

République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل
Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



**Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master et d'Ingénieur d'état en
Science de la Mer**

Option : Biotechnologie marine

Thème :

**Estimation de la teneur en mercure, métaux lourds et qualité
microbiologique de quelques espèces de poissons dans la
région Algéroise, effets potentiels santé-environnement.**

Présenté par :

HADDAG Katia

Soutenu le 28/09/2022, devant le jury composé de :

M.LAOUADJ A.	Maître de conférence B	(ENSSMAL)	Président
M. KADA M.	Maître assistant A	(ENSSMAL)	Promoteur
Mme. BAROUDI F.	Pharmacienne toxicologue	(CNT)	Co-Promotrice
Mme. ALOUACHE S.	Maître de conférence A	(ENSSMAL)	Examinatrice
M. BOUGHRIRA A.	Maître assistant A	(ENSSMAL)	Examineur
M. CHENNIT Y.	Ingénieur d'état en génie biologie	(DGSN)	Invité

Année universitaire : 2021/2022

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A la mémoire de ma mère et mes grands-parents, que Dieu garde leurs âmes dans son vaste paradis.

A mon père qui m'a encouragé à aller de l'avant et à qui je dois ce que je suis. Que dieu te protège.

A mes chers frères, ma sœur et ma belle-sœur pour leur dévouement, leur compréhension et leur grande tendresse, qui en plus de m'avoir encouragé tout le long de mes études m'ont permis d'arriver jusqu'à ici car ils ont toujours cru en moi.

A toute ma famille pour l'amour et le respect qu'ils m'ont toujours accordé.

A toutes mes amies et collègues en particulier : Ikram, Oumaima et Assia qui m'ont toujours soutenue et encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire, en leur espérant bonne continuation dans leurs travaux.

A tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de mon travail.

Remerciements

Je remercie Dieu le clément miséricordieux pour m'avoir donné la volonté et le courage et la santé pour arriver à terminer mes études et réaliser ce modeste travail.

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde reconnaissance, mes plus sincères remerciements et ma gratitude à mon encadreur **Monsieur KADA**, Maître-Assistant à l'ENSSMAL, pour m'avoir encadré et dirigé ce travail avec une grande rigueur scientifique.

Je tiens à adresser mes plus vifs remerciements de reconnaissance et ma profonde gratitude à ma co-promotrice **Madame BAROUDI**, Pharmacienne toxicologue au Centre National de Toxicologie. Pour sa disponibilité, sa patience, son aide, son soutien, ses précieuses remarques et orientations, l'attention et le temps qu'elle m'a accordées, m'a permis de réaliser ce travail dans les meilleures conditions. Grand MERCI

J'adresse mes plus sincères remerciements à **Monsieur LAOUADJ**, Maître de conférence B à L'ENSSMAL de m'avoir fait l'honneur de présider le jury de mon travail. Qu'elle trouve ici l'expression de ma plus profonde gratitude et mes plus vifs remerciements.

Je tiens également à remercier **Monsieur BOUGHRIRA**, Maître Assistant à L'ENSSMAL qui m'a fait l'honneur de participer à ce jury et juger mon travail. Je le remercie aussi pour son aide précieuse et j'exprime mes profonds respects, mes sincères remerciements et toute ma considération.

Je remercie également **Madame ALOUACHE**, Maître de conférence à L'ENSSMAL pour l'honneur qu'elle m'a fait d'examiner mon travail. Qu'elle trouve ici l'expression de mes vifs remerciements et mes sincères respects.

Mes remerciements vont à **Monsieur CHENNIT**, Ingénieur d'état en génie biologie à la DGSN pour son aide, ses explications et ses interventions et de m'avoir permis d'effectuer les analyses au sein de son laboratoire.

Je remercie très profondément tout le personnel des laboratoires de Centre National de Toxicologie et le laboratoire de bactériologie des aliments et des eaux et de l'environnement, Institut Pasteur, où j'ai réalisé mon travail. Pour avoir mis à ma disposition tous les moyens nécessaires pour réaliser mes analyses, pour leur encouragement afin de terminer le travail malgré la durée courte du stage.

Liste des acronymes

ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire.

As : Arsenic.

API : Appareillage et Procédé Identification

B : Bore

Cr : Chrome

Cu : Cuivre

Cd : Cadmium

CE : Communauté Européenne

CMS : Concentration Maximale Sécurité.

CNT : Centre National de Toxicologie.

CV –AAS : Spectrophotométrie d’Absorption Atomique en Vapeur Froide.

CV-AFS : Spectrophotométrie à Fluorescence en Vapeur Froide.

DGSN : Direction Générale de Sureté Nationale.

DHTP : Dose Hebdomadaire Tolérable Provisoire.

D.M.A : Dose Maximale Admissible.

ETM : Elément Trace Métallique.

FAO : Organisation des Nations Unis pour Alimentation.

Fe : Fer.

FIMS : Système d’Injection de Flux de Mercure.

FMAT : Flore Mésophile Aérobie totale

GF-SAA : Spectrophotométrie Absorption Atomique Four Graphite.

HAP : Hydrocarbure Aromatique Polycyclique.

Hg : Mercure.

HNO₃ : Acide Nitrique.

H₂O₂ : Peroxyde d’Hydrogène.

JECFA : Comité d’Experts sur Additifs Alimentaires.

KMnO₄ : Permanganate de potassium.

LD : Limite de détection.

LQ : Limite de Quantification.

M.P.R.H : Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques.

Mn : Manganèse.

MSRV : Rappaport Vassiliadis Semi solide Modifié.

MKTTn : Muller Kauffmann Terathimate novobiocine.

Pb : Plomb.

pH : Potentiel d'Hydrogène.

PCA : Plate Count Agar, Gélose pour comptage sur plaque.

Pc : Poids Corporel Individuel.

R² : Coefficient de détermination.

SAA : Spectrophotométrie Absorption Atomique.

Sn : Etain.

SnCl₂ : Chlorure Stanneux.

UFC : Unité Formatrice de Colonie.

VRBL : Gélose au cristal Violet, au Rouge Neutre à la Bile et au Lactose.

Gélose XLD : Gélose Xylose Lysine desoxycholate.

Zn : Zinc.

Liste des tableaux

Tableau 1: Analyse nutritionnelle moyenne de 100g de sardine	7
Tableau 2: Analyse nutritionnelle moyenne de 100g du Rouget-barbet de roche	10
Tableau 3: Analyse nutritionnelle moyenne de 100g du Pageot commun	13
Tableau 4: Coordonnées géographiques et profondeur de pêche des échantillons de poisson dans les zones de pêche (Alger et Cherchell).....	32
Tableau 5 : La moyenne des tailles et poids des trois espèces de poissons	34
Tableau 6: Composition de la gamme matrice (Eau de mer synthétique) dans un litre d'eau distillé.	48
Tableau 7: Gammes d'étalonnages des analytes (Hg, Pb, Cd, Zn et Cu), pour l'analyse des poissons.	49
Tableau 8 : Gammes d'étalonnages des analytes (Hg, Pb, Cd, Zn et Cu), pour l'analyse d'eau de mer.....	49
Tableau 9: La performance analytique de GF-SAA.....	50
Tableau 10: Résultat de dénombrement de la flore aérobie à 30°C.	54
Tableau 11: Résultats de dénombrement des coliformes thermotolérants.....	55
Tableau 12: Les résultats dénombrement des staphylocoques à coagulase positive.....	57
Tableau 13: Les résultats de recherche et d'identification de la Salmonelle.	57
Tableau 14: Tableau récapitulatif de la qualité microbiologique globale des trois échantillons de poissons.	58
Tableau 15: Facteurs de bioconcentration (FBC) calculés pour chacun métaux pour les trois espèces de poissons.	59
Tableau 16: Tableau comparatif entre les teneurs du Zinc et du Cuivre dans la chair de poissons avec les doses maximales admissibles recommandées par la FAO.	60
Tableau 17: Tableau comparatif entre les teneurs du Cadmium, Mercure et du Plomb dans la chair de poissons avec les seuils limites réglementaires algérienne.....	61
Tableau 18: Résultats des teneurs globales en Hg, Pb, Cd, Zn et Cu de la sardine, le rouget de roche et le pageot (en µg/g de poids frais).	62
Tableau 19: Comparaison des teneurs métalliques au niveau des différents organes des trois espèces de poissons étudiées avec les données bibliographique de la côte Algérienne.....	66

Liste des figures

Figure 1: La sardine commune	5
Figure 2: Le rouget barbet de roche	8
Figure 3: Le pageot commun	11
Figure 4: Cycle biogéochimique simplifié du cadmium et des principaux processus d'échange dissous-particulaire.....	15
Figure 5: Schéma simplifié du cycle du Plomb.....	17
Figure 6: Principales voie de transformation chimiques et biologiques du mercure dans l'environnement	18
Figure 7: Cycle biogéochimique du mercure et les principaux processus de transformation.....	19
Figure 8: Bioaccumulation, bioamplification et bioconcentration des contaminants chimiques par les organismes en mer	23
Figure 9: Représentation des points d'échantillonnages de la sardine et le rouget de roche sur une carte de la baie d'Alger (ArcGIS version 10.6.1).....	3
Figure 10: Représentation des points d'échantillonnages du Pageot commun sur une carte de la baie Bousmail et Cherchell (ArcGIS version 10.6.1).....	4
Figure 11 : Mesure de la taille et du poids des espèces de poissons.	34
Figure 12: Schéma illustratif de la recherche des germes aérobie à 30°C par la technique d'ensemencement en profondeur avec La gélose pour dénombrement (PCA).	36
Figure 13: Schéma illustratif de la recherche et dénombrement des coliformes thermotolérants par la méthode de double couche sur la gélose VRBL.....	37
Figure 14: Schéma illustratif de la recherche et dénombrement des staphylocoques à coagulase positive dans la gélose de Baird-Parker.....	38
Figure 15: Résultats d'un test catalase.	39
Figure 16: Schéma illustratif de la recherche et dénombrement de Salmonelle sur gélose XLD. ...	42
Figure 17: Schéma de la confirmation biochimique de Salmonelle sur la galerie API 20E	43
Figure 18: Dissection des poissons et prélèvements de la chair et les organes dans des piluliers..	44
Figure 19 : Diagramme illustratif de la procédure de minéralisation par four microonde de la chair de poisson.	46
Figure 20: Diagramme illustratif de la procédure de minéralisation par étuve du foie de poisson.	47
Figure 21: Résultat de dénombrement de la flore aérobie à 30°C (en UFC/g de chair).	55
Figure 22: Résultats de dénombrement des coliformes thermotolérants (en UFC/g de chair).	56
Figure 23 : Variations des concentrations des métaux lourds analysés dans les trois espèces de poissons (en µg/g de poids frais).	62

Table des matières

Introduction	1
Chapitre I : Généralités	4
I. Surveillance du milieu marin.....	4
I.1. Bioindicateur : définition, concept et propriétés.....	4
II. Présentation des poissons ciblées	5
II.1. La sardine commune « <i>Sardina pilchardus</i> »	5
II.1.1. Description de l'espèce.....	5
II.1.2. Position taxonomique	5
II.1.3. Caractéristiques distinctives	6
II.1.4. Biologie : régime alimentaire, reproduction et croissance	6
II.1.5. Distribution géographique et habitat	6
II.1.6. Intérêts nutritionnels	6
II.2. Le rouget barbet de roche « <i>Mullus surmuletus</i> ».....	7
II.2.1. Description de l'espèce.....	7
II.2.2. Classification taxonomique	8
II.2.3. Caractéristiques distinctives	8
II.2.4. Biologie : régime alimentaire, reproduction et croissance	9
II.2.5. Distribution géographique et habitat	9
II.2.6. Intérêts nutritionnels	9
II.3. Le pageot commun « <i>Pagellus erythrinus</i> »	10
II.3.1. Description de l'espèce.....	10
II.3.2. Position taxonomique	11
II.3.3. Caractéristiques distinctives	11
II.3.4. Biologie : régime alimentaire, reproduction et croissance	12
II.3.5. Distribution géographique et habitat	12
II.3.6. Intérêts nutritionnels	12
III. Les métaux lourds ciblés	13
III.1. Définition et classification	13
III.2. Le Cadmium	14
III.2.1. Propriétés physico-chimiques	14
III.2.2. Propriétés biologiques.....	14
III.2.3. Cycle et source d'exposition.....	14
III.2.4. Utilisations	15
III.3. Le Plomb.....	16
III.3.1. Propriétés physico-chimiques	16

III.3.2.	Propriétés biologiques.....	16
III.3.3.	Cycle et source d'exposition.....	16
III.3.4.	Utilisations	17
III.4.	Le Mercure.....	18
III.4.1.	Propriétés physico-chimiques	18
III.4.2.	Propriétés biologiques.....	18
III.4.3.	Cycle et source d'exposition.....	18
III.4.4.	Utilisations	19
III.5.	Le Zinc.....	20
III.5.1.	Propriétés physico-chimiques	20
III.5.2.	Propriétés biologiques.....	20
III.5.3.	Utilisations	20
III.6.	Le Cuivre	21
III.6.1.	Propriétés physico-chimiques	21
III.6.2.	Propriétés biologiques.....	21
III.6.3.	Utilisations	21
III.7.	Bioaccumulation des métaux lourds dans les organismes marins	22
III.7.1.	L'assimilation	22
III.7.2.	La bioaccumulation par l'individu, ou bioconcentration	22
III.7.3.	La bioaccumulation entre individus, ou bioamplification	22
III.8.	Variabilité de la bioaccumulation des métaux lourds chez les poissons	23
IV.	La qualité microbiologique des poissons.....	26
IV.1.	Contamination endogène ou primaire.....	26
IV.1.1.	Germes typiquement aquatiques	26
IV.1.2.	Germes d'origine tellurique	26
IV.1.3.	Germes de contamination d'origine humaine ou animale	26
IV.2.	Contamination exogène ou secondaire	27
IV.2.1.	Salmonelle	27
IV.2.2.	<i>Staphylococcus</i> présumés pathogènes	27
IV.2.3.	Coliformes thermotolérants (CTT) à 44°C	28
IV.2.4.	La flore mésophile aérobie totale.....	29
	Chapitre II : Matériel et méthodes	31
I.	Conditionnement du matériel	31
II.	Site d'étude et points d'échantillonnage.....	31
II.2.	Points d'échantillonnages	31
III.	Préparation des échantillons de poissons	34
IV.	Analyse de la qualité microbiologique des poissons	34

IV.1.	Préparation de la suspension mère et des dilutions décimales (ISO 6887-3 :2017)	35
IV.2.	Recherche et dénombrement de la flore aérobie totale à 30°C (ISO 4833-1 :2013)	35
IV.3.	Recherche et dénombrement des coliformes thermotolérant (NF V08-060).....	36
IV.4.	Recherche et dénombrement des staphylocoques à coagulase positive (ISO 6888-1 :1999)	37
IV.4.1.	Test de catalase	38
IV.4.2.	Test oxydase	39
IV.4.3.	Recherche de la coagulase	40
IV.5.	Recherche et dénombrement des salmonelles (Norme ISO 6579-1 :2017).....	41
IV.5.1.	Pré enrichissement non sélectif.....	41
IV.5.2.	Enrichissement sélectif	41
IV.5.3.	Isolement.....	41
IV.5.4.	Confirmation biochimique	42
V.	Analyse métallique	44
V.1.	Préparation des échantillons pour la recherche d'élément de trace métallique	44
V.2.	La minéralisation	45
V.2.1.	Minéralisation par four à micro-ondes	45
V.2.2.	Minéralisation des échantillons par l'étuve.....	46
V.3.	Préparation de l'eau de mer pour la recherche d'élément de trace métallique	48
V.4.	Dosage des contaminants métalliques étudiés (Hg, Pb, Cd, Zn, Cu).....	48
V.4.1.	Préparation des gammes d'étalonnages	48
V.4.2.	Préparation des standards de validation.....	49
V.4.3.	La Spectrophotométrie d'Absorption Atomique (SAA)	49
V.4.4.	Analyse par Spectroscopie d'Absorption Atomique a four graphite (GF-SAA).....	50
V.4.5.	Analyse par Spectroscopie d'Absorption Atomique, formation de vapeurs froides .	51
V.4.6.	Expressions des résultats de concentrations des ETM dans l'organisme	51
V.5.	Le facteur de bioconcentration.....	52
V.6.	Evaluation des risques des éléments de trace métalliques sur la santé de l'homme.....	52
Chapitre III : Résultats et discussion		54
I.	Résultats d'analyse de qualité microbiologique des poissons	54
I.1.	Flore aérobie à 30°C	54
I.2.	Coliformes thermotolérants à 44°C (CTT)	55
I.3.	Staphylocoques à coagulase positive	56
I.4.	Recherche de Salmonelle	57
I.5.	Qualité microbiologique globale des poissons	58
II.	Résultat d'analyse d'éléments de trace métalliques dans l'eau de mer et le facteur de bioconcentration	59
III.	Résultat d'analyse d'éléments de trace métalliques chez les poissons.....	60

III.1. Qualité de la chair de poissons analysés	60
III.1.1. Teneur en oligoéléments	60
III.1.2. Teneur en métaux toxiques	61
III.2. Les teneurs globales des éléments de traces métalliques.....	62
IV. Résultats obtenus pour le risque des métaux lourds sur la santé de l’homme.....	67
Conclusion	70
Références bibliographiques	62
<i>Annexes</i>	62

Introduction

Introduction

Le poisson est un aliment connu pour sa valeur nutritive, c'est pour cela sa consommation mondiale ne cesse d'augmenter (**Ouabdesselam et al.,2020**). Il est considéré comme une source importante de nutriments essentiels (**Ghaly et al., 2013**).

La composition particulière de la chair de poisson, sa richesse en protéines hautement digestibles, en minéraux notamment en phosphore et en iode, en vitamines en particulier la vitamine D, et en acides gras polyinsaturés de la série (n-3), tels que l'acide eicosapentaénoïque (EPA) et l'acide docosahexaénoïque (DHA), en font un aliment aux caractéristiques nutritionnelles uniques parmi les produits d'origine animale (**Bendadeche ,2012**).

Toutefois, l'environnement aquatique est le réceptacle des rejets industrielles et des eaux usées rejetées en mer sans traitement, ils constituent les principales sources de contamination des poissons par des agents chimiques dont les métaux lourds, physiques et biologiques qui peuvent contrecarrer leurs effets bénéfiques et risquent de porter atteinte à la santé humaine (**Mehouel ,2020**).

Les bactéries et virus rencontrés sur la plupart des plages de baignade algériennes engendrent de grands risques aux baigneurs et aux consommateurs de fruits de mer et des poissons : diarrhées, vomissements, maladies cutanées et respiratoires, gastro-entérites, dysenteries, hépatites (**Benadda, 2019**).

La contamination par les métaux lourds est considérée comme un problème sérieux compte tenu de leur toxicité et de leur pouvoir cumulatif dans la chaîne trophique. Ainsi l'évaluation du niveau de contamination métallique dans les organismes marins permet de rendre compte de la qualité de ces zones côtières (**Nakib, 2010**). Les intoxications aux métaux lourds les plus importantes et les plus graves qu'a connus le monde ont souvent été liées à la consommation de poisson, ce dernier peut contenir des concentrations élevées en métaux lourds, souvent en quantités supérieures aux limites autorisées (**Mehouel ,2016**).

De nombreuses études ont été développées en Algérie pour l'évaluation quantitative et qualitative de différents polluants minéraux et organiques, bioaccumulés chez certains organismes marins provenant de plusieurs sites de la côte algérienne. Certaines ont révélées des concentrations extrêmement élevées en métaux lourds (Hg, Cd, Pb, Fe, Zn, Cu, Mn, Ni, Mg), composés organochlorés (PCB et Pesticides chlorés) et hydrocarbures polycycliques aromatiques (chrysène, phénanthrène), dépassant souvent les normes tolérées et les seuils références (**Benguedda- Rahal, 1993; Benguedda- Rahal et al., 1994 a, b; Bouderbala et Boutiba , 1997; Merbouh , 1998 ; Taleb et Boutiba, 1999 ; Bachir Bouiadjra et al., 2000; Begoug et Touarsi, 2000; Aoudjit, 2001; Bensahla- Talet, 2001 ; Belhoucine, 2005; Benamar, 2005;**

Introduction

Benghali ,2006 ; Borsali, 2007 et 2015, Sahnoun, 2009; Benadda, 2009 ;Belabed, 2010 ; Dermeche ,2010 ;Boukhelf, 2012 ; Rouane, 2013 ; Benmoussa ,2014 ;Benali, 2015 ; Sahbaoui,2015 ; Guendouzi et Boudjellal, 2016; Bouayed ,2016 ;Mehouel ,2016 ;Mansouri et Khenache ,2016 ;Guendouzi *et al*, 2017 ; Tekouk et Hama,2018 ; Benadda, 2019 ; Attaf ,2020 ;Mehouel 2020 ,Arrousi et Bounab ,2021).

L'objectif de cette étude est l'évaluation de la qualité bactériologique en déterminant la flore de contamination qui sont la flore aérobie totale, les coliformes thermotolérants, les salmonelles et les staphylocoques présumés pathogène d'une part. Et d'autre part, la détermination des teneurs de quelques métaux lourds dans le tissu musculaire, le foie et les gonades ,chez trois espèces de poissons : la sardine qui représente l'espèce la plus pêchée et consommée par la population algérienne, le rouget de roche et le pageot commun en vue de leurs disponibilité et l'importance commerciale, au niveau de la région Algéroise .Afin , d'estimer les risques sanitaires encourus par le consommateur en se rapportant à des valeurs de références nationales et internationales.

Les métaux lourds ciblés sont divisés en deux catégories : le Plomb, le Cadmium et le Mercure sont les plus problématiques dans l'environnement en vue de leurs capacités à s'accumuler dans la chaîne alimentaire, leur toxicité peut poser des problèmes sanitaires. Contrairement aux trois premiers le Zinc et le Cuivre à faible dose, sont indispensables à divers organismes vivants et ne deviennent toxiques qu'au-delà d'un certain seuil.

Le manuscrit comporte une synthèse bibliographique qui fait le tour de la question, une étude expérimentale illustrant les différentes techniques utilisées, les résultats obtenus et leur discussion et enfin une conclusion et perspectives d'avenir.

Chapitre I :

Généralités

Chapitre I : Généralités

I. Surveillance du milieu marin

Les méthodes d'évaluation de la qualité de l'environnement marin reposaient exclusivement sur des mesures de paramètres chimiques de l'eau et des sédiments, cependant ces méthodes traditionnelles basées sur les caractéristiques chimiques des écosystèmes ne permettent pas de mesurer l'impact des contaminants chimiques (substances bioaccumulables de nature hydrophobe ; métaux, HAP, PCB, insecticides chlorés) sur les différents organismes, populations et communautés peuplant un milieu donné.

D'autres méthodes utilisant les paramètres biologiques, physiques et biochimiques des organismes vivants, sont venues combler les lacunes inhérentes aux analyses strictement chimiques.

Certaines espèces sont plus sensibles que d'autres et nécessitent des conditions particulières pour se maintenir dans leur milieu naturel. De telles espèces sont appelées indicateurs biologiques (ou indicateurs écologiques) en raison de leur capacité à caractériser l'état d'un écosystème soumis à un stress environnemental, ainsi qu'à permettre de détecter des changements significatifs pouvant survenir à l'intérieur de ce même écosystème (**Bélanger, 2009**).

I.1. Bioindicateur : définition, concept et propriétés

Un bioindicateur c'est un indicateur biologique peut être un individu, une partie d'individu ou même une communauté d'individus renfermant de l'information sur la qualité des ressources vivantes commerciales côtières, vis-à-vis des diverses pollutions (**Ifremer, 2012**).

Ils sont utilisés par des agences gouvernementales afin d'établir des paramètres légaux pour certaines variables environnementales et d'assurer un suivi de la qualité de l'environnement (**Bélanger, 2009**).

Les propriétés d'un bioindicateur (ou espèce indicatrice), doivent être les suivantes :

- Une espèce indicatrice doit être représentative du milieu où elle vit.
- Une espèce indicatrice doit montrer des variations quantitatives et qualitatives représentatives des changements du milieu où elle vit.
- Une espèce indicatrice doit être représentative des espèces commercialisées pour le consommateur final : elle doit donc être une espèce commerciale.

Les indicateurs biologiques les plus connus, et employés chez les vertébrés et/ou invertébrés sont essentiellement les poissons, le plus souvent benthique, plus ou moins sédentaire représentatif des pollutions entraînées au fond de la mer, ainsi que, les bivalves, les algues (Laminaires, ou Fucus), et les phanérogames marines.

Sur le plan microbiologique, on distingue les coliformes fécaux, les streptocoques et les salmonelles comme indices de contamination urbaine (Ifremer, 2012).

II. Présentation des poissons ciblées

II.1. La sardine commune « *Sardina pilchardus* »

II.1.1. Description de l'espèce

La sardine a un corps fusiforme, les écailles sont très caduques. Le dos est verdâtre, les flancs argentés sont ornés d'une série de taches noires sur la partie supérieure. La carène ventrale est peu développée. Les mâchoires sont subégales et l'opercule montre des stries osseuses rayonnantes. La sardine ne possède pas de nageoire adipeuse. Les deux derniers rayons de la nageoire anale sont plus allongés que les autres (Fisher *et al.*, 1987).

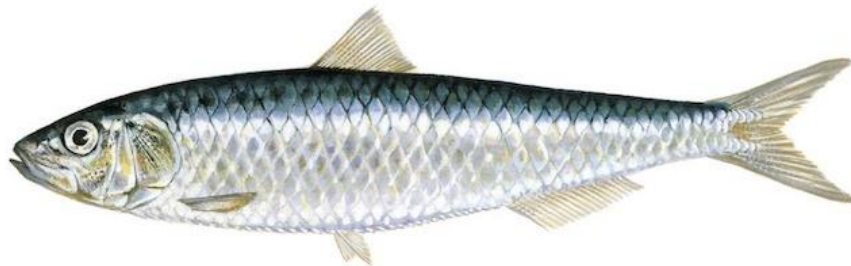


Figure 1: La sardine commune (Adapté par Gervais et Boulart, 1877).

II.1.2. Position taxonomique

La position taxonomique est donnée ci-dessous :

Règne : Animale

Embranchement : Chordés

Sous-embranchement : Vertébrés

Superclasse : Ostéichthyens

Classe : Actinoptérygiens

Sous-classe : Néoptérygiens

Infra-classe : Téléostéens

Superordre : Clupeomorpha

Ordre : Clupéiformes

Famille : Clupéidés

Genre : *Sardina*

Espèce : *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792)

II.1.3. Caractéristiques distinctives

Sardina pilchardus est un poisson d'une vingtaine de centimètres avec des flancs argentés et un ventre relativement clair et brillant. Son dos de couleur vert émeraude, parfois bleu turquoise, présente des irisations ainsi que des taches sombres, le long de la ligne latérale, qui ne sont pas toujours visibles sous l'eau.

Les nageoires pectorales sont basses, les nageoires pelviennes implantées en arrière de l'origine de l'unique nageoire dorsale, les deux derniers rayons de la nageoire anale plus longs que les autres. (Berramdane et Kaddouri, 2021).

II.1.4. Biologie : régime alimentaire, reproduction et croissance

La sardine est planctophage. Les larves et juvéniles se nourrissent de phytoplancton, d'œufs, de larves et de petits crustacés alors que les adultes se nourrissent essentiellement de crustacés planctoniques et de larves de crabes et d'ophiures. Ce n'est pas un filtreur comme les autres Clupéidés mais il chasse des proies individuelles (Guenane, 2018).

C'est une espèce gonochorique, sa reproduction se fait par fécondation externe, la période de ponte entre le mois de Septembre et Juin. En Méditerranée, l'espèce fraie de septembre à juin, avec un pic en automne. La sardine est caractérisée par une croissance rapide, pendant son cycle de croissance, la taille de la sardine peut atteindre 27 cm dont 90% sont aperçus durant la première année (Benguendouz, 2018).

II.1.5. Distribution géographique et habitat

Sardina pilchardus est un petit pélagique côtier vivant en bancs denses, elle est présente dans l'Atlantique Est depuis l'Islande et la Mer du Nord jusqu'aux côtes sénégalaises, en Méditerranée surtout dans le bassin occidental, dans l'Adriatique, dans la Mer de Marmara et dans la Mer Noire. En Méditerranée, la sardine se trouve tout le long de la bordure Nord des bassins occidental et oriental, des côtes espagnoles jusqu'au sud de la Turquie, en mer Égée et en mer Noire. (Guenane, 2018).

II.1.6. Intérêts nutritionnels

Comme tous les poissons, la sardine possède une très bonne valeur nutritionnelle remarquable en raison de sa richesse en lipides et en acides gras de la famille ω -3 (20 à 30 % des acides gras totaux) (Tableau 01). Elle est également l'une des espèces de poisson les plus riches en protéines (autour de 20 % de la composition totale du filet).

Avec toutes ces qualités, la sardine est un aliment hypocalorique pouvant être intégré dans la plupart des régimes alimentaires, elle a ainsi été classée parmi les 11 espèces de poisson possédant les meilleures recommandations nutritionnelles par la société américaine du cœur (American Heart Association).

Les autres espèces étant le maquereau, le hareng de l'Atlantique et du Pacifique, la truite de rivière, le saumon de l'Atlantique, le saumon royal, le saumon rouge, l'anchois et la morue noire (Hattou,2016; Benguendouz, 2018).

Tableau 1:Analyse nutritionnelle moyenne de 100g de sardine (CIQUAL,2020).

Constituants	Teneur moyenne par 100 g de sardine
Energie	163 Kcal
Protéines	19,5 g
Lipides	9,48 g
Sucre	0 g
Acides gras/saturés	2, 4g
Acides mono/insaturés	1,2 g
Acides poly/insaturés	3,25 g
Cholestérol	78,9 mg
Minéraux	
Cuivre	0,41 mg
Zinc	1,5 mg
Phosphore	280 mg
Magnésium	36 mg
Calcium	57,5 mg
Sodium	101 mg
Fer	1,61 mg
Chlorure	130 mg
Iode	26,8 mg
Vitamines	
Vitamine A	28 µg
Vitamine D	14 µg
Vitamine B1	0,038 mg
Vitamine B2	0,23 mg
Vitamine PP ou B3	7,56 mg
Vitamine B12	8 ,6 µg
Vitamine E	0,28 mg

II.2. Le rouget barbet de roche « *Mullus surmuletus* »

II.2.1. Description de l'espèce

Le rouget de roche est un poisson de petite taille de 10 à 25 cm avec un corps légèrement comprimé, œil situé près du profil dorsal, cette espèce est caractérisée par une tête haute et courte a profil dorsal régulièrement convexe avec deux longs barbillons épais sous le menton. La bouche n'atteint pas le niveau antérieur du bord de l'œil. La mâchoire supérieure est sans dent contrairement à la voûte de la bouche. La première nageoire dorsale est petite à 7 ou 8 épines, la seconde nageoire à 1 épine et 7 ou 8 rayons mous.

La coloration du dos et des flancs va de rougeâtre à rouge écarlate. Trois bandes jaunes horizontales sont visibles au niveau inférieur des flancs (**Fischer, et al., 1987**)

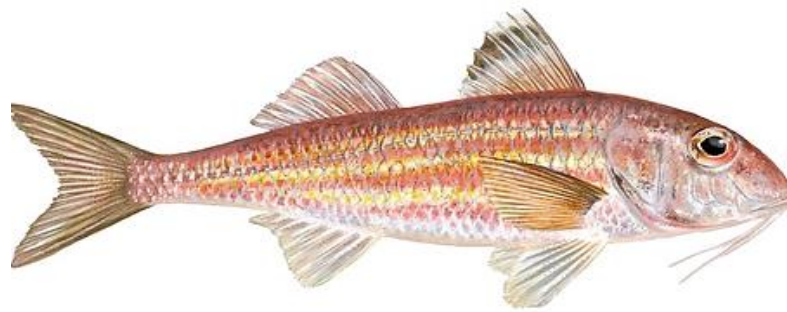


Figure 2:Le rouget barbet de roche (**Source : Scandposters**).

II.2.2. Classification taxonomique

La taxonomie du rouget barbet de roche est donnée comme suit :

Règne : Animale

Embranchement : Chordés

Sous-embranchement : Vertébrés

Super-classe : Ostéichtyens

Classe : Actinoptérygiens

Sous-classe : Néoptérygiens

Infra-classe : Téléostéens

Superordre : Acanthoptérygien

Ordre : Perciformes

Sous-ordre : Percoïdes

Famille : Mullidae

Genre : *Mullus*

Espèce : *Mullus surmuletus* (**Linnaeus, 1758**)

II.2.3. Caractéristiques distinctives

Le rouget barbet de roche (*Mullus surmuletus*) est très proche du rouget barbet de vase (*Mullus barbatus*) Il existe trois critères principaux de différenciation entre ces deux espèces (**Mahé et al., 2005**) :

- *M.surmuletus* se caractérise par la présence de bandes jaunes sur les flancs Et de rayures foncées sur la première nageoire dorsale et de 3 écailles sous l'œil.
- Une tête haute et courte avec deux longs barbillons sous le menton.
- La ligne latérale foncée et le corps allongé.

II.2.4. Biologie : régime alimentaire, reproduction et croissance

Le rouget de roche est carnivore, et euryphage dont les proies principales sont endogées ou épigée ; son régime alimentaire varie en fonction de la taille du poisson. Les rougets barbets de roche en grandissant fouilleraient de plus en plus le sédiment avec leurs barbillons mentonniers (**Hassani et Smail, 2010**).

M.surmuletus est une espèce gonochorique. La période de reproduction chez les rougets est relativement courte et se situerait entre mai et juin en Méditerranée, en Algérie elle se situerait entre avril et juillet. Le rouget barbet de roche pond à la fin du printemps au large. La période de ponte est comprise entre le mois d'avril et le mois de juillet. Sa croissance est généralement très rapide dès la première année, de l'ordre de 13cm. Il existe un dimorphisme sexuel en faveur des femelles, La croissance est rapide durant les 2 premières années et relativement similaire entre les deux sexes (**Djiby, 2009**).

II.2.5. Distribution géographique et habitat

Le rouget barbet de roche est un poisson benthique ; vivant à proximité du fond. Cette espèce fréquente les fonds sableux, graveleux et rocheux du plateau continental et du bord du talus, des profondeurs n'excédant pas 100 m.

La répartition géographique du rouget de roche est plutôt septentrionale, Il est rencontré le long des côtes européennes depuis le sud de la Norvège et le nord de l'Ecosse incluant les îles Féroé jusqu'au détroit de Gibraltar, mais également dans la partie nord de l'Afrique de l'Ouest, dans le bassin méditerranéen et en mer Noire (**Borsali Merabet, 2015 ; Djiby 2009 ; Mahé et al. 2005**).

II.2.6. Intérêts nutritionnels

Le rouget-barbet de roche est un poisson dit "demi-gras". Il contient de bonnes graisses qui rééquilibrent l'alimentation et préviennent les maladies cardio-vasculaires. C'est aussi un poisson dont la chair est fine, ce qui lui vaut la réputation de poisson noble. Les effets bénéfiques sur la santé d'un régime riche en poissons sont dus essentiellement à la richesse en acides gras polyinsaturés de la famille des Oméga 3 surtout les acides eicosapentaénoïque (C20 : 5) (EPA) et docosahexaénoïque (C22 :6) (DHA). Ces deux acides gras peuvent réduire l'hypercholestérolémie (**Yokoyama et al.,2003**). La teneur en lipides de la chair est moyennement élevée (**Tableau 02**). Chez les rougets comme chez les autres poissons, les teneurs en cholestérol sont généralement faibles (**Hassani et Smail, 2010**).

Tableau 2: Analyse nutritionnelle moyenne de 100g du Rouget-barbet de roche (CIQUAL, 2020).

Constituants	Teneur moyenne par 100 g du Rouget-barbet de roche
Energie	660Kcal
Protéines	18,4 g
Lipides	9,37 g
Sucre	0 g
Acides gras/saturés	2,72 g
Acides mono/insaturés	3,54 g
Acides poly/insaturés	0,02 g
AG (20 :5) EPA	0,99 g
AG (22 :6) DHA	0,63 g
Cholestérol	56,8 mg
Minéraux	
Cuivre	0,08 mg
Zinc	0,37 mg
Phosphore	218 mg
Magnésium	30,7 mg
Calcium	22,8 mg
Sodium	66,3 mg
Fer	0,49 mg
Chlorure	140 mg
Iode	11,5 mg
Vitamines	
Vitamine A	8,4 µg
Vitamine D	1,12 µg
Vitamine B1	0,06 mg
Vitamine B2	0,065 mg
Vitamine PP ou B3	4,46 mg
Vitamine B12	4,52 µg
Vitamine E	0,51 mg

II.3. Le pageot commun « *Pagellus erythrinus* »

II.3.1. Description de l'espèce

Le pageot commun se caractérise par un corps ovale comprimé et un profile de tête rectiligne, un museau pointu, une bouche assez petite en position basse et inclinée, avec une mâchoire inférieure plane et un frontal en pente régulière, avec des dents pointues en avant, molariformes en arrière : les dents pointues externes de formes coniques Les nageoires pectorales sont hautes et très longues, arrivant presque à la verticale du début de la nageoire anale. La nageoire caudale est fourchue. Les écailles dorsales sont présentes jusque dans l'espace entre les yeux.

Le dos et les flancs sont roses à rougeâtres, mais ne possédant pas de taches noires, le dessus de la tête est plus sombre, le ventre est blanc. et la tête porte des reflets violacés (Mahdi, 2018 ; Fischer, *et al.*, 1987)

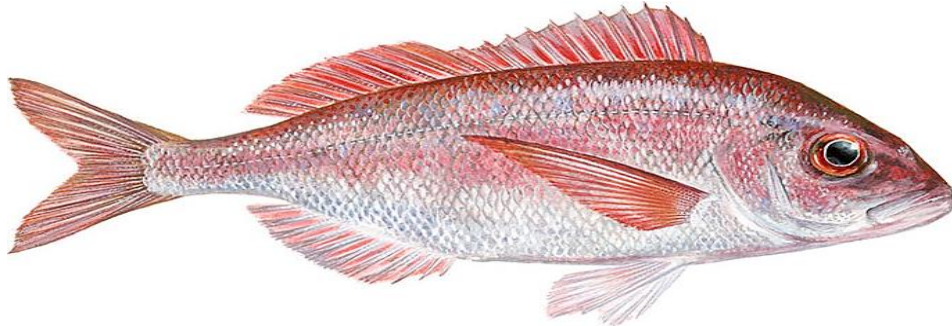


Figure 3: Le pageot commun (Source : fishsizematters)

II.3.2. Position taxonomique

Le pageot suit la taxonomie ci-dessous :

Règne : Animale

Embranchement : Chordés

Sous-embranchement : Vertébrés

Superclasse : Ostéichtyens

Classe : Actinoptérygiens

Sous-classe : Néoptérygiens

Infra-classe : Téléostéens

Superordre : Acanthoptérygiens

Ordre : Perciformes

Famille : Sparidés

Genre : *Pagellus*

Espèce : *Pagellus erythrinus* (Linnaeus, 1758)

II.3.3. Caractéristiques distinctives

Il y a des risques de confusion avec d'autres pageots et surtout avec le pagre commun (*Pagrus pagrus*). La différence avec ce dernier se fait au niveau de la nageoire caudale, celle du pagre aux extrémités blanches contrairement à celle du pageot. En plus le genre *Pagellus*, présente 8 petites dents pointues en avant de chaque mâchoire ; par contre le genre *Pagrus* présente 4 à 6 dents fortes, les canines, en avant de chaque mâchoire.

Les principaux critères de distinctions du pageot commun sont (**Mejd Boukhari et Kerfouf ,2021**) :

- Tête à profil presque droit.
- Longueur du museau au moins 2 fois le diamètre de l'œil.
- Teinte rose argenté, reflets bleutés.
- Partie supérieure du corps parsemée de petits points bleus.
- Bord externe supérieur de l'opercule rouge sang
- Tache rougeâtre à la base des pectorales.

II.3.4. Biologie : régime alimentaire, reproduction et croissance

Le pageot commun est un poisson omnivore à prédominance carnivore. Il se nourrit principalement de décapodes. Les bivalves représentent des proies secondaires alors que les polychètes, les téléostéens et les euphausiacés sont moins importantes et ne représentent que des proies occasionnelles (**Mahdi ,2018**).

C'est une espèce hermaphrodite protogyne, c'est-à-dire qu'il mûrit d'abord comme femelle et se transforme en mâle après l'âge de deux ans ou lorsqu'elle atteint une longueur corporelle de 17 à 18 cm. Il en résulte, dans une population de pageots, davantage de femelles que de mâles. Cette espèce se reproduit du printemps à l'automne. Dans l'océan Atlantique, le frai a lieu au printemps et s'étend parfois jusqu'au début de l'été. En Méditerranée, la période de ponte s'étale d'avril à septembre.

II.3.5. Distribution géographique et habitat

Pagellus erythrinus est un poisson démersal. Il fréquente les eaux côtières, sur des fonds variés (roches, graviers, sables ou vases) avec une préférence pour les substrats meubles. On le trouve généralement à des profondeurs de 20 à 100 m en Méditerranée et jusqu'à 300 m en Atlantique. Il est largement distribué dans l'Atlantique Est et se trouve le long de la côte de l'Afrique de l'Ouest, de la Guinée Bissau, le détroit de Gibraltar, y compris le Cap-Vert, Madère et les îles Canaries. Il est présent dans toute la Méditerranée et en mer Noire occidentale et s'étend vers le nord de la Norvège (**Mejd Boukhari, Kerfouf ,2021 ; Mahdi ,2018**).

II.3.6. Intérêts nutritionnels

L'importance des Sparidés est due à l'excellente qualité de leur chair blanche et fine (poissons démersaux) (**Tableau 3**) et à leur taille appréciable. En effet, ce sont des poissons très estimés par les consommateurs. La chair du pageot commun est faible en matières grasses, on les trouve dans les régimes hypocaloriques ou pour les personnes souffrant d'hypercholestérolémie.

Il contient de nombreuses protéines à haute valeur biologique et sa consommation est donc particulièrement adaptée aux enfants et aux personnes âgées. Les quantités élevées de potassium (minéral essentiel au corps humain pour maintenir l'équilibre hydrique et la pression artérielle, pour régler l'excitabilité neuromusculaire et le rythme des battements cardiaques) et du fer distinguent ce poisson du point de vue de la teneur en minéraux, notamment en ce qui concerne le magnésium (Mejd Boukhari, Kerfouf ,2021).

Tableau 3:Analyse nutritionnelle moyenne de 100g du Pageot commun (CIQUAL,2020).

Constituants	Teneur moyenne par 100 g du Pageot commun
Energie	102Kcal
Protéines	21 g
Lipides	2 g
Sucre	0 g
Cholestérol	35 mg
Minéraux	
Cuivre	0,4 mg
Zinc	1,6 mg
Manganèse	0,1 mg
Magnésium	22 mg
Calcium	34 mg
Fer	4,3 mg
Potassium	690 mg

III. Les métaux lourds ciblés

III.1. Définition et classification

Un métal est un élément chimique 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 (Miquel, 2001).

La dénomination de métaux lourds est prise en compte le plus souvent selon deux notions : notion de densité qui est supérieure à 5 g/cm³ (Miquel, 2001), et la toxicité à la fois pour l'environnement et pour la santé de l'homme, soit après exposition à court ou à long terme et entraînent des effets dévastateurs (Trachte, 2012).

L'appellation « éléments en traces métalliques » -ETM- ou par extension « éléments traces » est la plus utilisée.

Selon leur intérêt pour le métabolisme on distingue (Miquel, 2001) :

∞ **Les oligoéléments (métaux ou non) :** Ils sont indispensables à faibles doses aux organismes vivants pour le déroulement du processus biologiques.

Ils deviennent toxiques à fortes concentrations : cuivre (Cu), zinc (Zn), bore (B), manganèse (Mn), fer (Fe), nickel (Ni), vanadium (V), molybdène (Mo), chrome (Cr), étain (Sn), arsenic (As)...

☞ **Les éléments traces non essentiels (métaux lourds) :** pour lesquels, aucun rôle positif pour l'activité biologique n'a été identifié. C'est le cas du mercure (Hg), du plomb (Pb) et du cadmium (Cd).

III.2. Le Cadmium

III.2.1. Propriétés physico-chimiques

Le cadmium est un élément chimique de symbole Cd appartenant au groupe IIB des métaux de transition dans le tableau périodique des éléments de Mendeleïev avec un numéro atomique 48 et une masse atomique d'environ 112,4 g/mol.

C'est un métal blanc argenté mou et malléable ayant des propriétés physiques proches de celle du zinc. Il fond à 320,9°C et bout à 767°C. Le cadmium est un élément rencontré en milieu aquatique sous diverses formes physiques (dissoute, colloïdale, particulaire) et chimiques (minérale ou organique). A l'état naturel, les ions Cd^{2+} ne forment pas de liaisons stables avec le carbone, mais ils peuvent être intégrés dans des complexes stables avec des composés organiques comme les cyanures et les amines. Il a une grande résistance à la corrosion atmosphérique, ce qui en fait un revêtement de protection pour les métaux ferreux et il a une bonne conductivité de l'électricité. (Nakib,2010 ; Chahid ,2016).

III.2.2. Propriétés biologiques

Le cadmium n'est pas essentiel au développement des organismes, animaux ou végétaux et ne semble pas biologiquement bénéfique au métabolisme cellulaire. En revanche, ses propriétés physiques et chimiques, proches de celles du calcium, lui permettent de traverser les barrières biologiques et de s'accumuler dans les tissus (Martin et Simon, 2004).

III.2.3. Cycle et source d'exposition

Le cadmium (Cd) est un contaminant retrouvé dans l'environnement, en raison de sa présence naturelle sur l'écorce terrestre (dans les minerais de zinc, de plomb, et dans le sol, du fait de l'érosion) aux concentrations moyennes comprises entre 0,1 et 1 mg.kg⁻¹.

Cependant, les activités industrielles telles que le raffinage des métaux non ferreux, la combustion du charbon et des produits pétroliers, les incinérateurs d'ordures ménagères et la métallurgie de l'acier constituent les principales sources de rejet atmosphérique.

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. Il peut se disperser dans le sol et les milieux aquatiques, est adsorbé sur les sédiments ou les particules en suspension, conduisant à sa bioaccumulation dans les poissons et les coquillages (Nakib,2010).

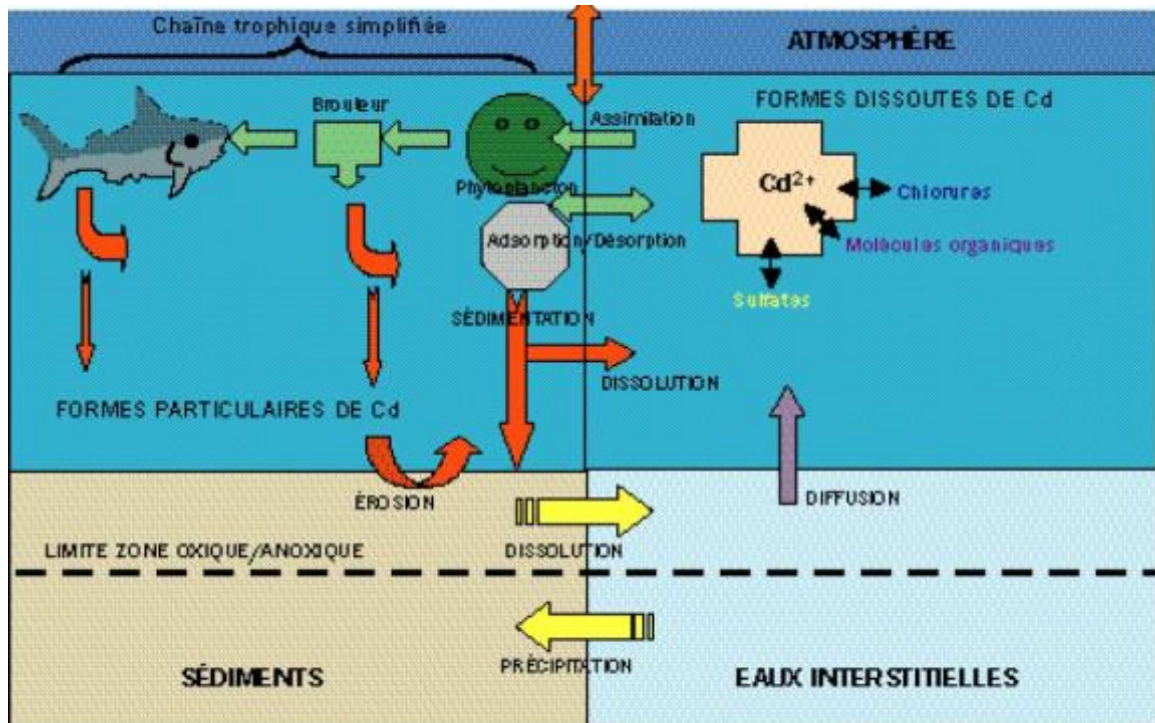


Figure 4: Cycle biogéochimique simplifié du cadmium et des principaux processus d'échange dissous-particulaire (DAMY,2011).

III.2.4. Utilisations

Le cadmium métal et ses composés minéraux sont utilisés dans une large variété de matériaux et procédés industriels :

- Revêtement anticorrosion des métaux (acier, fonte, alliages de cuivre, aluminium...).
- Constituants de nombreux matériels électriques : batteries alcalines, cellules photoélectriques, semi-conducteurs...
- Constituants de nombreux alliages : à bas point de fusion (fusibles, extincteurs automatiques...) ; antifriction (roulement à billes spéciaux ; à haute conductibilité (câbles électriques) ; modérateurs de neutrons (barres pour réacteurs nucléaires).
- Stabilisants pour plastiques (PVC).
- Pigments pour peintures, plastiques, verres et céramiques.
- Substances luminescentes pour télévision (Faiz ,2011).

III.3. Le Plomb

III.3.1. Propriétés physico-chimiques

Le Plomb appartient au quatrième groupe de la classification périodique, de symbole Pb et une masse atomique est de 207,2 g et égal à 82 (INRS,2006).

C'est un métal d'un gris bleuâtre, Il a une densité relative élevée de 11,3 g/cm³ et un faible point de fusion de 328 °C. Il est doté d'une faible conductivité électrique, sa haute résistance à la corrosion et sa capacité d'interagir avec des produits chimiques organiques, il est rarement disponible à l'état natif, le plomb est très souvent associé au zinc dans les minerais, Le principal minerai du plomb est la galène (PbS) très souvent associée à la blende et à la pyrite. Le plomb possède un rayon ionique et une charge de valence, identique à celle du calcium. Cette analogie structurale, est à l'origine des interactions avec le calcium.

Il existe sous trois formes essentielles : le plomb dissous, le plomb colloïdal et le plomb particulaire, les espèces dominantes dans l'eau de mer sont PbCO₃, PbCl₂ ou PbCl⁺. Il peut être méthylé par les bactéries dans les sédiments, mais ce phénomène revêt une moindre importance (Nakib, 2010 ; Casas ,2005).

III.3.2. Propriétés biologiques

Le plomb n'a aucun rôle physiologique connu chez l'homme, sa présence dans l'organisme témoigne toujours d'une contamination, Il a la capacité d'imiter les ions physiologiques important tels que le zinc et le calcium, il peut se lier ainsi aux enzymes et aux protéines importantes, ce qui perturbe leurs fonctions biologiques (Mehouel ,2016).

III.3.3. Cycle et source d'exposition

Le plomb est omniprésent dans l'environnement (air, sol, eau), il se produit naturellement par les activités volcaniques et l'altération des roches. Les activités anthropiques contribuent de manière significative à l'augmentation de son niveau dans l'environnement, par l'extraction du plomb et d'autres métaux. En milieu marin, il arrive majoritairement par les apports atmosphériques et le lessivage des zones urbanisées sans oublier les rejets de déchets municipaux et industriels (Pichard *et al.*, 2003).

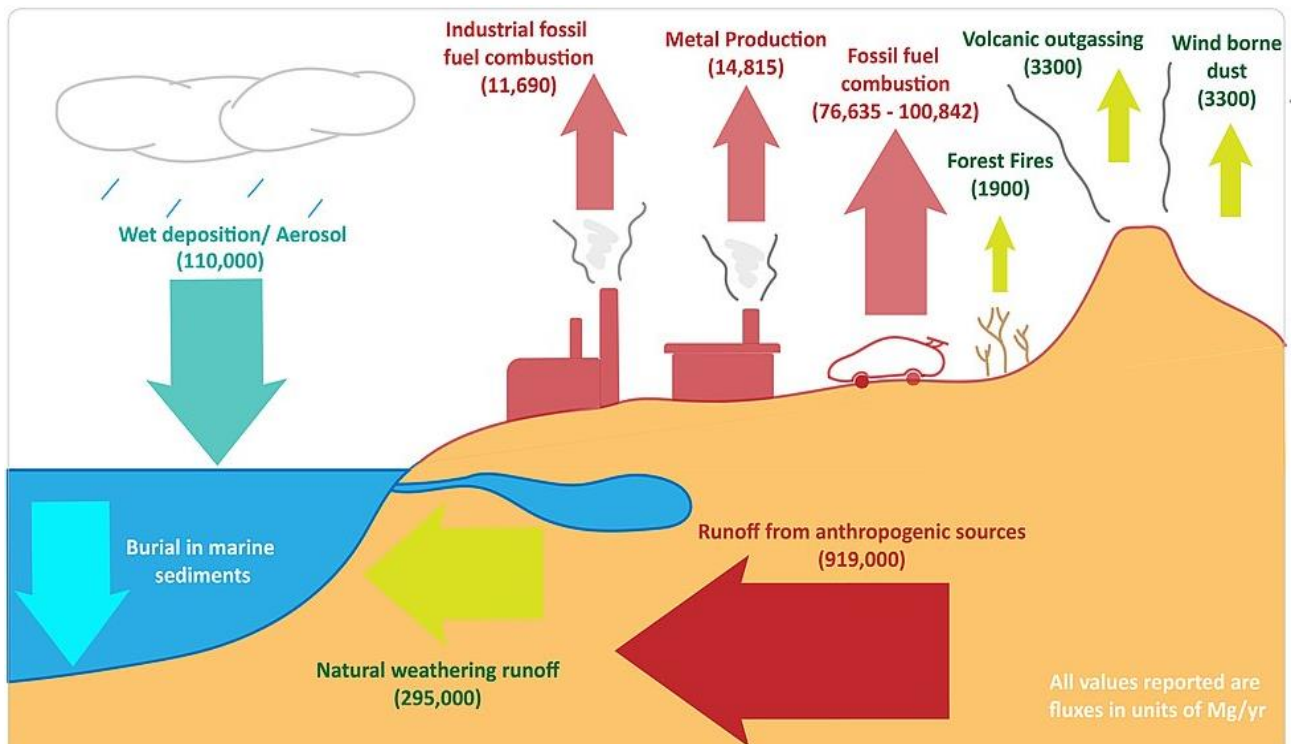


Figure 5: Schéma simplifié du cycle du Plomb (Adapté par Shaivan.HS ,2021).

Les flèches vertes = sources naturelles ; flèches rouges = source anthropique ; flèches bleues = les puits.

III.3.4. Utilisations

L'utilisation du plomb est directement liée à la métallurgie. Actuellement, plusieurs applications de ce métal sont trouvées :

- Le plomb est employé pour la fabrication des batteries et accumulateurs (batteries de démarrage des automobiles, batteries de traction...).
- Il permet le revêtement anticorrosion des câbles « haute tension » souterrains ou sous-marins.
- Les composés minéraux sont des pigments pour peintures, vernis, émaux et céramiques ; ils sont employés en poterie (faïence, tuiles, vernissées), verreries et cristallerie.
- Les composés organiques sont des agents siccatifs de peintures, des stabilisants du PVC (en fixant le chlore, ils retardent son vieillissement) et des additifs lubrifiants « haute pression »
- Les sels de plomb ont été utilisés dans les cosmétiques, les médicaments, et les peintures.
- En tant que microbicide, le plomb est également utilisé dans la conservation des aliments. Un concentré de jus de raisin couramment utilisé comme édulcorant est préparé de préférence dans des récipients en plomb (Mehouel, 2016 ; Chahid, 2016).

III.4. Le Mercure

III.4.1. Propriétés physico-chimiques

Le mercure est l'élément de numéro atomique 80, de masse atomique 200 g/mol. Son symbole chimique Hg. Selon la classification de Mendeleïev, le Hg appartient au groupe 12, comme le Zn, le Cd et le Copernicium. A température ordinaire et à sec, le mercure n'est pas oxydé par l'air, ni par l'oxygène, mais en présence de traces de vapeurs d'eau, l'oxydation peut se produire lentement, elle est accélérée par des impuretés métalliques, des radiations ultraviolettes et par l'augmentation de la température (oxydation maximale vers 350°C).

Cet élément existe sous trois états d'oxydations différents : (Hg^0) : le mercure élémentaire, volatile ; (Hg^+) : l'ion mercurieux et (Hg^{2+}) : l'ion mercurique. Il peut passer d'un état à un autre, suivant des processus naturels et anthropiques, ces formes inorganiques peuvent former des amalgames avec d'autres métaux (**Dahetze, 2020**).

C'est le seul métal à l'état liquide dans les conditions normales de température et de pression, c'est un argent liquide ou « vif argent ». Le mercure dans l'environnement est conditionné par des propriétés fondamentales : il se caractérise par une extrême volatilité, la stabilité de ses liaisons avec le carbone et le soufre (**Miquel, 2001**).

III.4.2. Propriétés biologiques

Le mercure n'a aucun rôle biologique connu, sa forme organique " le Méthyl mercure " est la forme la plus toxique vis-à-vis des êtres vivants à cause de ses propriétés liposolubles et ioniques lui conférant la capacité de passer les membranes cellulaires, il est caractérisé par une forte bioconcentration (**Cambier, 2009**).

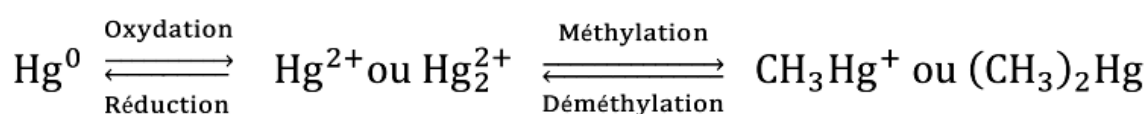


Figure 6: Principales voie de transformation chimiques et biologiques du mercure dans l'environnement (**Chahid, 2016**).

III.4.3. Cycle et source d'exposition

Le mercure est présent naturellement dans l'écorce terrestre, la grande majorité du Hg libéré dans l'atmosphère est sous forme inorganique. Les sources naturelles comprennent les volcans, les incendies de forêt, les activités géothermiques, le dégazage de la croûte terrestre et des eaux de surface ; tandis que les émissions anthropiques proviennent principalement de la combustion du charbon, la production de métaux non ferreux, la production du ciment et l'incinération des déchets.

Le mercure émis par ces sources naturelles et anthropiques est principalement transporté dans les milieux aquatiques par voie atmosphérique et par les ruissellements terrestres (industriels et agricoles) sous sa forme inorganiques (Miquel,2001).

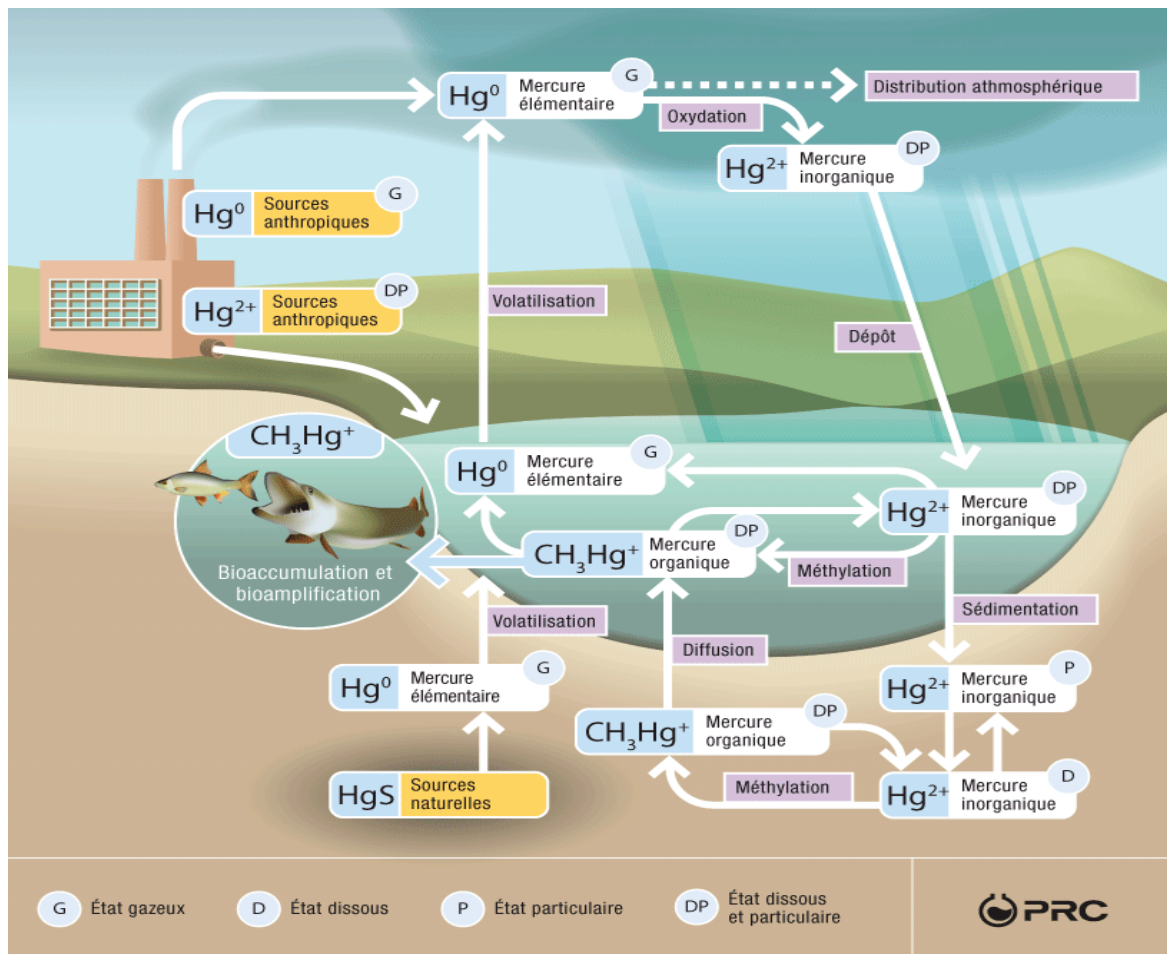


Figure 7: Cycle biogéochimique du mercure et les principaux processus de transformation (Manet, 2012).

III.4.4. Utilisations

Le mercure est utilisé par l'homme dans de multiples domaines :

- Il a été largement utilisé dans l'agriculture (pesticide), comme fongicide pour les papeteries et les industries de peinture, pour le traitement des minerais d'or et d'argent, dans l'industrie catalytique et l'électrolyse, dans les équipements électroniques et électriques, les lampes, les explosifs, les batteries et les instruments de mesures.
- En médecine il est utilisé dès le moyen âge en particulier dans le traitement de la syphilis mais également jusqu'au 20ème siècle comme diurétique ou contre le psoriasis. Il est encore utilisé dans la confection de certains vaccins ou antiseptiques, dans des préparations vendues pour éclaircir la peau ou en médecine traditionnelle chinoise.
- Dans la dentisterie pour la préparation d'amalgames (INERIS, 2014).

III.5. Le Zinc

III.5.1. Propriétés physico-chimiques

Le Zinc fait partie du groupe IIB de la classification périodique avec le cadmium ou le mercure. C'est un élément chimique de symbole Zn et de numéro atomique 30 et de masse atomique 136,28 g/mol. Il existe dans l'eau de mer sous diverses formes chimiques : ion hydraté ($Zn(H_2O)_{2+n}$), zinc complexé par les ligands organiques (acides fulviques et humiques) et zinc adsorbé sur de la matière solide.

C'est un solide blanc, cassant à froid, malléable et ductile entre 100 °C et 150 °C. C'est un métal réducteur amphotère. Assez électropositif, il est facilement attaqué par les acides, avec production d'hydrogène pour les acides non oxydants. Il déplace de leurs solutions salines les métaux moins électropositifs (cuivre, plomb, argent). À l'air humide, il se couvre d'une couche protectrice d'hydrocarbonate (INRS,2020).

III.5.2. Propriétés biologiques

Le zinc est indispensable au métabolisme des êtres vivants (oligo-éléments) ; en particulier comme co-enzyme. Il intervient dans grand nombre de fonctions ou de situation physiologiques, aussi diverses que la croissance et la multiplication cellulaire, le métabolisme osseux, la cicatrisation des blessures, la reproduction et la fertilité, l'immunité et l'inflammation, la gustation et la vision, le fonctionnement cérébral, la protection contre les radicaux libres (Nakib,2010).

III.5.3. Utilisations

Le zinc et ses composés ont de nombreuses applications industrielles (INRS,2020) :

- Il est principalement utilisé comme revêtement anti-corrosion des métaux par galvanoplastie, métallisation ou immersion et peintures dites riches en zinc (Zn, ZnSO) ;
- Il entre dans la préparation d'alliages : par exemple laitons ou alliages de fonderie (du type Zamak) ;
- Il est utilisé pour la Fabrication de piles électriques (Zn) ; pigments pour peintures, émaux, matières plastiques, caoutchouc (ZnO, ZnS) ; Industrie textile, papetière (ZnSO, ZnCl) ;
- Préparation d'insecticides, de produits pharmaceutiques et vétérinaires (ZnSO, ZnCl) ;

III.6. Le Cuivre

III.6.1. Propriétés physico-chimiques

Le cuivre est un élément chimique de symbole Cu et de numéro atomique 29, appartenant au groupe IB des métaux de transition de masse molaire 63,55 g/mol. Le cuivre est métal ne réagit pas avec les solutions acides non oxydantes comme l'acide chlorhydrique Par contre, des solutions acides ayant des propriétés oxydantes marquées comme l'acide nitrique (INRS,2013).

C'est un métal de couleur rougeâtre, extrêmement ductile et malléable, il possède une haute conductivité thermique et électrique (à température ambiante, le seul métal pur ayant une meilleure conductivité électrique est l'argent) (Nakib,2010).

La majorité du cuivre rejeté dans l'eau est sous forme particulaire et tend à se déposer, à précipiter ou à s'adsorber à la matière organique, au fer hydraté, aux oxydes de manganèse ou aux argiles (Casas,2005).

III.6.2. Propriétés biologiques

A très faible dose, Le cuivre est un élément essentiel chez l'homme et l'animal, il est impliqué dans de nombreuses voies métaboliques, notamment pour la formation d'hémoglobine et la maturation des polynucléaires neutrophiles. De plus, il est un cofacteur spécifique de nombreuses enzymes et métalloprotéines de structure intervenant dans un métabolisme oxydatif, la respiration cellulaire, la pigmentation. Il a une importance capitale dans l'entretien des processus biologiques (OMS-IPCS, 1998).

III.6.3. Utilisations

Le cuivre est l'un des métaux les plus employés à cause de ses propriétés physiques et de sa conductibilité électrique et thermique (INRS,2013) :

- Il est utilisé dans la métallurgie, dans la fabrication des alliages de bronze (avec étain), de laiton (avec zinc) ou de joaillerie (avec or et argent).
- Il est très largement employé dans la fabrication de matériels électriques (fils, enroulements de moteurs, transformeurs), dans la plomberie, dans les équipements industriels, dans l'automobile et en chaudronnerie.
- Fabrication de produits biocides : produits antisalissure (Cu, CuNCS, CuO), et désinfectants non en contact avec les denrées alimentaires (CuSO).
- La forme hydratée du cuivre est utilisée pour la fabrication de produits phytopharmaceutiques comme fongicide, herbicide et bactéricide (Cu₂O, Cu (OH)₂), Il entre dans la composition de la bouillie bordelaise utilisée pour le traitement des vignes.

III.7. Bioaccumulation des métaux lourds dans les organismes marins

La bioaccumulation est le processus d'assimilation et de concentration des éléments de trace métalliques dans l'organisme.

Le processus se déroule en trois temps :

III.7.1. 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 (**Miquel,2001**).

III.7.2. La bioaccumulation par l'individu, ou bioconcentration

La bioconcentration est définie comme étant le processus par lequel une substance (ou un élément) se trouve présente dans un organisme vivant à une concentration supérieure à celle de son milieu environnant. Tous les métaux lourds en général sont concernés par la bioconcentration (**Ramade,1992**).

La bioconcentration présente d'importantes différences d'une espèce aquatique à une autre et d'un métal à un autre. En effet, les fruits de mer, mollusques et crustacés, et dans une moindre mesure, certains poissons sont d'excellents « capteurs de polluants ».

Les concentrations de cadmium et de plomb chez les poissons sont de deux à dix fois inférieures à celles des mollusques et crustacés mais concentrent beaucoup le mercure, notamment le méthyl mercure. Certains métaux dans certaines espèces induisent des protéines -les métallothionéines dont l'un des rôles est de « détoxifier » les métaux toxiques (**Miquel,2001**).

III.7.3. La bioaccumulation entre individus, ou bioamplification

La bioamplification est le processus par lequel le prédateur concentre une substance (ou un élément) à un niveau supérieur à celui où il se trouve dans la proie, augmentent au sein de la chaîne trophique (**Casas,2005**).

Selon les prédateurs et les métaux, les concentrations peuvent augmenter au fur et à mesure que l'on progresse dans la chaîne trophique, comme c'est le cas pour le plomb et surtout le mercure sous sa forme méthylée. Le mercure s'accumule à chaque étape et se retrouve concentré en bout de chaîne alimentaire, notamment dans les gros poissons piscivores. On appelle ce phénomène la « bioamplification » ou la « biomagnification » (**Miquel,2001**).

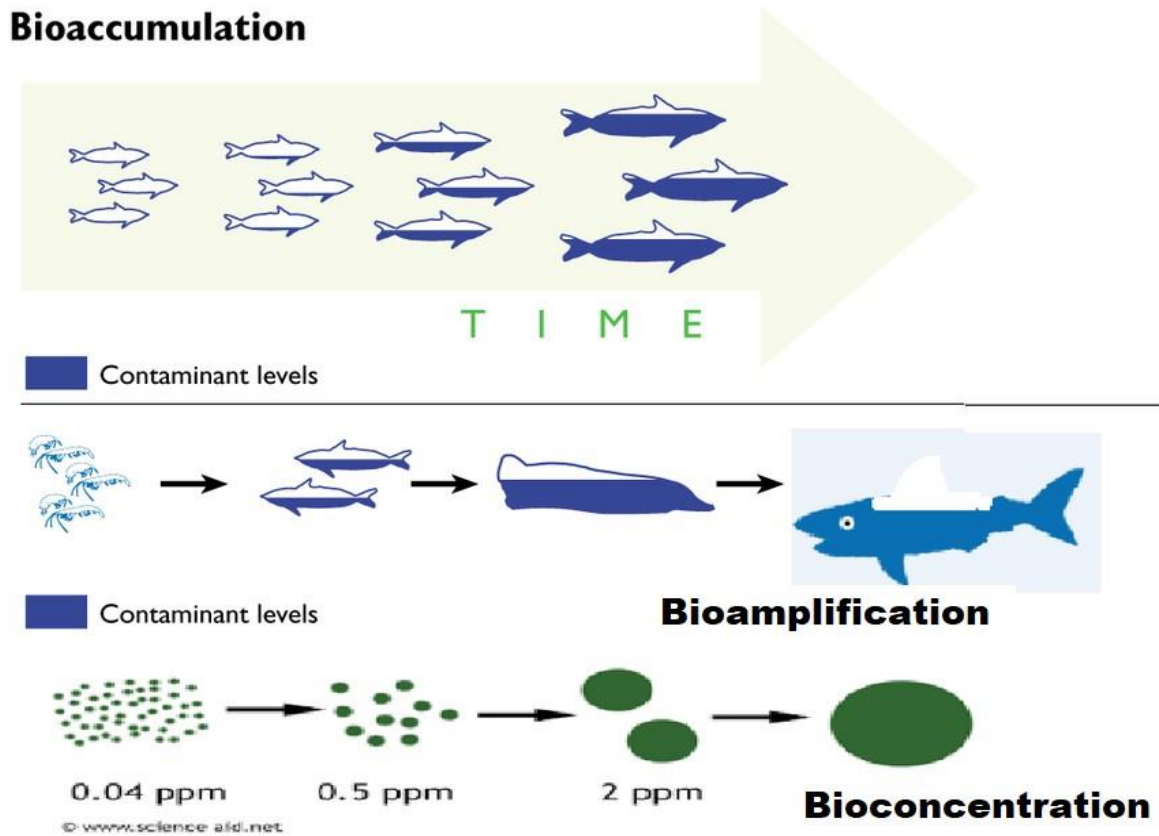


Figure 8: Bioaccumulation, bioamplification et bioconcentration des contaminants chimiques par les organismes en mer (Source : Ouedraogo, 2020)

III.8. Variabilité de la bioaccumulation des métaux lourds chez les poissons

Trois groupes de facteurs sont susceptibles de faire varier l'intensité de la bioaccumulation des métaux lourds par les poissons : Le contaminant, l'organisme accumulateur et le milieu.

- **Le contaminant « le métal »**

La nature et la forme des métaux lourds (ionique/élémentaire, complexes, dissous/particulaire) influencent leur diffusion à travers la barrière biologique ce qui conditionne ainsi leur capacité de bioaccumulation.

Les formes ioniques sont celles à la biodisponibilité la plus élevée car Hg^{2+} , Cd^{2+} et Pb^{2+} diffusent à travers la membrane biologique par des canaux protéiques non spécifiques. Les complexes volumineux sont plus difficilement absorbés (Perrin, 2007).

- **L'organisme accumulateur « Le poisson »**

La bioaccumulation dépend des variations inter et intra espèces, mais aussi individuelles des poissons : la taille, l'âge, le sexe, le cycle de reproduction, l'alimentation et la localisation géographique.

L'activité métabolique est également l'un des plus cruciaux facteurs d'accumulation des métaux lourds dans les tissus des poissons, l'accumulation chez les organismes jeunes est généralement supérieure à celui des organismes âgés, puisque l'activité métabolique chez les jeunes est beaucoup plus importante que chez les organismes les plus âgés (**Mehouel, 2016**).

- **Le milieu**

Les facteurs physico-chimiques (température, salinité, O₂ dissous, pH, etc.) du milieu marin jouent un rôle essentiel puisqu'ils influent à la fois sur la forme physico-chimique des métaux donc sur leur biodisponibilité, mais également sur le métabolisme des espèces (osmorégulation, respiration, reproduction, activité trophique, etc.). Ces facteurs environnementaux, sont spécifiques d'un site et varient dans le temps (**Casas,2005**).

III.9. Effets des métaux lourds sur la santé humaine

Les différents effets des métaux lourds observés sur la santé de l'homme sont résumés dans les tableaux N°4 et 5.

Tableau 4 : Toxicité du Zinc et du Cuivre sur l'homme.

Métal	Toxicité
Le Cuivre	L'inhalation aiguë de fumées d'oxydes métalliques peut provoquer un syndrome pseudo-grippal appelé « fièvre des métaux », et des troubles digestifs, hépatiques voire des atteintes rénales par voie orale. Il est irritant cutané, voire caustique pour la muqueuse pour les sels de cuivre et rarement sensibilisant. L'inhalation chronique peut générer une irritation des voies respiratoires, une pneumoconiose appelée « poumon du viticulteur » et une altération de l'état général. Des cas de cancers pulmonaires ont été rapportés chez des salariés professionnellement exposés au cuivre et à d'autres polluants (INRS,2013).
Le Zinc	L'inhalation aiguë est responsable d'un syndrome appelé "fièvre des métaux" et comprenant une irritation des voies respiratoires et de signes évocateurs d'un état grippal fébrile. Le chlorure de zinc peut provoquer des atteintes fonctionnelles respiratoires. Ce dernier composé provoque des lésions cutanées (INRS,2020).

Tableau 5 : Intoxication des métaux lourds toxiques (Source :(a) **Waalkes,2000** (b) et (c) **Mehouel,2016**).

	Voie d'exposition	Les organes cibles	Toxicité aiguë	Toxicité chronique	Effet cancérigène
Le Cadmium (a)	Voie respiratoire Voie digestive	Foie et les reins, les os	Gastro-entérites avec des vomissements, des diarrhées, des myalgies et des crampes épigastriques.	-Atteinte rénale Atteinte osseuse - Atteinte cardiovasculaire et hématologique	Le cadmium est classé comme un carcinogène de type I par le centre international de Recherche sur le cancer.
Le Plomb (b)	Voie respiratoire Voie digestive	Système nerveux, et les reins.	-Syndrome gastro-intestinal -Des lésions hépatiques et rénales. -L'hypertension et Des effets neurologiques.	-Saturnisme chronique - Effet de l'intoxication sur la reproduction (la feototoxicité)	Le (CIRC) a classé le plomb Inorganique comme cancérigène probable pour l'homme (groupe 2A)
Le Mercure (c)	Voie digestive	Système nerveux et les reins.	Des douleurs abdominales, des vomissements sanglants, Une stomatite, une gastroentérite et Une colite ulcéro-hémorragique	- Atteinte rénale - Atteinte immunitaire - Atteinte du système nerveux - Atteinte cardiovasculaire	Le centre international de recherche sur le cancer, a classé le méthyl mercure comme Cancérigène possible pour l'homme (groupe B)

IV. La qualité microbiologique des poissons

Les poissons et d'autres produits de la mer sont parmi les produits alimentaires les plus périssables, ils ont en effet une hydratation beaucoup plus élevée que celle de la viande, et d'avantage de composé azoté et un pH ultime élevé.

La flore microbienne du poisson de son vivant est généralement assez voisine de son environnement naturel, elle est liée à la zone de pêche et à la saison, et aux paramètres essentiels tel que la salinité et la concentration en oxygène dissous (**Bourgeois et al.,1988**). En effet juste après la capture, le poisson dont les muscles sont stériles ne renferme des bactéries que sur la peau, les branchies et dans les viscères. C'est au cours, de la transformation et de la commercialisation que le poisson peut être contaminé par les germes pathogènes (**Rozier et al.,1985**).

On peut distinguer deux origines possibles de contamination des produits de la pêche :

- Une origine primaire ou endogène liée aux eaux de pêche.
- Une origine secondaire ou exogène qui à trait à la contamination des produits après capture.

IV.1. Contamination endogène ou primaire

Cette contamination a lieu dans le vivant du poisson. Elle se fait via la respiration, l'alimentation et lors des déplacements. La composition et la quantité de cette flore bactérienne dépend de l'origine, de la température de l'eau, de l'alimentation (**Leroi,2002**).

Les bactéries d'origine endogène peuvent être subdivisées en 3 classes :

IV.1.1. Germes typiquement aquatiques

Les germes typiquement aquatiques sont des algues microscopiques et des bactéries qui présentent un métabolisme adapté aux conditions de vie de ce milieu. Les bactéries appartiennent le plus souvent aux genres *Vibrio*, *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Chromobacterium* et *Corynebacterium*, *Micrococcus* et *Aeromonas* (**Billon,1976**).

IV.1.2. Germes d'origine tellurique

Ce sont des bactéries qui vivent dans le milieu terrestre et dont la dissémination dans le milieu aquatique est assurée par les eaux de ruissellement et de pluie pendant la saison pluvieuse. Cette flore est composée surtout de bactéries sporulantes, en particulier des genres *Clostridium* et *Bacillus* (**Abotchi, 2010**).

IV.1.3. Germes de contamination d'origine humaine ou animale

Ce sont des germes commensaux de l'intestin de l'homme ou des animaux. Cette flore est composée généralement de germes saprophytes (Bactéroïdes, flore lactique) et de germes pathogènes responsables d'intoxications alimentaires (*Salmonella*, *Clostridium*).

Ces germes se retrouvent dans les milieux aquatiques à la faveur d'une pollution par les eaux usées mal ou non traitées (Abotchi, 2010).

IV.2. Contamination exogène ou secondaire

Après capture, le poisson est sujet à de nombreuses manipulations qui sont à l'origine de la contamination bactérienne (contamination par le personnel, le matériel et l'environnement). L'homme constitue la source la plus importante des contaminations exogènes des denrées alimentaires d'origine animale. Les germes apportés par cette contamination secondaire sont des salmonelles, les coliformes thermotolérants, les *Staphylococcus* présumés pathogènes, des bactéries anaérobies sulfite-réductrices, des levures et moisissures, la flore mésophile aérobie total (Rozier *et al.*,1985).

IV.2.1. Salmonelle

Les salmonelles appartiennent à la famille des *Enterobacteriaceae*, elles sont des bacilles à Gram négatif, aéro-anaérobie facultatifs, mobile grâce à des flagelles péritriches, ne forment pas d'endospores.

Ces bactéries se distinguent par les caractères suivants : réduction des nitrates en nitrites, dégradation du glucide par fermentation en produisant H₂S, utilisation du citrate comme source de carbone, indole négatif, uréase négatif, catalase positif (Bourgeois *et al.*,1988).

Ces organismes mésophiles sont distribués dans le monde entier mais se rencontrent principalement dans les intestins de l'homme, des animaux, dans les milieux naturels pollués. La contamination humaine survient à partir de trois sources majeures : L'eau, les aliments et notamment les viandes et dérivés, les œufs et leurs dérivés. Sa présence dans l'aliment dénote d'un manque d'hygiène.

La pathologie liée aux *Salmonella* peut se manifester sous deux aspects : les fièvres typhoïdes et paratyphoïdes, les gastroentérites (Salmonellose). L'homme représente le seul réservoir pour *Salmonella enterica serovar Typhimurium*. Les principaux symptômes de la salmonellose (infection non typhoïdique) sont la diarrhée non sanglante, les douleurs abdominales, les nausées et elle peut également entraîner des complications plus sérieuses (Huss,1996).

IV.2.2. *Staphylococcus* présumés pathogènes

Les staphylocoques appartiennent à la famille des *Micrococcaceae*, Ils sont des cocci à Gram positif, aéro-anaérobie facultatifs, non sporulant, immobiles, se divisant en plusieurs plans en formant des amas irréguliers, produisent une catalase, oxydase négative, réduisent les nitrates et capables de fermentation du glucose. Ils sont des bactéries ubiquitaires, que l'on trouve dans l'eau et l'air et autres, tout ce qui vient en contact avec l'homme, ce sont essentiellement des parasites saprophytes (peau et muqueuses).

Certaines espèces sont pathogènes opportunistes, *Staphylococcus aureus* qui est la plus virulente, elle peut produire de nombreuses enzymes, protéases, lipases, coagulase liée ou « Facteur d'agglutination A ». Et la production des entérotoxines qui sont de petites protéines, l'entérotoxine A est la plus fréquemment impliqué dans les toxi-infections alimentaires, leur présence dans l'aliment témoigne d'une contamination d'origine humaine et par conséquent de l'existence de porteur sain dans la chaîne de production (**Bourgeois et al.,1988**).

Les maladies causée par *S.aureus* est une intoxication , les symptômes habituels sont les nausées ,les vomissement et parfois la diarrhée , dans les cas graves la déshydratation peut conduire au choc et au collapsus.

Les produits de la mer comestibles peuvent être contaminés par les staphylocoques soit par l'intermédiaire des manipulateurs infecté par l'environnement. Dans les cas les plus fréquents, la contamination est due à un individu atteint d'une infection aux mains, d'un rhume ou d'un mal de gorge (**Huss,1996**).

IV.2.3. Coliformes thermotolérants (CTT) à 44°C

Les coliformes thermotolérants ou fécaux, sont des microorganismes qui appartiennent aux sous-groupes des coliformes totaux ce sont des bacilles a Gram négatif , ils font parties de la famille des *Enterobacteriaceae* , ils se caractérisent par leur aptitude à fermenter le glucose en produisent des acides et du gaz (CO₂) , oxydase négatif , non sporulant , possèdent un métabolisme respiratoire ou fermentaire (aérobie/anaérobie facultatif) , ils réduisent les nitrates en nitrites en anaérobiose. Ce sont des bactéries commensales de l'intestin de l'homme et des animaux. Leur température optimale de développement est de 44°C contrairement à ceux de l'environnement.

Leur présence dans l'aliment sous-entend qu'il y a eu non-respect des règles d'hygiènes et peut en conséquence signifier la présence de bactéries intestinales responsables de toxi-infection. Ils sont utilisés comme un indicateur de contamination fécale. L'espèce le plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* (**Souti et Karouaz, 2014**). Leur recherche dans les poissons permet de suivre l'hygiène observée par les manipulateurs (**Abotchi, 2010**).

- *Escherichia coli*

E. coli appelée également colibacille, c'est une bactérie de la famille des *enterobacteriaceae*, Gram négatif, mobile, ne possède pas de désaminase, fermente le glucose par la voie des acides mixtes et le lactose, a une particularité de transformé le tryptophane en indole du fait d'une activité tryptophanase, ne produit pas H₂S, uréase négative, incapable d'assimiler le citrate comme seule source de carbone en aérobie.

C'est un coliforme fécal généralement commensal intestinal cependant certaines souches pathogènes dont la souche entérohémorragique (O157 :H7) qui est particulièrement dangereuse. Ce germe se développe facilement dans les aliments et leur présence témoigne d'une contamination fécale et suggère la possibilité que d'autres bactéries ou virus d'origine digestive s'y trouvent. On considère que leur présence rend les aliments impropres à l'utilisation ou à la consommation (**Carip *et al.*, 2008**).

IV.2.4. La flore mésophile aérobie totale

La flore aérobie mésophile (aussi appelée flore totale) représente l'ensemble des microorganismes se développant en présence d'oxygène à une température optimale de 30°C Cette microflore peut comprendre des microorganismes pathogènes pour l'homme et l'animal mais aussi des microorganismes d'altération variés.

On considère qu'en général, il y a risque pour la santé du consommateur que si la flore totale mésophile aérobie est supérieure ou égale à 10^5 microorganismes/g, et peut aussi être considérée comme flore d'altération car la présence d'une FTAM revivifiable abondante indique un processus de dégradation en cours. Il n'y a cependant pas de relation étroite entre le nombre totale des microorganismes et le temps d'apparition de l'altération perceptible des caractéristiques organoleptiques de l'aliment. La FTAM est un indicateur microbiologique qui permet d'évaluer la charge bactérienne globale présente dans un aliment ou sur une surface (micro-organismes tests d'hygiène) (**Bonnefoy *et al.*, 2002**).

Chapitre II :

Matériel et

Méthodes

Chapitre II : Matériel et méthodes

I. Conditionnement du matériel

Le matériel utilisé est nettoyé selon les exigences de la norme européenne NF EN 13804 (2013) qui est destiné à la détermination des éléments métalliques et leurs espèces chimiques dans les produits alimentaires.

Il est nécessaire de nettoyer la verrerie, les récipients et les ustensiles de laboratoire utilisé lors de l'analyse suivant ce mode opératoire :

- Rincer avec de l'eau de robinet.
- Traiter avec une solution détergente (ne contenant aucun élément présentant un intérêt).
- Rincer à nouveau à l'eau potable et laisser toute la nuit ou plus longtemps dans l'eau acidulée à 10% préparée à partir d'acide nitrique (HNO₃) concentrée à 68%.
- Enfin rincer avec de l'eau distillée.
- Séchage à l'étuve à 50°C pendant 20 heures, avant l'utilisation.

II. Site d'étude et points d'échantillonnage

Vue l'étendue de la façade maritime algérienne, notre étude a porté sur deux zones géographiques différentes (Alger et Cherchell). Nous avons pris en considération ces dites zones du fait d'une pollution marine apparent élevée, en raison de leurs proximités des grandes métropoles urbaines et industrialo-portuaires.

II.1. La Baie D'Alger

La baie d'Alger est située dans la partie centrale de la côte algérienne entre la longitude Est : de 03°01'00" E à 03°14'30" E et l'attitude Nord : de 36°44'30" N à 36°49'15" N. De forme semi-circulaire et avec une superficie approximative de l'ordre de 180 Km², elle s'inscrit en creux dans la plaine de La Mitidja. Elle est délimitée par deux caps, La Pointe Pescade (Rais Hamidou) à l'Ouest et le cap Matifou (Bordj El- Bahri) à l'Est ainsi que par la Méditerranée occidentale au Nord. Le plateau continental est très étroit mais s'élargi au centre de la baie. Ce dernier ne dépasse pas l'isobathe 120 m. La ville d'Alger est très urbanisée et la majorité des unités sont concentrées dans les zones industrielles, le port d'Alger, Rouiba et Réghaïa. Deux Oueds se déversent dans la baie d'Alger, ce sont Oued El Hamiz et Oued El Harrach (Bachari, 2009).

II.2. Points d'échantillonnages

L'échantillonnage des poissons sont réalisés en mois de mai 2022, effectués des engins de pêche artisanal, au niveau du port d'Alger et le port de Cherchell comme suite :

La sardine commune est capturée à partir de filets sennes coulissante de 2 m de hauteur sur une longueur de 48 m, avec une maille mouillée étirée de 9,2 mm sans nœud.

Le rouget de roche et le pageot sont capturés à l'aide d'un filet de fond trémails de 2 m de hauteur sur une longueur de 50 m, avec 3 mailles ; une petite centrale en 45 mm et deux grandes mailles sur les côtés en 250 mm.

Les points d'échantillonnage sont représentés dans les figures 10 et 11 ci-après.

La procédure de prélèvement aléatoire des échantillons de poissons est effectuée après le débarquement, nous avons considéré un lot comme étant un bateau de pêche, et le sous lot comme étant les caisses. Nous avons choisi de manière aléatoire trois sous lots ou nous avons prélevé de chacun environs 500 grammes, nous avons ainsi obtenus un échantillon global de 1,5 kg.

Afin d'éviter toute sorte de contamination, les échantillons prélevés sont mis dans des sacs stériles en polyéthylène pour l'échantillon destiné à l'analyse métallique, et des sacs stériles pour l'analyse microbiologiques, et ils sont transportés rapidement dans des glacières au niveau de l'Institut Pasteur Algérie, dès l'arrivée au laboratoire, les échantillons ont été préalablement traités.

Concernant l'échantillonnage d'eau de mer, il est réalisé depuis une embarcation en même temps que l'échantillonnage des poissons, avec des flacons de 500 ml préalablement nettoyées. Juste après le prélèvement on procède à l'étiquetage des flacons, et les transférés rapidement au laboratoire. Tous les échantillons d'eau de mer ont été transportés rapidement au laboratoire afin d'être conservés à 4°C et à l'obscurité avant analyse.

Tableau 4:Coordonnées géographiques et profondeur de pêche des échantillons de poisson dans les zones de pêche (Alger et Cherchell).

Echantillons	Zone de pêche	Latitude	Longitude	Profondeur (m)
La sardine commune	Port d'Alger	36°45'32.64''N	3°07'51.00''E	15 à 35
Le Rouget-barbet de Roche	Port d'Alger	36°45'02.54''N	3°05'03.73''E	15 à 25
Le pageot commun	Port de Cherchell	36°36'55.82''N	2°11'38.08''E	25 à 40

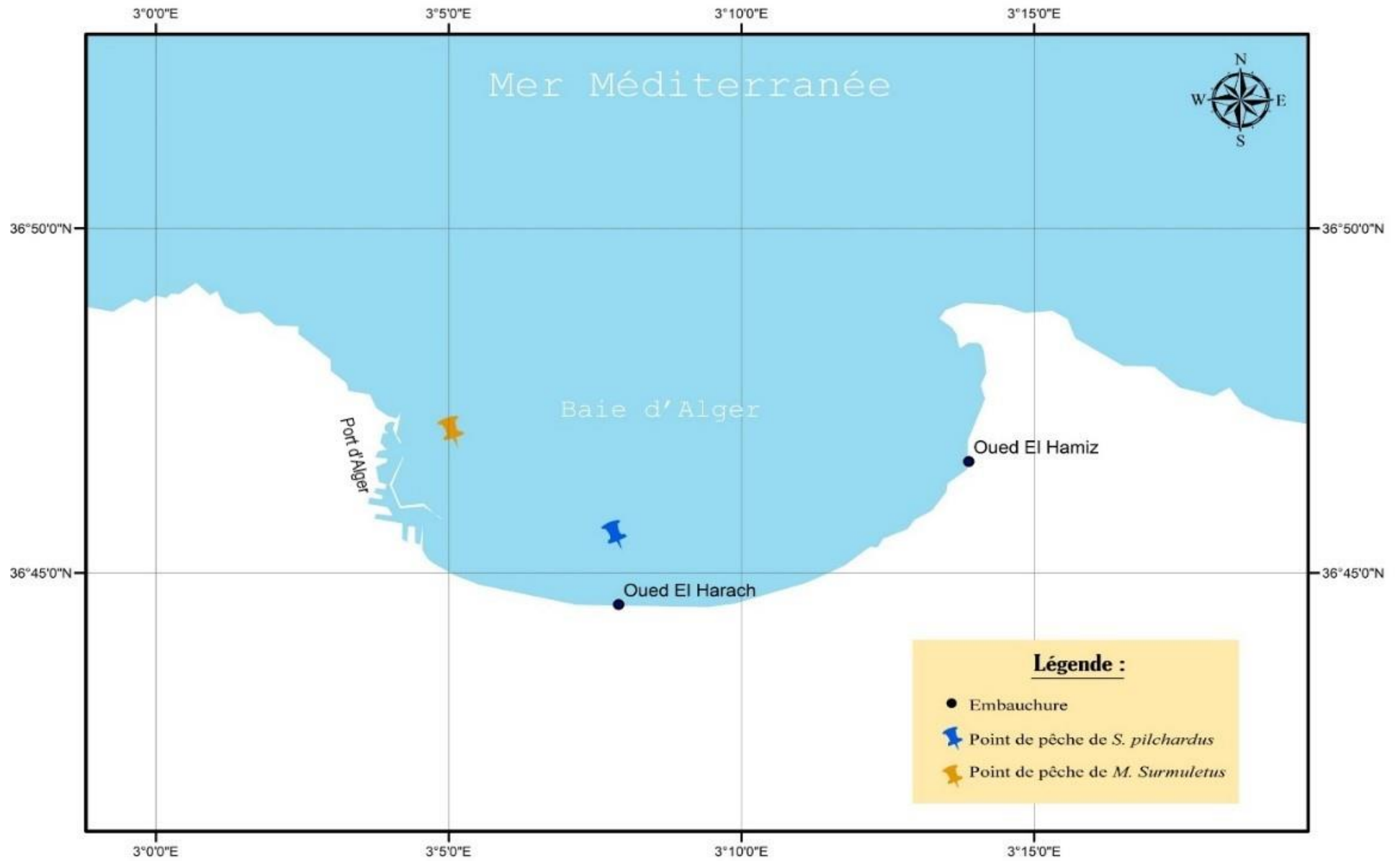


Figure 9: Représentation des points d'échantillonnages de la sardine et le rouget de roche sur une carte de la baie d'Alger (ArcGIS version 10.6.1).

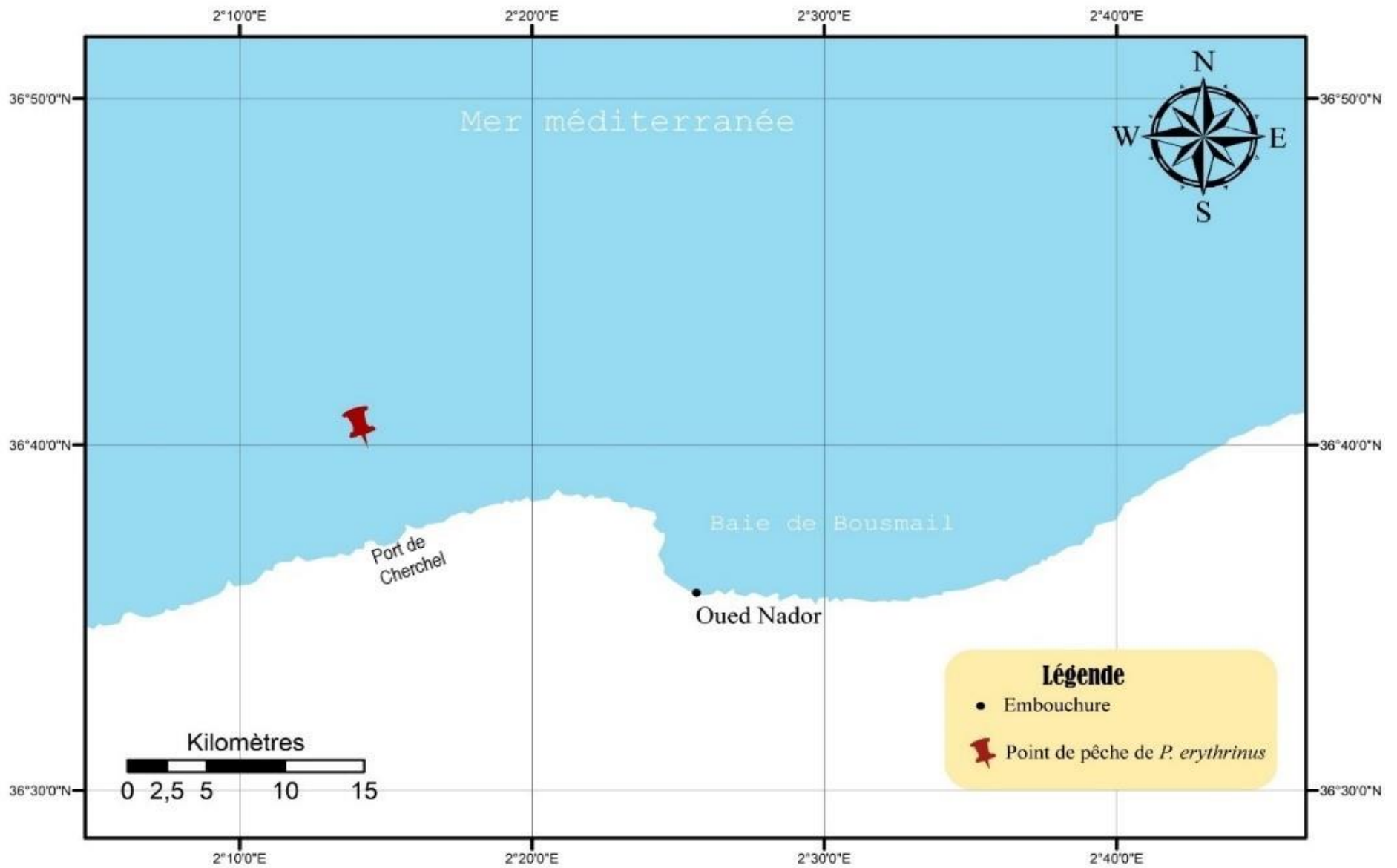


Figure 10: Représentation des points d'échantillonnages du Pageot commun sur une carte de la baie Bousmail et Cherchell (ArcGIS version 10.6.1).

III. Préparation des échantillons de poissons

Dès l'arrivée des échantillons au laboratoire, les mesures biométriques de longueur et poids ont été réalisées, à l'aide d'une règle et d'une balance de précision OHAUS Pioneer de $d=0,01g$.

Les échantillons de poisson sont matures et pour simplifier on a calculé la moyenne du poids et de la taille des trois espèces de poissons. Les moyennes du poids et de la taille sont répertoriées dans le Tableau N°7,



Figure 11 : Mesure de la taille et du poids des espèces de poissons.

Tableau 5 : La moyenne des tailles et poids des trois espèces de poissons

Espèces de poissons	Taille moyenne (cm)	Poids moyen (g)
La sardine (13 spécimens)	14,83	37,74
Le rouget de roche (13 spécimens)	19,25	95,8
Le Pageot commun (6 spécimens)	24,5	243,74

IV. Analyse de la qualité microbiologique des poissons

Afin d'évaluer l'état bactériologique des échantillons en déterminant le taux de conformité nous avons procédé à l'analyse microbiologique des poissons frais qui est basée sur les techniques d'isolement, d'identification (aspect qualitatif) et de dénombrement (aspect quantitatif).

La recherche des germes s'est effectuée au niveau du laboratoire de bactériologie des aliments et des eaux et de l'environnement, Institut Pasteur Algérie qui suivant la réglementation en vigueur des critères selon le Journal officiel Algérien N°39 du 02 juillet 2017 (**Annexe 5**).

IV.1. Préparation de la suspension mère et des dilutions décimales (ISO 6887-3 :2017)

Dès l'arrivée des échantillons au laboratoire, chaque échantillon est réparti en cinq (5) unités ce qui vaut 500g de poissons, soit 5 fois 100g. Puis, les poissons sont déposés sur un plateau stérile devant un bec bunsen dans une hotte à flux laminaire.

A l'aide d'un ciseau et des pinces stériles, on réalise une incision pour produire une section transversale, ensuite on enlève une section de la peau à l'aide d'une pince stérile et d'un scalpel, on prélève et pèse 25 grammes de chair en forme de cube du muscle dorsal dans un récipient stérile, le découpant en dés et l'introduire dans le sac à STOMACHERN en ajoutant une quantité de 225ml \pm 0,02 ml de diluant d'eau peptone tamponné jusqu'à obtenir une masse totale de 250 grammes broyé et homogénéisé pendant 30 secondes.

La solution obtenue appelée solution mère qui est une suspension au 1 dans 10, laissée au repos pendant quelques minutes pour assurer la revivification de germes stressés par l'homogénéisation.

Des dilutions décimales de 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} et 10^{-5} ont été préparées dans des tubes à essai contenant 9 ml \pm 0,2 ml d'eau peptone tamponnée.

IV.2. Recherche et dénombrement de la flore aérobie totale à 30°C (ISO 4833-1 :2013)

Au moyen d'une pipette stérile on prélève 1 ml d'échantillon de la suspension mère (10^{-1}) et des dilutions (10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5}) qu'on introduit aseptiquement dans les boîtes de Pétri à usage unique. Verser dans chaque boîte de Petri environ 12 ml à 15 ml de gélose PCA (Plate Count Agar) fondu et refroidi au bain marie à 45°C. Le mélange est homogénéisé par des mouvements circulaires des boîtes, laisser le mélange se solidifier.

Après solidification complète 5 ml de PCA est ajouté. Cette deuxième couche permet d'éviter l'envahissement de la boîte par les germes pouvant rendre difficile la lecture. Les boîtes sont ensuite incubées à (30 ± 1) °C dans l'étuve. Le comptage se fait après 72 ± 2 heures d'incubation. Les colonies caractéristiques apparaissent blanchâtres de forme lenticulaire.

Après la période d'incubation spécifiée, choisir les boîtes gélosées comportant, si possible, moins de 300 colonies, on procède au comptage des colonies caractéristiques pour chaque boîte.

Le nombre N de germes présents dans l'échantillon analysé et considéré comme une moyenne pondérale de dilution successive est donné par la formule suivante :

$$N = \frac{\Sigma \text{colonies}}{V * (n1 + 0,02n2) * d1} \dots (1)$$

Avec :

- **N** : Nombre d'UFC par gramme ou par ml de produit initial ;
- **Σ colonies** : La somme des colonies caractéristiques sur les deux boîtes retenues ;
- **V** : Le volume de l'inoculum appliqué à chaque boîte (1ml) ;
- **d1** : Facteur de dilution correspondant à la première dilution retenue ;
- **n1** : nombre de boîtes retenues à la première dilution ;
- **n2** : nombre de boîtes retenues à la deuxième dilution ;

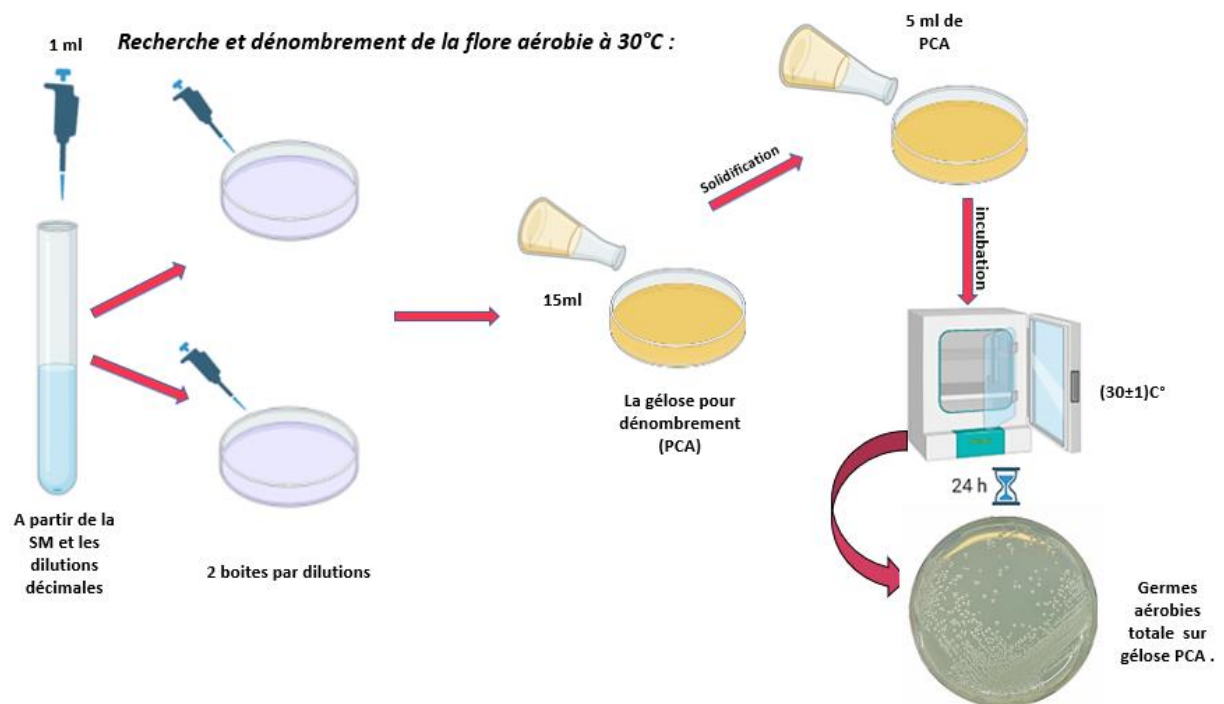


Figure 12: Schéma illustratif de la recherche des germes aérobie à 30°C par la technique d'ensemencement en profondeur avec La gélose pour dénombrement (PCA).

IV.3. Recherche et dénombrement des coliformes thermotolérant (NF V08-060)

Le milieu utilisé pour l'isolement par la méthode de double couche est le VRBL (Gélose au Cristal Violet, au Rouge Neutre à la Bile et au Lactose). On introduit à l'aide d'une pipette stérile 1 ml ± 0,02 ml de la suspension mère (10^{-1}) et les dilutions (10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5}) dans les boîtes de Pétri à usage unique.

On y coule environs 12 ml de gélose VRBL, homogénéiser parfaitement puis, laisser solidifier sur une surface froide et horizontale, couler à nouveau 4 ml de milieu gélosé de

façon à former une deuxième couche, laisser solidifier. Incuber à $(44 \pm 1) ^\circ\text{C}$ dans l'étuve durant $24 \text{ h} \pm 2\text{h}$, les colonies de coliformes fécaux apparaissent de couleur violette d'un diamètre supérieur ou égal à 0,5 mm et parfois entourées d'une zone rougeâtre due à la précipitation de la bile.

Après la période d'incubation spécifiée, le comptage des colonies caractéristiques de coliformes thermotolérants pour chaque boîte ne contenant pas plus de 300 colonies au total, est exprimé avec la formule (1).

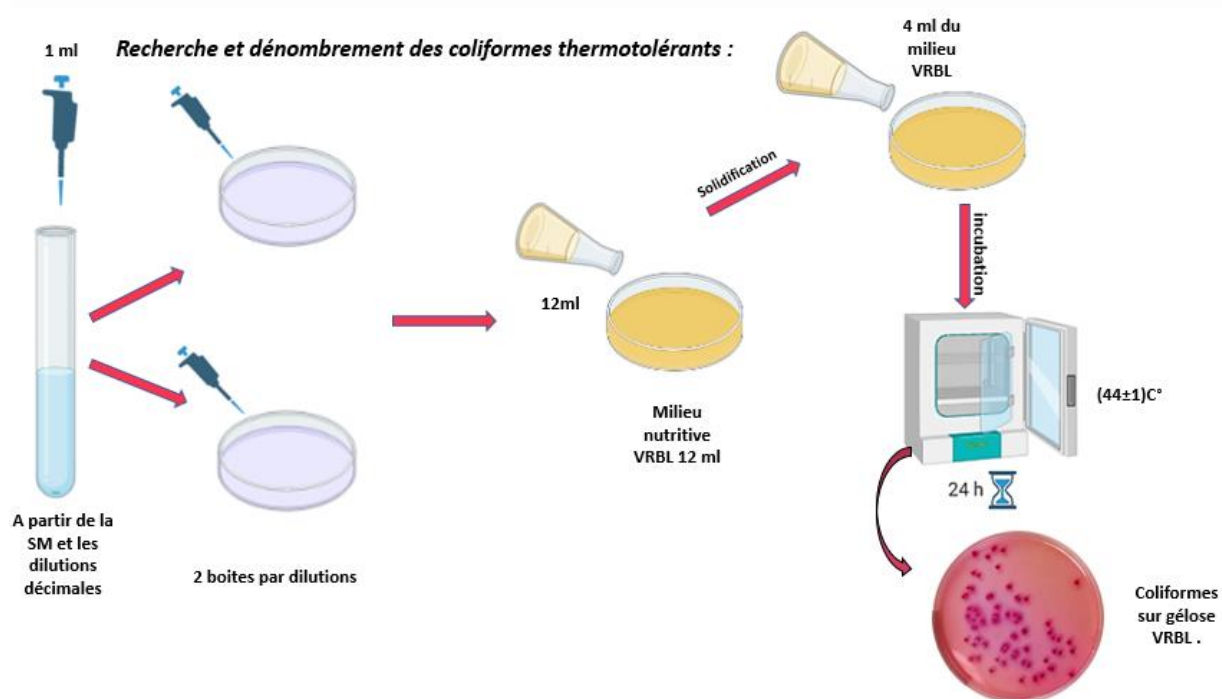


Figure 13: Schéma illustratif de la recherche et dénombrement des coliformes thermotolérants par la méthode de double couche sur la gélose VRBL.

IV.4. Recherche et dénombrement des staphylocoques à coagulase positive (ISO 6888-1 :1999)

Le dénombrement des staphylocoques à coagulase positive se fait avec : Milieu gélosé de Baird-Parker au jaune d'œuf et au tellurite de potassium, Plasma de lapin et le bouillon cœur-cervelle.

Couler une quantité suffisante du milieu complet de Baird-Parker dans des boîtes de Petri stériles de façon à obtenir une épaisseur de gélose de 4 mm, et laisser solidifier. Transférer à l'aide d'une pipette graduée 0,1 ml de l'échantillon à partir de la suspension mère (10^{-1}) et les dilutions ($10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4}, 10^{-5}$), étaler soigneusement l'inoculum avec un râteau en verre.

Laisser sécher les boîtes à température ambiante, puis incuber à 37°C . Après 24 heures, les boîtes sont lues. Les colonies caractéristiques sont marquées sur le dos de la boîte et on les

incube à nouveau pendant encore 24 h ± 2 h à la même température. Après cette deuxième incubation, 03 colonies caractéristiques ou non caractéristiques sont prélevées pour les étapes ultérieures (test de catalase, test de coagulase et test oxydase).

Les colonies suspectes de *Staphylocoque doré* sont celles qui présentent une coloration en noir brillant (réduction de tellurite) avec un halo décoloré translucide (protéolyse des protéines de jaune d'œuf).

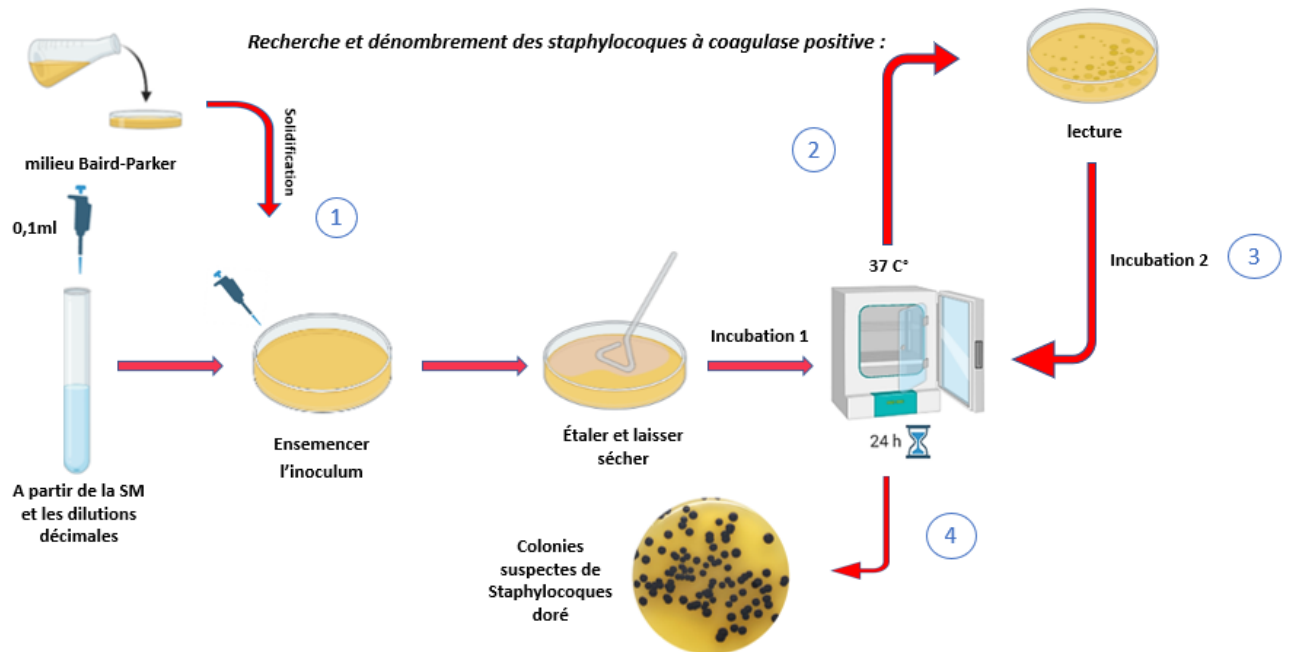
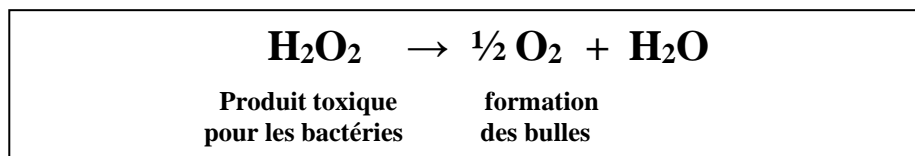


Figure 14:Schéma illustratif de la recherche et dénombrement des staphylocoques à coagulase positive dans la gélose de Baird-Parker.

IV.4.1. Test de catalase

La détection de la présence de la catalase chez les bactéries (Cocci à Gram positif en paires et en grappes) est essentielle pour différencier les *Staphylococcus* et les *Micrococcaceae* catalase-positive des *Streptococcaceae* catalase-négative (**de La Fuente et al.,2010**).

La catalase est une enzyme qui catalyse la dégradation du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) :



Sur une lame propre et sèche déposer une goutte eau oxygénée à 10 volumes, à l'aide d'une pipette Pasteur boutonnée, ajouter l'inoculum bactérien qui est prélevé à l'aide d'une anse de platine et dissocier la colonie dans la goutte. Observer immédiatement, la lecture se fait comme suite :

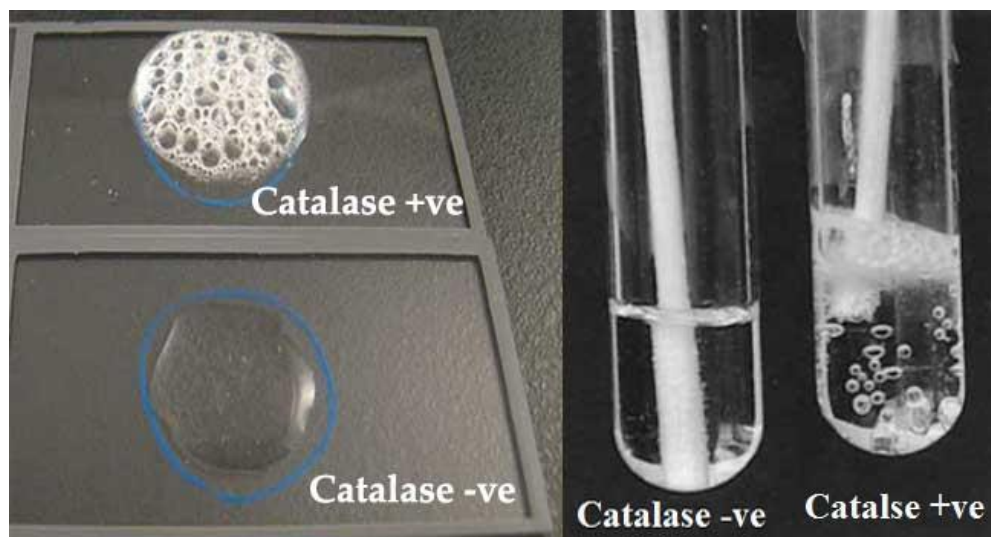


Figure 15: Résultats d'un test catalase, le test est dit Positif lorsqu'il y'a bouillonnement actif. Le test est dit Négatif lorsqu'il y'a pas ou très peu de bulles produites (Source : **MicrobiologyInfo.com**).

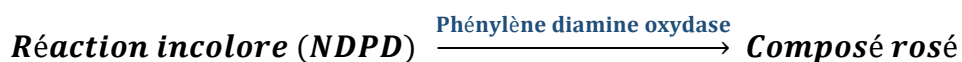
IV.4.2. Test oxydase

La recherche de l'oxydase est un des critères les plus discriminatifs et les plus employés pour l'identification des bactéries, surtout celle des bacilles à Gram négatif. Cette recherche consiste à mettre en évidence la capacité de la bactérie testée à oxyder la forme réduite incolore de dérivés méthylés du paraphénylène diamine, en leur forme oxydée rose violacé. La cytochrome oxydase est la dernière enzyme de la chaîne respiratoire qui assure le transfert des électrons sur l'oxygène (ou un autre oxydant minéral (**Mellouk ,2017**)).

A l'aide d'une pince stérile placer un disque d'oxydase sur une lame porte-objet et l'imbiber avec une goutte d'eau physiologique stérile. Choisir une colonie bien isolée et représentative de la culture fraîche, l'a prélevé à l'aide d'un ose en platine déposer sur le disque et l'étaler doucement.

- ⇒ Réaction positive : coloration bleu foncé à violet apparaissant dans un délai de 30 secondes.
- ⇒ Réaction négative : absence de coloration ou coloration au-delà de 30 secondes.

La mise en évidence de l'enzyme « *la phénylène diamine oxydase* » des bactéries à partir de leur culture en milieu gélosé avec le réactif le N diméthyle paraphénylène diamine (NDPD) :



IV.4.3. Recherche de la coagulase

A l'aide d'un fil stérile, on prélève des colonies dans les boîtes sélectionnées qui présentent des colonies caractéristiques, et les ensemencer dans un tube de bouillon, cœur-cervelle. (BHIB), Incuber à 35°C ou 37°C pendant 24± 2 h.

Juste après l'incubation, ajouter aseptiquement 0,1 ml de plasma de lapin dans des tubes stériles à hémolyse et incuber 37°C pendant 4 à 24 heures. En inclinant le tube, examiner la coagulation du plasma après 4 h à 6 h d'incubation :

- ❖ Un test positif, lors de la formation d'un coagulum occupe plus de la moitié du volume initialement occupé par le liquide.
- ❖ Des résultats faussement négatifs peuvent survenir pour certaines souches produisant de la staphylokinase (fibrinolysine), qui peuvent lyser le caillot après sa formation (généralement après une incubation prolongée).

❖ Expression des résultats

Le comptage des colonies caractéristiques et/ou non caractéristiques des staphylocoques à coagulase positive, pour chaque boîte ne contenant pas plus de 150 colonies et au maximum 300 colonies. Le résultat est exprimé avec la formule (1).

Pour le comptage des staphylocoques à coagulase positive identifiées pour chaque boîte retenue, le calcul se fait comme suite :

$$a = \frac{Bc}{Ac} \times Cc + \frac{Bnc}{Anc} \times Cn$$

Avec :

- **Ac** : est le nombre de colonies caractéristiques soumises au test de la coagulase.
- **Anc** : est le nombre de colonies non caractéristiques soumis au test de la coagulase.
- **Bc** : est le nombre de colonies caractéristiques qui ont répondu positivement au test de la coagulase.
- **Bnc** : est le nombre de colonies non caractéristiques qui ont répondu positivement au test de la coagulase.
- **Cc** : est le nombre total de colonies caractéristiques repérées sur la boîte.
- **Cnc** : est le nombre total de colonies non caractéristiques repérées sur la boîte.

IV.5. Recherche et dénombrement des salmonelles (Norme ISO 6579-1 :2017)

La recherche de *Salmonella* nécessite quatre phases successives : pré-enrichissement, enrichissement, isolement et confirmation biochimique.

IV.5.1. Pré enrichissement non sélectif

Les *Salmonella* peuvent être présentes en petit nombre. Un pré enrichissement est nécessaire pour permettre la détection des *Salmonella* en nombre restreint ou des *Salmonella* stressées.

Pour la préparation de la suspension mère, 25 g de chair de poisson broyé et pesé à l'aide d'une balance de précision est mélangé à 225 ml d'eau peptonée tamponnée. La suspension mère est l'incubée entre 34 °C et 38 °C pendant 18 ± 2 h.

IV.5.2. Enrichissement sélectif

Transférer à l'aide d'une pipette graduée 0,1 ml et 1 ml de la suspension mère dans deux tubes à essai contenant respectivement, 10 ml du bouillon Rappaport-Vassiliadis avec soja (RVS) et un tube contenant 10 ml de bouillon Müller-Kauffmann tétrathionate-novobiocine (MKTTn). Les tubes sont ensuite incubés comme suite : le bouillon RVSensemencé à 41,5 °C pendant $24 \text{ h} \pm 3 \text{ h}$ et le bouillon MKTTnensemencé à 37 °C pendant $24 \text{ h} \pm 3 \text{ h}$.

IV.5.3. Isolement

À partir de la culture obtenue dans le bouillon RVS,ensemencer à l'aide d'une anse de 10 µl sur la surface d'une boîte de Pétri stériles dans lesquelles on a préalablement coulé le milieu gélosé d'isolement sélectif qui est une gélose xylose-lysine-désoxycholate (XLD). Procéder de la même manière pour de la culture obtenue dans le bouillon MKTTn. Incuber les boîtes de géloses XLD surface de la gélose vers le bas à 37 °C pendant $24 \text{ h} \pm 3 \text{ h}$.

Les colonies caractéristiques de *Salmonella* cultivées sur gélose XLD ont un centre noir et sont entourées d'un halo clair rouge légèrement transparent dû à un changement de l'indicateur du milieu. Les colonies caractéristiques sont isolées sur gélose nutritive puis mises en cultures à 37°C pendant 24 heures.

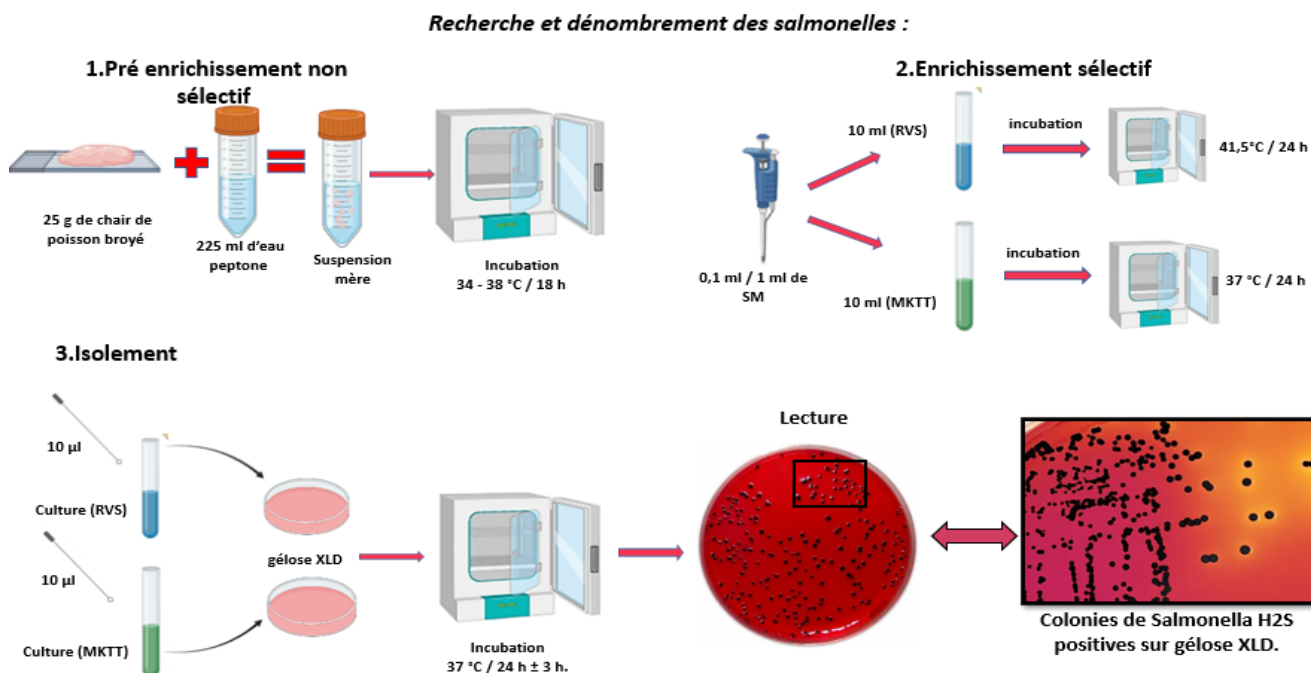


Figure 16: Schéma illustratif de la recherche et dénombrement de Salmonelle sur gélose XLD.

IV.5.4. Confirmation biochimique

Marquer les colonies caractéristiques sur chaque boîte de pétri et choisir au moins une colonie caractéristique ou typique pour la confirmation. Isoler les colonies sélectionnées et les ensemercer sur la surface d'une la gélose nutritive coulée en boîte préalablement séchées, de façon à permettre le développement de colonies bien isolées. Incuber les boîtes ensemercées entre 34 °C et 38 °C pendant 24 h ± 3 h.

Pour la confirmation biochimique en utilisant une galerie d'identification miniaturisées, la galerie API 20 E (analytical profile index, 20 caractères pour les entérobactéries) est une galerie miniaturisée et standardisée de tests biochimiques, elle est composée des milieux déshydratés ayant des compositions chimiquement définies pour chaque test.

Ils détectent généralement une activité enzymatique, principalement liée à la fermentation des glucides ou au catabolisme des protéines ou des acides aminés par les organismes inoculés.

Avant l'ensemencement de la galerie, on procède à réunir le fond et le couvercle d'une boîte d'incubation et répartir environ 5 ml d'eau distillée dans les alvéoles pour créer une atmosphère humide. Puis déposer stérilement la galerie dans la boîte d'incubation et inscrire la référence de la souche sur la languette latérale de la boîte.

Prenez une seule colonie isolée dans la gélose nutritive et faites une suspension bactérienne dans de l'eau distillée stérile (0,5 McFarlane) est ensemercée sur la galerie API 20 E suivant cette démarche :

- A l'aide d'une pipette pasteur stérile, on commence par introduire la suspension bactérienne dans chaque microtube, pointe appuyée à l'intérieur et sur le côté pour éviter la formation de bulles d'air.
- Les tubules des symboles soulignés : ADH, LDC, ODC, H2S, URE sont ensemencés par la suspension bactérienne et les cupules par l'huile de vaseline stérile.
- Pour les caractères encadrés : VP, CIT, et GEL, l'ensemencement des tubules et cupules est fait par la suspension.
- Pour les caractères non encadrés, non soulignés, inoculer uniquement le tubule par la suspension.
- Refermer la Galerie et la placer dans une étuve à 37°C pendant 24h.

Après 24 heures d'incubation à 37°C, la galerie est lue, la lecture de ces réactions (positives ou négatives) se fait en fonction des variations des couleurs.

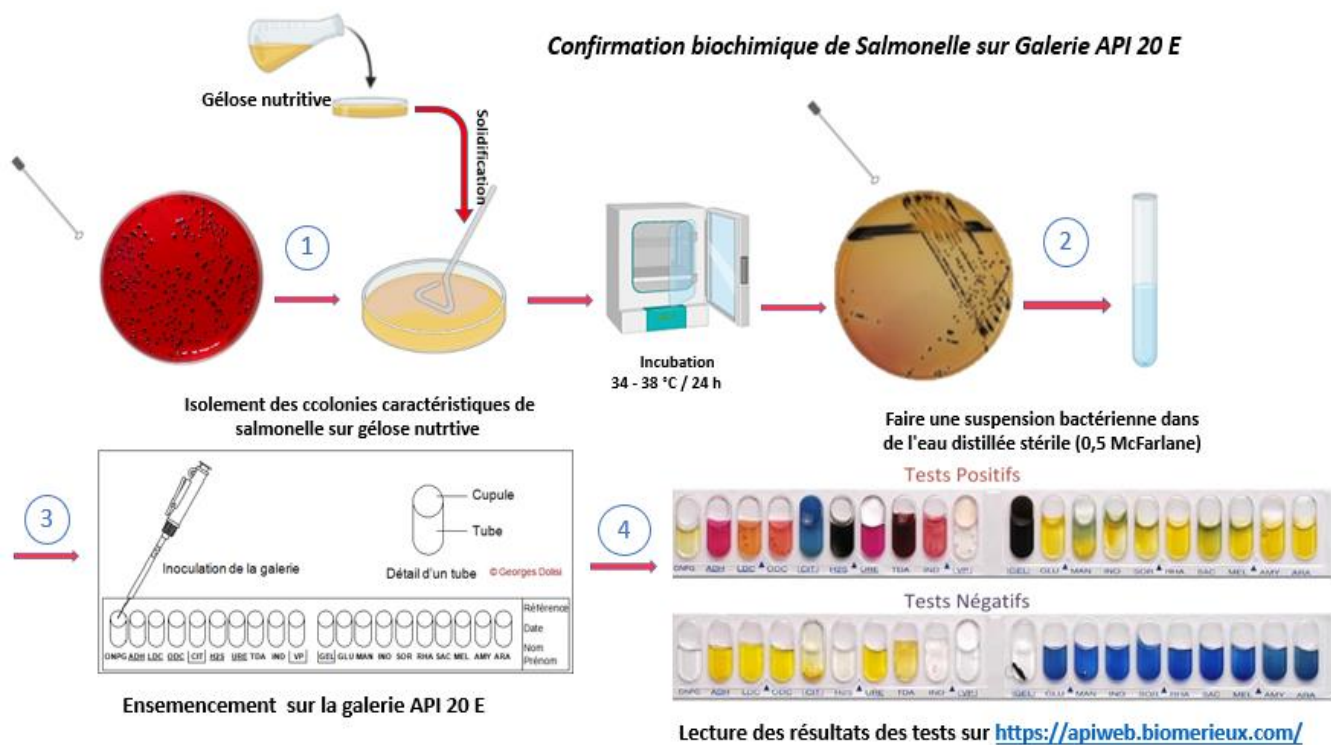


Figure 17:Schéma illustratif de la confirmation biochimique de Salmonelle sur la galerie API 20E

V. Analyse métallique

V.1. Préparation des échantillons pour la recherche d'élément de trace métallique

La préparation des échantillons pour l'analyse est effectuée selon les recommandations de la norme européenne **NF EN 13804(2013)**.

En utilisant les équipements dédiés à l'analyse des contaminants métalliques, les poissons sont disséqués dans un état semi congelé pour éviter la contamination des parties jointives et la perte du métal à travers les mouvements du fluide. Prélèvement de la partie comestible qui est la chair musculaire et du foie pour toutes les espèces de poissons, quant au pageot on a prélevé en plus de la chair et le foie on a extrait les gonades, puis les déposer sur des piluliers en verre (**Figure 15**).

Le broyage des parties prélevés en utilisant un broyeur Retsh GM 200, avec un bol en plastique afin d'obtenir une pâte homogène.

Transférer le broyat, une partie dans des flacons en polypropylènes étiqueté stockée à 4°C dans le réfrigérateur pendant 72 heure avant l'analyse et une autre partie de l'échantillon est conservé dans des sacs alimentaires à -18°C pour éventuelle analyse.

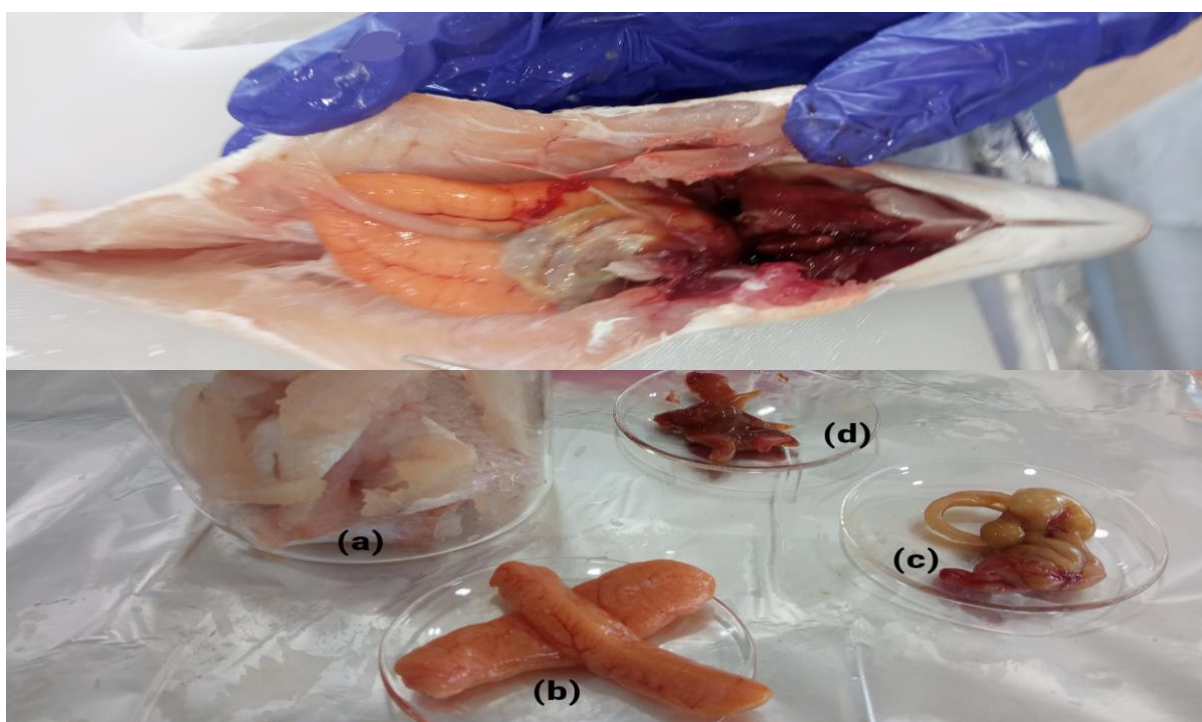


Figure 18: Dissection des poissons et prélèvements de la chair et les organes dans des piluliers. Avec (a) : la chair, (b) : les gonades femelles, (c) : les viscères et (d) : le foie.

V.2. La minéralisation

La minéralisation ou digestion permet de détruire la matière organique et d'obtenir des solutions contenant la teneur totale des éléments métalliques présents dans la prise d'essai. Pour cela, l'acide nitrique concentré et le peroxyde d'hydrogène sont utilisés (Nakib , 2010).

La digestion de l'échantillon est procédée dans un récipient hermétiquement clos dans un conteneur sous pressions, que l'on soumet à une température et à une pression élevée, soit par un dispositif de chauffage traditionnel, soit à l'aide d'un four à micro-ondes (Mehouel, 2016).

La minéralisation est réalisée selon la norme Européenne NF EN 13805 (2002) au laboratoire du centre nationale de toxicologie, Alger.

A cet effet, deux procédés ont été effectués :

- Le traitement par micro-onde.
- Le chauffage à l'étuve

V.2.1. Minéralisation par four à micro-ondes

Une prise d'essai de 1 gramme de chair est mise dans des vaisselles en quartz de minéralisation en ajoutant 3 ml d'acide nitrique 65% et laisser en contact une demi-heure à température ambiante afin d'effectuer une prédigestion, Après cette phase on ajoute 0,5 ml de peroxyde d'hydrogène 30%, pour éviter le dépôt de l'échantillon sur les parois du récipient de digestion et pour obtenir un mélange homogène avec l'acide.

En parallèle, pour vérifier qu'il n'y a pas de contamination un blanc de digestion/de procédure est réalisé de la même façon mais en remplaçant la prise d'essai avec 1 ml d'eau ultrapure.

Le récipient de digestion ainsi et le conteneur sous pression sont fermés hermétiquement, et placé l'ensemble dans le four à microondes de type Anton Paar Multiwave avec 8 positions, suivant un programme de digestion d'une pression 200 psi, une température de 185°C et une durée de digestion de 20 minutes.

Un blanc de matrice ne contenant pas de niveaux détectables d'analyte est introduit aussi, il nous permet d'évaluer la LD et la méthode d'analyse appliquée (Lalere *et al.*,2018).

L'essai est réalisé avec de la chair de poisson « Panga » avec les mêmes quantités de réactifs et soumis à la minéralisation en même temps que les échantillons.

Une fois la minéralisation est finie, laisser refroidir le récipient de digestion à une température ambiante. Après le refroidissement du récipient, il est placé sous une hotte aspirante jusqu'à la disparation des fumées nitreuses. Le minéralisât est transféré dans les tubes en polypropylène de 50 ml et complétée avec l'eau pure.

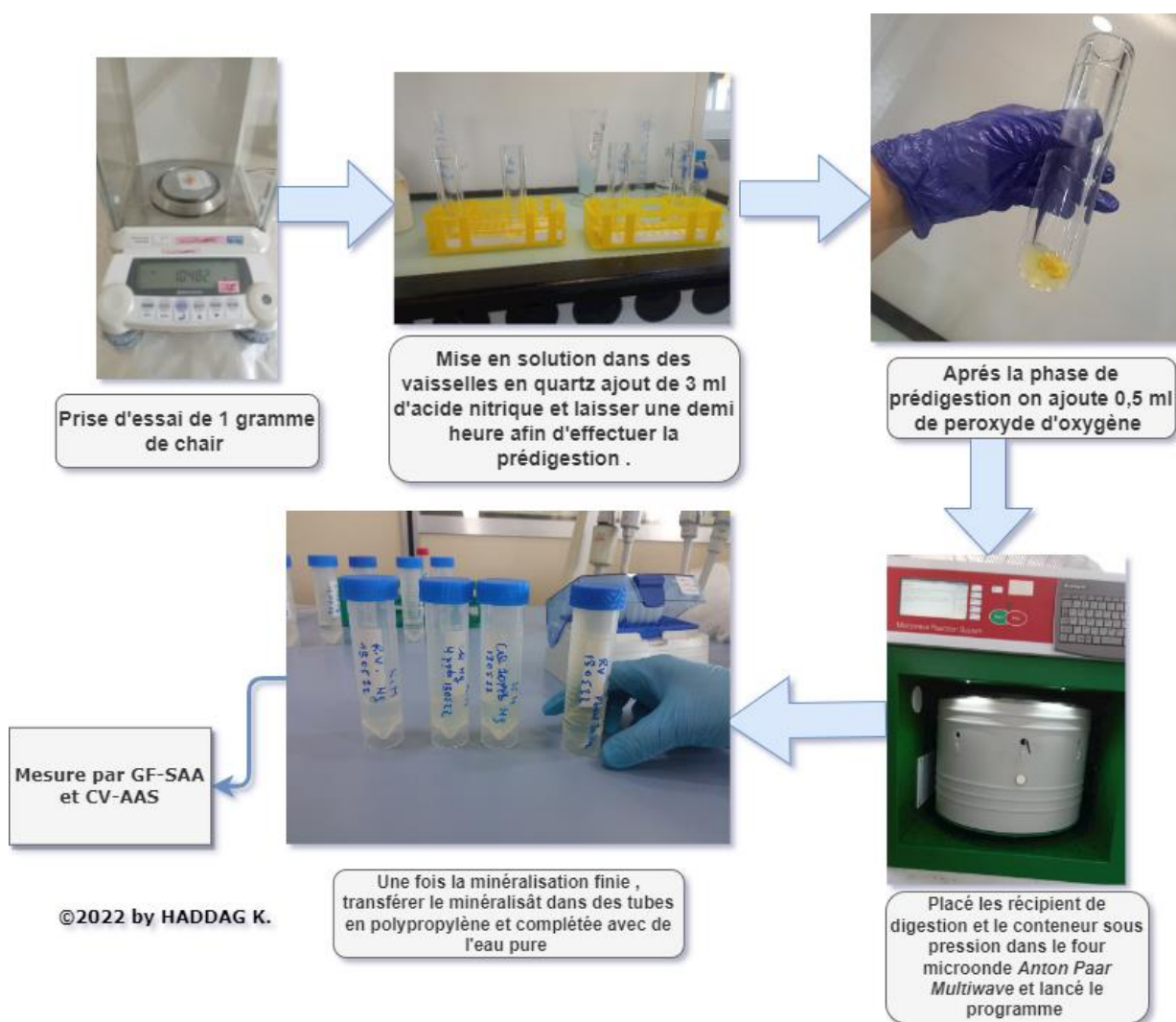


Figure 19 : Diagramme illustratif de la procédure de minéralisation par four microonde de la chair de poisson.

Pour les échantillons destinés à l'analyse du mercure, avant de compléter au trait de jauge avec de l'eau pure, ont réduits les ions mercuriques en ajoutant 5 ml de permanganate de potassium à 6%. Après quelques minutes de réaction, l'ajout de 5ml de d'hydroxylamine chlorhydrate à 20% contribue à la neutralisation de l'excès de $KMNO_4$. Les tubes sont stockés sous froid positif à 4°C dans l'attente de l'analyse afin d'éviter toute perte et contamination.

V.2.2. Minéralisation des échantillons par l'étuve

Après optimisation de plusieurs protocoles de digestion totale par étuve, la méthode validée interne au niveau du service du centre nationale de toxicologie, La minéralisation des organes : Le foie de chaque espèce étudiée et les gonades femelles du pageot commun de chaque espèce étudiée est selon le protocole suivant :

- Prélever des prises d'essais de 50 mg dans des tubes à essai en verre de capacité de 5ml, ajouter 0,5 ml d'acide nitrique supra pure 65%.
- En parallèle, un blanc de digestion est réalisé de la même façon mais en remplaçant la prise d'essai avec 50 ml d'eau ultrapure.
- Les placer ensuite dans un portoir dans une étuve de type BINDER model 56FD pendant 24 heures à 60°C.

Une fois la minéralisation est finie, les minéralisats sont traités de la même façon comme pour les échantillons du four micro-ondes, en les transfèrent dans des tubes en polypropylène de 25 ml et compléter à 5 ml d'eau ultra.

Pour les échantillons destinés à l'analyse du mercure on procède de la même façon avec l'ajout de 2,5 ml de permanganate de potassium à 6% et de 2,5 ml de d'hydroxylamine chlorhydrate à 20%.

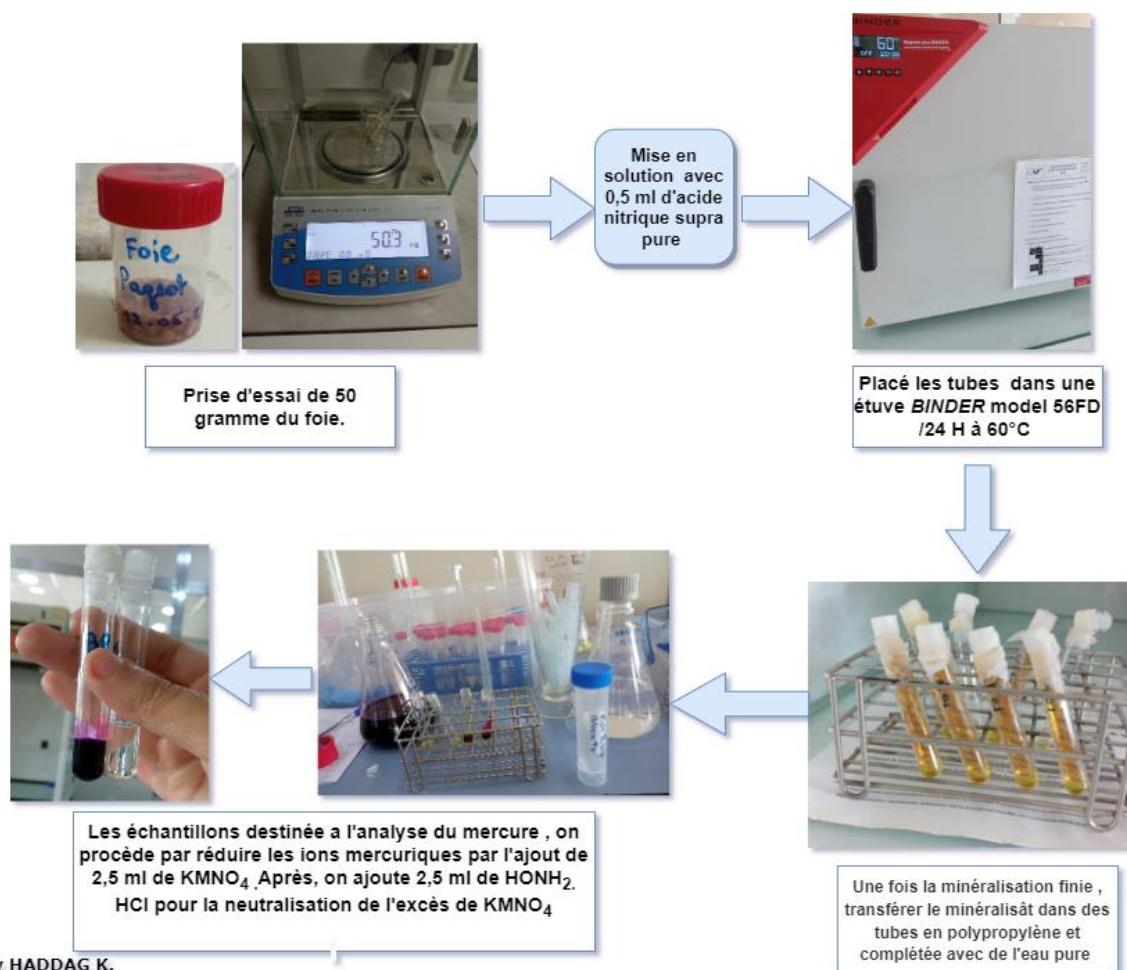


Figure 20:Diagramme illustratif de la procédure de minéralisation par étuve du foie de poisson.

V.3. Préparation de l'eau de mer pour la recherche d'élément de trace métallique

Après prélèvement, une dilution de $1/10^{-\text{ème}}$ est réalisée pour tous les échantillons. Ceux destinés à l'analyse du mercure ont subis une deuxième dilution, en introduisant 25 ml de de la première dilution dans un flacon de 50 ml, suivis d'une digestion en présence de 1,5 ml d'acide chlorhydrique de 3% et 30 μ l permanganate de potassium, puis on a ajouté 30 μ l de chlorure d'hydroxyle d'ammonium afin d'éliminer l'excès de KMnO_4 et on complète avec de l'eau distillé.

Afin d'évaluer la méthode analytique, on a préparé une eau de mer synthétique avec les sels les plus abondants (**tableau 6**).

Tableau 6: Composition de la gamme matrice (Eau de mer synthétique) dans un litre d'eau distillé.

Sels	Quantités
NaCl	26,29 g
CaCl ₂	0,99 g
MgSO ₄ , 7 H ₂ O	8,07 g
MgCl ₂ , 6 H ₂ O	13,01 g
KCl	3,33 ml

V.4. Dosage des contaminants métalliques étudiés (Hg, Pb, Cd, Zn, Cu)

Dans notre travail, nous avons utilisé la GF-SAA de type Perkin Elmer AA 800 pour le dosage du plomb, cadmium, zinc et cuivre, et la CV-AAS de type Perkin Elmer FIMS 400 pour le dosage du mercure. La lecture est effectuée au laboratoire de la Direction Générale de la Sûreté Nationale (DGSN) d'El Biar et entre nationale de Toxicologie, respectivement.

V.4.1. Préparation des gammes d'étalonnages

Avant chaque série de mesure, la préparation à partir de chacune des solutions étalons, de cinq solutions d'étalonnage pour le Pb, Cd et Zn/Cu et de six pour le mercure.

Ces solutions serviront à tracer les courbes d'étalonnages. Les standards utilisés pour l'étalonnage (Pb, Cd, Zn/Cu) est une solution commercialisé multiéléments d'une concentration de 100 mg/l certifiée, pour le Hg la solution est d'une concentration de 1000 mg/l certifiée.

Les gammes d'étalonnages des analytes (Hg, Pb, Cd, Zn et Cu) destinés à l'analyse des poissons sont représentées dans le **tableau 7**. Et ceux destinées à l'analyse d'eau de mer sont représentées dans le **tableau 8**.

Tableau 7: Gammes d'étalonnages des analytes (Hg, Pb, Cd, Zn et Cu), pour l'analyse des poissons.

Analyte	Fonction de régression	Le coefficient de détermination R^2
Hg	$y = 90,734x - 0,2701$	$R^2 = 0,9995$
Pb	$y = 0,0015x + 0,0014$	$R^2 = 0,9694$
Cd	$y = 0,0137x + 0,0004$	$R^2 = 0,9993$
Zn	$y = 1,2877x - 0,0314$	$R^2 = 0,9939$
Cu	$y = 0,035x - 0,0007$	$R^2 = 0,9974$

Tableau 8 : Gammes d'étalonnages des analytes (Hg, Pb, Cd, Zn et Cu), pour l'analyse d'eau de mer.

Analyte	Fonction de régression	Le coefficient de détermination R^2
Hg	$y = 119,9x + 0,004$	$R^2 = 0,9991$
Pb	$y = 1,0055x - 0,0411$	$R^2 = 0,9986$
Cd	$y = 1,0033x - 0,0139$	$R^2 = 0,9993$
Zn	$y = 0,9794x + 0,0074$	$R^2 = 0,9934$
Cu	$y = 0,976x + 0,0139$	$R^2 = 0,9972$

V.4.2. Préparation des standards de validation

Les méthodes de dosage du Cd, Hg et Pb et Zn/Cu ont été validées en interne suivant un protocole de validation des méthodes chimique quantitatives.

Les résultats obtenus au cours de notre travail, ont été vérifié par le biais de différentes méthodes de contrôle qualité. En effet, des matériaux de référence, des ajouts dosés ou un contrôle externe à l'aide des essais inter-laboratoires par des organismes certifiés, ont été utilisés pour confirmer nos résultats. Les standards de validations ont été préparés à partir de solutions mères.

V.4.3. La Spectrophotométrie d'Absorption Atomique (SAA)

La spectrophotométrie d'absorption atomique est une technique d'analyse quantitative, fondée d'une part sur le phénomène d'absorption d'une population d'atomes à l'état fondamentale E_0 des photons d'énergie $h\nu$ et qui passe à l'état excité E_1 et d'autre part à l'estimation du nombre de photons absorbés peut être reliée à la concentration de l'élément dans la solution à analyser.

Une population d'atomes est générée dans un atomiseur. Cette population est éclairée par un rayonnement lumineux de longueur d'onde λ_0 et d'intensité I_0 .

Lors du passage de ce rayonnement au travers du nuage atomique, les atomes au niveau fondamental E_0 peuvent absorber de la lumière de telle sorte que, à la sortie du nuage, l'intensité lumineuse est égale à I à la condition que l'énergie du photon soit égale à la différence d'énergie entre les deux états E_1 et E_0 .

L'absorbance est définie par la relation $A = \lg (I_0 / I)$. Elle est directement proportionnelle à la concentration de la solution et indépendante de l'intensité incidente à travers la chambre d'atomisation de l'élément à doser (**Chahid,2016**). Par ailleurs, il a été montré que l'absorbance obéit à une loi de proportionnalité du type de la loi de Beer-Lambert :

$$A = k.l.C$$

Avec :

⇒ k : coefficient d'absorption spécifique de l'élément à doser.

⇒ l : longueur du chemin optique dans l'atomiseur (cm).

⇒ C : concentration de l'analyte dans la solution à analyser (mol. L⁻¹).

V.4.4. Analyse par Spectroscopie d'Absorption Atomique a four graphite (GF-SAA)

Le dosage des éléments traces métalliques (Pb, Cd, Zn, Cu) ont été effectué par la spectrophotométrie d'absorption atomique de type Perkin Elmer AA 800 piloté par le logiciel Winlab32 en utilisant des lampes spécifiques des ETM à différentes longueurs d'ondes (plomb : 283,3 nm, cadmium : 228,8 nm, zinc : 213,9 nm et cuivre : 324,8 nm).

On a injecté 15 μ l de de l'échantillon qu'on a additionné automatiquement avec le modificateur de substrat (interférant chimiques) 5 μ l, selon le métal recherché (**annexe 4**).

La performance de l'appareillage, via le calcul de la limite de détection et limite de quantification est in dispensable (**Nakib ,2010**).

Les valeurs caractéristiques sont rassemblées dans le tableau ci-dessous :

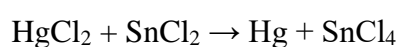
Tableau 9: La performance analytique de GF-SAA.

Analyte en μ g/g	Cd	Zn	Cu
Limite de détection	0,0083	0,00083	0,00083
Limite de quantification	0,025	0,0025	0,0025

V.4.5. Analyse par Spectroscopie d’Absorption Atomique, formation de vapeurs froides

Cette procédure est limitée à la détermination du mercure qui, à l’état élémentaire, a une pression de vapeur appréciable à la température ambiante, de sorte qu’il existe des atomes gazeux sans traitement spécial. C’est la raison pour laquelle on appelle cette technique l’absorption atomique à vapeurs froides.

En tant que méthode de détermination des composés du mercure, le procédé consiste à la réduction d’un composé de mercure (II) qui doit être sous forme ionique dans la solution de l’échantillon avec le borohydrure de sodium (NaBH_4) ou chlorure d’étain (II) (SnCl_2) / chlorure stanneux pour former le mercure élémentaire ou bien métallique :



Le dosage du mercure a été effectué avec le FIMS 400 (Flow Injection Mercury System, système d’injection à flux du mercure).

C’est un spectromètre d’absorption atomique à faisceau unique doté d’un système de distribution d’échantillons à injection à flux intégré piloté par le logiciel Winlab32.

Il est équipé d’un passeur automatique d’échantillons, d’une pompe distributrice, d’une canalisation à réactifs et de serpentins à mélange et d’une lampe spécifique de Hg, d’une longueur d’onde de 253,7 nm. Le volume d’injection est de 500 μl . La FIMS-400 a présenté une LD de 0,013 $\mu\text{g/g}$ et une LQ de 0,039 $\mu\text{g/g}$.

V.4.6. Expressions des résultats de concentrations des ETM dans l’organisme

La concentration finale en Hg, Cd, Pb, Zn, Cu sont exprimées en $\mu\text{g/g}$ de poids frais selon la formule suivante :

$$C_{\text{finale}} = \frac{(C_s - C_b) \times V_f}{PE}$$

Avec : **Cf** : concentration finale en ETM en $\mu\text{g. g}^{-1}$;

Cs : concentration en ETM dans l’échantillon en $\mu\text{g. l}^{-1}$;

Cb : concentration en ETM dans le blanc en $\mu\text{g.l}^{-1}$;

Vf : volume final (dans notre cas : 50 ml pour la chair de poissons et 5 ml pour les foies et les gonades) ;

PE : prise d’essai (poids frais) de l’échantillon (1 gramme pour la chair de poisson et 50 mg pour les foies et gonades).

V.5. Le facteur de bioconcentration

Ce processus d'accumulation s'exprime par un ratio entre la concentration du contaminant étudié dans le milieu et sa concentration dans l'organisme et ce ratio est dit « facteur de bioconcentration », il fournit des informations sur l'enrichissement des métaux dans l'organisme en rapport avec l'environnement mais ne permet pas de définir les conditions environnementales et physiologiques (Casas ,2005) :

$$FBC = \frac{C_{organisme}}{C_{eau}}$$

Avec :

FBC : Facteur de bioconcentration (L.g⁻¹).

C_{organisme} : Concentration en contaminant dans l'organisme (µg. g⁻¹ de poids frais).

C_{eau} : Concentration en contaminant dans l'eau environnante (µg. L⁻¹).

V.6. Evaluation des risques des éléments de trace métalliques sur la santé de l'homme

Dans le cadre d'évaluation des risques de consommation des métaux, retrouvés dans les poissons comestibles, sur la santé de l'homme, trois éléments de traces métallique, à savoir le mercure, le cadmium et le plomb, ont été estimés au niveau de la chair de trois espèces : la sardine, le rouget barbet et le pageot échantillonné de l'Algérois et Cherchell, et ce via l'estimation de la consommation maximale sûre (CMS).

La CMS est déterminée en utilisant la dose journalière maximale tolérable provisoire ou la dose hebdomadaire tolérable provisoire (DHTP), donnée par le Joint Comité d'experts sur les additifs alimentaires (JECFA), multipliée par un poids corporel moyen du consommateur (à savoir 50 et 80 kg pour les femmes et les hommes, respectivement) puis divisé par la concentration en éléments dans le muscle de poisson considéré (Metian *et al.*, 2013; Mahjoub *et al.*, 2021).

Les DHTP pour Pb, Cd et Hg sont 25 µg/kg de pc, 6,25 µg/ kg de pc et 4µg/ kg de pc respectivement. La CMS a été calculé comme suit :

$$CMS = \frac{DHTP \times Pc}{Ci}$$

CMS : consommation maximale sûre (Kg) ;

Pc : poids corporel de l'individu (70Kg) ;

DHTP : Dose hebdomadaire provisoire tolérable de chaque élément (mg/kg) ;

Ci : Concentration moyenne de l'élément dans la chair en poids humide (mg/kg) ;

Chapitre III :

Résultats et

Discussions

Chapitre III : Résultats et discussion

I. Résultats d'analyse de qualité microbiologique des poissons

L'analyse de qualité microbiologique de la chair des trois espèces de poissons sardine, rouget de roche et pageot ont été interprétés selon la norme Algérienne fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires (Arrêté interministériel du 2 Moharram 1438, Journal Officiel N°39 de juillet 2017).

I.1. Flore aérobie à 30°C

Le dénombrement de la Flore à 30°C nous a montré une différence de charge microbienne dans les trois espèces de poissons comme le présente le tableau ci-dessous.

Tableau 10: Résultat de dénombrement de la flore aérobie à 30°C.

	Échantillons	Nombre de germes UFC/g	Norme UFC/g		Évaluation de la qualité microbiologique
			m	M	
Port d'Alger	La Sardine commune	$1,8 \cdot 10^5$	10^6	10^7	Satisfaisante
	Le Rouget de Roche	$1,2 \cdot 10^5$	10^6	10^7	Satisfaisante
Port de Cherchell	Le Pageot commun A	$3,7 \cdot 10^4$	10^6	10^7	Satisfaisante
	Le Pageot commun B	$1,4 \cdot 10^4$	10^6	10^7	Satisfaisante
	Le Pageot commun C	$1,3 \cdot 10^5$	10^6	10^7	Satisfaisante
	Le Pageot commun D	$8 \cdot 10^4$	10^6	10^7	Satisfaisante
	Le Pageot commun E	$2,45 \cdot 10^5$	10^6	10^7	Satisfaisante

Avec :

- ⇒ **m** : Nombre de germes présents 1g/1 ml de chair, qui correspond à la valeur en dessous de laquelle la qualité du produit est considérée comme satisfaisante.
- ⇒ **M** : Nombre de germes présents 1g/1 ml de chair, qui correspond à la valeur en dessous de laquelle la qualité du produit est considérée comme inacceptable.

L'analyse de la flore aérobie totale à 30°C, a donnée des valeurs de l'ordre de $1,8 \cdot 10^5$ UFC/g pour la sardine, $1,2 \cdot 10^5$ UFC/g pour le rouget de roche, et de $3,7 \cdot 10^4$ à $2,45 \cdot 10^5$ UFC/g pour les lots du pageot commun. Les résultats sont ordonnés comme suit :

Pageot E > Sardine > Pageot C > Rouget > Pageot D > Pageot A > Pageot B.

Les échantillons sont de qualité satisfaisante par rapport à la flore aérobie. En effet, tous les résultats sont inférieurs aux bornes de la norme.

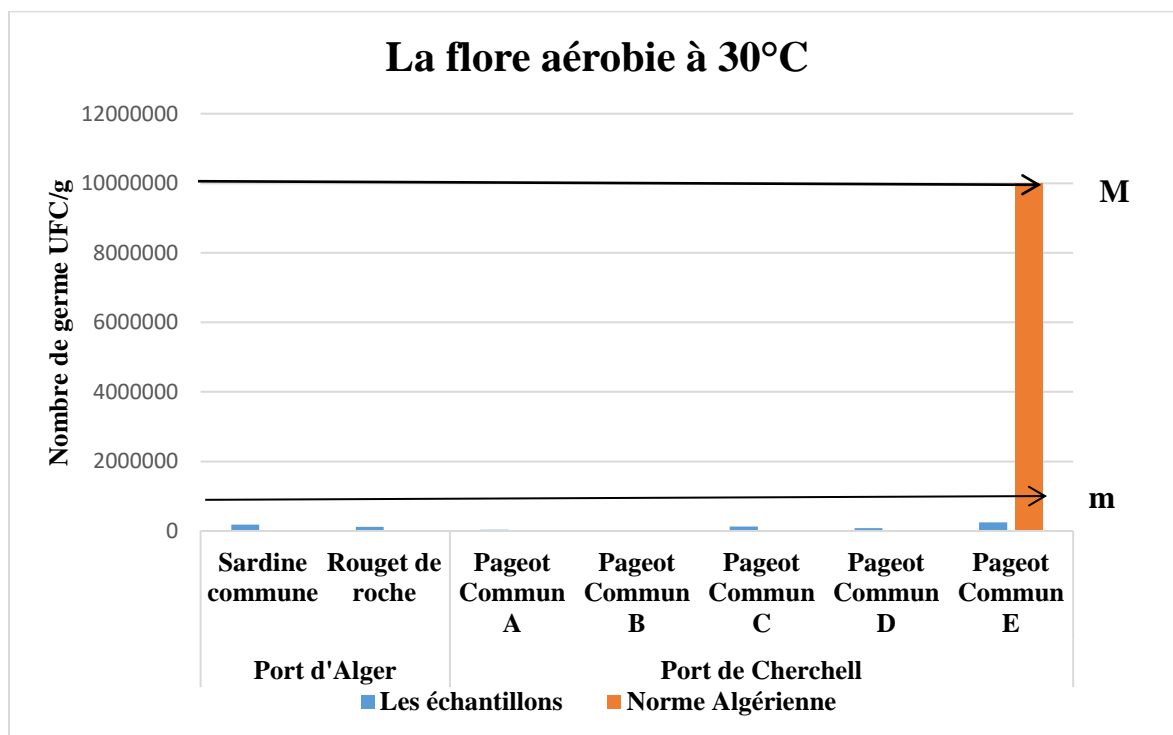


Figure 21:Résultat de dénombrement de la flore aérobie à 30°C (en UFC/g de chair) avec **m** correspond à la valeur minimale microbiologique et **M** correspond à la valeur maximale microbiologique.

I.2. Coliformes thermotolérants à 44°C (CTT)

Les résultats de dénombrement des coliformes thermotolérants sont représentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 11:Résultats de dénombrement des coliformes thermotolérants.

	Échantillons	Nombre de germes UFC/g	Norme UFC/g		Évaluation de la qualité microbiologique
			m	M	
Port d'Alger	La Sardine commune	0	10	10 ²	Satisfaisante
	Le Rouget de Roche	0	10	10 ²	Satisfaisante
Port de Cherchell	Le Pageot commun A	1,5.10 ³	10	10 ²	Non satisfaisante
	Le Pageot commun B	7,27.10 ²	10	10 ²	Non satisfaisante
	Le Pageot commun C	1,1.10 ²	10	10 ²	Non satisfaisante
	Le Pageot commun D	7,27.10 ²	10	10 ²	Non satisfaisante
	Le Pageot commun E	10 ³	10	10 ²	Non satisfaisante

Une absence de coliformes thermotolérants est constatée chez la sardine et le rouget de roche. Quant au pageot, des valeurs allant de $1,1 \cdot 10^2$ à $1,5 \cdot 10^3$ UFC/g ont été retrouvées, pour les lots C, B, D, E et A, respectivement.

La qualité de sardine et de rouget de roche est satisfaisante. Alors que pour le pageot, la qualité est non satisfaisante, du fait que la borne supérieure de 10^2 est dépassée.

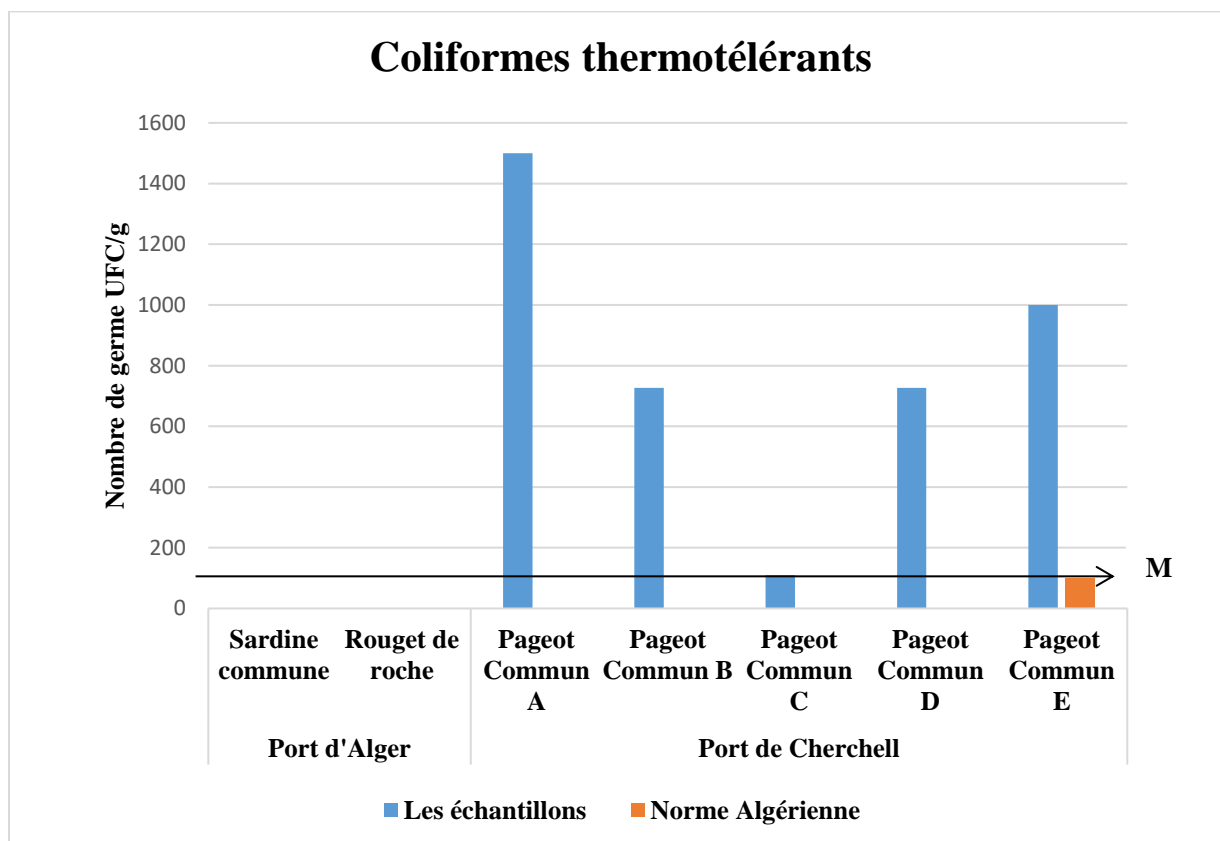


Figure 22: Résultats de dénombrement des coliformes thermotolérants (en UFC/g de chair). Avec **M** correspond à la valeur maximale microbiologique.

I.3. Staphylocoques à coagulase positive

L'analyse de staphylocoque à coagulase positive a abouti aux résultats donnés dans le **tableau 12** ci-dessous.

Tableau 12: Les résultats dénombrement des staphylocoques à coagulase positive.

	Échantillons	Nombre de germes UFC/g	Norme UFC/g		Évaluation de la qualité microbiologique
			m	M	
Port d'Alger	La Sardine commune	0	10 ²	10 ³	Satisfaisante
	Le Rouget de Roche	0	10 ²	10 ³	Satisfaisante
Port de Cherchell	Le Pageot commun A	0	10 ²	10 ³	Satisfaisante
	Le Pageot commun B	0	10 ²	10 ³	Satisfaisante
	Le Pageot commun C	0	10 ²	10 ³	Satisfaisante
	Le Pageot commun D	0	10 ²	10 ³	Satisfaisante
	Le Pageot commun E	0	10 ²	10 ³	Satisfaisante

D'après nos résultats, on a constaté l'absence des staphylocoques à coagulase positive chez les trois espèces de poissons, ce qui implique qu'ils sont de qualité microbiologique satisfaisante.

I.4. Recherche de Salmonelle

La recherche et l'identification de salmonelle sont représentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 13: Les résultats de recherche et d'identification de la Salmonelle.

	Échantillons	Nombre de germes UFC/g	Norme UFC/g	Évaluation de la qualité microbiologique
Port d'Alger	La Sardine commune	0	Absence dans 25g de chair	Satisfaisante
	Le Rouget de Roche	0	Absence dans 25g de chair	Satisfaisante
Port de Cherchell	Le Pageot commun*A	0	Absence dans 25g de chair	Satisfaisante
	Le Pageot commun B	0	Absence dans 25g de chair	Satisfaisante
	Le Pageot commun C	0	Absence dans 25g de chair	Satisfaisante
	Le Pageot commun D	0	Absence dans 25g de chair	Satisfaisante
	Le Pageot commun E	0	Absence dans 25g de chair	Satisfaisante

D'après les résultats donnés dans le tableau n°14, aucune contamination par les salmonelles n'a été enregistrée dans nos échantillons.

I.5. Qualité microbiologique globale des poissons

Un récapitulatif de la qualité microbiologique des critères analysés est montré ci-dessous.

Tableau 14: Tableau récapitulatif de la qualité microbiologique globale des trois échantillons de poissons.

Les échantillons Les germes recherchés	Sardine commune	Rouget de roche	Pageot commun
Flore aérobie à 30°C	S	S	S
Coliformes thermotolérants	S	S	NS
Staphylocoques à coagulase ⁺	S	S	S
Salmonelle	S	S	S
Qualité globale	S	S	NS

S : Satisfaisante ; NS : Non Satisfaisant

Les analyses microbiologiques montrent que 100% des poissons analysés sont de qualité microbiologique satisfaisante au regard des germes pathogènes (Salmonelles et staphylocoques), Ceci pourrait s'expliquer par la pêche dans les eaux non polluées.

Les produits de pêche analysés en se référant à la réglementation algérienne, ont montré que la chair de la sardine et du rouget de roche, pêchés au niveau de la baie d'Alger, sont de qualité microbiologique satisfaisante, donc ils sont salubres et ne présente pas de risque sur la santé du consommateur.

Alors que celle du pageot, pêchée à Cherchell, a montré une qualité non satisfaisante qui ressort d'une charge bactérienne importante en coliformes thermotolérants, leur dénombrement peut souvent être une première étape de la mise en évidence de bactéries d'origine fécale, car elles résistent bien dans le milieu extérieur et peuvent être témoin d'une contamination plus ou moins ancienne. Elles peuvent être aussi témoins d'une contamination par des coliformes d'origine non fécale, provenant de l'environnement et démontrant de mauvaises conditions d'hygiène (**Bonnefoy et al ,2002**).

Ces dernières pourraient être issues de rejets domestiques d'une part, et d'autre part d'une éventuelle manipulation avec l'eau du port pour garder la fraîcheur des poissons après sa capture, les germes sont issus de l'environnement immédiat de l'Homme, il s'agit surtout des

entérobactéries. Ces germes n'ont pas une grande incidence sur la santé du consommateur, mais une flore mésophile dénombrée en grande quantité indique un début du processus d'altération ce qui entraînent des pertes économiques importantes.

II. Résultat d'analyse d'éléments de trace métalliques dans l'eau de mer et le facteur de bioconcentration

Les résultats de recherche de métaux trace au niveau de nos échantillons a donné les valeurs illustrées dans le tableau n° 15.

Tableau 15:Facteurs de bioconcentration (FBC) calculés pour chacun métaux pour les trois espèces de poissons.

Métal	Concentration dans eau de mer ($\mu\text{g/l}$)	Les échantillons	FBC (L/g)
Hg	0,12	La sardine	0,0040
		Le rouget de roche	1,4880
		Le pageot commun	0,0380
Cd	0	La sardine	ND
		Le rouget de roche	ND
		Le pageot commun	ND
Pb	155,2	La sardine	0,0000
		Le rouget de roche	0,0000
		Le pageot commun	0,0000
Zn	1,104	La sardine	0,0267
		Le rouget de roche	0,0264
		Le pageot commun	0,0306
Cu	5,738	La sardine	0,0417
		Le rouget de roche	0,0079
		Le pageot commun	0,0119

Les concentrations en mercure, en plomb, en zinc, et en cuivre sont respectivement de 0,12, 155,2, 1,104, et 5,73 $\mu\text{g/l}$ dans l'eau de mer. Il n'existe pas vraiment de normes des métaux lourds dans l'eau de mer.

Pour le Hg, Zn et Cu, les concentrations sont toutes inférieure aux normes recommandées par l'OMS pour l'eau potable qui sont respectivement de 6, 1000, et 2 000 $\mu\text{g/l}$. quant au Pb il est supérieur à la norme qui est de 10 $\mu\text{g/l}$ (WHO, 2011). Il en ressort que ces eaux sont polluées par le plomb, cela serait dû à la forte contamination du milieu marin suite au trafic marin,

Qui libère du plomb (l'essence des bateaux, le transport des produits pétroliers, les peintures des bateaux etc.)

En outre, le **tableau 15** indique chez les poissons, le plus fort concentrateur du Hg, Zn et Cu est le rouget de roche avec un FBC de 1,49, le pageot commun avec un FBC de 0,0304, et la sardine avec un FBC, et le plus faible concentrateur du Hg, Zn et Cu est la sardine avec un FBC 0,004, le rouget de roche avec un FBC de 0,264 et le rouget de roche avec un FBC de 0,0079, respectivement.

D'après ces résultats, il a été montré que la bioaccumulation de ces trois éléments varie en fonction de l'espèce considérée ainsi que de son habitat, et on constate que plus le quotient entre la concentration d'un métal au niveau de la chair du poisson et l'eau augmente, et plus le FBC est important.

III. Résultat d'analyse d'éléments de trace métalliques chez les poissons

Un dosage du zinc, du cuivre, du cadmium, du plomb et du mercure a été réalisé pour des échantillons de chair et du foie de sardine, de rouget et du pageot, ainsi que des gonades femelles de pageot.

III.1. Qualité de la chair de poissons analysés

La qualité des produits de pêche vis-à-vis les éléments trace métalliques a été déterminée, en se référant aux seuils limites figurant dans la réglementation algérienne (arrêté de 05 janvier 2011) **Annexe 6**, et les normes recommandées par la FAO, 2009 pour les métaux toxiques et les oligoéléments, respectivement.

III.1.1. Teneur en oligoéléments

Les concentrations en zinc et en cuivre obtenues après analyse sont données dans le tableau ci-dessous.

Tableau 16: Tableau comparatif entre les teneurs du Zinc et du Cuivre dans la chair de poissons avec les doses maximales admissibles recommandées par la FAO.

Echantillons	Zn (µg/g)		Cu (µg/g)	
	D.M.A	La concentration	D.M.A	La concentration
La sardine	5	0,019	3	0,229
Le rouget de roche		0,019		0,035
Le pageot		0,023		0,058

Les teneurs en oligoéléments varient de 0,229 à 0,035 µg/g pour le cuivre et de 0,023 à 0,019 µg/g pour le zinc.

L'ordre des concentrations obtenues est comme suit pour le zinc :

Pageot >Sardine >le rouget de roche.

Alors pour le cuivre : **Pageot >Rouget de roche >la sardine.**

La chair de poisson est considérée comme propre à la consommation, du fait que les valeurs sont inférieures aux doses maximales admissibles recommandés par la FAO.

III.1.2. Teneur en métaux toxiques

Le tableau ci-dessous représente les teneurs en Pb, Cd et Hg observées chez la sardine, le rouget et le pageot.

Tableau 17:Tableau comparatif entre les teneurs du Cadmium, Mercure et du Plomb dans la chair de poissons avec les seuils limites réglementaires algérienne.

Echantillons	Hg (µg/g)		Cd (µg/g)		Pb (µg/g)	
	Seuil limite	La concentration	Seuil limite	La concentration	Seuil limite	La concentration
La sardine	0,5	0,00043	0,1	0,004	0,3	0,000
Le rouget de roche		0,178	0,05	0,039		0,000
Le pageot	1	0,005		0,026		0,000

Il est à noter l'absence totale du plomb au niveau de la chair des trois poissons analysés.

La concentration mercurielle obtenu dans la chair de la sardine et le pageot est inférieure, par contre pour le rouget de roche est nettement plus élevé qui est de 0,18 µg/g de poids frais, malgré ce niveau de présence, cette teneur est bien inférieure à la limite maximale résiduelle qui est de l'ordre 0,5 µg/g. Ordre de bioaccumulation du mercure en fonction des espèces de poissons : **Rouget de roche >Pageot > Sardine.**

Concernant le cadmium, on trouve des concentrations faibles au niveau de la chair des trois espèces de poissons, même si ces dernières sont inférieures au seuil limite, on constate des concentrations légèrement élevées au niveau du rouget de roche qui est de l'ordre de 0,039 µg/g ce qui est proche du seuil limite. Ordre de bioaccumulation du cadmium en fonction des espèces de poissons : **Rouget de roche >Pageot >Sardine.**

Les résultats obtenus pour les métaux toxiques, sont toutes au-dessous des seuils limites élaborés par la réglementation algérienne. De ce fait, ces trois poissons ne présentent aucun risque pour les consommateurs.

III.2. Les teneurs globales des éléments de traces métalliques

Un récapitulatif des concentrations des éléments de traces métalliques analysés est répertorié dans le tableau ci-dessous et illustré dans **la figure 23**.

Tableau 18:Résultats des teneurs globales en Hg, Pb, Cd, Zn et Cu de la sardine, le rouget de roche et le pageot (en µg/g de poids frais).

	Port de Cherchell			Port d'Alger			
	Pageot commun			Rouget de roche		Sardine commune	
	Chair	Foie	Gonades ♀	Chair	Foie	Chair	Foie
Hg (µg/g)	0,00454	0,226	0,0077	0,178	0,095	0,00043	0,064
Pb (µg/g)	0	0,6039	0	0	0,3269	0	0,1619
Cd (µg/g)	0,026	1,288	0,019	0,039	0,25	0,004	0,511
Zn (µg/g)	0,234	0	0,0033	0,0189	0	0,0192	0,0127
Cu (µg/g)	0,0581	1,838	0,3008	0,0351	1,3368	0,2291	0,7093

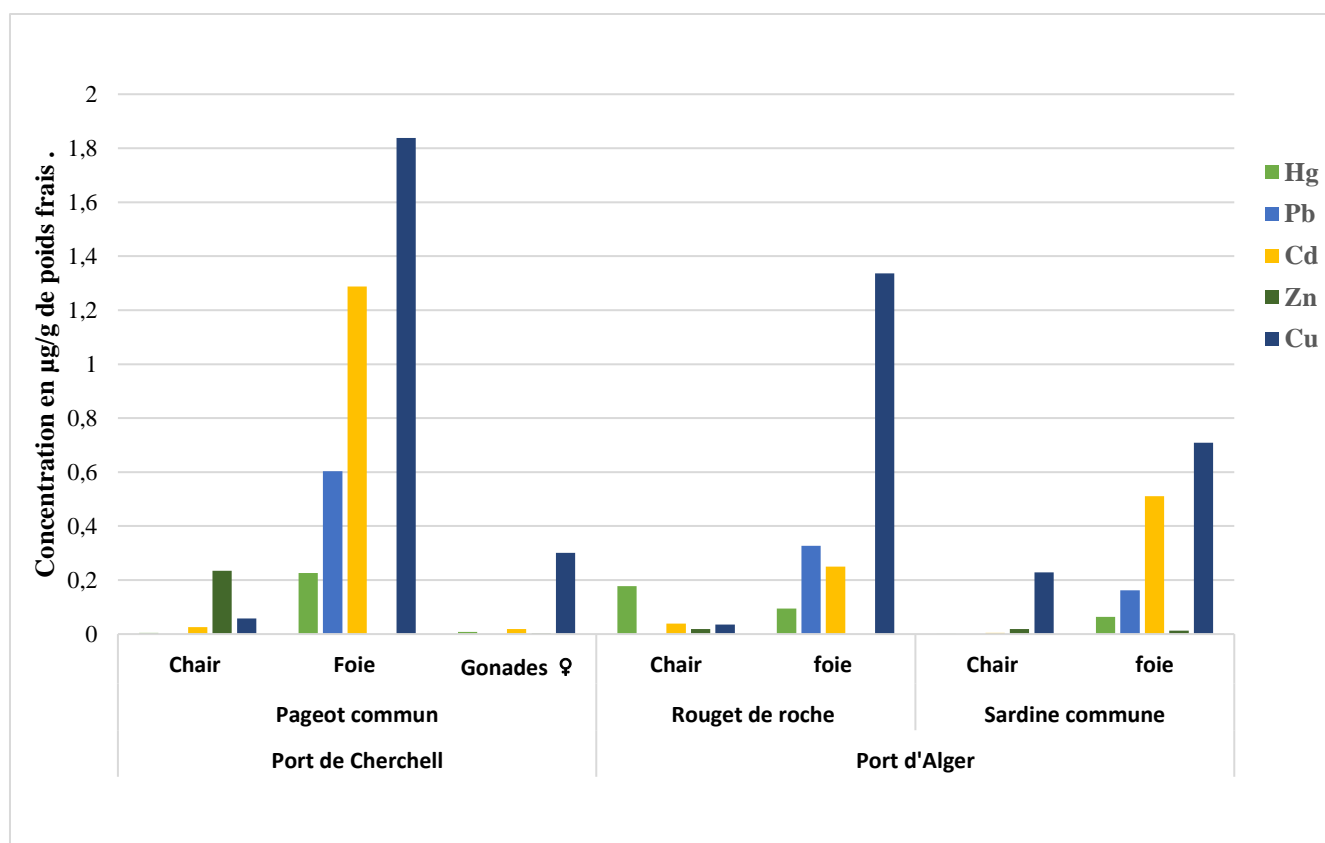


Figure 23 : Variations des concentrations des métaux lourds analysés dans les trois espèces de poissons (en µg/g de poids frais).

Les résultats de notre étude montrent d’une façon générale, que les métaux lourds (Zn, Cu, Cd, Pb et Hg) recherchés sont présents dans les trois échantillons de poissons a des

concentrations qui varient selon l'organe et l'espèce de poisson ainsi que la zone de pêche, mais elles sont inférieures aux limites fixées par la réglementation nationale et internationale. D'après les teneurs en métaux en fonction des échantillons de poissons, on peut établir un ordre décroissant d'accumulation pour ces éléments métalliques dans leurs organes : le foie, chair musculaire et les gonades femelles du pageot pour le mercure, le foie, chair musculaire et les gonades femelles du pageot pour le cadmium, foie, les gonades femelles du pageot et la chair musculaire pour le cuivre, foie, les gonades femelles du pageot et la chair musculaire pour le zinc respectivement.

Et quant aux teneurs en plomb, on note l'absence totale du plomb au niveau de la chair des trois poissons, ainsi qu'une absence du plomb a été observée dans les gonades femelles du pageot commun. En fonction des échantillons, on peut établir un ordre décroissant d'accumulation pour cet élément métallique dans le foie : Le pageot commun, le rouget de roche, la sardine respectivement.

Pour le muscle, les concentrations faibles relevés témoignant d'une accumulation minime de ces métaux au niveau de cette organe et ceci peut s'expliquer par le comportement écotoxicologique de cet organe lié à l'excrétion envers les processus de bioaccumulation.

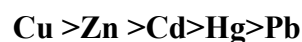
Pour les trois espèces de poisson, le Cu est l'élément le plus accumulé suivi du Cd, puis du Pb et du Zn, et en fin le Hg ; cependant, c'est l'élément trace métallique le plus toxique des trois. La teneur la plus importante concerne relativement le cuivre, qui n'est pas considéré comme un métal toxique ; qui toutefois à de fortes concentrations peut engendrer des dérèglements physiologiques à l'organisme.

Plusieurs auteurs avancent que les concentrations importantes en cuivre et en cadmium dans le foie et les gonades, c'est pratiquement dû à leur présence à l'état physiologique dans les tissus mous comme cofacteurs enzymatiques, mais également le fait qu'il sont l'objet d'une élimination plus rapide dans les muscles (**Marcovecchio et Moreno, 1993 ; Cinier et al.,1999**)

On remarque que le foie du pageot s'est distingué des concentrations élevées des quatre métaux lourds (Hg, Cu, Zn et Cd) suivi du rouget et de la sardine, respectivement. Les teneurs importantes au niveau du foie, chez les trois espèces et expliqué par le rôle de ce dernier qui est un organe de détoxification vue qu'il contient la plus forte teneur en enzymes de biotransformation (**Maruszczak, 2010**).

En outre, le rouget de roche a présenté une teneur importante en Cd et Hg au niveau de la chair, avec une valeur de 0,039 µg/g, et 0,178 µg/g respectivement. Ces différences en concentrations métallique peuvent être liée à l'habitat du rouget de roche qui est un poisson benthique des fonds rocheux ou sableux jusqu'à 20 m de profondeur.

Nos résultats montrent que les espèces de poisson ont accumulés les éléments traces métalliques selon différents ordres de grandeur. De ce fait, l'ordre décroissant des concentrations moyennes des métaux lourds est comme suite :



Cette ordre concorde avec les concentrations trouvées dans l'eau de mer et les valeurs des facteurs de bioconcentration pour Cu, Zn et Hg :



Miquel (2001) a montré que la capacité de bioconcentration des métaux lourds varie d'une espèce à une autre, il rapporta que la capacité de bioconcentrer le plomb et le cadmium était faible chez la sardine qui est un poisson pélagique semblent être moins ciblés par les métaux lourds, cette situation est probablement à remettre en relation avec son régime alimentaire qui est principalement du phytoplancton, alors que chez le rouget de roche et le pageot commun ont une capacité de bioconcentration moyenne pour le plomb et le cadmium. Ce qui corrobore nos résultats.

En général, les variations interspécifiques des teneurs en métaux lourds confirment le fait que la bioaccumulation dépend de l'espèce considérée donc de sa capacité physiologique d'assimilation et d'excrétion de l'élément trace ingéré et de son anatomie.

Cette fluctuation des concentrations des métaux lourds dans les tissus de poisson varie dépendamment de nombreux facteurs, ceux liés aux poissons eux même : la taille corporelle, l'âge, le sexe, le cycle de reproduction, les modèles de natation, l'alimentation et l'état de de santé des organismes.

L'activité métabolique est également l'un des plus cruciaux facteurs d'accumulation de métaux lourds dans les tissus des poissons, l'accumulation chez les organismes jeunes est généralement supérieure à celle des organismes âgés, ceci à cause de l'activité métabolique très élevée chez les jeunes (**Kim et Kang, 2015**). Dans notre présente étude les spécimens étudiés sont matures, c'est pour cela qu'on a trouvés des concentrations pas si importantes, concernant le pageot commun les teneurs trouvés au niveau de ces organes sont liés à la physiologie de la reproduction.

Et d'autres facteurs peuvent aussi influencer la variation des niveaux de contamination des poissons par les métaux lourds, comme la durée d'exposition des poissons aux contaminants dans l'eau, les concentrations de contaminants dans la colonne d'eau, la manipulation et le traitement, la zone de capture, le transport et le stockage, la température, la salinité, le pH, la saison (lessivage des sols par les fortes pluies) et la présence des ligands dans le milieu marin influencent aussi la bioaccumulation des métaux lourds et elle dépend aussi de l'élément trace concerné (taille moléculaire, spéciation chimique, biodisponibilité, etc.).

En effet, les métaux dont la cinétique d'absorption est supérieure à la cinétique d'élimination ont tendance à s'accumuler dans l'organisme. Une faible élimination des éléments traces est en général due à leur séquestration par les métallothionéines (**Ouro-Sama et al., 2014**).

Afin de bien visualiser notre travail, nous avons opté pour une étude comparative des mêmes espèces de poissons, utilisé comme indicateur biologique pour déterminer le niveau de contamination dans différents secteurs de la côte Algérienne (**Tableau N°19**).

Concernant le rouget de roche, nous remarquons que le taux de cadmium et du plomb dans la chair et le foie est relativement similaire à ceux de **Merabet Borsali (2007)** à Oran, par contre le Zinc enregistré un taux supérieur par cette auteure à ceux qu'on a trouvé ce qui reflète l'importance des fluctuations de ces métaux au cours du temps et dans l'espace.

Pour la sardine nos résultats au niveau de la chair ne dépassent pas le seuil limite pour le Cd, Hg et Pb à l'inverse de **Mehouel (2016)**, alors qu'en **2020** ces résultats sont toujours supérieures aux nôtres, mais inférieure aux seuils limites, sachant que c'est la même région et la même espèce ont montrés une contamination du milieu au cours du temps. Les teneurs enregistrés en zinc et cadmium dans la chair chez **Sahbaoui (2015)** à Tlemcen sont supérieures aux nôtres, en revanche la teneur en cuivre obtenus est supérieure, on peut déduire que cette différenciation est liée à la zone de pêche. Les teneurs trouvés chez **Mansouri & Khenache (2016)** à Bejaia sont supérieurs aux nôtres.

Pour le pageot, nous constatons que les teneurs en Hg, Cd et Pb dans les organes (Foie, chair musculaire et gonades) sont inférieures à ceux reportés par **Attaf (2020)** à Tipaza, et la teneur en Cd dans le foie et les gonades sont supérieures à ceux reporté par **Bouayad (2016)** à Tlemcen.

On déduit que les niveaux de contamination des poissons ciblés comme nous le montrent les études antérieures sont très variables d'une région à une autre et d'un auteur à un autre.

Tableau 19: Comparaison des teneurs métalliques au niveau des différents organes des trois espèces de poissons étudiées avec les données bibliographiques de la côte Algérienne.

Région et port de pêche	Espèce de poissons	Les organes	Pb (µg/g)	Hg (µg/g)	Cd (µg/g)	Zn (µg/g)	Cu (µg/g)	Auteurs
Oran (port d'Oran)	Le rouget de roche	Foie	0,274 p.s	/	0,246 p.s	19,2 p.s	/	Merabet Borsali (2007)
		Chair	0,15 p.s	/	0,022 p.s	17,07 p.s	/	
Alger (port d'Alger)	Pageot commun	Foie	/	0,01 p.s	/	117,4 p.s	/	Benmoussa (2014)
Tlemcen (Port de Ghazaouat)	La sardine commune	Chair	0.074	/	0,013 p.s	0,251 p.s	0,013 p.s	Sahbaoui (2015)
Alger (port d'Alger)	La sardine commune	Chair	1,7944	0,5242	0,4812	/	/	Mehouel (2016)
Bejaïa (Port de Bejaïa)	La sardine commune	Chair	/	/	0,01 p.s	0,239 p.s	0,685 p.s	Mansouri & Khenache (2016)
Tlemcen (Port de Marsa ben M'hidi)	Pageot commun	Foie	/	/	0,04 p.s	/	/	Bouayad (2016)
		Gonades	/	/	0,002 p.s	/	/	
Tipaza (Port de Bouharoun)	Pageot commun	Foie	/	0,305 p.s	/	/	/	Attaf (2020)
		Chair	10,4187	0,314 p.s	0,6628 p.s	/	/	
		Gonades	/	0,184 p.s	/	/	/	
Alger (port d'Alger)	La sardine commune	Chair	0,02	0,02	0,01	/	/	Mehouel (2020)
Alger (Port d'Alger)	La sardine commune	Foie	0,1619	0,064	0,511	0,0127	0,7093	La présente étude (2022)
		Chair	0	0,00043	0,004	0,0192	0,2291	
	Le Rouget de roche	Foie	0,3269	0,095	0,25	0	1,3368	
		Chair	0	0,178	0,039	0,0189	0,0351	
Cherchell (Port de Cherchell)	Pageot commun	Foie	0,6039	0,226	1,288	0	1,8388	
		Chair	0	0,0045	0,026	0,0234	0,0581	
		Gonades	0	0,008	0,019	0,0033	0,3008	

IV. Résultats obtenus pour le risque des métaux lourds sur la santé de l'homme

La consommation maximale sûre de la chair pour la sardine, le rouget de roche et le pageot commun vis-à-vis du mercure est de 78,05 kg, 0,188 kg et 7,40 g, du cadmium est de 2,57 kg, 0,239 kg et 0,36 kg, respectivement par semaine.

La consommation annuelle de poisson par habitant en Algérie pour l'année 2016 a été estimée à environ 3,56 kg par une population de 40 millions (**M.P.R.H ,2018**).

Etant donné qu'en 2022, la population Algérienne selon les prévisions est de 45,4 millions selon l'APS auprès de l'Office national des statistiques (ONS) la consommation moyenne annuelle en termes de produits de pêches en Algérie peut être estimée à 5kg/an, ce qui correspond à une consommation de 0,104 Kg par semaine.

Compte tenu des espèces de poisson étudiés et la consommation moyenne, la maturité du consommateur ainsi que les éléments métalliques à analyser, les résultats obtenus dans notre étude nous permettent de constater que la consommation de ces poissons n'engendre aucun effet sur la santé humaine , donc aucun risque d'intoxication par les métaux étudiés , cette absence de risque serait liée à la faible concentration de ces éléments métalliques dans la chair des poissons et à la fois de la faible consommation de ces derniers par la population algérienne du fait de leurs régime alimentaire diversifié .

Les résultats obtenus dans notre étude pour la présence du Cd et Hg dans la chair de trois espèces étudiées sont similaires à ceux observés chez le pageot commun **Attaf (2020)**.

*Conclusion et
Perspectives*

Conclusion

Notre présente étude constitue une contribution à l'évaluation de la contamination métallique par cinq type principaux métaux : le cadmium, le plomb, le mercure, le zinc et le cuivre et la détermination de la qualité bactériologique dans les tissus de trois espèces de poissons commercialement importante en Algérie : La sardine, le rouget de roche et le pageot.

Notre intérêt pour les métaux lourds n'était pas fortuit dans la mesure où ces métaux ont fait l'objet depuis quelques années de travaux scientifiques importants en vue de préciser les effets néfastes à long terme sur la santé du consommateur.

Au terme de ce travail, on a effectué une synthèse des résultats trouvés pour nous permettre de faire un bilan actuel global :

- Les résultats de l'évaluation de la qualité microbiologique, montrent que la chair du rouget de roche et de la sardine commune sont de qualité bactériologique satisfaisante. En revanche, les résultats relevés pour le pageot commun ont montré l'existence d'une pollution bactériologique et que les échantillons analysés renferment des germes de contamination fécale à des concentrations qui dépassent les normes.
- Quelle que soit la région, les échantillons analysés contiennent des concentrations faibles en Cd, Hg, Pb, Zn et Cu dans la chair, inférieures aux limites fixées par la réglementation, sauf pour le rouget de roche qui présente une teneur en Cd légèrement élevée au niveau de la chair ce qui est proche du seuil limite. Par conséquent, les espèces étudiées ne présentent aucun risque pour la santé des consommateurs, mais bien que parfois les contaminants dépassent ou proche le cadre juridique limites fixées par la réglementation pour la nourriture, ils ne présentent pas toujours un risque pour la santé humaine.
- En revanche, le foie présente des concentrations en métaux lourds plus importantes que dans les autres organes. Ceci se traduit par le rôle du foie, qui est un organe accumulateur et détoxifiant.
- L'estimation du risque des métaux lourds sur la santé de l'homme, nous a apporté l'assurance que le consommateur algérien n'est pas exposé au risque des métaux lourds toxiques en consommant ces trois espèces de poissons.

Au terme de ce travail, qui nous a permis de mettre en lumière la contamination métallique et bactériologique de quelques espèces de poissons. Il en découle des perspectives futures de recherches intéressantes :

- ✓ Elargir la recherche, en ajoutant d'autres contaminants chimiques de l'environnement, notamment, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les polychlorobiphényles (PCBi), l'arsenic, l'aluminium, l'étain etc.
- ✓ La mise en œuvre d'une analyse microbiologique et métallique sur une large gamme d'échantillons de différents poissons et d'autres produits de la pêche.
- ✓ Réaliser des études d'évaluation du risque régulières pour tous les produits de pêche tout au long du territoire national en touchant toutes les catégories d'âge, afin de protéger la santé du consommateur.
- ✓ Mettre en place un réseau de surveillance exhaustive et périodique des écosystèmes aquatiques pour protéger et préserver la biodiversité marine.

Références
bibliographiques

Références bibliographiques

A

Abotchi K., Seydi M., 2010. Évaluation de la qualité microbiologique des poissons fumés artisanalement au Togo. Mémoire de Master II : Qualité des aliments de l'homme. Sénégal. Ecole Inter-États des Sciences et Médecine Vétérinaires (EISMV). 28p.

Aoudjit, N., 2001. Étude de certains facteurs biologiques et de la contamination de la Bogue (*Boops Boops*) par les métaux lourds provenant de la baie d'Oran. Thèse de Magister, Dép. De Biologie, Faculté des Sciences, Université d'Oran : 120p.

Attaf B., 2020. Évaluation de l'activité du polonium-210 et niveau des éléments de trace métalliques (Hg, Pb et Cd) dans le biote (poissons comestibles et fruits de mer), risque sur la santé de l'homme. Mémoire d'ingénieur. Biotechnologie marine. Alger : ENSSMAL, P 72.

B

Bachari F., 2009. Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir de l'imagerie satellitaire. Thèse de doctorat : Sciences de l'Univers et Environnement, Université de Paris Est, p 272.

Bachir -Boudjra, A., Halmouti, A., Bensahl a- Talet, L et Boutiba, Z., 2000. Recherche sur la biométrie de la langouste rose (*Palinurus mauritanicus*) pêchée dans la baie d'Oran et de Béni Saf et sa contamination par les métaux lourds. Journée Internationale sur la Biodiversité, Bordj El Kiffane (Alger), 20–21 mai 2000.

Begoug, S., Touarsi, N., 2000. Indice de contamination métallique de la moule *Mytilus galloprovincialis*(L.) du port d'Oran. Mémoire DES, Dép., de Biologie.

Belabed B., 2010. La pollution par les métaux lourds dans la région d'Annaba « *Sources de contamination des écosystèmes aquatiques* » obtention du diplôme de Docteur en Sciences de la Mer Option : Biologie et physiologie des organismes marins Université Badji Mokhtar Annaba pp199.

Bélangier D., 2009. Utilisation de la faune macro benthique comme bioindicateur de la qualité de l'environnement. Thèse présentée au Département de biologie en vue de l'obtention du grade de maître en écologie internationale. Faculté des sciences de l'Université de Sherbrooke.

Belhoucine, F., 2005. Contamination du Merlu *Merluccius merluccius* (L., 1758) par trois métaux lourds (Cadmium, Plomb et le Zinc) pêché dans la baie d'Oran. Thèse de Magister Univ. Oran : 110p.

- Benadda H., 2019.** Evaluation de la contamination métallique (Cu,Zn,Cd,Fe) et microbiologique (Coliformes fécaux, Staphylococcus aureus, Streptocoques fécaux, Salmonella) des oursins et holothuries et du milieu dans différents sites côtiers de l'ouest algérien. Thèse Doctorat : Ecologie et Environnement marin. Université Abdelhamid ben badis.
- Benadda,H., 2009.**Évaluation de la pollution marine par trios éléments en trace métalliques (plomb, cadmium et zinc) sur un poisson pélagique: La Saurel, *Trachurus trachurus* (Linné,1758) pêcher dans la baie d'Oran, Thèse Magister. Univ.Oran Es- Sénia 82p
- Benali, I.,2015.** Utilisation de la moule *Mytilus galloprovincialis* (Lmk, 1819) collectée sur le littoral ouest algérien, pour l'évaluation de l'impact d'une pollution anthropogénique (Métaux lourds, PCBs et HAPs) Pour l'obtention du diplôme de doctorat en science en biologie option: sciences de l'environnement université d'Oran pp213.
- Benamar, N., 2005.** Évaluation de la pollution marine par trios éléments en trace métalliques (plomb, cadmium et zinc) sur un poisson pélagique : L'allache *Sardinella aurita* (Valencienne,1847) pêcher dans la baie d'Oran, Thèse Magister. Univ.Oran 97p.
- Bendadeche F., 2012.** Empreinte protéique et génétique d'espèces de poissons de consommation : Approches analytiques. Thèse de magister : Biotechnologie, en ressources aquatiques. Université d'Oran 1 Ahmed Ben Bella.
- Benghali. S., 2006.** Biosurveillance de la pollution marine de la côte occidentale algérienne par la mesure de l'activité d'acétylcholinestérase chez la moule *Mytilus galloprovincialis*, l'oursin *Paracentrotus lividus* et la *Patella caerulea*, Mémoire de Magister, Université d'Oran, 83p.
- Benguedda- Rahal, W., 1993.**Contribution à l'étude de quelques polluants métalliques chez la moule *Perna perna* (L) et le rouget *Mullus surmuletus* (L) dans la partie occidentale du golfe d'Arzew. Thèse de Magister en Océanologie Biologie, ISMAL (Alger) : 152p. 02 p.
- Benguedda- Rahal, W., Chouikhi, A. et Boutiba, Z., 1994a.** La contamination par les métaux lourds de la moule *Perna perna*, L. dans le golfe d'Arzew. 1 er Colloque Climat- Environnement de l'ARCE, Oran .
- Benguedda- Rahal, W., Chouikhi, A., Boutiba, Z., 1994b.**Teneurs en métaux lourds du rouget *Mullus surmeletus*, L. dans le golfe d'Arzew. Colloque International sur les écosystèmes. 23–24 Nov. 94. Tlemcen, Alg .
- Benguendouz A., 2018.** Caractérisation nutritionnelle, toxicologique et aptitudes technologiques de sardine « *Sardina pilchardus* » pêchée dans la côte Algérienne. Thèse de doctorat : Sciences alimentaires. 104p.

- Benmoussa S., 2014.** Etude de la bioaccumulation des métaux traces par le pageot commun "*Pagellus erythrinus*" dans la côte algérienne. Thèse d'ingénieur : Environnement. ENSSMAL, Alger, 60p.
- Bensahla-Talet, L., 2001.** Contribution à l'étude des caractères biologiques du rouget (*Mullus barbatus*) du golf d'Oran et sa contamination par les métaux lourds. Thèse de Magister, Dép. De Biologie, Faculté des Sciences, Univ. Oran : 156p.
- Berramdane S. et Kaddouri A., 2021.** Inventaire des poissons débarqués au niveau du port de Bouzedjar (Ain Timouchent). Thèse de master : En Sciences de la mer. Université ABOUBEKR BELKAID RTLEMCEN. 100p
- Billon J., 1976.** Intérêt du froid dans la conservation du poisson et des crustacés : aspects microbiologiques. *Bul. Acad. Vétérinaire de France.* 49 :333-334 p
- Bonnefoy C., Guillet F., Leyral G., Bourdais E., 2002.** Microbiologie et qualité dans l'industrie agroalimentaires, édition : Doin éditeurs ; Rueil Malmaison, Paris, : 245p.
- Borsali Merabet S., 2015.** Évaluation de la contamination métallique dans trois organes (foie, gonades et muscle) du Rouget de roche *Mullus surmuletus* (L.1758) par quatre métaux lourds (Zn, Cu, Cd, Pb) pêché dans la baie d'Oran. Thèse doctorat : Science de l'environnement. Université d'Oran Ahmed ben Bella 1. 200p.
- Borsali.S, 2007.** Contribution à l'étude de la contamination par les métaux lourds (Zn, Cd, Pb) dans les organes (foie, gonade et muscle) de rouget de roche **Mullus surmuletus** (L.1758) pêche dans la baie d'Oran.
- Bouayed, N., 2016.** Impact de la pollution marine par quelques métaux lourds au niveau de la station de Marsat Ben Mhidi chez un poisson osseux (*Pagellus acarne*). Thèse de Master. Université Abou Bekr Belkaid - Tlemcen.
- Bouderbala, M., Boutiba.Z. 1997.** Teneurs en cuivre, plomb, zinc et nickel chez le dauphin commun (*Delphinus delphis*) des côtes algériennes. II -ème Journées Maghrébines des Sciences de la Mer, ISTPM, Agadir (Maroc), 20–22 Déc. 11997.
- Boukhelf K., 2012.** Données biométriques, indices physiologiques et dosage des métaux lourds chez l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816), dans la région de Mostaganem (Algérie), thèse de magister science de la mer Option : Biologie et pollution marines 183p.
- Boukrah H., 2008.** Etude comparative de l'adsorption des ions plomb sur différents adsorbants. Mémoire de Magister. Université du 20 août 1955-Skikda. 139 pages.
- Bourgeois, C. M., Mescle, J. F., Zucca, J., & Larpent, J. P., 1988.** Microbiologie alimentaire. Vol 1 : Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité alimentaires : 416p.

C

Cambier, S., 2009. Impact d'une contamination au méthyl mercure par voie alimentaire sur l'expression génétique, la bioénergétique, et la reproduction chez le poisson zèbre *Danio rerio*. Thèse de doctorat. Université de Bordeaux, 1.178 pages.

Carip C., 2008. Microbiologie Hygiène bases microbiologiques de la diététique, Ed Tec & Doc Lavoisier : médicales internationales, Londres-Paris-New-York, 58-241p.

Casas S., 2005. Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule *Mytilus galloprovincialis*, en milieu méditerranéen. Interactions entre organismes. Thèse de doctorat. Spécialité : Océanologie biologique, environnement marin. Université de Sud Toulon Var. 314 pages.

Chahid A.,2016. Quantification des éléments traces métalliques (cadmium, plomb et mercure total) de certains produits de la pêche débarqués dans la zone Essaouira-Dakhla : Evaluation des risques sanitaires. Thèse doctorat national ; Chimie appliquée. Université IBN ZOHR, Maroc.100p.

Cinier , C. ;Petit-Ramel, M., Faure, R., Garin ,D. Et Bouvet, Y .1999.Kinetics of cadmium accumulation and elimination in carp *Cyprinus carpio* tissues.*Comparative Biochemistry and Physiology* C.122, 345-352p.

D

Dahetze Y., 2020. Effet des métaux sur la méthylation du mercure chez les bactéries. [Travaux Universitaires] Pau. Université de Pau et des Pays de l'Adour (UPPA), FRA. hal-03454795.

De La Fuente, R., Díez, R. M., Domínguez-Bernal, G., Orden, J. A., & Martínez-Pulgarín, S., 2010. Restoring catalase activity in *Staphylococcus aureus* subsp. *anaerobius* leads to loss of pathogenicity for lambs. *Veterinary research*, 41(4), 41.

Dermeche S., 2010.Indices physiologiques, métaux lourds et bio essais chez l'oursin commun *Paracentrotus lividus* (Lmck ,1816) de la côte oranaise (Algérie Ouest). Doctorat en pollution marin. Uni Oran. 6-23-38p.

Djiby C.,2009. Evaluation préliminaire de stock de rouget barbet de roche (*Mullus surmuletus*) en Manche-sud mer du Nord. Thèse de master Sciences Agronomiques et Agroalimentaires. Agrocampus Ouest .60p.

F

Faiz H.,2011. Étude par spectroscopie RMN du carbone 13 de la toxicité métabolique du cadmium dans les tubules rénaux proximaux murins et humains. Thèse de doctorat : Sciences agricoles. Université Claude Bernard - Lyon . tel-00843866.

Fischer, W.; Schneider, M.; Bauchot, M.-L.,1987. Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. (Révision 1). Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Volume II. 1048-1343 p.

G

Gaujous D.,1995. La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. 2e édition revue et augmentée. Paris : Lavoisier Tec et Doc.220p

Ghaly, A.E., Ramakrishnan, V.V., Brooks, M.S., Budge, S.M. and Dave, D., 2013. Fish processing wastes as a potential source of proteins, amino acids and oils: A critical review. Journal of Microbial and Biochemical Technology.

Guenane Z.,2018. Morphométrie de la sardine *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) de la côte de Jijel, Est algérien. Thèse de master : en Écosystèmes aquatiques. Université Mohamed Seddik Benyahia–Jijel.80p.

Guendouzi ,Y. Boudjellal . B., 2016.Biosurveillance saisonnière des métaux traces a travers la moule *Mytilus Galloprovincialis* dans le bassin sud-ouest méditerranéen (Algérie) Rapp. Comm. int. Mer Médit., 41-2p.

Guendouzi Y , , Boulahdid Mostefa , Boudjenoun Meriem , Mezali Karim , Soualili ,D.L , .2017.Seasonal variation in bioavailability of trace metals in the echinoid *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) from Algerian coastal waters: *Effect of physiological indices Regional Studies in Marine Science* 112–117p.

H

Hassani M., Smail M.,2010. Identification des nématodes et aspects écologiques des parasites du rouget de roche *Mullus surmuletus* (linné, 1758) de la baie de kristel (littoral oranais). Thèse de magister : Biologie et pollution marine .100p.

Hattou Y., 2016. Effet des saisons de pêche sur la qualité nutritionnelle de la sardine “*Sardina pilchardus*” pêcher dans la zone de Mostaganem. Thèse de master : en Biotechnologie Alimentaire. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem.60p.

Huss, H., 1996. Assurance de qualité des produits de la mer. FAO Document technique sur les pêches. No. 334. Rome, FAO. 1995. 186p.

Huynh, D.T.M., 2009.Impacts des métaux lourds sur l’interaction plante/ ver de terre/ microflore tellurique. Thèse de doctorat. Université Paris, École doctorale science de la vie et de la santé.151 pages.

I

IFREMER. ,2012. Définition d'un bio indicateur d'eutrophisation (coraux, algues, invertébrés) pour les récifs coralliens de La Réunion Rapport final. Convention Ifremer/ARVAM n° 10/1218779.188p

INERIS, 2014. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques : Cadmium et ses dérivés. Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques. URL : <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/getDocument/2725>

INRS, 2006. Plomb et composés minéraux. Institut national de recherche et de sécurité. URL :

INRS, 2013. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques : Cuivre et composés. Institut national de recherche et de sécurité.

INRS, 2020. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques : Zinc et composés minéraux. Institut national de recherche et de sécurité.

K

Kim, J.H. et Kang, J. C., 2015.The lead accumulation and hematological findings in juvenile rock fish *Se bastes schlegelii* exposed to the dietary lead (II)concentrations. *Ecotoxicology and EnvironmentalSafety*, 115, 33–39.

L

Lalère B., Alasonati E., Le Diouron V., Lardy-Fontan S., Biaudet H., Ghestem JP., 2018. Mes blancs analytiques : définition et recommandations quant à leur utilisation. Rapport de AQUAREF, Dossier P154990 – Document DMSI/08.18p

Leroi F., 2002. La microbiologie du saumon fumé à froid : aspects hygiéniques et qualité. *Revue générale du froid* (1028) : 35 – 40p

M

M.P.R.H, 2018.Données statistiques de la consommation annuelle de poisson en Algérie pour l'année 2016. Ministère de la pêche et des ressources halieutiques.

Mahdi H.,2018. Biologie et écologie du Pageot commun *Pagellus erythrinus* (Linnaeus., 1758) de la côte ouest algérienne. Thèse de doctorat en biologie. Université d'Oran Ahmed ben Bella 1. 200p.

Mahe K., Destombe A., Coppin, F., Koubbi, P., Vaz, S., Le Roy, D. et Carpentier, A., 2005. Le rouget barbet de roche *Mullus surmuletus* (L. 1758) en Manche orientale et mer du Nord. URL : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00000/2351/>

Mahjoub M., Fadlaoui S., El Maadoudi M., et Smiri Y., 2021.Mercury, Lead, and Cadmium in the Muscles of Five Fish Species from the Mechra^a-Hammadi Dam in Morocco and Health Risks for Their Consumers.*Journal of Toxicology*, Volume 2021, Article ID 8865869, 10 pages

Mansouri, K., Khenache, L., 2016. Contribution À L'étude D'accumulation Des Métaux Lourds (zn, Cu, Cd, Pb) Dans Le Muscle Et La Masse Viscérale De La Sardine *Sardina pilchardus* Pêchée Dans Le Golfe De Bejaia. Thèse de Master. Université Abderrahmane Mira - Bejaïa.

Marcovecchio, J.E. and Moreno, V.J. 1993. Cadmium, Zinc and Total Mercury Levels in the Tissues of Several Fish Species from La Plata River Estuary, Argentina. *Environmental Monitoring and Assessment*, 25, 119-130p.

Martin-Garin A. et Simon O., 2004. Cadmium et environnement, fiche radionucléide Disponible sur :http://www.irsn.fr/FR/Larecherche/publicationsdocumentation/fichesradionucleides/Documents/environnement/Cadmium_Cd109_v1.pdf

Maruszczak, N., 2010. Étude du transfert du mercure et du méthyl mercure dans les écosystèmes lacustres alpins (Doctoral dissertation, Université de Grenoble).

Mehouel F., 2020. Contamination de la sardine et de l'espadon par les métaux lourds et évaluation du risque d'exposition pour les consommateurs algérien. Thèse doctorat : sciences vétérinaires. Université de Saad Dahlab Blida 1 Institut Des Sciences Vétérinaires.150p

Mehouel F.,2016. Évaluation de la contamination de la sardine et de l'espadon par les métaux lourds (mercure, plomb et cadmium). Thèse de magister : Science vétérinaire. Université Ibn Khaldoun Tiaret.100p .

Mejd Boukhari B.,Kerfouf A., 2021. Inventaire et taxonomie des parasites des poissons sparidés du littoral ouest algérien. Thèse de doctorat : écologie des écosystèmes aquatiques. Université Djillali Liabes de Sidi Bel Abbes.100p.

Mellouk F.,2017. Evaluation de la résistance des bacilles à Gram négatif aux antibiotiques "Bactéries isolées dans l'est algérien". Thèse de doctorat : Biologie moléculaire et cellulaire, Université Badji Mokhtar Annaba.

Merbouh, N., 1998. Contribution à l'étude de la contamination par les métaux lourds (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) d'un poisson pélagique, la sardine (*Sardina pilchardus*).

Metian, M., Warnau, M., Chouvelon, T., Pedraza, F., y Baena, A. M. R., & Bustamante, P. 2013. Trace element bioaccumulation in reef fish from New Caledonia: influence of trophic groups and risk assessment for consumers. *Marine Environmental Research*, 87, 26-36.

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

N

Nakib, L., 2010. Mise au point d'une technique d'extraction des éléments traces métalliques dans les produits de la mer et leurs dosages par spectrophotométrie d'absorption atomique. Mémoire de

Magister. Université Mentouri de Constantine - faculté des sciences, département des sciences vétérinaires. 118 pages.

O

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

Ouabdesselam L., Sayed A.,Dilmi R.,Boudriche L., 2020. “Assessment of Heavy Metal Contamination Levels in Fishes from the Mediterranean Sea”. *EC Nutrition* 15.7: 30-39p.

Ouedraogo C.,2020. La contamination chimique des espèces halieutiques marines : Analyse statistique de la variabilité et étude de la bioamplification du mercure dans le contexte de la mise en œuvre de la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM).Mémoire de fin d'étude master 2 – écosystèmes et anthropisation ,Université de Toulouse III.50p.

Ouro-Sama, K., Solitoke, H. D., Gnandi, K., Afiademanyo, K. M. & Bowessidjaou, E. J. 2014. Évaluation et risques sanitaires de la bioaccumulation de métaux lourds chez des espèces halieutiques du système lagunaire togolais. [Vertigo] La revue électronique en sciences de l'environnement, Volume 14 Numéro 2 .URL : <http://journals.openedition.org/vertigo/15093>

P

Perrin J-B., 2007. Les plans de surveillance et de contrôle dans l'analyse du risque alimentaire lié aux métaux lourds en France. Thèse de doctorat, école nationale vétérinaire de Lyon, 148 pages.

Pichard A., Bison M., Diderich R., Doomaert B., Lacroix G., Lefevre J. P., Leveque S., Magaud H., Morin A., Oberon D., Pepin G., Tissot S., 2003. Plomb et ses dérivés. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques INERIS, 90p.

R

Ramade, 1992. Précis of ecotoxicology. France : Éditions Masson. 263p.

Rouane O.H., 2013.Biosurveillance de la qualité des eaux côtières du littoral occidental algérien, par le suivi des indices biologiques, de la biodisponibilité et la bioaccumulation des métaux lourds (Zn, Cu, Pb et Cd) chez la moule *Mytilus galloprovincialis* et l'oursin *Paracentrotus lividus* obtention du diplôme de Doctorat université d'oran.

Rozier, J., Bolnot, F., & Carlier, V. R. D., 1985. Bases microbiologiques de l'hygiène des aliments. École nationale vétérinaire. - Paris : éd. SEPAIC. -230p.

S

Sahbaoui, F., 2015. Contribution à l'étude de la contamination par quelques métaux lourds chez le poisson *Sardina pilchardus* au niveau du littoral de Ghazaouet (Wilaya de Tlemcen). Thèse de Master : Département d'Ecologie et Environnement. Université Abou Bekr Belkaid - Tlemcen.

Sahnoun. Z., 2009. Étude préliminaire des indices physiologiques (Indice de réplétion, indice gonadique) et dosage des métaux lourds chez l'oursin commun *Paracentrotus lividus*(Lmk, 1816) pêché sur le littoral mostaganémois. Mémoire de Magister. Biologie et pollution marines Univ.Oran. Algérie. 102p.

Sirven, J. B., 2006. Détection de métaux lourds dans les sols par spectroscopie d'émission sur plasma induit par laser (LIBS) (Doctoral dissertation, Université Sciences et Technologies-Bordeaux I).

Souti I., Karouaz F., 2014. Évaluation de la qualité bactériologique des pâtisseries commercialisées dans la wilaya de Constantine en 2013-2014.Mémoire de master : Microbiologie Général et Biologie Moléculaire Des Microorganismes. Constantine. Université Constantine .52p.

T

Taleb M.Z, et Boutiba, Z., 1999.The Organochlorine compounds: Threat to Cetaceans of the Algerien waters. 13 th Annual Conference of the European society, 5–8 April 1999 (Valencia, Spain).

Tekouk K., Hama A., 2018.Etude de la qualité du milieu marin a travers deux bio indicateurs la moule « *Mytilus galloprovincialis* » et l'oursin « *Paracentrotus lividus* » au niveau de deux sites du littoral de Mostaganem.Mémoire de fin d'étude : Hydrobiologie marine et continentale. Mostaganem.Univ Abdelhamid Ibn Badis .81p

Trachte, S., 2012. Matériau, Matière d'architecture soutenable, presses universitaires de Louvain, ISBN 978-2-87558-081-8, 538 pages.

W

Waalkes M.P., 2000. Cadmium carcinogenesis in review. Journal. Inorg.Biochem. 79, 241–244p.

World Health Organization (WHO), 2011. Guidelines for drinking-water quality, fourth edition, WorldHealth Organization. : http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789241548151_eng.pdf

Y

Yokoyama M.,Origasa H., 2003.Effects of eicosapentaenoic acid on cardiovascular events in Japanese patients with hypercholesterolemia: Rationale, design, and baseline characteristics of the Japan EPA Lipid Intervention Study (JELIS).Journal : American Heart Journal.146 vol .613-620p.

Annexes

Annexe 1 : Composition des milieux de cultures utilisés, pour l'analyse microbiologique.

A. Eau peptone tamponnée

Composition	Quantité
Peptone (Digestat enzymatique de caséine)	10 g
Chlorure de sodium	5 g
Hydrogénophosphate disodique dodécahydraté (Na₂HPO₄ ;12H₂O)	9 g
Dihydrogénophosphate de potassium (KH₂PO₄)	1,5 g
Eau	1000 ml

pH final : 7,0 ± 0,2 à 25°C. Autoclaver à 121 °C ± 3 °C pendant 15 min.

B. Milieu gélosé : gélose pour dénombrement ou Plate Count Agar (PCA)

Composition	Quantité
Digestat enzymatique de caséine	5 g
Extrait de levure	2,5 g
Glucose anhydre (C₆H₁₂O₆)	1 g
Eau	1000 ml

pH final : 7,0 ± 0,2 à 25°C. Autoclaver à 121 °C ± 3 °C pendant 15 min.

C. Milieu gélosé : gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre (VRBL)

Composition	Quantité
Peptone pepsique de viande	7 g
Extrait autolytique de levure	3 g
Lactose	10 g
Sels biliaires	1,5 g
Chlorure de sodium	5 g
Rouge neutre	30 mg
Cristal violet	2 mg
Agar-agar bactériologique	12 g
Eau	1000 ml

pH final : 7,4 ± 0,2 à 25°C. Autoclaver à t 118°C °C ± 2 °C pendant 15 min.

D. Milieu gélosé de Baird-Parker

Composition	Quantité
Digestat pancréatique de caséine	10 g
Extrait de levure	1 g
Extrait de viande	5 g
Pyruvate de sodium	10 g
L-Glycine	12 g
Chlorure de lithium	5 g
Agar-agar	12 à 22 g
Emulsion de jaune d'œuf	5 ml
Solution de tellurique de potassium	1 ml
Eau	1000 ml

pH final : $7,2 \pm 0,2$ à 25°C . Autoclaver à t $121^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ pendant 15 min.

E. Bouillon cœur-cervelle

Composition	Quantité
Digestat enzymatique de tissus animaux	10 g
Extrait déshydraté de cervelle de veau	12,5 g
Extrait déshydraté de cœur de bœuf	5 g
Glucose	2 g
Chlorure de sodium	5 g
Hydrogénorthophosphate disodique anhydre (Na_2HPO_4)	2,5 g
Eau	1000 ml

pH final : $7,4 \pm 0,2$ à 25°C . Autoclaver à t $121^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ pendant 15 min.

F. Bouillon Rappaport-Vassiliadis avec soja (bouillon RVS)

Composition	Quantité
Digestat enzymatique de soja	5 g
Chlorure de sodium	8 g
Dihydrogénophosphate de potassium (KH_2PO_4)	1,4 g
Hydrogénophosphate dipotassique (K_2HPO_4)	0,2 g
Solution de chlorure de magnésium hexahydraté ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	100 ml
Solution d'oxalate de vert de malachite	10 ml
Eau	1000 ml

pH final : $5,2 \pm 0,2$ à 25°C . Autoclaver à $115^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ pendant 15 min.

G. Gélose semi-solide de Rappaport-Vassiliadis modifié (MSRV)

Composition	Quantité
Digestat enzymatique de soja	4,6 g
Hydrolysate acide de caséine	4,6 g
Chlorure de sodium (NaCl)	7,3 g
Dihydrogénophosphate de potassium (KH_2PO_4)	1,5 g
Solution de chlorure de magnésium hexahydraté ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	100 ml
Solution d'oxalate de vert de malachite	10 ml
Agar	2,7 g
Eau	1000 ml

pH final : $5,2 \pm 0,2$ à 25°C . Laisser le milieu refroidir à une température comprise entre 47°C et 50°C .

H. Bouillon Muller-Kauffmann tétrathionate-novobiocine (MKTTn)

Composition	Quantité
Extrait de viande	4,3 g
Digestat enzymatique de caséine	8,6 g
Chlorure de sodium (NaCl)	2,6 g
Carbonate de calcium (CaCO_3)	38,7 g
Thiosulfate de sodium pentahydraté ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)	47,8 g
Sels biliaires à usage bactériologiques	4,78 g
Vert brillant	9,6 g
Solution iodo-iodurée	20 ml
Solution de novobiocine	5 ml
Eau	1000 ml

pH final : $8,0 \pm 0,2$ à 25°C . Laisser le milieu refroidir à une température comprise entre 47°C et 50°C

I. Gélose xylose-lysine-désoxycholate (gélose XLD)

Composition	Quantité
Extrait de levure	3,0 g
Chlorure de sodium (NaCl)	5,0 g
Xylose	3,75 g
Lactose	7,5 g
Saccharose	7,5 g
Hydrochlorure de L-Lysine	5,0 g
Thiosulfate de sodium	6,8 g
Citrate d'ammonium et de fer(III)	0,8 g
Rouge de phénol	0,08 g
Désoxycholate de sodium	1,0 g
Agar	9 g à 18 g
Eau	1000 ml

pH final : $7,4 \pm 0,2$ à 25 °C.

J. Gélose nutritive (milieu non sélectif)

Composition	Quantité
Extrait de viande	3,0 g
Peptone	5,0 g
Chlorure de sodium (NaCl)	5,0 g
Agar	9 g à 18 g
Eau	1 000 ml

pH final : $7,0 \pm 0,2$ à 25 °C. Autoclaver à $t 121^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ pendant 15 min.

Annexe 2 : Organigramme simplifié du mode opératoire de l'analyse métallique dans les poissons

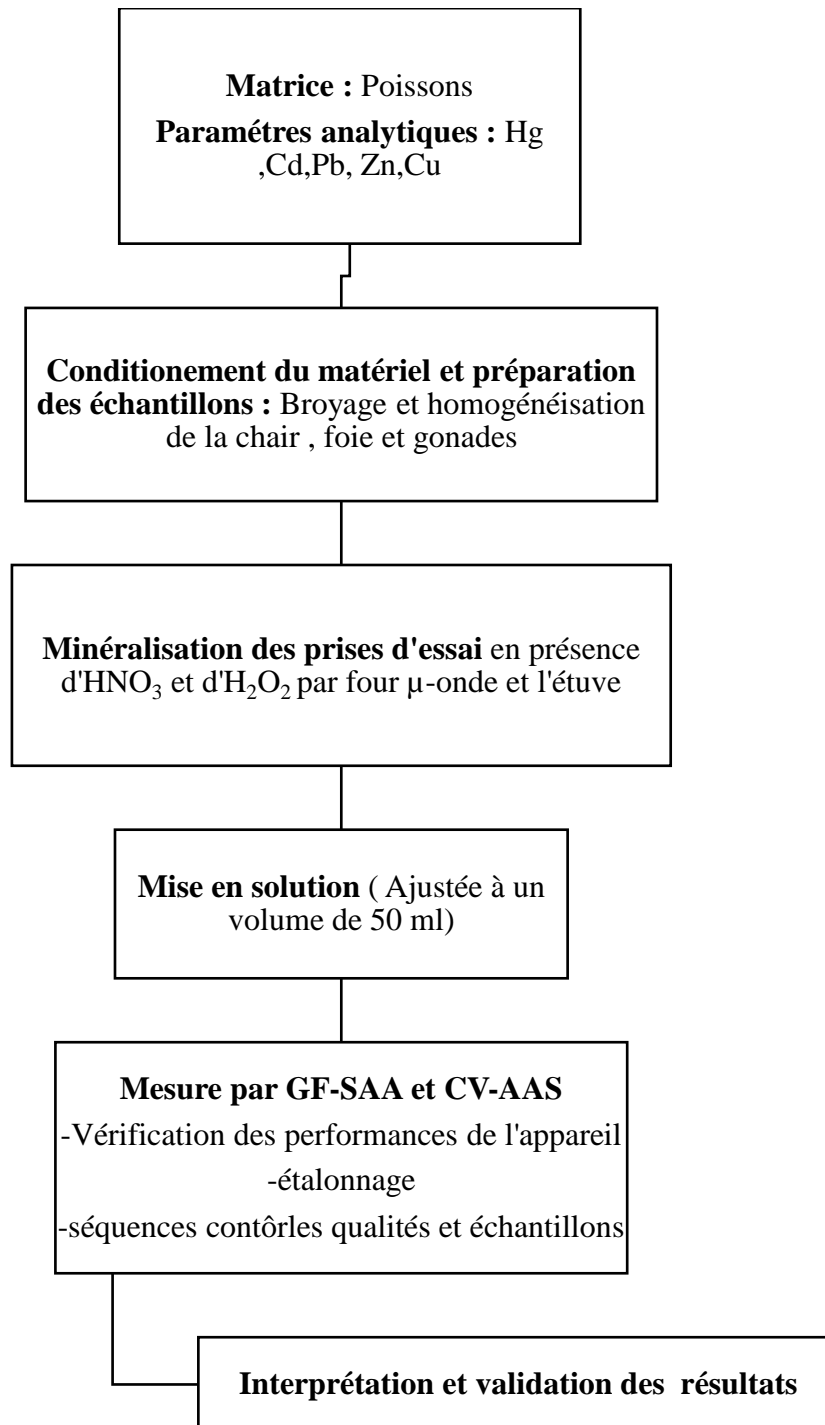




Figure 1 : Spectrophotomètre d’Absorption Atomique a four graphite de type Perkin Elmer Aanalyst 800.

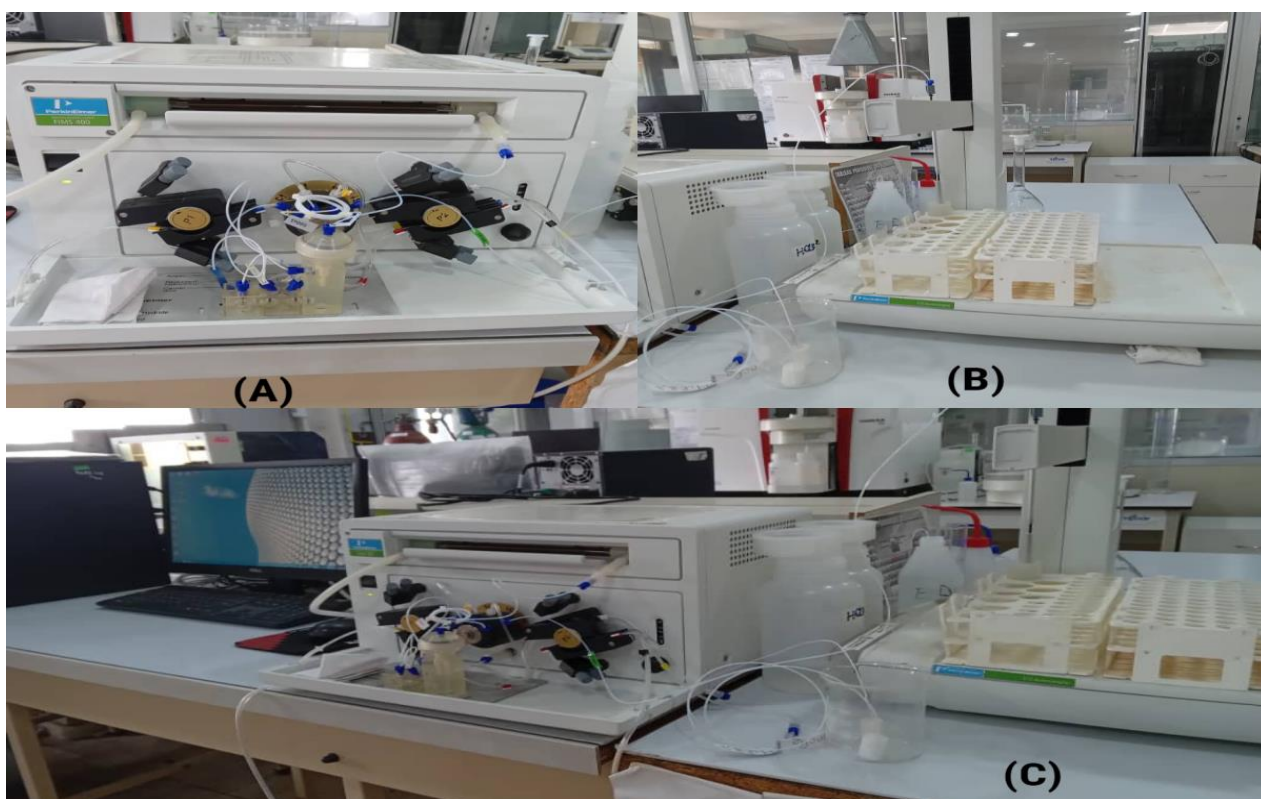


Figure 2 : Le spectrophotomètre d’absorption atomique formation de vapeurs froides (CV-AAS) de type Perkin Elmer FIMS 400. (A) : FIAS, (B) :Autosimampler , (C) :Chambre de mixage, chemifold, pompes qui aspirent le SnCl_2 et HCl .

Annexe 4 : Les modificateurs de matrice de la SAA-FG

Table 1. THGA Graphite Furnace: Matrix Modifiers for Routine Applications

Modifier	Major Application	Absolute Mass Required	Stock Reagents Required	Working Solutions (for a 5- μ L modifier addition)	
				Preparation	Concentration
Pd + Mg(NO ₃) ₂	Ag, As, Au, Bi, Cd, Cu, Ga, Ge, Hg, In, Mn, Sb, Se, Sn, Te, Tl	5 μ g Pd + 3 μ g Mg(NO ₃) ₂	1% (10 g/L) Pd* + 1% (10 g/L) Mg **	Dilute 1 mL of Pd stock solution and 0.1 mL of Mg stock solution to 10 mL with 18 M Ω deionized water.	0.1% (1 g/L) Pd + 0.06% (0.6 g/L) Mg(NO ₃) ₂
Mg(NO ₃) ₂	Zn	5 μ g Mg(NO ₃) ₂	1% (10 g/L) Mg*	Dilute 0.17 mL of Mg stock solution to 10 mL with 18 M Ω deionized water.	0.1% (1 g/L) Mg(NO ₃) ₂
NH ₄ H ₂ PO ₄ + Mg(NO ₃) ₂	Cd, Pb	50 μ g NH ₄ H ₂ PO ₄ + 3 μ g Mg(NO ₃) ₂	Use either: A: 10% (100 g/L) NH ₄ H ₂ PO ₄ liquid*** + 1% (10 g/L) Mg* or B: solid ultrapure NH ₄ H ₂ PO ₄ + 1% (10 g/L) Mg* Caution: do not use (NH ₄) ₂ HPO ₄	A: Dilute 1 mL of NH ₄ H ₂ PO ₄ stock solution and 0.1 mL of Mg stock solution to 10 mL with 18 M Ω deionized water. or B: Dissolve 10 g NH ₄ H ₂ PO ₄ in 18 M Ω deionized water and make up to 100 mL. Dilute 1 mL of this solution and 0.1 mL of Mg stock solution to 10 mL with 18 M Ω deionized water.	1.0% (10 g/L) NH ₄ H ₂ PO ₄ + 0.06% (0.6 g/L) Mg(NO ₃) ₂

Annexe 5 : Critères microbiologiques applicables aux produits de la pêche et de l'aquaculture (JORADP N°37,2017).

Catégories des denrées alimentaires	Micro-organismes/ métabolites	Plan d'échantillonnage		Limites microbiologiques (ufc/g)	
		n	c	m	M
Produits de la pêche et de l'aquaculture fabriqués à partir d'espèces de poissons associés à une grande quantité d'histidine (1) (2)	Histamine	9	2	100 mg/kg	200 mg/kg
Produits de la pêche et de l'aquaculture ayant subi un traitement de maturation aux enzymes dans la saumure, fabriqués à partir d'espèces de poissons associés à une grande quantité d'histidine à l'exception de sauce de poisson (1)	Histamine	9	2	200 mg/kg	400 mg/kg
Sauce de poisson produite par fermentation de produits de la pêche et de l'aquaculture	Histamine	1	—	400 mg/kg	
Poissons, céphalopodes et mollusques crus (sauf mollusques bivalves vivants) (3)	Germes aérobie à 30 °C	5	2	10 ⁶	10 ⁷
	Coliformes thermotolérants	5	2	10	10 ²
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 ²	10 ³
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g	

NB : (1) En particulier les espèces de poissons riches en histidine des familles Scombridae (thons, bonites, maquereaux), Clupeidae (harengs, sardines), Engraulidae (anchois), Coryphenidae (mahi mahi), Pomatomidae, Scombresosidae.

(2) Le prélèvement se fait au niveau de la chair.

(3) Le prélèvement se fait en surface et en profondeur, après élimination de la peau pour les poissons.

Annexe 6 : Les seuils limites réglementaires de plomb, cadmium et mercure (Arrêté de 05 janvier 2011)

Produits	Teneurs maximales (mg/kg de poids frais)
1 - Plomb (Pb) :	
1.1 - Chair musculaire de poisson ^{(1) (2)} .	0,3
1.2 - Crustacés, à l'exception de la chair brune de crabe et à l'exception de la tête et de la chair du thorax du homard et des crustacés de grande taille semblables (nephropidae et palinuridae).	0,5
1.3 - Céphalopodes (sans viscères).	1,0
1.4 - Mollusques bivalves vivants.	1,5
2 - Cadmium (Cd) :	
2.1 - Chair musculaire de poissons ^{(1) (2)} .	0,05
2.2 - Chair musculaire des poissons suivants ^{(1) (2)} :	
- Bonite (<i>Sarda sarda</i>)	
- Sar à tête noire (<i>Diplodus vulgaris</i>)	
- Anguille (<i>Anguilla anguilla</i>)	
- Mulet lippu (<i>Mugil labrosus labrosus</i>)	
- Chinchard (<i>Trachurus species</i>)	
- Louvreau (<i>Luvarus imperialis</i>)	0,10
- Sardine (<i>Sardina pilchardus</i>)	
- Sardinops (<i>Sardinops species</i>)	
- Thon (<i>Thunnus species</i> , <i>Euthynnus species</i> , <i>Katsuwonus pelamis</i>)	
- Céteau ou langue d'avocat (<i>Dicologlossa cuneata</i>)	
- Maquereau (<i>Scomber species</i>)	
2.3 - Bonitou (<i>Auxis species</i>)	0,2
2.4 - Chair musculaire d'espadon (<i>Xiphias gladius</i>)	0,3
2.5 - Chair musculaire d'anchois (<i>Engraulis species</i>)	0,3
2.6 - Crustacés, à l'exception de la chair brune de crabe et à l'exception de la tête et de la chair du thorax du homard et des crustacés de grande taille semblables (nephropidae et palinuridae). .	0,5

2.7- Céphalopodes (sans viscères)	1,0
2.8- Mollusques bivalves vivants (à l'exception des huîtres et des coquilles Saint-Jaques)	1,0
3 - Mercure :	
3.1 - Chair musculaire de poissons ^{(1) (2)} .	0,5
3.2 - Crustacés, à l'exception de la chair brune de crabe et à l'exception de la tête et de la chair du thorax du homard et des crustacés de grande taille semblables (nephropidae et palinuridae).	0,5
3.3 - Chair musculaire des poissons suivants ^{(1) (2)} :	
- Baudroies (Lophius species) ;	
- Loup (Anarhichas lupus) ;	1,0
- Bonite (Sarda sarda) ;	
- Anguille (Anguilla species) ;	
Empereur, hoplostète orange ou hoplostète de Méditerranée (Hoplostethus species) ;	
- Grenadier de roche (Coryphaenoides rupestris)	
- Flétan (Hippoglossus hippo-glossus) ;	
- Abadèche du cap (Genypterus capensis) ;	
- Marlin (Makaira species) ;	
- Cardine (Lepidorhombus species) ;	
- Mulet (Mullus species) ;	
- Rose (Genyptenus blacodes) ;	
- Brochet (Esox lucius) ;	
- Palomète (Orcynopsis unicolor) ;	
- Capelan de Méditerranée (Tricopterus minutus) ;	
Pailona commun (Centroscyms Coelolepis) ;	
- Raies (Raja species) ;	
- Grande sébaste (Sebastes marinus, S. mentella, S viviparus) ;	

<ul style="list-style-type: none"> - Voilier (<i>Istiophorus platypterus</i>) ; - Sabre (<i>Lepidopus caudatus aphanopus carbo</i>) ; - Dorade, pageot (<i>Pagellus species</i>) ; -Requins (toutes espèces) ; -Escolier noir ou stromaté (<i>Lepidocybium flavobrunneum</i>) ; -Rouget (<i>Ruvettus pretiosus</i>) ; -Escolier serpent (<i>Gempylus serpens</i>) ; -Esturgeon (<i>Acipenser species</i>) ; -Espadon (<i>Xiphias gladius</i>) -Thon (<i>Thunnus species, Euthynnus species, Katsuwonus pelamis</i>). 	
<p>4 - Méthylmercure (3) :</p> <p>4.1 -poissons frais à l'exception des poissons prédateurs cités au niveau du point 4-2.</p> <p>4.2 - poissons prédateurs tels que le requin, l'espadon, le thon, le brochet et autres.</p>	<p style="text-align: right;">0,5</p> <p style="text-align: right;">1,0</p>

NB : ⁽¹⁾ Chair musculaire de poissons vivants, de poissons frais, congelés et les filets de poissons et autres chairs de poissons (même hachés), frais ou congelés.

⁽²⁾ Lorsque le poisson est consommé entier, la teneur maximale s'applique au poisson entier.

⁽³⁾ Les limites maximales concernant le méthyl mercures dans les poissons frais, transformés et dans les produits à base de ces poissons.

Résumé

L'objectif de ce travail est l'évaluation de la teneur en métaux lourds (mercure, plomb et cadmium), ainsi qu'en oligoéléments (zinc et cuivre) de certaines espèces de poissons comestibles en provenance de la région algéroise à savoir : La sardine (*Sardina pilchardus*), Le rouget de roche (*Mullus Surmuletus*) et le pageot commun (*Pagellus erythrinus*) en se référant à la réglementation nationale et internationale. D'autre part, l'évaluation microbiologique de ces espèces de poissons conformément à la norme algérienne et l'estimation des potentiels risques sur la santé et l'environnement. Les échantillons analysés proviennent du port d'Alger et de Cherchell. L'analyse de la qualité microbiologique montre des résultats satisfaisants pour la sardine et le rouget. Cependant ils sont non satisfaisants pour le pageot qui contient une charge bactérienne en coliformes thermotolérants.

Concernant l'évaluation des cinq métaux, le dosage a été effectué par la Spectroscopie d'Absorption Atomique (SAA) au sein de trois compartiments biologiques (la chair, le foie et les gonades). Les résultats obtenus dans la chair des trois espèces de poissons analysées, suggèrent qu'elles ne peuvent pas engendrer de risque pour la santé du consommateur, en revanche le rouget de roche présente une teneur en Cd légèrement élevée au niveau de la chair musculaire, et qui est proche du seuil limite, mais bien que parfois les contaminants dépassent ou proche le cadre juridique limites fixées par la réglementation pour la nourriture, ils ne présentent pas toujours un risque pour la santé humaine.

Nous pouvons conclure d'une part que les résultats obtenus sont intéressants et originaux, ils apportent des données récentes sur la contamination métalliques et bactériologique des poissons ciblés et d'autre part, pour enrichir le travail faudrait élargir la recherche scientifique, en ajoutant d'autres contaminants chimiques de l'environnement, notamment, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les polychlorobiphényles (PCBi), l'arsenic, l'aluminium et l'étain.

Mots-clés : Métaux lourds, analyse microbiologique, absorption atomique, rouget de roche, la santé humaine.

Abstract

The aim of this work is to evaluate the content of heavy metals (mercury, lead and cadmium), as well as trace elements (zinc and copper) in some edible fish species from the Algerian region, namely The sardine (*Sardina pilchardus*), the red mullet (*Mullus Surmuletus*) and the red pandora (*Pagellus erythrinus*) by referring to the national and international regulations. On the other hand, the microbiological evaluation of these fish species in conformance with the Algerian norm and the estimation of the potential risks on human health and the environment. The samples analysed come from the port of Algiers and Cherchell. The microbiological quality results for sardines and red mullet were satisfactory. However, they are not satisfactory for red pandora, which contains a bacterial charge of thermotolerant coliform bacteria.

Concerning the evaluation of the five metals, the dosage was performed by Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) in three biological compartments (flesh, liver and gonads). The results obtained in the flesh of the three fish species analysed suggest that they do not pose a health risk to the consumer, while the red mullet has a high concentration of Cd in the muscle flesh, which is close to the maximum limit, but although the contaminants sometimes exceed or are close to the legal limits set by the regulations for food, they do not necessarily pose a risk to human health.

We can conclude on the one side that the results we have obtained are interesting and original, they provide a recent information on the metallic and bacteriological contamination of the selected fish, and on the other side, to further enhance the work, we would have to broaden the scientific research, by adding other chemical contaminants from the environment, in particular : polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), polychlorinated biphenyls (PCBi), arsenic, aluminium and tin.

Key words : Heavy metals, microbiological analysis, atomic absorption, red mullet , human health.

ملخص

الهدف من هذا العمل هو تقييم محتوى المعادن الثقيلة (الزئبق والرصاص والكاديوم) ، وكذلك العناصر النزرة (الزنك والنحاس) لبعض أنواع الأسماك الصالحة للأكل من مع الإشارة (Pagellus erythrinus) البغروس (Mullus Surmuletus) وابريوني أحمر الصخري (Sardina pilchardus) المنطقة الجزائرية ، وهي: السردين إلى اللوائح الوطنية والدولية. من ناحية أخرى ، فإن التقييم الميكروبيولوجي لهذه الأنواع السمكية وفقا للمعيار الجزائري وتقدير المخاطر المحتملة على الصحة والبيئة. تأتي العينات التي تم تحليلها من ميناء الجزائر العاصمة وشرشيل

العينات التي تم تحليلها هي من ميناء الجزائر وشرشال. أظهر تحليل الجودة الميكروبيولوجي نتائج مرضية للسردين والبوري الأحمر. لكن فهي غير مرضية للبغروس التي تحتوي على حمولة بكتيرية من القولونيات المقاومة للحرارة

داخل ثلاث حجرات بيولوجية (اللحم والكبد والغدد التناسلية). (SAA) فيما يتعلق بتقييم المعادن الخمسة ، تم إجراء الفحص عن طريق التحليل الطيفي للامتصاص الذري تشير النتائج التي تم الحصول عليها في لحم أنواع الأسماك الثلاثة التي تم تحليلها إلى أنها لا يمكن أن تسبب خطرا على صحة المستهلك ، ومن ناحية أخرى ، يحتوي بربوني أحمر الصخري على محتوى قرص مضغوط مرتفع قليلا في لحم العضلات ، وهو قريب من الحد الأقصى ، ولكن على الرغم من أن الملوثات في بعض الأحيان تتجاوز أو تقترب من الحدود القانونية التي وضعتها اللوائح الخاصة بالطعام ، إلا أنها لا تشكل دائما خطرا على صحة الإنسان

يمكننا أن نستنتج من ناحية أن النتائج التي تم الحصول عليها مثيرة للاهتمام ومبتكرة ، فهي توفر بيانات حديثة عن التلوث المعدني والبكتريولوجي للأسماك المستهدفة ، ومن ناحية أخرى ، لإثراء العمل وتوسيع البحث العلمي ، عن طريق إضافة ملوثات كيميائية أخرى للبيئة ، ولا سيما الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات ، وثنائي الفينيل متعدد الكلور ، والزرنيخ ، والألمنيوم والقصدير

الكلمات المفتاحية: المعادن الثقيلة ، التحليل الميكروبيولوجي ، الامتصاص الذري ، ابريوني أحمر الصخري ، صحة الإنسان