sont exprimé dans le (tableau 10).

Tableau 10 : Tableau des concentrations moyenne en ETM dans l'entier des deux espèces

ETM	Cu	Cd	Pb	As	Zn	Ni	Fe
Moy P.E	1,11	0,0095	0,1395	0,806	68,9	6,06	96,11
Moy R.E	1,925	0,00725	0,1275	0,46	43,06	5,82	163,08

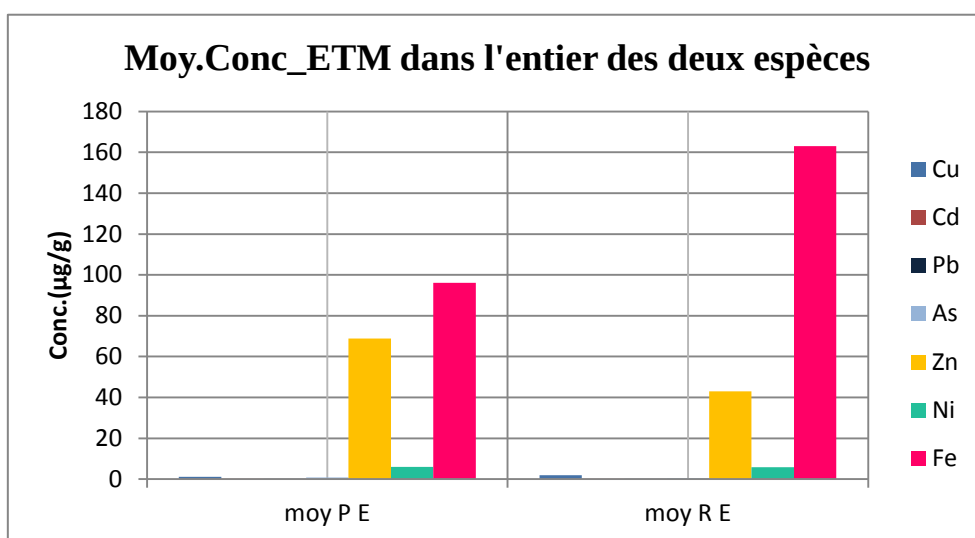


Figure 17 : Histogramme des concentrations moyennes en ETM dans l'entier des deux espèces

On comparant la moyenne des teneurs en ETM dans l'entier de chaque espèce dans les 4 régions, nous avons remarqué que les valeurs du (Cu) et (Fe) respectivement 1,925 µg/g et 163,08 µg/g dans l'espèce du rouget de vase sont supérieures à celle trouvée dans le poulpe.

En revanche les traces des autres métaux (Cd, Pb, As, Zn et Ni) avec respectivement 0,0095µg/g, 0,1395 µg/g, 0,806 µg/g, 68,9 µg/g et 6,06µg/g sont beaucoup plus accumulés dans l'espèce du poulpe.

Suite à cette étude, nous avons constaté que l'espèce du poulpe englobe la majorité des valeurs de concentration moyenne les plus élevées par rapport au rouget de vase.

Ce sont des résultats qui concordent avec toutes les études de bioaccumulation, faites au niveau du laboratoire L.R.S.E sur la même espèce (**Bensahla 2001**) et sur d'autres organismes marin (**Benguedda-Rahal 1993, Bouderbala 1997, Dermeche 1998, Haddou 2004, Belhoucine 2005, Benamar 2006, Borsali-Mrabet 2007, Benadda 2009, Ayad 2011, Bouhadiba 2011**). Ainsi que celle faite au niveau international sur *Mullus barbatus* (**Tepe, 2008, Findik et al 2011, Giannakopoulou 2014**).

Ces résultats ont révélé effectivement la présence de ces traces métalliques dans l'entier des poissons étudié, avec des taux très hétérogènes. La contamination la plus importante concerne relativement le fer et le zinc, néanmoins le (Fe) dans l'entier des deux espèces reste inférieure à la dose maximale tolérée par la réglementation Algérienne qui est de 800µg/g.

Donc le zinc est le plus présent dans les deux espèces, on remarque que la concentration moyenne en (Zn) dans le poule est la plus élevée par rapport au rouget de vase qui dépasse la valeur maximale tolérée par la réglementation Algérienne qui est de 30µg/g.

Cependant, il est considéré comme un élément nutritif donc un métal non toxique ; qui toutefois à de forte concentrations peut engendrer des dérèglements physiologiques à l'organisme.

Conclusion générale

Au terme de notre étude dont l'objectif principal était :

D'évaluer la pollution marine par la quantification de quelque ETM dans deux espèces marines un poisson démersal *Mullus barbatus* (le rouget de vase) et un céphalopode *Octopus vulgaris* (le poulpe).

Nous avons choisis le rouget de vase car ce poisson est de ce fait recommandé comme un très bon bio indicateur de la qualité du milieu marin. De la même pour le poulpe le choix de cette espèce est intéressant par ce qu'elle est bio-indicatrice. Elle présente aussi l'intérêt d'être un important filtreur d'eau et donc susceptible d'accumuler d'importantes quantités de polluants contenus dans l'eau de mer.

Les résultats obtenus après l'analyse de nos échantillons, nous permettent de conclure que :

Parmi les ETM qu'on a analysés (Cu, Cd, Pb, As, Zn, Ni et Fe) pour les deux espèces on a trouvé les métaux Cu, As, Zn et Ni ont été au-dessus de la norme et supérieurs à la dose maximale tolérée par la réglementation Algérienne d'une façon répétitive chez le rouget de vase et le poulpe dans les quatre sites d'échantillonnage. Suite à la comparaison des entiers des deux espèces les concentrations des ETM les plus élevés sont celle du fer et cuivre pour le rouget de vase ; par contre on a trouvé des valeurs élevées du zinc et le nickel chez le poulpe.

Concernant les résultats remarquables après l'analyse effectuée sur la chair du rouget de vase on a trouvé des valeurs hétérogènes de la concentration des ETM, spécialement les concentrations moyennes du nickel et le fer qui représentent des valeurs très élevées presque deux fois par rapport à l'entier ; cependant les valeurs moyennes du zinc et de l'arsenic trouvés dans la glande digestive du poulpe sont supérieurs à celle de l'entier presque le double et une valeur remarquable du fer qui est presque huit fois à celle de l'entier, car généralement les poulpes et les calamars semblent accumuler toute leur vie certains métaux dans les glandes digestives (**RAIMUNDO 2005**). Les taux mesurés dans ces organes sont supérieurs à ceux mesurés dans la chair.

D'après ces résultats d'analyse, l'étude dénote une contamination plus importante chez le poulpe. Dans l'ensemble, notre étude nous a permis de mettre en évidence la présence effective des métaux lourds dans les organismes aquatiques et donc d'évaluer la contamination des différents quatre sites étudiés.

Références bibliographiques

Adams, S.M; 2002. Biological indicators of aquatic ecosystem stress. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.621p.

Ahsan H, Perrin M, Rahman A, Parvez F, Stute M, Zheng Y, Milton AH, Brandt-Rauf P,van Geen A, Graziano J (2000) Associations between drinking water and urinary

Alloway, B.J et Ayres, D.C ; 1997. Chemical principles of Environmental Pollution. Blackie Academic and profesional, an imprint of Chapman and Hall, London, 394pp.

Alloway, B.J et Ayres, D.C; 1997. Chemical principles of Environmental pollution. Blackie Academic and profesional, an imprint of Chapman and Hall, London, 394p.

Amiard-Triquet C., Burgeot T., Claisse D., 1999. La surveillance de la qualité du milieu marin : l'expérience du Réseau national d'observation (RNO) et le développement de biomarqueurs. Océanis, vol. 25 n°4,p.651-684.

arsenic levels and skin lesions in Bangladesh. *J Occup Environ Med* 42:1195–1201

Atikessé, L ; 2010. Le profil de contamination alimentaire et les effets d'une multi-exposition environnementale à faibles niveaux de contaminants chez les INNUS de Sheshatshiu. Université du Québec à Montréal.

Ayad F., 2001. Etude de la pollution métallique par trois métaux lourds (Cd, Pb, Zn) dans les organes (Foie, muscle, gonades) chez le sar *Diplodus sargus* (L. 1758) pêché dans la baie d'Oran. Mémoire de magister, université d'Oran. 136p.

Belhoucine F., 2005. Contamination du merlu *Merluccius* (L. 1758) par trois métaux lourds (Cd, Pb, Zn) pêché dans la baie d'Oran. Mémoire de magister, université d'Oran, 110p+annexes.

Ben Bouih, H., H. Nassali, M. Leblans et A. Srhiri; 2005. Contamination en métaux traces des sédiments du lac Fouarat (Maroc). *Afrique Science*, 1(1) :109-125.

Benadda H., 2009. Evaluation de la pollution marine par trois métaux lourds (Cd, Pb, Zn), sur un poisson pélagique, la saurel (*trachurus* L. 1758) : pêché dans la baie d'Oran. Mémoire de magister, université d'Oran. 76p.

Benamar N., 2006. Evaluation de la pollution marine par trois éléments en trace métallique (Cd, Pb, Zn) sur un poisson pélagique, l'allache *Sardinella aurita* (Valencienne, 1847) pêché dans la baie d'Oran. Mémoire de magister, université d'Oran, 197p.

Benguedda-Rahal W., 1993. Contribution à l'étude de quelque polluants métalliques chez la moule *Perna perna* et le rouget *Mullus surmuletus* dans la partie occidentale du golf d'Arzew. Mémoire de magister en océanographie biologique, 108p.

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

Bentata Keddar.I; 2015. Evaluation de la contamination métallique par trois métaux traces (Cd, Ni et Zn) du rouget de vase *Mullus barbatus* (L. 1758) pêché au niveau de la côte occidentale algérienne. Mémoire de magister, université d'Oran, 122 p.

Biney C., Amuzu A.T., Calamari D., Kaba N., Mbome I.L., Naeve H.Ochumba O., Osibanjo O., Radegonde V. et Saad M.A.H; 1995. Revue de la pollution dans l'environnement aquatique africain : Etude des métaux lourds. Archives de documents de la FAO, Département de pêches. Rome.

Bisson M, La Rocca, Houeix (2010) INERIS - arsenic.

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. Rev.Inter. Océ anog. Med. Tome XXX : 37p.

Blaise G, Vanhooteghem O, De La Brassinne M (2007) L'arsenic en 2006: actualisation

Borsali-Mrabet S., 2007. Contamination du rouget de roche (*Mullus surmuletus* L.1758) dans les organes (foie, muscle et gonades), par trois métaux lourds pêché dans la baie d'Oran. Mémoire de magister, université d'Oran, 197p.

Bouderbala M., 1997. Etat actuel de la pollution par les métaux lourds et son impact sur les cétacés dans le bassin algérien. Mémoire de magister, université d'Oran, 138p.

Bouhadiba S., 2011. Evaluation de la concentration des quatre métaux lourds (Pb, Cd, Cu, Zn) chez le mulot (*Mugil cephalus* L.1758) pêché dans les baies d'Oran et de Béni Saf. Mémoire de magister, université d'Oran, 125p.

Bouhadiba S; 2011. Evaluation de la concentration des quatre métaux lourds (Pb, Cd, Cu, Zn) chez le mulot (*Mugil cephalus* L. 1758) pêché dans les baies d'Oran et Béni Saf. Mémoire de magister, université d'Oran, 125 p.

Boulkarh H; 2008. Etude comparative de l'absorption des ions plomb sur différents absorbants. Thèse de doctorat : pollution chimique et environnemental : université du 20 Août 1955 de Skikda ; 140p.

Boutiba Z; 2004. Guide de l'environnement marin, Edit : DAR EL GHARB : 273p.

Bustamante, P., et al; 2003. Distribution of trace elements in the tissues of benthic and pelagic fish from the Kerguelen Islands. *Science of the total environment*, 313(1): p. 25-39.

BUSTAMANTE, P1. BERTRAND, M. BOUCAUD-CAMOU E, MIRAMAND, P.2006. Subcellular distribution of Ag, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Pb and Zn in the digestive gland of the common cuttlefish *Sepia officinalis*. *Journal of Shellfish Research*, 2006, 25(3), 987-993.

C.S.H.P.F; 1996. Plomb, cadmium, et mercure dans l'alimentation : évaluation et gestion du risque. Ministère du Travail et des Affaires Sociales. Direction Générale de la santé. Lavoisier Tec-Doc, Section de l'alimentation et de la nutrition Paris.

Canli M. and Altı G; 2003. The relationships between heavy metal (Cd, Pb, Cu, Fe, Zn, Cr) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environmental pollution*. 121 p. 129-136.

Canli, M.&Altı, G; 2002. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species, *Environmental pollution*, 121: 129-136.

Canli, M., M. Kalay, and O. Ay; 2001. Metal (Cd, Pb, Cu, Fe, Zn, Cr, Ni) Concentrations in tissues of a Fish *Sardina pilchardus* and a Prawn *Penaeus japonicus* from three Stations on the Mediterranean Sea. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 67: p. 75-82.

Carpene, E., Vasak, M; 1989. Hepatic Metallothionein from Goldfish (*Carassius auratus*). *Comparative Biochemistry and Physiology*. 92B: p. 463-468.

CASAS, Stello; 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. 2005,314p.

d'intoxication volontaire à l'arsenic. *Annales Françaises d'Anesthésie et de*

Darly B; 1992. Poissons des côtes algériennes. INES Agronomie de Tizi Ouzou- office des publications Universitaires Alger, 56p.

Demeche S., 1998. Teneur en métaux lourds Cd, Pb, Cu, Zn et Ni chez l'Oursin commun paracentrotus lividus (Lamarck, 1816) pêché dans le golf d'Arzew. Mémoire de magister, université d'Oran, 125p.

des sources d'intoxication. In: *Annales de dermatologie et de vénéréologie*. Elsevier

Diabetes: A Meta-Analysis. *Biomed Res Int*. doi: 10.1155/2015/368087

Dieuzeid R., Novella M. ; Roland j; 1959. Catalogue des poissons des côtes Algérienne. Imprimerie officielle de la délégation générale du gouvernement en Algérie. Vol II, p : 294-297.

Dueñas-Laita A, Pérez-Miranda M, González-López MA, Martín-Escudero JC, Ruiz-

Fakayode, S.O; 2005. Impact assessment of industrial effluent on water quality of the receiving Alaro River in Ibadan, Nigeria. *AJEAM-RAGEE*, 10 : 1-13.

Faraj A., Manchih K., Bensbai J. 2006. Diagnostic de la pêche poulpière: Indicateurs et évaluation de stock pour l'année 2006 b. INRH. 47p.

Fergusson, J.E ; 1990. The heavy elements : chemistry, environmental impact and health effects, 1. Pergamon press, Oxford, 614p.

Findik O., çiçek E., 2011. Metal concentrations in two bioindicator fish species, *Merlangius* , *Mullus barbatus*, captured from the west black sea coasts (Bartin) of Turkey. *Bull Environ Contam Toxicol* 87:399-403.

Forstner U ; Wittmann G.T.W ; 1983. Metal pollution in Aquatic Environment. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 486.

Fowler .S, W; 1982. Biological transfert and process. In: Pollution transfert and transport in the sea. Kullenberg G.Ed. CRC press Boca Rolan. 478p.

Friedrich, A.R., Filice,F.P., 1976 _ Uptake and accumulation of the nickel ion by *Mytilus edulis*´ Bulletin of Environmental contamination and toxicology; vol 16, nf 6, p 750-755

Gaujous D; 1993. La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire.Technique et documentation, Edition Lavoisier, Paris.

Gharbi H. et Ktari M. H ; 1979 - Régime alimentaire des rougets (*Mullus barbatus* Linnaeus., 1758 et *Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758) de golfe de Tunis- Bull- Inst- Nat – Scitech. Océanogr. Pêche Salammbô., 6 :41-52Ppp.

Giannakopoulou L., Neofitou C., 2014. Heavy metal concentrations in *Mullus barbatus* and *Pagellus erythrinus* in relation to body size, gender, and seasonality. Environ. Sci. Pollut. Res. 14p.

Givica-Perez et al., 2001 Deliberate, repeated self-administration of metallic mercury injection: Case report and review of the literature

Goeury D; 2014. La pollution marine, in Woessner Raymond (dir), Mers et océans. Paris, 1p.

Goullé J-P in Kintz P (1998) *Toxicologie et pharmacologie médicolégales*. Elsevier

Grosman M Le mercure des amalgames dentaires : Quels risques pour la santé et

Haddou A., 2004. Impact de la contamination marine par trois métaux lourds (Cd, Pb, Zn) sur un mollusque la seiche (*Sepia officinalis* L.1758) pêché dans baie d’Oran. Mémoire de magister, université d’Oran, 109p.

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.

<http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/cas/7440-38-2>. Accessed 22 Aug 2016

I.A.R.C; 1994. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Beryllium, Cadmium, Mercury, and Exposures in the Glass Manufacturing Industry: Lyon, France.

IBGE ; 2002. Les données de l'IBGE : "Interface Santé et Environnement".Intoxication aux métaux lourds : Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement / Observatoire des Données de l'Environnement.

INRS Document pour la médecine du travail, le risque mercuriel dans les cabinets dentaires : histoire ancienne ou futur proche ?, numéro 93, 1^{er} trimestre

JICA , MATET, ONNED;2008. Compte rendu du séminaire conjoint Algérie Japon pour une gestion efficace de l'Environnement. Alger, du 21 au 22 avril 2008,102 p.

Katemo, Manda B., G. Colinet, L. André, A. Chocha Manda, J.-P. Marquet et J.-C. Micha; 2010. Évaluation de la contamination de la chaîne trophique par les éléments traces (Cu, Co, Zn, Pb, Cd, U, V et As) dans le bassin de la Lufira supérieure (Katanga/RD Congo) ; *Tropicultura*, 28, 4, pp. 246–252. l'environnement? Quels enjeux financiers ? Montpellier, 2000.

Lagarde F. 2002. Qualité des eaux littorales terrestres et marines de la baie de SaintBrieuc : bilan et propositions de suivis complémentaires. DESS Environnement : sols, eaux continentales et marines. Univ. Caen, 94 p+annexes.

Le Goff F et Bonnomet V; 2004. Devenir et comportement des métaux dans l'eau : biodisponibilité et modèles BLM «Biotic Ligand Models ». Rapport technique, INERIS DRC-03-46822-FLg/JL-03.0693, 87 p.

Liu J, Lu Y, Wu Q, Goyer RA, Waalkes MP (2008) Mineral arsenicals in traditional

Llobet, J.M., et al; 2003. Concentrations of arsenic, cadmium, mercury, and lead in common foods and estimated daily intake by children, adolescents, adults, and seniors of Catalonia, Spain. *J Agric Food Chem.* 51(3): p. 838-42.

Mambrilla M, Blanco-Varela J (2005) Acute arsenic poisoning. *The Lancet* 365:1982

Masson Masson, pp 402–404 medicines: orpiment, realgar, and arsenolite. *J Pharmacol Exp Ther* 326:363–368

Miquel G Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport du

Miquel M; 2001. Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport Office Parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. Rapport Sénat n° 261, 360p.

Monna F; 2008. Cycles biogéochimique des éléments traces métalliques aux interfaces de l'environnement. Thèse de doctorat: Sciences de la terre et de l'environnement: université de Bourgogne : 181p.

Ogindo, B. A; 2001. Heavy Metal Pollutants and their Concentrations in Fish (Barbus Species) in Sosiani River, Kenya. *discov. Innov.*, 13 (3/4), pp. 178-197.

Pain D ; 1991. L'intoxication saturnisme de l'avifaune. Une synthèse de travaux français. *Gibier faune sauvage*. Vol 8, 79-92.

PICHARD, A ; 2003. *Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances*

PICOT André ; 2002. Expert européen de toxicologie. Le trio mercure, plomb, cadmium. Les métaux lourds : de grands toxiques.

Plumlee, G.S et Ziegler, T.L;2003. The medical geochemistry of dust, soils and other earth materials. In: B.S. Lollar (Ed), *Environmental Geochemistry. Treatise on Geochemistry*. Elsevier-Pergamon, Oxford, pp. 264-310.

RAIMUNDO ,J. PEREIRA, P. VALE, C. CAETANO, M. 2005. Fe, Zn, Cu and Cd concentration in the digestive gland and muscle tissues of *Octopus vulgaris* and *Spiaofficinalis* from two coastal areas in Portugal. *Cienc mar*, 2005, 31 (1B). 243- 264.

Ramade, F ;1992.« Biogéochimie et écologie des eaux continentales et littorales » p55.

Ratnaike RN (2003) Acute and chronic arsenic toxicity. *Postgraduate medical journal*

Réanimation 31:928–929

Report EFSA Scientific Colloquium 6, 13-14 July 2006. Risk-benefit analysis of foods: methods and approaches. Tabiano (province of Parma), Italy.

Ribeyre, F., et Boudou, A ; 1989. Trophic chains and experimental ecosystems: study of bioaccumulation and transfer processes. *Aquatic Ecotoxicology Fundamental Concepts and Methodologies*. CRC Press, Boca Raton, FL. 1: 3-46.

Rizzo P; Gancitano S; Badalucco C et Fiorentino F; 2005. Age, estimation from « hand structures » of exploited marine organisms: experiences gathered, procedures adopted and maximum age estimated in the CNR centre of Mazara del vallo-in : Med Sud med Rapport of the workshop on standardization of fish Age determination Based on otolith samples in the Med project Area, Mazara del vallo, Italy, 13-17 December 2004, Med Sud technical documents. N°, 9. GCP/RER/ITA/MSM-TD-09, Mazara del vallo, 2005 : 29-38pp.

Salif W; 1994. Contribution à l'étude de la qualité bactériologique du poulpe congelai (*Octopus vulgaris*) produit au Sénégal. Thèse pour obtenir le grade de docteur vétérinaire. Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar.

Salomon A, Detave M, Fievet A, Ammirati C, Dupont H (2012) À propos d'un cas

Satarug, S. and M.R. Moore;2004. Adverse health effects of chronic exposure to low-level cadmium in foodstuffs and cigarette smoke. *Environ Health Perspect*, 2004. 112: p. 1099-1103.

Schuurmann G; Markert B; 1998. Ecotoxicology, Ecological Fundamentals, Chemical Exposure, and Biological Effects. John Wiley & Sons Inc. and Spektrum Akademischer Verlag, 900.sénat. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et

Sorokin, 1972 in Aoumeur, 1990. Evaluation de la contamination métallique dans trois organes (foie, gonades et muscles) du Rouget de roche (*Mullus surmuletus* L. 1758) par quatre métaux lourds (Zn, Cu, Cd, Pb) : pêché dans la baie d'Oran. Mémoire de doctora, université d'Oran. 23p.

Storelli, M.M; 2008. Potential human health risks from metals (Hg, Cd, and Pb) and polychlorinated biphenyls (PCBs) via seafood consumption: Estimation of target hazard quotients (THQs) and toxic equivalents (TEQs). *Food and Chemical Toxicology*. 46: p. 2782–2788.

Sung T-C, Huang J-W, Guo H-R (2015) Association between Arsenic Exposure and

Suquet M. et Person-le Ruyet J. 2001 - Les rouget barbets (*Mullus Barbatulus*, *Mullus Surmuletus*)- Biologie, pêche, marche et potentiel aquacole. Ifremer: 47p. technologiques 2001 ; p. 9-83, 2001

Tepe Y., Turkmen M. Turkmen A., 2008. Assement of heavy metals in two commercial fish species of four Turkish seas. Environ Monit. Assess. 146:277-284.

Usero, J., et al; 2003. Heavy metals in fish (*Solea vulgaris*, *Anguilla anguilla* and *Liza aurata*) from salt marshes on the southern Atlantic coast of Spain. Environ. Int. 29: p. 949–956.

WU, Q., J.H. MAGNUS, and J.G. HENTZ;2009. Urinary cadmium, osteopenia, and osteoporosis in the US population. Osteoporos Int.

www.hyperactif.net/images/PDE_Le_mercure_des_amalgames_dentaires_Melet_JJ.doc

Zoller, W.H; 1984. Anthropogenic perturbations of metal fluxes into the atmosphere. Dans changing metal cycles and human health, édité par J.O. Nriagu. Dahlem Konferenzen. Berlin, Springer, pp 27-34.

Webographie

A.N.S.E.S. 2012; Available from: <http://www.afssa.fr/ET/PPNA948.htm>.

<http://www.fao.org/3/w9160f/w9160f27.pdf>

https://www.notre-planete.info/environnement/metaux_lourds.php