الجمهورية الجزائرية الديمقراطية و الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحيى
كلية علوم الطبيعة و الحياة
المكتبة
رقم الجرد : 1880.....

Université de JIJEL
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie Moléculaire et Cellulaire

جامعة جيجل

كلية العلوم الدقيقة و علوم الطبيعة و الحياة

قسم البيولوجية الجزيئية و الخلوية

Mémoire De Fin D'études Pour L'obtention Du Diplôme D'ingénieur D'état en Biologie

Option : Contrôle de Qualité et Analyses

Intitulé :

Contribution à un Contrôle Physico-chimique, Biochimique et Microbiologique de Quatre espèces de poisson (*Boops boops , Mullus barbatus , Merlangius merlangus et Trachurus trachurus*) *écoulées sur le marché de Jijel*

Membres du Jury :

- Présidente : Mme. MYOUSFI K.
- Examinatrice : Mme .ISSAADI O.
- Encadreur : M. LAIB E.

Réalisé par :

- BOULGHEB ROKIA
- KAHLESSENANE SAIDA
- MENDER ZINEB

Année universitaire : 2011-2012

Remerciement

Nous remercions en premier lieu le Seigneur Tout Puissant qui nous accorde sa grâce et nous donne le souffle d'avancer jour après jour.

Notre grande gratitude est portée en premier lieu à nos parents pour leur amour, de leur appui et de tous les sacrifices qu'ils ont faits de sorte que nous puissions continuer nos études. Nous ne pourrions jamais remettre leurs efforts, ni redonner leur tendresse.

Nous exprimons toutes nos reconnaissances à notre encadreur Monsieur Laib S. pour nous avoir guidés, ainsi que, pour leurs conseils, leurs encouragements et leurs suggestions tout au long de la réalisation du présent travail.

Nos intenses gratitudes envers Mme Yousfi K, et Mme Issaadi O. qui ont bien voulu accepter de juger notre travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à tous les enseignants qui nous ont aide à accomplir ce travail.

Sans oublier de remercier tous les étudiants de la promotion 2012 C.Q.A, tou(te)s nos ami(e)s et tous les gens qui ont participent de proche ou de loin à la réalisation de ce travail.

Liste des abréviations

Abs :	Absorbance
AGL :	Acide gras libre
AGPI :	Acide gras poly-insaturés
ATP:	Adénosine triphosphate
ASR:	Anaérobies sulfito-réducteurs
BBC:	Bleu brillant de coomassie
BSA:	Bovin sérum albumin
C.V :	Colonne vertébrale
CT :	Coliformes totaux
CT :	Coliformes thermo-tolérants
D/C :	Double concentration
DJA :	Dose journalière admissible
DJT :	Dose journalière tolérable
DMA :	Diméthylamine
FBC :	Facteur de concentration
FAO :	Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
IHS :	Indice hépato-somatique
IVS :	Indice viscèro-somatique
PCA :	Plate count agar
ppm :	Particule par million
SAAF :	Spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme
S/C :	Simple concentration
SFB :	Bouillon au Sélénite à l'azote de sodium
TCA :	Trichloroacétique
TMAO :	Oxyde de triméthylamine
UV :	Ultra-violet
V :	volume
VF :	Viande foie
VRBL :	Gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre.

SOMMAIRE

Sommaire

Liste des figures
Liste des tableaux
Partie I : synthèse bibliographique
Introduction 1
I.1. Poissons 2
I.1.1. Définition de poisson 2
I.1.2. Classification 2
I.1.2.1. Classification systématique 2
I.1.2.2. Classification selon la teneur en lipides 2
I.1.2.3. Autres classifications 2
- Selon la structure du squelette : 2
- Selon la forme du corps 2
- Selon l'origine : 2
I.1.3. Anatomie 3
I.1.3.1. Nageoires 3
I.1.3.2. Ecailles 3
I.1.3.3. Squelette 3
I.1.3.4. Organes internes 4
A- Système circulatoire 4
B- Système respiratoire 4
C- Système digestif 4
D- Vessie natatoire 4
E- Système nerveux 4
F- Organisation des muscles 4
I.1.4. Valeur nutritionnelle du poisson 5
I.1.5. Composition biochimique de la chair de poisson 5
I.1.5.1. Eau 5
I.1.5.2.Protéines 6
I.1.5.3. Lipides 6
I.1.5.4. Glucides 6
I.1.5.5. Minéraux et oligo-éléments 6
I.1.5.7. Vitamines 7
I.1.6. Evolution biochimique du muscle de poissons après la capture 7
I.1.6.1. Mécanismes de l'évolution du muscle après la mort 7
A. Etat pantelant ou la phase *pre-rigor* 7
B. Rigidité cadavérique ou *rigor-mortis* 8

C. Phase de *post –rigor* ou phase de maturation 8
I.2. Contamination des poissons 10
I.2.1. Contamination microbienne 10
I.2.1.1. Flore microbienne naturelle de poisson 10
I.2.1.2- Germes pathogènes 10
I.2.1.3. Altération microbienne 11
I.2.1.4. Conservation de poisson 11
A. Salage 11
B. Séchage 11
C. Fumage 11
D. Conservation par le froid 12
I.2.2. contamination par les métaux lourds 12
I.2.2.1. Définition 12
I.2.2.2. Origine et cycle des métaux 12
I.2.2.3. Métaux lourds dans les eaux 12
I.2.2.4. Rôle des métaux lourds 13
I.2.2.5. Voies d'exposition 13
I.2.2.6. Définitions des termes relatifs à la contamination 13
A. Bioaccumulation 13
o Assimilation 13
o Bioaccumulation par l'individu : La bioconcentration 13
o Bioaccumulation entre individus : la bioamplification 14
o Bioaccumulation et bioamplification dans les réseaux trophiques 14
B. Bio-indicateurs 14
o Utilisation du poisson comme indicateur de contamination 14
C. Biomarqueurs 14
I.2.2.7. Classification des métaux lourds 14
A. Métaux essentiels 14
o Chrome 14
o Cuivre 15
o Zinc 15
B. Métaux non essentiels 15
o Plomb 15
o Cadmium 16
I.2.2.8- Toxicité des métaux lourds 16
Parie II : Matériel et méthodes
II.1. Matériel 18

II.1.1. Réactifs et étalons 18
II.1.2. Milieux de culture 18
II.1.3. Additifs 18
II.1.4. Appareillages 19
II.1.5. Matériel biologique 19
II.1.5.1. *Trachurus trachurus* 19
A. Systématique 19
B. Morphologie 19
C. Ecologie 20
D. Nourriture 20
II.1.5.2. *Merlangius merlangus* 20
A. Systématique 20
B- Morphologie 20
C- Habitat et biologie 20
D- Nourriture 21
II.1.5.3. *Mullus barbatus* 21
A. Systématique 21
B. Morphologie 21
C. Habitat et biologie 21
D. Nourriture 21
II.1.5.4. *Boops boops* 22
A. Systématique 22
A- Morphologie 22
B- Habitat et biologie 22
C- Nourriture 22
II.1.6. Site d'étude 23
II.1.7. Echantillonnage 23
II.2. Méthodes 24
II.2.1.Analyse sensorielle 24
II.2.2. Analyses physicochimiques du poisson 24
II.2.2.1. Détermination de pH 24
II.2.2.2. Détermination de l'acidité 24
II.2.2.3. Détermination de la teneur en eau (humidité) 24
II.2.2.4. Détermination de le teneur en cendres 24
II.2.3. Analyse biochimique 25
II.2.3.1. Extraction des constituants de la chair 25
II.2.3.2.Dosage des glucides 25
A) Principe 25

B) Mode opératoire 27
II.2.3.3. Dosage des protéines 27
A) Principe 27
B) Mode opératoire 27
II.2.3.4. Dosage des lipides 27
A) Principe 27
B) Mode opératoire 27
II.2.4.Analyse chimique 27
II.2.4.1. Minéralisation par voie humide 27
A) Principe 27
B) Préparation du réactif (eau régale) pour la digestion 28
C) Mode opératoire 28
II.2.4.2. Dosage des métaux lourds par la spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme (SAAF) 28
A) Principe 28
B) Dosage 28
C) Éléments constitutifs des spectrophotomètres d'absorption atomique 28
D) Limites de détection et de quantification 29
II.2.5. Contrôle microbiologique de poisson 29
II.2.5.1. Prélèvement 29
II.2.5.2. Préparation de la solution mère : 29
II.4.5.3. Préparation des dilutions : 29
II.4.5.4. Recherche et dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM) 29
II.4.5.5. Dénombrement des coliformes totaux et coliformes thermo tolérants (CT et CTT) 30
II.4.5.6. Recherche des Streptocoques fécaux 30
II.4.5.7. Recherche des Salmonelles 31
II.4.5.8. Recherche et dénombrement des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) et *Clostridium perfringens* 31
Partie III : Résultats et discussion
III.1- Résultats 33
III.1.1- Analyse sensorielle 33
III.1.1.1- *Mullus barbatus* 33
III.1.1.2- *Merlangius merlangus* 33
III.1.1.3- *Trachurus trachurus* 34
III.1.1.4- *Boops boops* 34
III.1.2. Caractéristiques biométriques des espèces étudiées 35
III.1.3- pH et acidité 36
III.1.4. Teneur en eau 37

III.1.5. Teneur en cendres 38
III.1.6. Teneurs en protéines, glucides et lipides 38
III.1.6.1. Lipides 38
III.1.6.2. Protéines 39
III.1.6.3. Glucides 39
III.1.7. Métaux lourds 40
III.1.8. Contrôle microbiologique 42
III.2. Discussion 44
- Taille marchande et poids 44
- pH et l'acidité 44
- Lipides, glucides et protéines 45
  - Lipides 45
  - Protéines 45
  - Glucides 46
- Métaux lourds 46
  - Zinc 46
  - Cuivre 47
  - Chrome 47
  - Plomb et Cadmium 47
- Microbiologie 49

Conclusion 51
Référence Bibliographique 52
Annexes 61

Liste des figures

Figure 1: Morphologie des poissons 3
Figure 2: Transfert des métaux lourds à travers la chaine alimentaire 12
Figure 3: Bioaccumulation et bioamplification dans les reseaux trophiques 14
Figure 4: L'espèce *Trachurus trachurus* 19
Figure 5: L'espèce *Merlangius merlangus* 20
Figure 6: L'espèce *Mullus barbatus* 21
Figure 7: L'espèce Boops boops 23
Figure 8: Extraction des glucides, lipides et protéines 25
Figure 9: Structure de la molécule d'anthrone 26
Figure 10: Valeurs du pH du muscle des quatre espèces étudiées 36
Figure 11:Valeurs d'acidité des quatre espèces étudiées 36
Figure 12: Teneur en eau des quatre espèces étudiées 37
Figure 13: Poids sec des quatre espèces étudiées 37
Figure 14: Teneur en cendre des quatre espèces étudiées 38
Figure 15: Teneur en lipides chez les quatre espèces étudiées 38
Figure 16: Teneur en protéines chez les quatre espèces étudiées 39
Figure 17: Teneur en glucides chez les quatre espèces étudiées 44
Figure 18: Concentrations des métaux lourds dans le muscle de *M. barbatus* 45
Figure 19: Concentrations des métaux lourds dans le muscle de *M. merlangus* 45
Figure 20: Concentrations des métaux lourds dans le muscle de *T. trchurus* 46
Figure 21: Concentrations des métaux lourds dans le muscle de *B. boops* 46
Figure 22: Concentrations des métaux lourds analysés dans les muscles des espèces étudiées ... 48

Liste des tableaux

Tableau I : Composition comparée de la chair du poisson et du muscle squelettique de mammifère....5
Tableau II: Composition de la chair du poisson en minéraux....6
Tableau III: Teneur en vitamines liposolubles des poissons....7
Tableau IV: Modifications biochimiques responsables de l'altération des poissons....9
Tableau V: Toxicité des métaux lourds....17
Tableau VI: Systématique de *Trachurus trachurus*....19
Tableau VII: Systématique de *Merlagius merlagus*....20
TableauVIII: Systématique de *Mullus barbatus*....21
Tableau IX: Systématique de *Boops boops*....22
Tableau X: Limites de détection de quelques éléments en solutions aqueuses....29
Tableau XI: Barème de cotation fraîcheur pour l'espèce *M. barbatus*....33
Tableau XII: Barème de cotation fraîcheur pour l'espèce *M. merlagus*....38
Tableau XIII: Barème de cotation fraîcheur pour l'espèce *T. trachurus*....39
Tableau XIV: Barème de cotation fraîcheur pour l'espèce B. boops....39
Tableau XV: Caractéristiques biométriques des quatre espèces....35
Tableau XVI: Composition de la chair des espèces étudiées en protéines, lipides et glucides....38
Tableau XVII: Résultats de l'analyse microbiologique effectué sur les quatre espèces étudiées 43

INTRODUCTION

Introduction

Partout dans le monde, le poisson tient une place importante dans l'alimentation et les moyens d'existence de millions de personnes. Sur le plan alimentaire (ingrédients protéiques), les produits de pêche contribuent de manière déterminante à la satisfaction des besoins alimentaires de la majorité de la population mondiale **[1].**

La consommation des poissons est également recommandée parce que c'est une bonne source des acides gras insaturés oméga-3, qui réduisent le niveau de cholestérol et l'incidence des maladies cardiovasculaires **[2, 3, 4, 5].**

Cependant, le poisson subit immédiatement après sa mort un processus naturel de décomposition consécutif des réactions chimiques, enzymatiques et bactériennes, qui par conséquence induisent malheureusement l'altération rapide des propriétés organoleptiques, la réduction de la valeur nutritive et la formation de substances toxiques.
Donc, conserver les poissons frais a toujours été plus qu'un besoin : une nécessité. Bien que différents procédés de conservation sont utilisés mais aucun ne peut résoudre de façon satisfaisante les problèmes de conservation et de commercialisation posés par ces produits **[6].**

Les poissons peuvent également accumuler les micropolluants à des concentrations nettement supérieures à celles retrouvées dans le milieu marin **[7]**, ainsi, le contenu des métaux lourds découverts dans quelques poissons, le rend difficile d'établir clairement le rôle de la consommation de poisson à un régime sain **[3].**

Pour des raisons liées aux habitudes alimentaires de la population, et comme il y a très peu d'études sur la bioaccumulation des métaux lourds dans les poissons, on a réalisé cette étude en terme :

- d'examiner les niveaux des contaminants métalliques dans quatre espèces de poissons frais généralement disponibles dans la pêcherie de Jijel ;
- évaluer la qualité sensorielle et contrôler la salubrité de ces aliments très importants pour le consommateur qui tente toujours à avoir une garantie sanitaire de poissons qu'il consomme.

Ces examens sont complétés par des analyses physicochimiques : pH ; acidité ; humidité ; teneur en lipides, protéines et glucides. Ce sont des paramètres ayant plus ou moins une influence sur la qualité, ainsi que sur la durée et la méthode de conservation des poissons frais.
Cette étude s'articule sur trois parties :

- ✓ La première s'attache à une synthèse bibliographique destinée à évoquer quelques données fondamentales relatives au thème abordé ;
- ✓ La deuxième rapporte sur une étude expérimentale exposant le matériel et les méthodes utilisées ;
- ✓ La troisième partie sera consacrée aux résultats et interprétation, ensuite la discussion.
- ✓ En fin, une conclusion générale pour clôturer le travail.

PARTIE I :

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. Poissons

I.1.1. Définition de poisson

Les poissons sont des vertébrés gnathostomes, à peau non cornée et riche en glandes muqueuses, généralement revêtue d'écailles, de denticules et par fois de plaques osseuses **[8]**.

Le poisson peut être décrit comme un animal à sang froid, qui vit dans l'eau, dispose d'arêtes et consomme l'oxygène de l'eau de mer en respirant au moyen de ses branchies **[9]**.

I.1.2. Classification

I.1.2.1. Classification systématique

Les vertébrés se subdivisent en deux sous embranchements :

- Les agnathostomes ou vertébrés sans mâchoires
- Les gnathostomes ou vertébrés à mâchoires dont la superclasse des poissons qui se répartie en quatre classes :
- Les Acanthodiens (fossiles) ;
- Les Placodermes;
- Les Chondrichthyens (poissons cartilagineux) ;
- Les Ostéichthyens (poissons osseux) **[10, 11]**.

I.1.2.2. Classification selon la teneur en lipides

Du point de vue alimentaire, nous distinguons trois types de poisson selon leur teneur en lipides :

- Les poissons maigres (moins de 5%) : anchois, bar, barbue, brème, brochet, cabillaud, lieu, merlan, truite, turbot.
- Les poissons demi-gras (de 5 à 10%) : alose, baudroie, bonite, congre, flétan, hareng, maquereau.
- Les poissons gras (plus de 10%) : anguille, saumon, thon **[12, 13]**.

I.1.2.3. Autres classifications

- **Selon la structure du squelette :**

Ils sont majoritairement regroupés dans deux grands groupes distincts :

- les poissons cartilagineux qui n'ont pas d'écailles et possèdent un squelette cartilagineux (environ 500 variétés), qui regroupent les raies et requins ;
- les poissons osseux, classe diversifiée comprenant toutes les autres espèces. Recouvert d'écailles plus ou moins grandes, très plates, très imbriquées les unes dans les autres et aisément détachables (environ 20000 variétés) **[13]**.

.

- **Selon la forme du corps**

On peut ainsi classer les poissons en trois groupes :

- Les poissons ronds : merlan, chinchard... ;
- Poissons longs : anguille, requin chien... ;
- Poissons plats : raie, sole... **[14, 15].**

- **Selon l'origine :**

Selon l'origine on distingue également deux sortes :

- Poissons d'eau douce, vivant dans les rivières et les lacs.
- Poissons d'eau de mer, vivant dans les océans et les mers du globe.

I.1.3.4. Organes internes

A. Système circulatoire

L'appareil circulatoire de la plus part des poissons est simple et consiste en un cœur à deux cavités, qui envoie le sang à travers les branchies, puis vers la tête et le reste du corps via une artère principale située sous la colonne vertébrale. La vitesse de circulation du sang est moins élevée chez les poissons que chez les autres vertébrés **[18, 20]**.

B. Système respiratoire

Au cours de la respiration, le sang qui vient de circuler dans le corps du poisson doit éliminer le gaz carbonique qu'il contient et se recharger en oxygène. Cet échange de gaz a lieu en général au niveau des branchies **[19].** Les branchies des poissons consistent en feuillets cutanés à peau très mince, abondamment irriguées de sang et rattachées aux arcs branchiaux cartilagineux **[16, 18, 19]**. L'eau de respiration est avalée par la bouche puis passe à travers les lamelles branchiales où le sang absorbe l'oxygène dissous dans l'eau et dégage de l'acide carbonique à travers les opercules **[8, 16, 17, 18, 19].**

En plus de la respiration branchiale, beaucoup de poissons absorbent l'oxygène et excrètent le gaz carbonique par la peau **[16, 19]**.

Chez certains groupes, un conduit spécial relie la vessie natatoire à l'intestin antérieur, ce qui permet au poisson d'éliminer rapidement l'excédent de gaz ou de faire passer dans sa vessie l'air pris à la surface **[16]**.

C. Système digestif

Il comporte habituellement une bouche munie d'une ou plusieurs rangées de dents, un pharynx, un œsophage, un estomac (certains espèces du poisson n'ont pas d'estomac) **[17, 18, 21]** et un intestin terminé par un orifice anal. Les organes annexes de l'appareil digestif ne sont pas présents chez toutes les espèces. Cependant, toutes ont un pancréas et un foie **[17, 20, 18].**

D. Vessie natatoire

C'est un organe d'allègement volumineux, rempli de gaz, diverticule de l'œsophage, présent chez la plupart des poissons **[9, 18]**. Elle constitue un organe d'équilibre rempli d'air **[19]** ; régule la profondeur à laquelle le poisson évolue dans l'eau **[9]**; mais qui possède d'autres fonctions : fonction respiratoire, fonction sensorielle et production de son **[18,19].**

E. Système nerveux

Les poissons possèdent un cerveau relativement petit. Par contre, la moelle épinière a un diamètre important, constant sur toute la longueur du corps, ce qui tenterait de démontrer que les centres médullaires sont aussi importants que le cerveau **[22, 18].** Outre le système cérébro-spinal, il existe un système nerveux autonome qui innerve les muscles non volontaires. Ce système est constitué par une chaîne de ganglions situés de part et d'autre de la colonne vertébrale » **[18, 22].**

F. Organisation des muscles

- **Tissu musculaire**

A l'opposé des viandes, les poissons présentent des fibres musculaires plus courtes et organisées en lamelles (appelés les myotomes) responsables d'une chair plus tendre **[14, 15, 23, 24, 25, 26]**.

Différents types des muscles

- Les muscles grands latéraux

Ils se trouvent de part et d'autre de la colonne vertébrale. Ils ont une forme de fuseaux **[18,27].**

Selon les espèces de poisson, on distingue muscle à chair blanche (espèces vivant sur les fonds du plateau continental) et muscle à chair rouge (espèces pélagiques), cette distinction de couleur des muscles caractérise une physiologie différente **[14, 15, 18,28].**

- Les muscles rouges

Les muscles rouges, anatomiquement bien définis, ne doivent pas être confondus avec la "chair rouge". En général ils forment une lame musculaire depuis la partie thoracique jusque jusqu'à la queue. Leur métabolisme spécifique fait qu'ils sont rarement consommés **[18, 27, 28].**

- Les muscles commandant les nageoires

Ils n'ont pas de rôle propulseur mais sont très actifs dans leur rôle stabilisateur et directionnel. Ce sont les muscles carénaux dorsaux et ventraux **[18, 27].**

- **Tissu conjonctif**

Le tissu conjonctif dans le poisson se trouve en moins grande proportion par rapport aux mammifères **[27, 28].** Il est constitué surtout par des fibres de collagène et peu d'élastine **[14, 15]**.

I.1.4. Valeur nutritionnelle du poisson

Le poisson est un aliment naturel d'excellente valeur nutritionnelle et de grande digestibilité reconnu comme favorable à un bon équilibre physiologique, et a un effet protecteur *vis-à-vis* des maladies cardiovasculaires. Ces faits ont été reliés à la composition chimique particulière des produits de la pêche : richesse en protéines et en acides aminés essentielles (Lysine, Méthionine, Tryptophane, Histidine) et présence d'AGPI de la série n-3, sans oublier leur richesse en vitamines **[29, 30, 31]**.

I.1.5. Composition biochimique de la chair de poisson

La composition de la chair de poisson n'est pas fondamentalement différente de celle des autres animaux supérieurs terrestres. Le tableau **I** la compare à celle du muscle de bœuf **[6, 23, 26].** Cependant, de nombreux facteurs sont responsables d'une grande variabilité de cette composition. Ce sont : l'espèce, l'individu, la génétique, la morphologie, la physiologie, le cycle et la maturité sexuelle, l'environnement, le régime alimentaire… **[6].**

Tableau I:Composition comparée de la chair du poisson et du muscle squelettique de mammifère **[27, 30].**

Type de poisson	Eau %	Protéines %	Lipides %	Glucides %	Cendres %
Poisson gras	68,6	20	10	0,03	1,4
Poisson plat	77,2	19	2,5	0,03	1,3
Poisson maigre	81,2	16,4	0,5	0,03	1,3
Muscle squelettique De mammifère	65-72	20-23	4-15	0,5-1,0	1,0-1,3

I.1.5.1. Eau

Le poisson se caractérise par une teneur en eau qui oscille entre 70 et 80% **[14, 31]** alors que celle de la viande est environ de 55-65%. Cette teneur en eau varie à l'inverse de la teneur en lipides de telle sorte que la somme des teneurs en eau et en graisses reste constante et égale à 78% du poids du poisson **[32].**

I.1.5.2.Protéines

Comme pour les viandes, les protéines constituent l'élément essentiel de la chair du poisson tant pour leur quantité que pour leur qualité. Le poisson contient en moyenne 18% de protéines dites de haute valeur biologique **[32]**.
Les protéines peuvent être groupées dans les trois groupes suivants :

- Protéines structurales (actine, myosine, tropomyosine, actomyosine) qui constituent 70 à 80 % de protéines (40 % chez les mammifères) ;
- Protéines sarcoplasmiques (myoalbumine, globuline et enzymes) qui constituent 25 à 30 % de protéines. Elles sont contenues dans le muscle sarcoplasmique ;
- Protéines de tissu conjonctif (collagène) qui constituent 3 à 10% de protéines (17% chez les mammifères) **[15, 33, 34]**.

I.1.5.3. Lipides

Le problème d'altération du poisson vient en fait, non pas à la quantité, mais plutôt à la qualité des lipides qui induisent une altération rapide **[6]**.
Les glycérides et les stérides représentent 80 à 95 % des lipides totaux, la teneur en cholestérol est de l'ordre de 20 à 70 mg pour 100g **[31].**

La grande richesse en AGPI rend les produits aquatiques très vulnérables *vis-à-vis* des phénomènes d'oxydation ce qui limite sa durée de conservation, même à l'état congelé **[23].**

Les lipides des poissons gras sont principalement localisés dans le tissu musculaire alors que ceux des poissons maigres sont surtout contenus dans le foie **[23].**

I.1.5.4. Glucides

Les viandes de poissons sont pauvres en sucres (inférieur à 1%), ces glucides qui servent surtout de réserve énergétique se trouvent essentiellement sous la forme de granules de glycogène [23].

I.1.5.5. Minéraux et oligo-éléments

Le poisson est un aliment riche en minéraux. Dans l'ensemble, les poissons sont riches en phosphore (P), en potassium (K) (l'élément minéral le plus abondant), sa concentration est semblable à celle des viandes [15] et en soufre (S), tandis qu'ils sont pauvres en calcium (Ca), en magnésium (Mg) et en sodium (Na) **[14, 34].**
Les produits de mer sont riches en iode (I), mais il faut signaler que les poissons sont pauvres en fer **[14, 15] (Tableau II).**

Tableau II: Composition de la chair du poisson en minéraux **[15]**

Eléments	Teneur dans la chair de poisson
Phosphore (P)	au moins 250 mg pour 100 g de poisson
Potassium (K)	300 à 500 mg/kg
Calcium (Ca) Magnésium (Mg)	20 à 30 mg pour 100 g de la chair
Sodium (Na)	70 à 100 mg pour 100 g
Iode (I)	prés de 100 µg pour 100 g
Fer (Fe)	proche de 1 mg pour 100 g

I.1.5.7. Vitamines

- **Vitamines liposolubles**

La vitamine A se trouve essentiellement sous forme de rétinol et elle est stockée le plus souvent dans le foie et dans les intestins, pancréas et les reins **[29]**. La chair des poissons gras est aussi particulièrement riche en vitamine D.
La teneur de la chair des poissons en vitamine E est faible et plus basse que celle du foie de poissons. La teneur en vitamine K de la chair de poissons est faible (**Tableau III**) **[29]**.

Tableau III: Teneur en vitamines liposolubles des poissons

Vitamine	Teneur dans le poisson	Réf.
vitamine A	40 à 100 µg pour 100g de la chair	**[14, 15]**
vitamine D	plus de 5 µg pour 100g de la chair	**[14, 15]**
vitamine E	<2mg /100g foie de poissons (1-30mg/100g)	**[29]**
vitamine K	<1µg/100g de la chair	**[29]**

- **Vitamines hydrosolubles**

Le poisson est un aliment intéressant pour ses apports en vitamines B6, B12 et en biotine **[32]**. Se retrouvent également en plus grande quantité dans certains organes (foie, cœur, rein) que dans les muscles **[6]**.

I.1.6. Evolution biochimique du muscle de poissons après la capture

Le poisson subit immédiatement après sa mort un processus naturel de décomposition qui est le résultat de la superposition de réactions chimiques, enzymatiques et bactériennes **[6]**. Ces altérations et changements affectent la qualité sensorielle et organoleptique des produits de la pêche.

I.1.6.1. Mécanismes de l'évolution du muscle après la mort

Par opposition à la viande de bœuf, le poisson est directement consommable après sa mort. Au cours de la maturation à l'état réfrigéré, lorsque le muscle est transformé en viande, le muscle est soumis à une transformation partagée en trois phases **[28]**.

La longueur de chacune des étapes de la rigidité cadavérique à savoir son apparition, sa durée et sa fin, dépend de plusieurs facteurs tels que : la taille, la méthode de pêche, la manutention, la température et l'état physique du poisson **[28]**.

A. Etat pantelant ou la phase *pre-rigor*

Le muscle dans un premier temps est détendu et la texture de la chair est souple et élastique. Cette phase *pre-rigor* ne dure que quelques heures. Après quoi, le muscle se durcit et le corps du poisson se raidit. Progressivement, les fibres musculaires du poisson vont se contracter de manière désordonnée. Au cours de cette phase, le muscle reste relativement mou. Les sarcomères relaxés restent encore extensibles. A cet instant, le pH du muscle est aux alentours de 7. Cette étape ne dure qu'un jour en moyenne puis cette caractéristique du muscle tend à disparaître **[28]**.

B. Rigidité cadavérique ou *rigor-mortis*

La rigidité cadavérique résulte essentiellement de la forte diminution de l'énergie chimique du muscle (ATP) et l'acidification du tissu musculaire car en absence d'ATP les myofilaments d'actine et de myosine se lient d'une manière irréversible **[35, 36].**

Durant la période de rigidité cadavérique, les fibres musculaires se contractent, le squelette ainsi que le tissu musculaire font barrière à cette contraction en résistant pour conserver la structure. Les conséquences du durcissement du muscle sont une contraction partielle des sarcomères ainsi qu'une rupture incomplète des myocommes **[28]**.

En effet, la circulation sanguine étant stoppée, l'oxygène n'arrive plus dans les muscles qui passent donc rapidement en anaérobiose. Les dernières réserves énergétiques de glycogène sont épuisées et transformées en acide lactique. Cet acide, du fait de l'arrêt de la circulation sanguine, n'est pas éliminé du muscle, il s'accumule et contribue à l'abaissement du pH à 6 **[23]**.

Cette rigidité cadavérique s'installe à des temps différents selon les espèces de poisson. Ainsi cette période est plus longue si le poisson est conservé au froid. Cette phase dure plus longtemps chez les poissons que chez les mammifères **[28]**.

C. Phase de *post –rigor* ou phase de maturation

Le passage dans cette dernière configuration dépend de l'espèce considérée, de la température de conservation, de la condition physique du poisson, de la taille de l'animal, de la saison et le mode d'abattage. On peut contrôler certains de ces paramètres permettant ainsi d'optimiser au maximum la période *rigor* **[28]**.

Après la phase de *rigor-mortis* la viande commence à s'attendrir sous l'effet de la maturation. La phase de maturation conduit à un attendrissement du muscle qui devient à nouveau souple et acquit un arôme spécifique **[35, 36]**.

Après un certain temps, les principaux mécanismes biochimiques vont se mettre en place conduisant à une altération progressive du muscle **(Tableaux IV)**. La structure du collagène des tissus se dégrade. On observe aussi une désorganisation progressive de l'appareil contractile et une libération de certains acides gras. Au cours de cette phase, le pH remonte à 7 **[28]**.

Tableau IV: Modifications biochimiques responsables de l'altération des poissons

Evolution biochimique	Mécanisme	Danger associé	Réf.
Autolyse	Processus enzymatiques : - Décomposition de substances chimiques, destruction cellulaires (ex : éclatement de la paroi ventrale de poissons pélagiques non éviscérés) ; - Glycogénolyse ; - Hydrolyse des protéines ; - Hydrolyse des lipides.	Altération générale de la chair : - Contamination microbienne par rupture de la continuité des tissus ; - Formation des acides aminés libre ; - Formation d'acides gras libres (AGL).	**[9]** **[37]** **[33]** **[32]** **[38]**
Oxydation des lipides	Mécanismes principaux de dégradation des poissons congelés, effet très important pour les espèces grasses entre -5°C et -30°C, elle est catalysée par la lipoxygénase présente en quantités variables dans divers tissus de poisson.	- Formation de radicaux libres et des hydroperoxydes qui peuvent entrainer l'oxydation de pigments, de vitamines… - Formation des aldéhydes, des cétones, des alcools, des acides carboxyliques et des alcanes responsables de la flaveur désagréable de « graisse oxydée » (rancissement oxydatif).	**[33]** **[32]** **[38]** **[39]**
Modification des protéines	- Action des enzymes endogènes protéolytiques (les peptidases) tissulaires et bactériennes. - Dénaturation autolytique à basse température est responsable de la majorité des effets indésirables observés durant l'entreposage du poisson maigre congelé la dégradation se fait par : - Désamination ; - Décarboxylation.	- Altération générale de la chair, diminution de l'extractibilité et de la solubilité des protéines. - La production des composés soufrés (sulfure d'hydrogène), l'ammoniac, et les amines en particulier l'histamine pour certaines espèces de poissons.	**[40]** **[41]** **[6]** **[38]** **[39]**

I.2. Contamination des poissons

I.2.1. Contamination microbienne

Un poisson consommé frais devrait présenter des caractères organoleptiques, physiques et chimiques très proches de ceux du poisson vivant. Mais leur altération est si rapide que la fraîcheur des poissons qui parviennent sur les marchés est souvent toute relative **[43]**.

Les transformations qui surviennent au cours de conservation sont d'origine enzymatique ou bactérienne. Elles se traduisent par un changement des caractères organoleptiques, physiques et chimiques **[43]**. Il est admis que, bien que les phénomènes autolytiques initient la dégradation, les microorganismes sont les principaux responsables de l'altération des produits de la mer **[44]** dont la flore initiale que l'on trouve dans ces produits est très diverse; au cours du stockage, cette flore se développe, mais une partie seulement contribue à l'altération **[45]**.

I.2.1.1. Flore microbienne naturelle de poisson

La contamination naturelle du poisson est étroitement liée à la qualité du milieu dans lequel il vit **[27, 46]**, ainsi sur un poisson vivant ou fraîchement pêché, les micro-organismes se rencontrent essentiellement sur les surfaces externes (peau et épithélium des branchies, qui constituent des barrières naturelles à l'invasion microbienne), et dans les intestins, la chair est normalement stérile **[14, 24, 27, 45, 47]**.

La charge microbienne est variable :

Généralement, on peut dénombrer 10^2 à 10^7 germes/cm^2 de peau et 10^3 à 10^9 germes/g de branchies ou intestins **[24, 27]**.

La flore de surface des poissons pêchés en eaux froides ou tempérées est nettement dominée par les bactéries à Gram négatif [44] dont la majorité sont des psychrotrophes ont une température optimale de croissance environ 18°C **[24]** appartenant aux genres *Pseudomonas, Achromobacter, Aeromonas, Flavobacterium, Serratia, Sarcina, Proteus, Vibrio, Bacillus, Corynebacterium*... **[47, 48]**.

La flore intestinale normale est composée de *Vibrio, Moraxella /Acinetobacter, Pseudomonas, Aeromonas,* et en faible nombre de bactéries à Gram positif dont *Clostridium sp.* La proportion des anaérobies facultatifs ou stricts est généralement plus forte que dans la flore de surface et de branchies **[44]**.

I.2.1.2- Germes pathogènes

Hormis les poissons pêchés en eaux polluées ; la présence de germes tels *que Clostridium botulinum*, *Salmonella* et *Shigella* est directement liée à leur présence dans les eaux et les sédiments **[27]**, et le plus souvent consécutive à une contamination post-capture **[24]**.

- **Salmonelles**

Le réservoir des salmonelles est très large, et de nombreux animaux (mammifères, oiseaux, poissons, insectes,...) sont susceptibles d'héberger, de multiplier et d'excréter ces bactéries [49]. Cependant, les aliments cibles sont les viandes et volailles cuites surtout, œufs, pâtes alimentaires, mayonnaise et les produits laitiers non pasteurisés.

Ces germes interviennent dans des toxi-infections avec symptômes (fièvre, vomissement, diarrhée sanguinolente, crampes abdominales...) **[50]**.

- ***Clostridium perfringens***

Clostridium perfringens est un bacille Gram positif sporulé et anaérobie stricte **[50]**. C'est une bactérie saprophyte du sol et des eaux, commensale de l'homme et des animaux (peau, intestin) **[51]**.

La bactérie contamine fréquemment la viande crue ou cuite, les sauces de jus de viande, volailles, poissons, charcuteries, épices et mélanges déshydratés. Sa température optimale de croissance est relativement élevée (43-45 °C).

Elle provoque fréquemment des toxi-infections qui se manifestent par des diarrhées, Crampes abdominales et maux de tête… **[50]**.

I.2.1.3. Altération microbienne

Les modalités de l'altération microbienne sont conditionnées par de nombreux facteurs qui sont liés au poisson (la variété de poisson, le pH de la chair, la richesse en graisses), au milieu (Habitat de poisson, type et étendue de la contamination microbienne) et aux conditions de pêche et de stockage **[47, 48]**.

L'activité bactérienne est essentiellement localisée sur la peau, les bactéries n'envahissent la chair que dans les stades avancés de l'altération [44]. A basse température les germes les plus actifs sont les *Pseudomonas, Achromobacter, Alteromonas* et *Flavobacterium* ; à température ordinaire interviennent les *Micrococcus et Bacillus*. Dans d'autres cas sont incriminés des coliformes, *Proteus, Clostridium*… **[45, 47]**.

Généralement les poissons sont altérés et présentent un aspect ou une odeur les rendant non commercialisables avant de devenir toxiques [45]. Cette altération aboutit le plus souvent à la libération des amines volatiles, principalement la triméthylamine (TMA), issue de la réduction de l'oxyde de triméthylamine (TMAO), la présence des amines volatiles (TMA, DMA) altère peu les caractéristiques sensorielles du produit, elle contribue toutefois aux odeurs ammoniacale **[44]**.

Il y a également production d'H_2S, de diméthylsulfure, de méthyl mercaptan et autres composés nauséabonds **[44, 47]**. Ces odeurs sont essentiellement produites par des *Pseudomonas* type putrefaciens et occasionnellement par *P. fluorescence* et *P. fragi.* Des odeurs fruitées peuvent également se développer ; elles sont dues à des esters d'acides gras produits par *P. fragi* à partir de certains acides aminés **[44]**. Des amines toxiques peuvent être formées à partir d'acides aminés et en particulier l'histamine **[47, 48]**.

I.2.1.4. Conservation de poisson

Le principe de la conservation est basé sur la prévention ou sur le ralentissement de la détérioration par les micro-organismes. Cette conservation peut se faire de deux façons :

- Par le maintien des qualités et propriétés originales du poisson en appliquant le froid ;
- Par modifications radicales (techniques de transformation) donnant des produits nouveaux aux qualités et propriétés entièrement nouvelles **[52]**.

Et comme il existe de multiples espèces différentes de poissons, on a aussi une large gamme de méthodes de transformation et de conservation, généralement choisies en fonction du climat, des ressources disponibles, et des préférences des consommateurs **[53]**.

A. Salage

Le poisson doit être préparé de façon que le sel ajouté puisse pénétrer rapidement dans la chair et que l'eau puisse en sorti. Il existe deux sortes de méthodes de salage du poisson qui sont le salage à sec et le salage par saumurage **[54].**

B. Séchage

Les poissons sont étêtés, vidés, salés et séchés à l'air **[13]** ; en général, le très petit poisson n'est pas salé avant d'être séché, alors que le gros poisson doit toujours être salé avant séchage et la teneur en eau finale doit être inférieure à 25% pour prévenir la détérioration microbienne **[54].**

C. Fumage

C'est une technique de transformation du poisson au cours de laquelle, le poisson qui peut être entier, nettoyé, ouvert en deux ou fileté **[54]**, est soumis à de l'air chaud et à la fumée **[52]**.

Cette méthode permet également de conserver le poisson crus **[54]** mais généralement, le poisson fumé possède une durée de vie courte **[55]**.

D. Conservation par le froid

Il existe deux possibilités de conservation du poisson frais à basse température ; la réfrigération de -1° à +4°C, et la congélation de -18° à -30°C.

I.2.2. contamination par les métaux lourds

I.2.2.1. Définition

L'appellation métaux lourds est couramment utilisée pour désigner les éléments métalliques, naturellement présents dans l'environnement à l'état de traces, métaux ou certains métalloïdes. Caractérisés par une masse volumique supérieure à 5 g/cm^3. 41 métaux correspondent à cette définition générale auxquels il faut ajouter cinq métalloïdes **[56]**.

Les métaux lourds peuvent être également définis comme tout métal pouvant être toxique pour les systèmes biologiques **[57]**.

Certains d'entre eux sont indispensables au déroulement des processus biologiques des êtres vivants à des concentrations extrêmement faibles, et peuvent êtres toxiques au delà de ces teneurs. Ce sont les oligo-éléments essentiels **[58]** : le cobalt, le cuivre, le nickel, le zinc, le sélénium, le chrome et le fer **[59, 60, 61]**.

D'autres métaux comme le plomb, le cadmium et le mercure n'ayant aucun rôle biologique et manifestent de propriétés toxiques **[57, 59, 60, 61]**.

I.2.2.2. Origine et cycle des métaux

Une quantité importante de métaux lourds est introduite dans l'environnement par l'intermédiaire des sources naturelles et humaines **[58]**. Cette contamination a plusieurs origines telles que la combustion de fossiles, les gaz d'échappement des véhicules, l'incinération, l'activité minière, l'agriculture et les déchets liquides et solides **[57]**, par exemple le plomb, le mercure, le cuivre, le cadmium et le zinc se caractérisent par une origine anthropique. Ils sont souvent émis par des processus de combustion à haute température **[62]**.

I.2.2.3. Métaux lourds dans les eaux

Les principales sources de contamination de l'eau sont notamment les suivantes: les eaux usées domestiques et industrielles, la production agricole, les polluants atmosphériques, les anciennes décharges, l'utilisation de substances dangereuses pour l'eau, la navigation, ... **[63].**

L'eau est évidemment un élément particulièrement important pour les polluants en général et les métaux lourds en particulier car l'eau va entraîner des réactions chimiques liées à l'acidité, l'alcalinité, la température et l'oxygénation... **[58]**.

Les milieux aquatiques sont très sensibles aux éléments en traces par la coexistence de deux phénomènes de bioaccumulation et de biomagnification : les éléments en traces se concentrent au fur et à mesure des absorptions dans la chaîne alimentaire **(Figure 2) [63].**

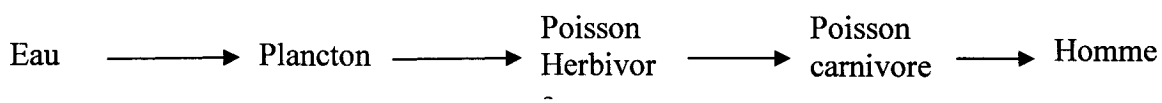


Figure 2: Transfert des métaux lourds à travers la chaine alimentaire

I.2.2.4. Rôle des métaux lourds

Les métaux existent dans la nature sous différentes formes : ions, complexes inorganiques et organiques, en solution ou adsorbés sur des colloïdes ou des aérosols. Dans l'organisme, les métaux lourds se trouvent normalement dans les protéines, dont certaines servent comme enzymes, qui sont des biocatalyseurs du métabolisme **[58, 60]**.

La problématique même des métaux et des métaux lourds en particulier repose sur le fait qu'ils sont très utiles, voire indispensables à l'homme **[57, 60]**. En effet, de par leurs propriétés, ils entrent dans la composition d'une grande variété de produits, et se retrouvent à de nombreux niveaux: métallurgie, chimie, pharmacie, énergie, etc. Il semble donc assez difficile de s'en passer et de les substituer **[57]**.

I.2.2.5. Voies d'exposition

A court et à long terme, les métaux sont connus pour leurs effets sur la santé humaine. Parmi les voies de pénétration dans l'organisme : l'inhalation de l'air, l'ingestion de nourriture ou d'eau et le contact dermique.

L'inhalation est le principal mode de contamination, les particules les plus fines chargées en métaux pouvant pénétrer plus profondément dans les voies respiratoires. Par l'ingestion, les métaux vont s'accumuler dans le corps humain (sang, foie, reins et os) où certains d'entre eux ne sont que très lentement éliminés **[62]**.

I.2.2.6. Définitions des termes relatifs à la contamination

A. Bioaccumulation

La bioaccumulation est le processus par lequel un organisme vivant absorbe une substance à une vitesse plus grande que celle avec laquelle il l'excrète ou la métabolise. Elle désigne donc la somme des absorptions d'un élément par voie directe et alimentaire par les espèces animales aquatiques ou terrestres **[64, 65, 66]**.

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

- l'assimilation ;
- la bioaccumulation par l'individu, ou bioconcentration ;
- la bioaccumulation entre individus, ou bioamplification **[56]**.

- **Assimilation**

Il existe deux voies principales d'exposition aux polluants : la voie externe, par contact (par l'air ou l'eau...) qui provoque un phénomène d'adsorption (la substance toxique reste à la surface), et la voie interne par assimilation ou absorption **[56]**.

- **Bioaccumulation par l'individu : La bioconcentration**

La bioconcentration est l'accroissement direct de la concentration d'un contaminant lorsqu'il passe de l'eau à un organisme aquatique **[64, 65, 66, 67, 68]**.

La bioaccumulation concerne tous les métaux lourds en général, mais plus particulièrement le mercure, lorsqu'il est présent sous forme organique (méthylmercure) qui est sa forme la plus toxique pour l'homme **[68]**.

- **Bioaccumulation entre individus : la bioamplification**

Forme particulière de la bioaccumulation, caractérisée par une augmentation de la concentration dans les prédateurs par rapport à leurs proies **[64, 65, 67, 68, 69]**.

- **Bioaccumulation et bioamplification dans les réseaux trophiques**

En milieu aquatique, la bioaccumulation et la bioamplification répondent au schéma général suivant **(Figure 3)** :

Phytoplancton → Zooplancton → Microphages carnivores → Macrophages carnivores → Super-Prédateur

Figure 3: Bioaccumulation et bioamplification dans les réseaux trophiques **[68]**

B. Bio-indicateurs

Les bio-indicateurs sont des espèces ou groupes d'espèces, qui par suite de leurs particularités écologiques, sont l'indice précoce (organismes sentinelles) de modification abiotiques ou biotiques de l'environnement dues à tel ou tel action humaine **[65, 68, 70]**.

- **Utilisation du poisson comme indicateur de contamination**

Les Téléostéens d'eau douce et marins ont été utilisés à une vaste échelle comme bio-indicateurs de pollution en milieu limnique ou océanique.
Les espèces situées au sommet de la pyramide écologique, de régime prédateur ou super prédateurs sont susceptibles de présenter des facteurs de bioconcentration supérieurs à 10^5 voire 10^6 fois par apport à la teneur de l'eau en certains contaminants minéraux ou organiques.
Il existe un grand nombre de publications relatives à l'absorption et la bioaccumulation de polluants des eaux par les poissons dulçaquicoles ou marins, tant au laboratoire que dans leurs biotopes naturels **[66]**.

C. Biomarqueurs

Un biomarqueur est un changement observable et/ou mesurable au niveau moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique ou comportemental, qui révèle l'exposition présente ou passée d'un individu à au moins une substance chimique à caractère polluant **[65, 66, 68, 70, 71]**.
Les marqueurs biologiques ont été classés en biomarqueurs d'exposition, d'effet et de susceptibilité **[65, 66, 72]**.

I.2.2.7. Classification des métaux lourds

A. Métaux essentiels

- **Chrome**

Le chrome (Cr) est un élément bleuâtre-blanc, dur, fragile, brillant et résistant à la corrosion [82] avec une masse volumique de 7,20 g/cm^3. Il existe sous deux formes (trivalent et hexa valent). Cr^6 est approximativement 100 fois plus toxiques que les sels de Cr^3 **[67]**.
Le chrome entre dans la composition d'aciers inoxydables, d'aciers spéciaux et d'alliages **[77, 83]**. Il améliore la dureté des métaux et leur résistance à la corrosion **[83]**.
Les composés minéraux sont des pigments pour peintures, des agents de mordançage de textiles, des produits employés en tannerie, des catalyseurs ; le dioxyde est un composant de bandes magnétiques. Le chrome est utilisé aussi à l'état de traces dans la fumée de tabac **[84]**.

- **Cuivre**

Le cuivre (Cu) est un métal de couleur rougeâtre, il possède une haute conductivité thermique et électrique **[78, 85]**. Il a une masse volumique de 8,92 g/cm^3 **[60]**.

Le cuivre existe à l'état natif. Il se rencontre surtout sous forme de sulfures CuS et Cu_2S dans la tétrahédrite ($Cu_{12}Sb_4S_{13}$) et l'énargite (Cu_3AsS_4) et sous forme d'oxyde Cu_2O (cuprite) [86].

Aujourd'hui plus de 50 % de la consommation en cuivre sont utilisés pour la fabrication des câbles électriques, le reste se répartissant entre les monnaies, les alliages (bronze), les ustensiles de cuisine et les herbicides **[87]**.

- **Devenir dans l'organisme**

Le cuivre est un élément essentiel chez l'homme et l'animal, impliqué dans de nombreuses voies métaboliques, notamment pour la formation d'hémoglobine et la maturation des polynucléaires neutrophiles. De plus, est un co-facteur spécifique de nombreuses enzymes et métalloprotéines de structure **[86]**.

- **Zinc**

Le zinc (Zn) est indispensable au métabolisme des êtres vivants (oligo-éléments), en particulier comme coenzyme. C'est un métal de couleur bleu-gris- blanc bleuâtre **[61]** et d'une masse volumique de 7,14 g/cm^3 **[60]**. Dans le milieu naturel, il est exclusivement présent sous l'état d'oxydation (Zn^{+2}) **[61]**.

Habituellement, le zinc est rencontré en association avec le plomb, le cuivre, l'or et l'argent. Il se présente sous forme de sphalérite (sulfure), smithsonite (carbonate), calamine (silicate), et franklinite (zinc, manganèse, oxyde de fer) **[88]**.

Le zinc est employé pour obtenir des alliages, des feuilles pour les toitures et les gouttières, des batteries, des ustensiles ménagers, en galvanoplastie. Certains de ces composés minéraux sont des pigments **[84]**.

- **Devenir dans l'organisme**

Le zinc pénètre dans l'organisme par voie respiratoire et accessoirement par voie orale. Au niveau sanguin le zinc se trouve à 85% environ dans le globule rouge. Il se distribue surtout dans le foie, le rein, les muscles, les os, la prostate, la rétine. Sa liaison avec la métallothionéine constitue une forme de stockage hépatique. Son élimination est essentiellement fécale, secondairement urinaire et sudorale **[84]**.

B. Métaux non essentiels

- **Plomb**

Le plomb (Pb) est un métal chalcophile malléable de couleur gris bleuâtre et d'une masse volumique de 11,3 g/cm^3 [73]. A cause de son caractère basique, cet élément ne s'hydrolyse qu'à des pH neutres ou alcalins **[61]**.

On le trouve à l'état naturel dans divers minéraux sous forme de carbonate $PbCO_3$ (cérusite), de sulfure PbS (galène), de sulfate $PbSO_4$ (anglésite)... **[60,74, 75, 76]**.

Le Pb a beaucoup d'usages industriels tels que : batteries, alliages, pigments, verrerie, additif du pétrole, etc. **[60, 76, 77]**.

- **Contamination des poissons par le plomb**

Les poissons peuvent absorber du plomb par voie cutanée, par les branchies et par la nourriture. Les principaux organes d'accumulation sont le squelette, les branchies, le foie et les reins. Les formes alkyles sont nettement mieux absorbées que les formes inorganiques.

L'absorption à partir de l'eau augmente quand le pH diminue. On peut donc supposer que le plomb est disponible aux poissons sous forme ionique **[73]**.

- **Cadmium**

Le cadmium(Cd) est un métal blanc argenté, brillant, relativement mou, déformable de masse volumique 8,65 g/cm et d'un point de fusion 321°C **[60, 78]**.

C'est un sous-produit de la métallurgie du zinc **[77,79]** et dans une moindre mesure de celle de plomb [59, 80]. Dans la nature, il n'existe pas naturellement à l'état natif **[81]**, on le trouve sous forme de cristaux de greenockite ou de hawleyite (CdS), d'octavite ($CdCO_3$), de montéponite (CdO) et de cadmosélite (CdSe) **[74, 79]**.

Le cadmium est largement utilisé au niveau industriel : électronique, électrotechniques, galvanoplastie, industrie des peintures **[59, 60]**, et principalement pour la fabrication des batteries, protection de l'acier contre la corrosion (cadmiage) ou comme stabilisant pour les plastiques et les pigments **[74, 79, 81]**.

I.2.2.8- Toxicité des métaux lourds

Les métaux sont une classe particulière de toxiques. Ils sont présents à l'état stable dans l'environnement, mais leur forme chimique peut être modifiée par des facteurs physico-chimiques, biologiques, ou par les activités humaines, et leur toxicité peut être fortement modifiée. Ils ont une large gamme de toxicité, certains, comme le plomb, sont très toxiques, d'autres sont pratiquement dépourvus de toxicité **(Tableau V)**. Les propriétés toxiques sont très variables, néanmoins certains sont valables pour la plus part des métaux **[80]**.

Tableau V: Toxicité des métaux lourds

Métal	Toxicité aigue	Toxicité chronique
Pb	- Syndrome gastro-intestinal : douleurs abdominales, coliques (coliques de plomb), vomissements, diarrhée, soif **[82]**; - Troubles nerveux, faiblesse musculaire, paralysie des extrémités, ... **[84]**.	- Saturnisme, caractérisé par une anémie et de graves troubles neurologiques **[65, 89]**; - Ictère, liseré au niveau de gencives, anorexie, gastralgie,... **[84]**; - Effets indésirables sur les fonctions de reproduction (stérilité, d'avortements et de morts néonatales) **[80, 84]** ; - Certains sels de plomb ont un effet cancérogène **[73, 76, 80, 85]**.
Cd	- Après ingestion, les manifestations cliniques sont des nausées, des vomissements et des douleurs abdominales **[80, 82]**; - Après inhalation, les lésions observées sont des œdèmes pulmonaires et de pneumopathies **[80]**.	- Dommages pulmonaires, rénaux, de l'ostéomalacie et de l'anémie **[65,77]**; - Affection respiratoires : bronchite chronique, fibrose progressive des voies respiratoires profondes et rupture des parois alvéolaires conduisant à de l'emphysème **[80]**; - Effet cancérogène **[65, 85]**.
Cr	- Après inhalation : des ulcérations du septum nasal, une bronchite, une pneumoconiose, une rhinorrhée et à l'asthme **[87]**; - Après ingestion : inflammations graves du système gastro-intestinal suivies par des nécroses de foie et des reins **[77]**.	-Apparition des conjonctivites, de gastrites, d'ulcères de l'estomac et d'une entéropathie ulcéreuse **[87]**; -une sensibilisation allergique polymétallique **[65]**; -effet cancérogène **[65,80]**.
Cu	- Apparition de léthargie, de vomissements et d'ictère **[87]**.	- Graves lésions hépatiques (cirrhose), affaiblissement du système immunitaire avec des irritations du tube digestif **[87]**; - Influence sur le métabolisme du fer **[87]**.
Métal	Toxicité aigue	Toxicité chronique
Zn	- Asthénie accompagnée de la fièvre « fièvre des fumés métalliques » **[65,90]**, la salivation excessive, le mal de tête, la toux, la malaise **[90]**; - La nausée, le vomissement, colique et la diarrhée sont des manifestations prédominantes **[90]**.	

PARTIE II : MATERIEL ET METHODES

II.1. Matériels

II.1.1. Réactifs et étalons

- Acide chlorhydrique ;
- Acide nitrique ;
- Acide orthophosphorique (85 %) ;
- Acide sulfurique ;
- Anthrone ;
- Bleu brillant de coomassie (BBC) ;
- Bovin sérum albumin (BSA) ;
- Chloroforme ;
- Ethanol (95 %) ;
- Ether ;
- Glucose ;
- Huile de tournosol ;
- Peroxyde d'hydrogène (30 %) ;
- Solution de KOH (60 %) ;
- Solution de NaOH (0,1 N) ;
- Solution étalon de cadmium de 1000 mg/l ;
- Solution étalon de chrome de 1000 mg/l ;
- Solution étalon de cuivre à 1000 mg/l ;
- Solution étalon de plomb de 1000 mg/l ;
- Solution étalon de zinc de 1000 mg/l ;
- Solution de lavage, HNO_3 (0,2 % v/v) ;
- TCA (20 %) ;
- Vanilline ;
- Eau physiologique ;
- Eau distillée ;
- Eau bi distillée.

II.1.2. Milieux de culture

- Gélose PCA pour dénombrement de l'FTAM ;
- Gélose VRBL pour dénombrement des CT et CTT ;
- Gélose VF (Viande- Foie) pour la recherche et dénombrement des anaérobies sulfito-réducteurs ;
- Bouillon SFB pour enrichissement de Salmonella ;
- Milieu Hecktœn pour l'isolement de Salmonella ;
- bouillon de Rothe (double concentration et simple concentration) ;
- bouillon Litsky.

Le fournisseur de ces milieux est l'institut de pasteur.

II.1.3. Additifs

- Solution de tellurite de potassium ;
- Alun de fer ;
- additif de l'Hecktœn.

II.1.4. Appareillages

- Agitateur électrique menu d'un barreau magnétique;
- Bain de sable ;
- Bain-marie ;
- Balance analytique de précision 0,01g ;
- Balance analytique de précision 0,0001g ;
- Burette ;
- Centrifugeuse ;
- Congélateur pour conserver les échantillons ;
- Étuve à 105°C ;
- Four à moufle à 550°C pour la détermination des cendres ;
- Hotte pour se protéger contre les produits chimiques toxiques ;
- pH-mètre ;
- Pompe sous vide pour la filtration ;
- Réfrigérateur pour conserver les préparations ;
- Spectrophotomètre UV pour la lecture des absorbances concernant les glucides, les lipides et les protéines ;
- Spectromètre d'absorption atomique avec flamme ;
- Vortex électrique pour agiter les tubes.

II.1.5. Matériel biologique

La présente étude était conduite sur quatre espèces de poissons péchées au niveau des eaux littorales de la ville de Jijel.

II.1.5.1. *Trachurus trachurus*

A. Systématique

Tableau VI : Systématique de *Trachurus trachurus* **[91]**.

Nom commun	Chinchard commun ou saurel
Nom scientifique	*Trachurus trachurus*
Classe	Ostéichthyens
Ordre	Perciformes
Famille	Carangidés
Genre	Trachurus
Espèce	*tracchurus*

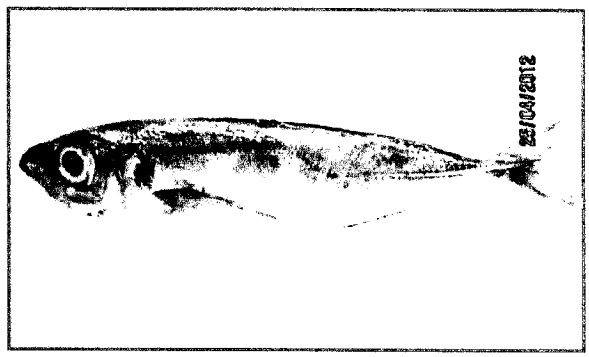


Figure 4: L'espèce *Trachurus trachurus*

B. Morphologie

Corps allongé et légèrement comprimé latéralement. Comporte deux nageoires dorsales et une anale à deux épines. La coloration de la partie supérieure du corps et de la tête sombre à presque

noire ou grise à vert bleuâtre; les deux tiers inférieurs du corps et de la tête généralement plus pâles, blanchâtres à argentés **[92]**.

La taille du chinchard commun varie de 15 à 45 cm **[38]**, maximum environ 60 cm **[92]**. Le chinchard peut vivre huit ou neuf ans, mais en général meurt vers six ou sept ans **[93]**.

C. Ecologie

Ce sont de poissons de haute de mer mais qui peuvent s'approcher de la cote **[94]**.

Ils vivent en bancs, rencontrée fréquemment sur les fonds sableux à une profondeur de 100 à 200 m, mais parfois en eau plus profonde, jusqu'à 600 m environ; aussi pélagique et parfois près de la surface **[92]**. La ponte se déroule entre avril et aout selon les secteurs **[91]**.

D. Nourriture

C'est un poisson carnivore vorace **[91, 93]**.en été sa nourriture se compose surtout d'éléments pélagiques : copépodes, crevettes *(Palaemon, Crangon),* œufs et stades larvaires de poissons et aussi jeunes poissons comme anchois, sprats, sardines,... **[38, 91, 93]**.

En hiver, cette nourriture change et se compose surtout de crustacés benthiques et pélagiques profonds et de poissons, mollusques et échinodermes de fond **[91, 93]**.

II.1.5.2. *Merlangius merlangus*

A. Systématique

Tableau VII : Systématique de *Merlagius merlagus* **[91]**.

Nom commun	Merlan
Nom scientifique	*Merlangius merlangus* ou *Gadus mermagus*
Classe	Ostèichthyens
Ordre	gadiformes
Famille	gadidés
Genre	Merlangius
Espèce	*merlangus*

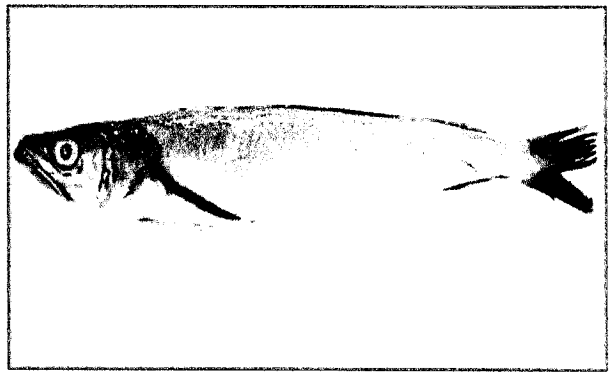


Figure 5: L'espèce *Merlangius merlangus*

B- Morphologie

Corps élancé. Mâchoire supérieure légèrement proéminente; menton avec un barbillon minuscule. Pas d'épines aux nageoires **[92]** qui sont 3 dorsales peu espacées et 2 anales **[95]**. La Coloration du corps est variable ; le dos brun jaunâtre ou bleuâtre ou verdâtre; flancs gris jaunâtre; ventre blanc argenté; souvent une petite tache sombre à la base supérieure des pectorales **[92]**. Sa longévité est proche de 10 ans **[96]** et peut atteindre une taille varie de 20 à 40 cm **[95]**.

C- Habitat et biologie

Il se trouve dans les eaux côtières principalement entre 30 à100 m **[96]**, jusqu'à 200 m de profondeur **[92]**. C'est un poisson benthopélagique vivant sur des fonds de graviers ou de vase ;

les jeunes individus vivant plus près du rivage **[92, 96]**, de 5 à 30 m de profondeur **[92]**. La reproduction a lieu de janvier au printemps **[92, 96]**.

D- Nourriture

Le merlan adulte se nourrit surtout le jour en mangeant des poissons comme les sprats, les anchois, les lançons et les tacauds, des crevettes et des crabes nageurs, des verts marins, et des encornets **[91]**.

II.1.5.3. *Mullus barbatus*

A. Systématique

Tableau VIII : Systématique de *Mullus barbatus* **[92, 97]**.

Nom commun	rouget barbet de vase
Nom scientifique	*Mulus barbatus*
Classe	Actinoptérygiens
Ordre	Perciformes
Famille	Mullidae
Genre	Mullus
Espèce	*barbatus*

Figure 6: L'espèce *Mullus barbatus*

B. Morphologie

Corps modérément comprimé. Tête courte, avec profil antérieur presque verticale **[46]** la mâchoire inférieure est ornée de 2 barbillons [95], leur longueur est inférieure ou égale à celle des nageoires pectorales **[92]**.

Comporte 2 nageoires dorsales **[95]**, et anales à 2 épines et 6 ou 7 rayons mous. Le corps est couvert par des grandes écailles peu adhérentes [92], la coloration de la tête et de dos est rouge vive, les flancs et le ventre ont un reflet doré **[95]**. Sa taille varie de 12 à 18 cm et peut atteindre 25 cm **[95]**.

C. Habitat et biologie

Poisson démersal qui se trouve sur les fonds sablo-vaseux **[92, 95]**, de 10 à près de 500 m de profondeur. La reproduction se fait d'avril à Août sur fonds sableux ou vaseux, de 10 à 55 m [92].

D. Nourriture

Se nourrit surtout de petits invertébrés benthiques (crustacés, vers, échinodermes, mollusques,...) **[92]**.

II.1.5.4. *Boops boops*

A. Systématique

Tableau IX : Systématique de *Boops boops* **[97]**

Nom commun	Bogue
Nom scientifique	*Boops boops*
Classe	Actinoptérygiens
Ordre	Perciformes
Famille	sparidae
Genre	*Boops*
Espèce	*boops*

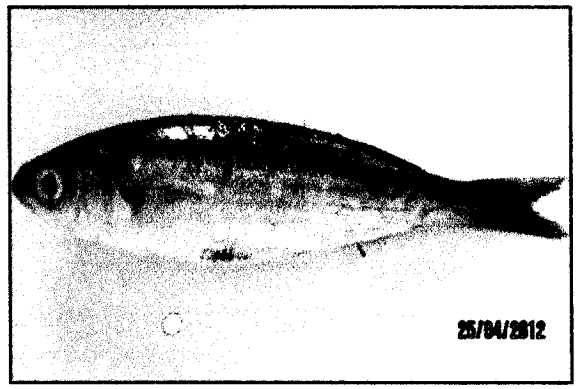


Figure 7: L'espèce *Boops boops*

A- Morphologie

Corps fusiforme, peu élevé et très peu comprimé dans sa partie antérieure à section subcylindrique. L'œil est de grande taille et la bouche est petite. La nageoire dorsale à 13-15 épines et 12-16 rayons mous; anale à 3épines et 14-16 rayons mous. La coloration de dos est bleuâtre ou verdâtre, flancs à reflets argentés ou dorés, marqués de 3 à 5 lignes longitudinales dorées; petite tache brune limitée à l'aisselle des pectorales; ligne latérale foncée ; nageoires claires **[92]**. La taille maximale est de 35 cm; commune de 15 à 20 cm **[95]**.

B- Habitat et biologie

Espèce démersale à épipélagique, se trouve au-dessus du plateau continental sur tous les fonds (sable, vase, roches, herbiers) jusqu'à 350 m. Se déplace en groupes, peut remonter en surface, surtout la nuit. La reproduction est en février-avril en Méditerranée orientale, avril-mai en Méditerranée occidentale. Elle est hermaphrodi*te*, généralement protogynique.

C- Nourriture

Poisson omnivore, les jeunes surtout carnivores, les adultes surtout herbivores **[92]**.

II.1.6. Site d'étude

La wilaya de Jijel dispose d'une longueur de côtes de 120 Km et d'une superficie maritime de 10166 Km2 soit 10 % de la superficie maritime nationale. A l'instar de la façade Est de l'Algérie, la zone côtière de Jijel est pourvue d'un plateau continental accidenté et peu étendu, traversé d'Ouest en Est par un courant permanent.

Traditionnellement, le secteur des pêches constitue l'une des vocations de la wilaya, son apport à l'économie locale, en matière de création de richesse, et d'emploi pouvant être prépondérant.

A ce titre, ces ressources se présentent comme suit :

- Poisson bleu migrateur d'une potentialité de 38.000 T au niveau de la frange Centre Est (Sardine, Saurel, Allache .Anchois...).
- Poisson blanc sédentaire (chalutable) avec des indices d'abondance variant entre 60 Kg/h et 450Kg/h (Pageot, poulpe, sépia, merlu et mafroun) avec cependant un indice le plus important en méditerranée pour le rouget soit 60Kg/h.
- Réserve de production et de productivité importante pour les petits métiers.
- Gisement du corail entre la Baie de Taza et Sidi Abdelaziz

En matière d'infrastructures portuaires, il existe deux ports de pêche dans la wilaya, l'un à jijel et l'autre à Ziama Mansouriah, totalisant une capacité de 235 unités, et 8,6 hectares de terres plein pour les activités de soutiens.

Un troisième port de pêche et de plaisance est en cours de réalisation à El Aouana, d'une capacité de 210 unités dont 70 unités de pêche qui va permettre d'offrir des capacités d'accostage et de terre pleins très importantes (5Ha) pour le renforcement des activités liées à la pêche.

La production halieutique réalisée au cours de l'année 2008 est de l'ordre de **7680** tonnes, dont le poisson bleu représente **92 %** de la production totale, les poissons blancs regroupent **06 %** seulement des captures, ceci est dû essentiellement au nombre important des unités de pêche de type sardinier.

Pour le maintient de ces ressources naturelles, Les activités de soutiens existantes sont reparties entre construction et réparation navale, froid et glace, moyen de levage et matériels de pêche **[98]**

II.1.7. Echantillonnage

Les prélèvements ont été effectués le : le 25 avril, le 5 et le 13 mai 2012.

Après un échantillonnage au hasard, les poissons ont été achetés des pêcheurs locaux sur place dès que leurs bateaux de pêche ont débarqué.

Les échantillons ont été recouvrés en glace puis transportés dans une glacière le plus vite possible vers les laboratoires de microbiologie et de biochimie de l'université du Jijel.

II.2. Méthodes

II.2.1.Analyse sensorielle

Les techniques d'évaluation sensorielle constituent le meilleur moyen d'évaluer la fraicheur ou la détérioration de la qualité d'un poisson frais.

Elles se basent sur un examen visuel du l'aspect du poisson y compris celui des yeux, de la peau, des branchiers et de l'abdomen suivant un barème de cotation fixé dans le cadre de la communauté Européenne **(annexe I).**

L'indice de fraîcheur est déterminé par les rapports de la somme des notes par le nombre des caractères observés.

La moyenne des cotations obtenue permet de classer les poissons en quatre catégories :

- **Catégorie de fraîcheur Extra** : degré de fraîcheur supérieur ou égal à 2,7.
- **Catégorie de fraîcheur A** : degré de fraîcheur supérieur à 2 et inférieur à 2,7.
- **Catégorie de fraîcheur B** : degré de fraîcheur supérieur à 1 et inférieur à 2.
- **Catégorie avariée** : degré de fraîcheur inférieur à 1 **[99].**

II.2.2. Analyses physicochimiques du poisson

II.2.2.1. Détermination de pH

La mesure de pH réalisée sur 10 g de muscle homogénéisés dans 50 ml d'eau distillée **[100]** à l'aide d'une électrode reliée à un pH-mètre **[101, 102].**

II.2.2.2. Détermination de l'acidité

Dans un bécher contenant 10ml de la solution mère, quelques gouttes de phénolphtaléine sont ajoutées et on titre avec du NaOH (N/9) avec agitation permanente jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistance **[48]**.

II.2.2.3. Détermination de la teneur en eau (humidité)

L'échantillon subit une dessiccation à l'étuve à 105°C pendant 24 heures, jusqu'à masse pratiquement constante et la différence de poids donne le taux d'humidité **[102, 103].**

Les pourcentages d'humidité et de la matière sèche sont obtenus selon les formules suivantes **[38] :**

$$\text{Teneur en eau}\left(\frac{g}{100g}\right) = \frac{(M1 - M2) \times 100}{M1}$$

$$\text{Matière sèche (MS)}\left(\frac{g}{100g}\right) = \frac{M2 \times 100}{M1}$$

Dont :

- **M1** : poids frais d'échantillon
- **M2** : poids sec d'échantillon

II.2.2.4. Détermination de le teneur en cendres

Elles correspondent au résidu blanchâtre résultant d'une minéralisation par voie sèche, c'est-à-dire d'une incinération de l'échantillon dans une fourre à moufle, en portant progressivement la température jusqu'à 550° environ **[42, 102, 104].** On peut accélérer la minéralisation en reprenant

le résidu incomplètement minéralisé par quelque goutte d'acide nitrique avant de la remettre au four pendant 2 ou 3 heures **[104].**

$$\text{Teneur en cendres (\%)} = (P1 - P0) \times \frac{100}{P}$$

Dont :

- **P_0 :** poids du creuset vide ;
- **P_1 :** poids du creuset avec son contenu après calcination ;
- **P :** poids sec (% MS) ou humide (% poids frais) de la prise d'essai.

II.2.3. Analyse biochimique

Un fragment de la chair (0,5g) est prélevé dans la même région abdominale de chaque espèce de poissons, pesé, additionné de 10 ml de TCA (Trichloroacétique) (20 %) et conservé au congélateur en attendant les dosages.

II.2.3.1. Extraction des constituants de la chair

Les fragments de la chair additionnés de TCA à 20 % sont broyés manuellement à l'aide d'un mortier. Le broyat est centrifugé à 5000 tours / min pendant 10 minutes.

Le surnageant I est récupéré et servira au dosage des glucides, le culot I est additionné de 1 ml d'éther/chloroforme (1v/1v).

Une deuxième centrifugation est réalisée et permet d'obtenir ainsi le surnageant II contenant les lipides, tandis que le culot II, dissout dans 1ml de l'eau distillée, sera utilisé pour le dosage des protéines totales **(Figure 9) [105].**

II.2.3.2.Dosage des glucides

A) Principe

La méthode la plus sensible est celle de l'anthrone (9,10- dihydro 9- Oxoanthracène). A 1ml de solution contenant entre 30 et 120 µg d'équivalent-glucose, on ajout 10 ml de réactif de l'anthrone en milieu sulfurique. Le tout est traité à 100°C pendant 5 minutes puis refroidi immédiatement. Les dérivés furfuraliques condensés à l'anthrone donnent des composés bleu-vert dont l'absorbance à 580 nm est mesurée **[42].**

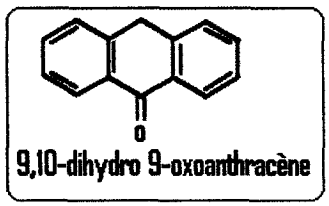


Figure 8 : Structure de la molécule d'anthrone **[42]**

جامعة جيجل
مكتبة الكلية
كلية العلوم الدقيقة وعلوم الطبيعة والحياة

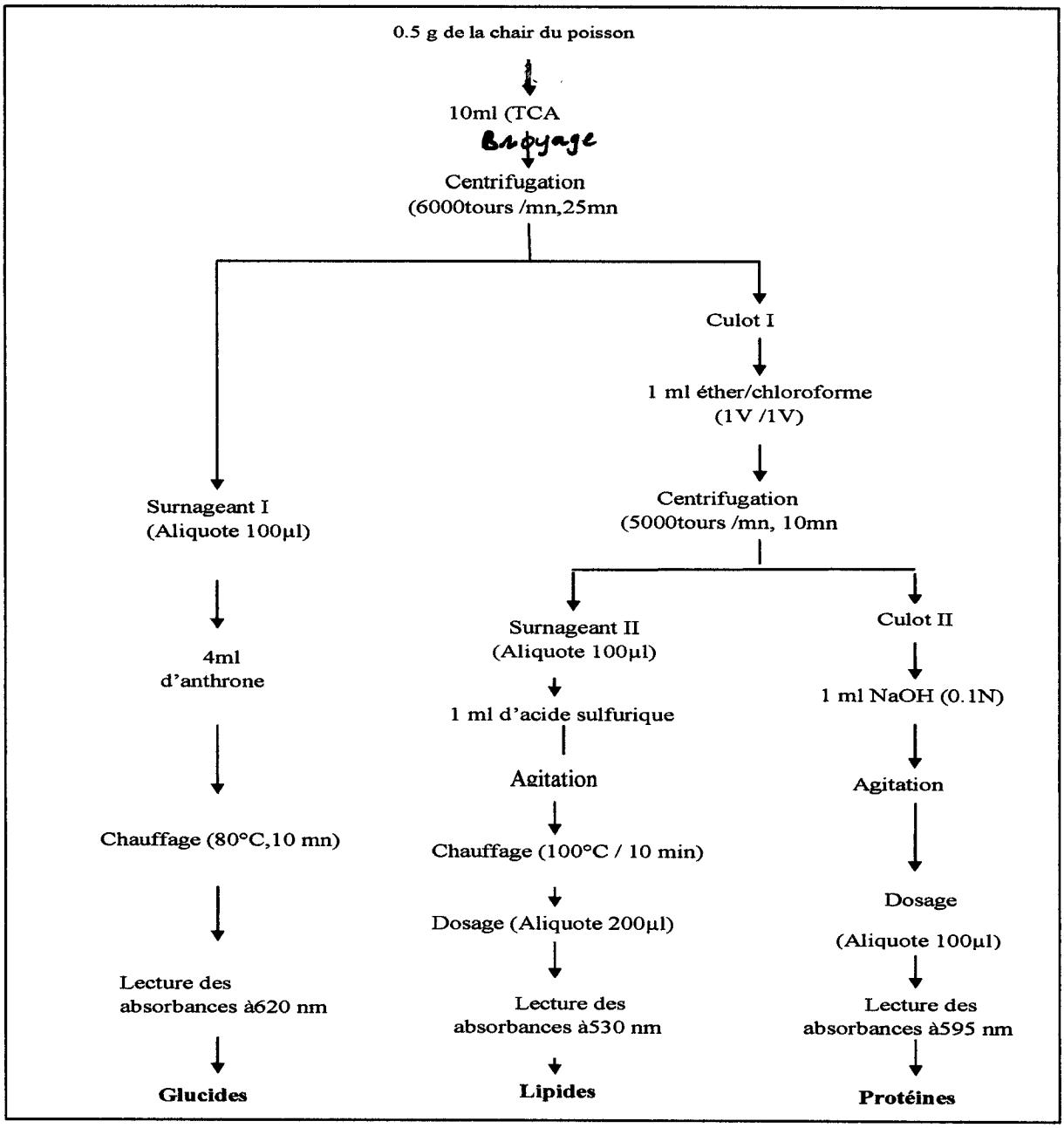


Figure 9: Extraction des glucides, lipides et protéines **[105]**

B) Mode opératoire

Cette méthode utilise l'anthrone (9,10-dihydro 9-oxoanthracène) comme réactif (450 mg d'anthrone, 225 ml d'acide sulfurique et 75 ml d'eau distillée), et une solution mère de glucose (1g/l) comme standard.

Les six tubes constituants la gamme avec un aliquote de 100 µl d'extrait glucidique (surnageant I) de chaque échantillon ont subit un chauffage au bain-marie à 80°C pendant 10 minutes puis additionnés de 4 ml d'anthrone, la lecture de l'absorbance se fait à 620 nm après la stabilité de la réaction qui dure de 10-15mn.

II.2.3.3. Dosage des protéines

A) Principe

La méthode de **Bradford (1976)** utilise la propriété de bleu de coomassie à se fixer sur les acides aminées basiques (aromatique et l'arginine en particulier) **[28, 42]**, le complexe coloré bleu de coomassie-protéine présente un maximum d'absorption à 595 nm **[106]**.

Les résultats sont exprimés en équivalent-albumine, produit de référence servant à la standardisation **[42].**

B) Mode opératoire

On utilise le bleu brillant de coomassie (G250) comme réactif. Les résultats sont exprimés en équivalent- albumine [l'albumine de sérum de bœuf BSA (1mg/ml)].

Les quatre échantillons, ont été dosés dans une fraction aliquote de 100 µl additionnée de 4 ml du réactif BBC. Après agitation, la lecture des absorbances est effectuée en utilisant un blanc après la stabilité de la réaction qui dure 30 mn.

Nettoyer les cuves avec un mélange eau-éthanol.

II.2.3.4. Dosage des lipides

A) Principe

La méthode de **Gold Sworthy (1972)** utilise la propriété du réactif sulfo-phospho-vanillique qui développe avec les lipides à chaud et dans un milieu acide un complexe rose dont l'intensité est proportionnelle à la concentration des lipides. La lecture des absorbances est effectuée à une longueur d'onde de 530 nm **[42].**

B) Mode opératoire

Sur une fraction aliquote de 100 µl des extraits biologiques contenus dans le surnageant II, on additionne de 1 ml d'acide sulfurique concentré (98 %). Après agitation, les tubes sont chauffés dans un bain-marie à 100°C pendant 10 mn. 200 µl sont prélevés de chaque tube auquel sont ajoutés 2 ml du réactif sulfo-phospho-vanillique (0,38 g de vanilline, 55 ml d'eau distillée, 195 ml d'acide ortho phosphorique à 85 %).

La solution mère des lipides est préparée avec de l'huile de tournesol, qui contient plus de 99 % de triglycérides, de la manière suivante : 2,5 mg d'huile sont pesés dans un tube à essai puis additionné de 10 ml d'un mélange éther/chloroforme (1v/1v).

II.2.4.Analyse chimique

II.2.4.1. Minéralisation par voie humide

A) Principe

La minéralisation varie selon le type de l'acide ainsi que le choix du mode de l'attaque qui dépend du type d'aliment et de la méthode de dosage.

Les échantillons séchés, réduits en poudre fine, minéralisés par des acides forts (très oxydant) et filtrés sont prêts à l'analyse par la SAAF. L'opération est brutale, présente des risques, mais elle est rapide **[42].**

B) Préparation du réactif (eau régale) pour la digestion

L'eau régale (**aqua regia**) est préparée à partir d'un mélange de deux acides, l'acide nitrique et l'acide chlorhydrique purs dans des proportions (1v/3v).

C) Mode opératoire

Les fragments prélevés auparavant sont décongelés puis portés à l'étuve à 105°C pendant 48 heures pour les faire sécher totalement, la matière sèche est ensuite broyée puis tamisée sur des mailles de 2 mm. La poudre ainsi obtenue va subir une digestion par voie humide avec de l'eau régale HCl/ HNO_3 (3v/1v) **[107].**

Une gamme de quatre béchers de l'extrait sec en poudre qui a été préparée, chacun additionné de 16 ml de l'eau régale puis porté à l'ébullition dans un bain du sable.

Au cours de cette phase, l'évaporation des acides s'accompagne du dégagement d'une fumée brune indiquant que la digestion de la matière organique n'est pas terminée, nous veillons alors à rajouter l'eau régale lorsque le contenu du bécher atteint 2 à 3ml. Au fur et à mesure la couleur de la fumée devient blanchâtre ce qui prouve que la matière organique est totalement détruite. On laisse l'opération se poursuivre jusqu'à l'obtention d'un résidu de 3 à 4 ml qui sera filtré sur papier filtre puis ajusté à 25 ml par l'eau déminéralisée. Le filtrat est conservé à froid (4 à 8°C), après l'ajout de quelques gouttes de l'acide nitrique, dans des flacons en polyéthylène pour éviter tout transfert ou diffusion de minéraux entre l'emballage et la préparation dans un sens ou dans un autre.

A la fin, le contenu du matras est soigneusement filtré et conservé entre +4°C et +8°C pour la lecture par la SAAF **[42].**

II.2.4.2. Dosage des métaux lourds par la spectrophotométrie d'absorption atomique à flamme (SAAF)

Le dosage des métaux a été effectué sur les minéralisats par spectrométrie d'absorption atomique à flamme (SHIMADZU AA-6200). La validité de la méthode analytique était vérifiée par contrôle interne à l'aide des échantillons standards (VWR international bvba / Sprl/ Prolabo pour le Pb, Cr, Cu et Zn ; MERCK pour le Cd).

A) Principe

L'échantillon liquide est introduit sous forme d'aérosol dans une flamme. Lors de la traversée de celle-ci, les atomes à l'état fondamental vont absorber le rayonnement spécifique émis par une source lumineuse. La mesure de cette absorption (rapport des intensités incidente et transmise) est proportionnelle à la quantité d'atome de l'élément à doser et permet de déterminer la concentration de l'élément dans la solution par rapport à une gamme d'étalonnage **[104,108, 109].**

B) Dosage

L'absorbance de l'élément dans la flamme dépend du nombre d'atomes N_0 restées à l'état fondamental sur le trajet optique. On procède par des mesures comparatives avec des solutions d'étalonnage.

$$A = K.C$$

A : absorbance ;

C : concentration de l'élément ;

K : coefficient propre à chaque élément pour la longueur d'onde choisie **[110].**

C) Éléments constitutifs des spectrophotomètres d'absorption atomique

La technique nécessite une source de radiation (lampe à cathode creuse) spécifique de l'élément à analyser **[42, 109]** et qui consiste en une anode en tungstène et une cathode creuse **[104,111, 109]** réalisée dans (ou recouvert par) le même élément que celui qu'on cherche a doser dans l'échantillon**[112]** , Une source d'atome (la flamme) qui est obtenue par la combustion d'un mélange air/acétylène ou protoxyde d'azote/Acétylène **[104, 109,111]** , un dispositif optique de sélection de radiation et un photomultiplicateur associé à un amplificateur **[109, 111].**

L'échantillon minéralisé, en solution, est introduit dans la flamme par nébulisation **[42].**

D) Limites de détection et de quantification

La limite de détection est définie comme la plus petite quantité d'analyte pouvant être détectée dans un échantillon mais pas nécessairement quantifiée comme une valeur exacte **[113].**

Tableau X: Limites de détection de quelques éléments en solutions aqueuses **[104]**

Eléments	Longueur d'onde (nm)	Absorption atomique µg/ml
Cd	228,8	0,001
Cr	357,9	0,003
Cu	324,8	0,002
Pb	217,0	0,01
Zn	213,9	0,001

II.2.5. Contrôle microbiologique de poisson

II.2.5.1. Prélèvement

Des fragments de la peau et de la chair et sont prélevés simultanément à partir des poissons entiers (à partir de deux pièces pour chaque espèce) sans toucher les viscères ou les branchies **[114]**.

II.2.5.2. Préparation de la solution mère :

Avec une spatule prélever 10 g d'échantillon (la chair et la peau) et homogénéiser dans 90 ml d'eau physiologique (diluant) et procéder au broyage. (La solution mère =une dilution de 10^{-1}).

II.4.5.3. Préparation des dilutions :

Mélanger l'homogénat d'aliment en l'agitant puis, au moyen d'une pipette, transférer 1ml dans un tube contenant 9 ml d'eau physiologique (diluant) et mélanger avec une autre pipette ; on

répète l'opération en utilisant un troisième ou un quatrième tube ou davantage, jusqu'à l'obtention du nombre de dilutions requis. (10^{-6} dans notre travail) puis on doit agiter avec soin toutes les dilutions **[114].**

II.4.5.4. Recherche et dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM)

- **But**

La FTAM est constituée d'un ensemble de micro-organismes variés, correspondant aux germes banals de contamination **[51]**. Ainsi, le test du dénombrement des bactéries aérobies mésophiles demeure la meilleure méthode d'appréciation de la qualité microbiologique générale des aliments, particulièrement dans le secteur de la consommation afin de considérer l'ensemble des conditions subies par l'aliment lors du transport, de l'entreposage,... **[50].**

- **Principe**

Ces bactéries forment un ensemble de microorganismes aptes à se multiplier en aérobie, aux températures moyennes, plus précisément celles dont la température optimale de croissance est située entre 25 et 45 °C **[50].** Par conséquent, chaque colonie qui apparaît sur une boite de gélose peut être issue d'une cellule unique ou de groupes de cellules **[114].**

- **Technique**

Le dénombrement s'effectue par ensemencement d'un ml de dilution 10^{-6} en masse dans le milieu gélosé PCA en boite de pétri, après 72 heures de culture à 30°C **[47,114].**
Pour calculer la moyenne des colonies, 2 boites sont ensemencées.

- **Lecture et calcul**

Dénombrer toutes les colonies des boites qui contiennent un nombre entre 30 et 300 et calculer la moyenne à la dizaine près, puis multiplier par l'inverse de la dilution **[114].**

II.4.5.5. Dénombrement des coliformes totaux et coliformes thermo tolérants (CT et CTT)

- **But**

Le dénombrement des coliformes et spécifiquement des coliformes fécaux ont longtemps été considéré comme un indice de contamination fécale et plutôt indicateur de la qualité hygiénique générale d'un aliment **[51].**

- **Principe**

Les coliformes totaux ont l'aptitude de fermenter le lactose avec production du gaz à 30 °C, alors que les coliformes thermo-tolérants (coliformes fécaux) sont capables de se développer à 44°C avec fermentation de lactose **[51].**

- **Technique**

L'inoculation se fait par la technique de la double couche, en utilisant la gélose VRBL (gélose lactosée biliée au vert brillant et au rouge neutre).

On ensemence 2 boites par 1 ml dans chacune à partir de la dilution 10^{-3} puis incubation à 37 °C pendant 24 heures pour dénombrer les CT, deux autres ensemencées à partir de la dilution 10^{-2}et incubées à 44°C pendant 24 heures pour dénombrer les CTT **[115]**.

- **Lecture**

La lecture consiste à dénombrer les colonies rouges, violettes,..., d'un diamètre d'au moins 0,5 mm pour les coliformes et 1 mm pour les coliformes fécaux **[115].**

II.4.5.6. Recherche des Streptocoques fécaux

- **But**

Les streptocoques fécaux sont utilisés depuis longtemps comme indicateurs de contamination fécale des aliments **[115].**

l'entitude des streptocoques

Principe

Le dénombrement se fait en milieu liquide sélectif par l'éthyle-violet par des agents sélectifs tels que l'azide et l'éthyle

- **Principe**

Le dénombrement se fait en milieu liquide sélectif ; il est basé sur l'aptitude des streptocoques de se multiplier en présence des agents sélectifs tels que l'azide et l'éthyle-violet **[114].**

- **Technique**

➢ **Test présomptif**

Ils sont recherchés par culture présomptive sur milieu Rothe après 24 à 48 heures d'incubation à 37°C [47].
On utilise 3 séries de 3 tubes : pour les 3 premiers, 10 ml de la solution mère sont inoculés dans 10 ml de milieu D/C, la deuxième série de trois tubes de Rothe S/C reçoivent 1 ml de chaque dilution10^{-2} et 10^{-3} pour les derniers trois tubes S/C **[115].**

- **Lecture**

Les tubes présentant un trouble microbien sont considérés comme positifs **[115].**

➢ **Test confirmatif**

Les tubes positifs sont soumis au test confirmatif dans lequel, ils sont agités et repiqués sur des tubes de milieu Litsky et incubés pendant 24 à 48 heures dans 37°C.

- **Lecture**

La présence des streptocoques fécaux se manifeste par l'apparition d'un trouble microbien dans tout le milieu et par la formation d'une pastille violette dans le fond du tube **[115].**

II.4.5.7. Recherche des Salmonelles

- **But**

Les Salmonelles sont des bactéries pathogènes dont la très grande majorité présente dans les aliments, elles proviennent d'une contamination fécale **[49].** Elles peuvent provoquer des gastro-entérites ; alors, leur recherche permet donc de montrer le danger possible d'un produit **[114].**

- **Principe**

On ne trouve habituellement les salmonelles qu'en petit nombre dans les aliments; un enrichissement est effectué dans un milieu sélectif liquide **[114].**

L'isolement se fait sur des milieux sélectifs solides tels que l'Hecktœn qui est sélectif par la présence des sels biliaires, de citrate de fer, hyposulfite, fuschine et bleu de bromothymol **[51].**

- **Technique**

➢ **Enrichissement**

Il est effectué sur le bouillon au sélénite (SFB), dont 10 ml du milieu inoculé par 1 ml de la solution mère et incubé 24 heures à 37° C **[116].**

- **Lecture**

Lors de la formation d'un trouble on suspectées la présence de ces germes **[51].**

➢ **Isolement**

Les boites de pétri ensemencées à partir de milieu d'enrichissement sont incubées à 37°C pendant 24 heures **[115, 116].**

- **Lecture**

Les colonies suspectes sont bleues ou vertes avec généralement un centre noir **[51].**

II.4.5.8. Recherche et dénombrement des anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) et *Clostridium perfringens*

- **But**

La recherche a deux buts :

-*Clostridium perfringens* est l'un des germes les plus fréquemment impliqués dans les intoxications alimentaires ;

-Les ASR sont des hôtes normaux de l'intestin, mais ils peuvent se rencontrer dans le sol et dans les matières organiques en voie de putréfaction, sont parfois seuls survivant d'une contamination fécale ancienne **[51].**

- **Principe**

Ils ont la capacité de réduire les sulfites (par exemple le sulfite de sodium) présents dans le milieu de culture en sulfure **[116].**

- **Technique**

Les germes anaérobies sulfito-réducteurs sont dénombrés sur milieu VF (Viande- Foie) solide sulfitée et additionné d'alun de fer **[47, 48].** La sélection de ses formes sporulées est réalisée par 10 minutes de chauffage à 80°C de la solution mère **[51]** ; 5 ml de cette solution sont inoculés dans un milieu de culture en surfusion dans des tubes en mélangeant doucement sans provoquer des bulles et laisser solidifier le milieu.

L'incubation dure 24 heures à 37°C **[47, 48]** et 24 heures à 46°C pour les dénombrements de *C. perfringens* **[49, 51, 116].**

- **Lecture**

Dans chaque cas, les colonies noires correspondant à des bactéries sulfito-réductrices sont dénombrés **[51, 116].**

PARTIE III : RESULTATS ET DISCUSSION

III.1- Résultats

III.1.1- Analyse sensorielle

III.1.1.1- *Mullus barbatus*

Tableau XI: Barème de cotation fraîcheur pour l'espèce *M. barbatus*.

Objet d'examen		25/04/2012	5/05/2012	13/05/2012
		Cotes		
Peau	Couleur	2	2	3
	Mucus	3	3	3
Œil	Forme	2	1	2
	Cornée	0	0	0
	Pupille	2	2	2
Branchies	Couleur	3	3	3
	Mucus	2	2	2
Péritoine		2	2	2
Organes		2	2	3
Branchies, peau, cavité abdominale.	Odeur	3	3	3
Chair	Consistance	3	2	3
	Surface	3	3	3
	Couleur (coupure dans l'abdomen)	3	2	3
Colonne vertébrale	Couleur le long de la c.v	3	2	3
	Adhérence à la chair	3	2	3
Totale		36	31	38
Degré de fraicheur (Moyenne)		**2,33**		

III.1.1.2- *Merlangius merlangus*

Tableau XII: Barème de cotation fraîcheur pour l'espèce *M. merlagus*

Objet d'examen		25/04/2012	5/05/2012	13/05/2012
		Cotes		
Peau	Couleur	3	3	3
	Mucus	3	3	2
Œil	Forme	3	2	2
	Cornée	2	1	1
	Pupille	2	2	2
Branchies	Couleur	2	2	2
	Mucus	2	2	2
Péritoine		3	3	2
Organes		2	2	2
Branchies, peau, cavité abdominale.	Odeur	3	3	3
Chair	Consistance	2	2	2
	Surface	3	3	3
	Couleur (coupure dans l'abdomen)	3	2	2
Colonne vertébrale	Couleur le long de la c.v	3	3	3
	Adhérence à la chair	3	3	3
Totale		39	36	34
Degré de fraicheur (Moyenne)		**2,42**		

III.1.1.3- *Trachurus trachurus*

Tableau XIII: Barème de cotation fraîcheur pour l'espèce *T. trachurus*

Objet d'examen		25/04/2012	5/05/2012	13/05/2012
		Cotes		
Peau	Couleur	2	3	3
	Mucus	3	3	3
Œil	Forme	2	2	2
	Cornée	3	2	1
	Pupille	2	2	2
Branchies	Couleur	3	3	2
	Mucus	2	2	2
Péritoine		3	3	2
Organes		3	3	2
Branchies, peau, cavité abdominale.	Odeur	3	3	3
Chair	Consistance	3	3	2
	Surface	3	3	3
	Couleur (coupure dans l'abdomen)	3	3	3
Colonne vertébrale	Couleur le long de la c.v	3	3	3
	Adhérence à la chair	3	3	3
Totale		41	41	36
Degré de fraicheur (Moyenne)		**2,62**		

III.1.1.4- *Boops boops*

Tableau XIV: Barème de cotation fraîcheur pour l'espèce *B. boops*

Objet d'examen		25/04/2012	5/05/2012	13/05/2012
		Cotes		
Peau	Couleur	3	3	3
	Mucus	3	3	3
Œil	Forme	3	2	2
	Cornée	3	2	2
	Pupille	2	2	2
Branchies	Couleur	3	3	3
	Mucus	3	3	3
Péritoine		3	2	3
Organes		3	2	3
Branchies, peau, cavité abdominale.	Odeur	3	3	3
Chair	Consistance	3	3	2
	Surface	3	3	3
	Couleur (coupure dans l'abdomen)	3	3	2
Colonne vertébrale	Couleur le long de la c.v	3	3	2
	Adhérence à la chair	3	3	2
Totale		44	40	38
Degré de fraicheur (Moyenne)		**2,71**		

Pour les barèmes de cotation-fraîcheur de ces espèces de poissons, nous avons constaté un degré de fraicheur assez élevé dans tous les échantillons analysés, il varie entre 2,33 et 2,71 avec la valeur la plus élevée (**2,71**) chez l'espèce *B. boops* et la valeur la plus basse (**2,33**) chez *M. barbatus* (**Tableaux XI, XII, XII et XIV**).

III.1.2. Caractéristiques biométriques des espèces étudiées

Trois individus pour chaque espèce de poissons étudiée ont été mesurés (longueur totale en centimètre) et pesés (en gramme) afin d'obtenir un ordre d'idée de la taille et du poids de ces spécimens, ainsi que l'IHS et l'IVS.

Tableau XV : Caractéristiques biométriques des quatre espèces

Paramètres / Espèce	Taille (cm)		Poids (g)			IHS	IVS
	longueur	largeur	Poisson entier	foie	Viscère		
Mulus barbatus	16,96 ± 0,37	3,73 ± 0,35	62,80 ± 10,03	0 ,73 ± 0,285	4,176 ± 1,12	0,011 ± 0,005	0,066 ± 0,009
Merlagus merlangius	21,76 ± 1,09	3,26 ± 0,25	67,65 ± 11,95	1,29 ± 0,312	3,79 ± 1,316	0,019 ± 0,001	0,056 ± 0,01
Trachurus trachurus	20,2 ± 0,2	4,13 ± 0,11	78,92 ±7,43	0,863 ± 0,09	5,083 ± 0,595	0,011 ± 0,047	0,064 ± 0,002
Boops boops	18 ,53 ± 1,3	3,73 ± 0,11	62,05 ± 9,35	0,433 ± 0,332	5,546 ± 2,754	0 ,007 ± 0,014	0,089 ± 0,026

D'après les résultats nous apercevons une différence intra et interspécifique en caractéristiques mesurées.

Les valeurs les plus élevées du poids et de la largeur étaient signalées chez *T. trachurus* (78,92 g et 4,13 cm), cependant, *M. merlangus* révélait les valeurs les plus élevées de la longueur (21,76 cm) et les plus faibles de la largeur (3,26 cm), **(Tableau XV).**

جامعة محمد الصديق بن يحيى
كلية علوم الطبيعة والحياة
المكتبة الرئيسية

III.1.3. pH et acidité

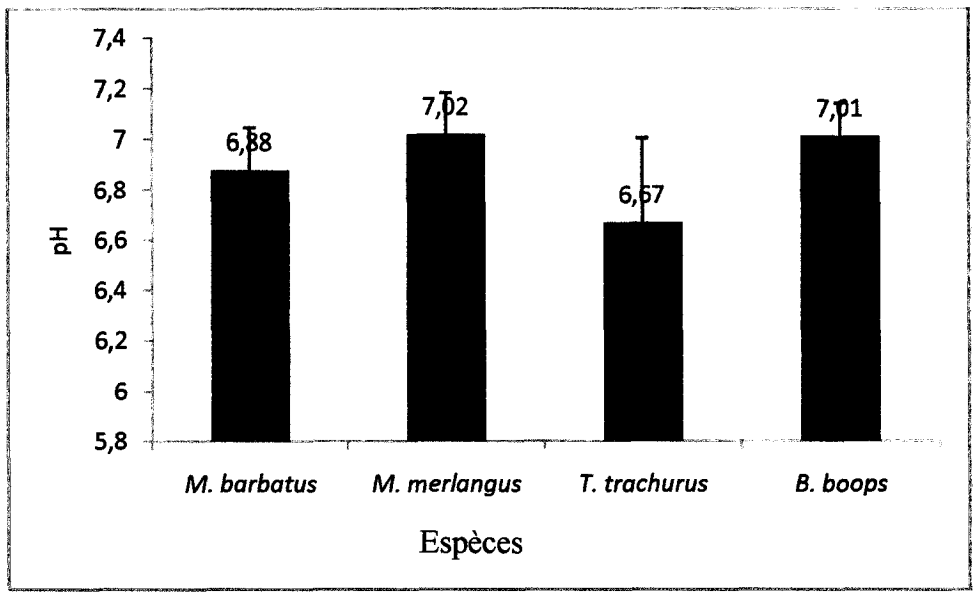


Figure 10 : Valeurs du pH du muscle des quatre espèces étudiées

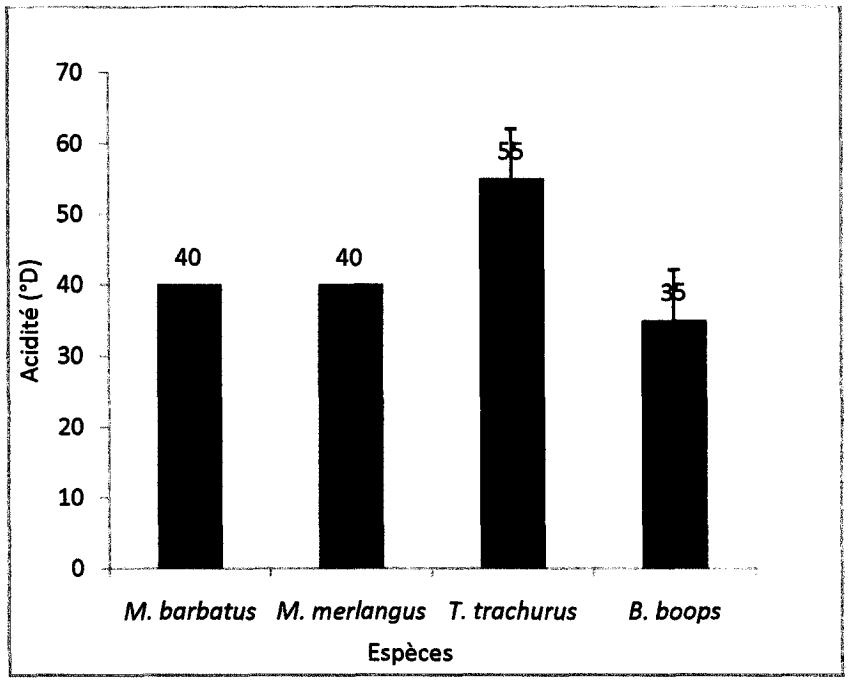


Figure 11 : Valeurs d'acidité dans les quatre espèces étudiées

Nos résultats montrent que le pH s'étale entre 6,67 ± 0,33 et 7,02 ± 016, dont le pH le plus bas était mesuré chez *T. trachurus* avec le degré d'acidité le plus élevé (55° D), alors que *M. merlangus* a révélé la valeur la plus élevée en pH et une acidité de 40° D, et *B. boops* a montré le degré d'acidité le plus bas (35° D), **(Figure 10 et 11).**

III.1.4. Teneur en eau

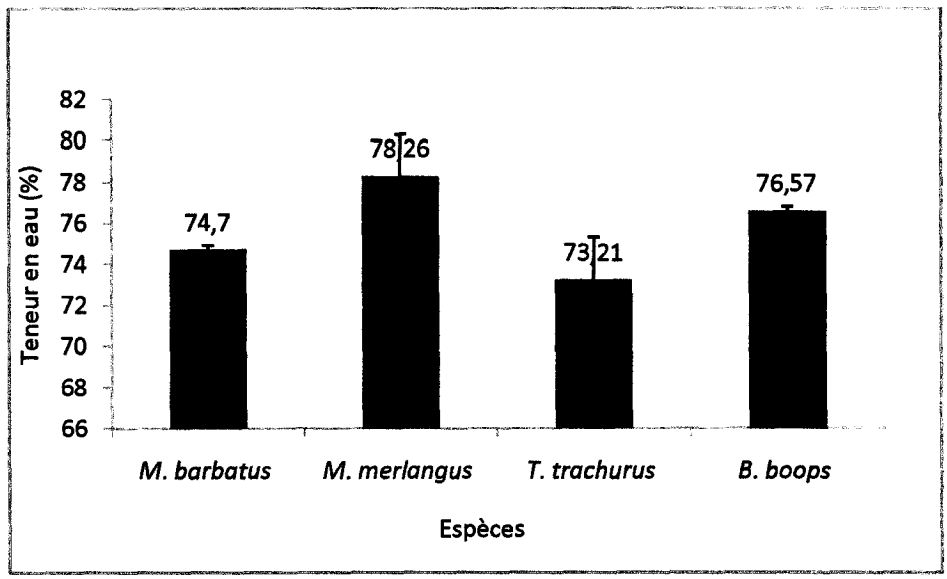


Figure 12: Teneur en eau des quatre espèces étudiées

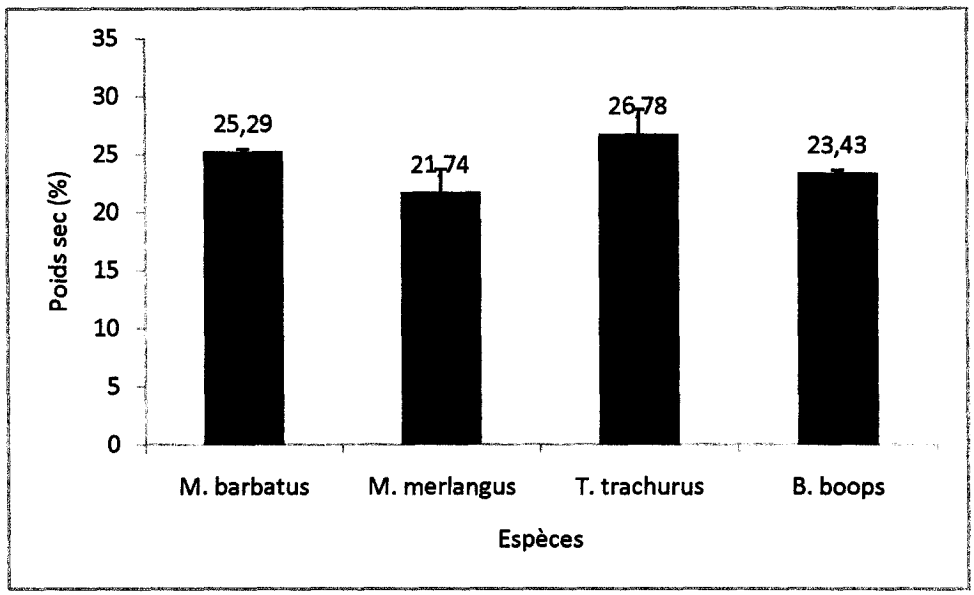


Figure 13: Poids sec des quatre espèces étudiées

Les proportions de la teneur en eau dans les quatre espèces sont relativement élevées et s'étalent entre 73,21 et 78,76 % ; déterminées chez *T.trachurus* et *M. merlangus* respectivement **(Figure 12).**

III.1.5•Teneur en cendres

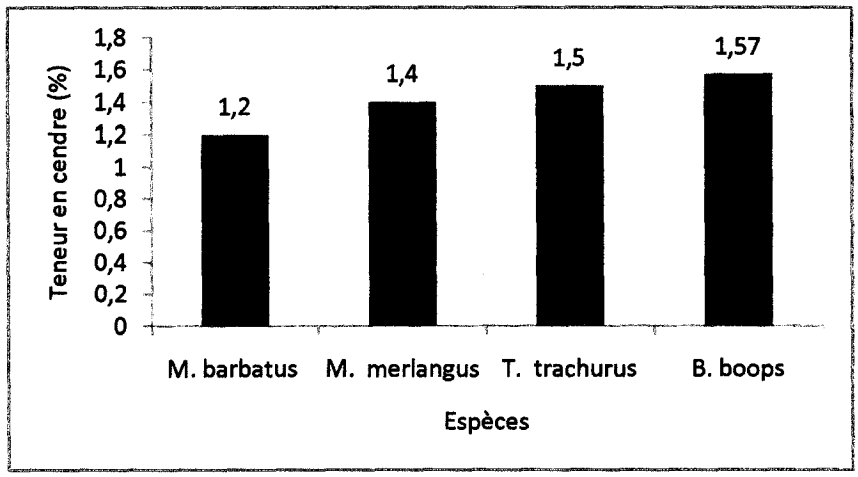


Figure 14: Teneur en cendre chez les quatre espèces étudiées

Nous remarquons que les teneurs en cendres chez les quatre espèces sont voisines, bien que l'espèce *B. boops* montre la plus haute teneur en cendres (1,57 %), tant dis que chez *M. barbatus* montre une teneur plus faible (1,2 %) **(Figure 14).**

III.1.6•Teneurs en protéines, glucides et lipides

Tableau XVI: Composition de la chair des espèces étudiées en protéines, lipides et glucides

		Espèces			
		M. barbatus	*M. merlangus*	*T. trachurus*	*B. boops*
Composition	Protéines (%)	24	29	22,5	26
	Lipides (%)	9	2,1	13	4,5
	Glucides (%)	1,13	1,62	1,27	1,34

III.1.6.1• Lipides

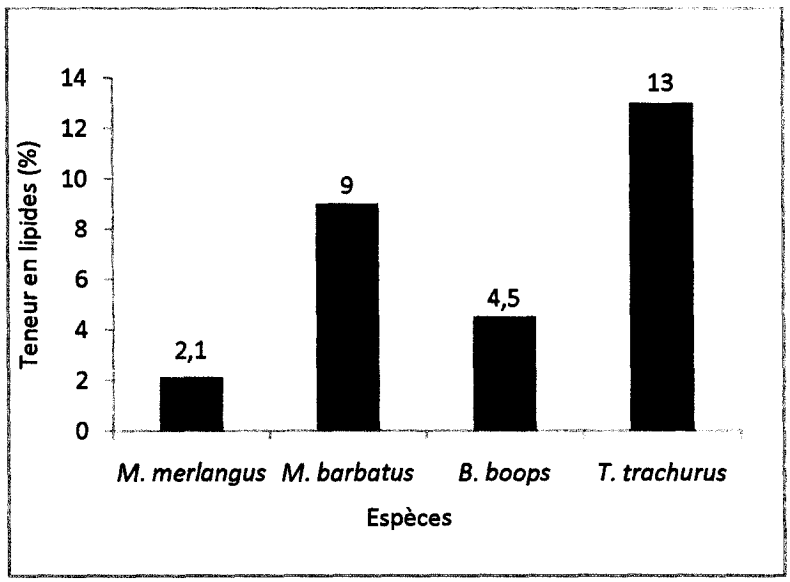


Figure 15: Teneur en lipides chez les quatre espèces étudiées

Ces résultats indiquent que la teneur en lipides des quatre espèces des poissons étudiés s'étale entre 1,34% et 6,65% dont l'espèce *T. trachurus* a pris la valeur maximale (13%) et *M. merlangus* a montré la moindre valeur (2,1%) **(Tableau XVI, Figure 15).**

III.1.6.2• Protéines

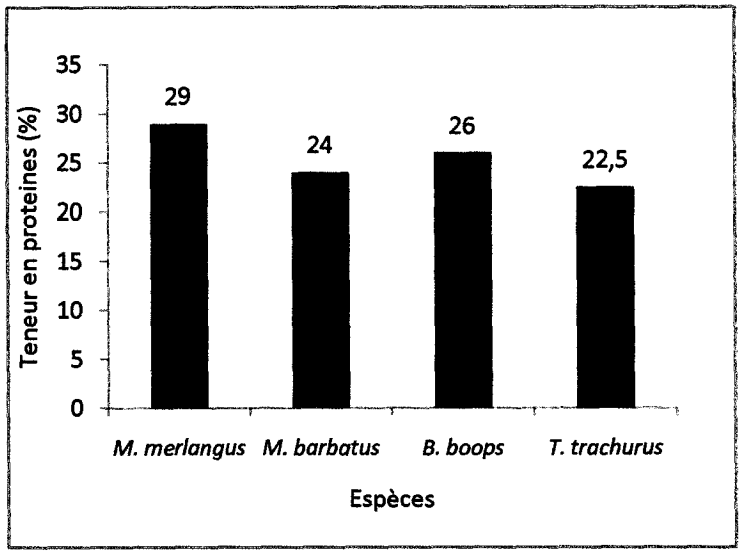


Figure 16: Teneur en protéines chez les quatre espèces étudiées

D'après l'histogramme ci-dessus, nous constatons une différence en contenue des protéines entre les quatre espèces de poissons étudiés, dont l'espèce *M. merlangus* a montré la valeur la plus élevée (29%), alors que *T. trachurus* a révélé la valeur la plus basse (22,5%) **(Tableau XVI, Figure 16).**

III.1.6.3• Glucides

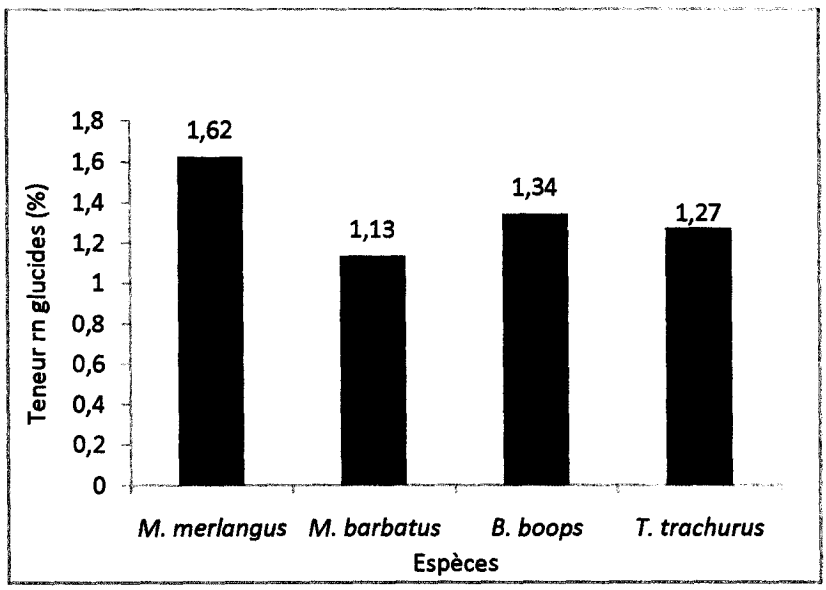


Figure 17: Teneur en glucides chez les espèces étudiés

La teneur en glucides des quatre espèces des poissons étudiés est relativement faible, la teneur la plus élevée (1,34%) était observée chez l'espèce *B. boops* par contre l'espèce *T. trachurus* a montré une teneur minime (1,27%) **(Tableau XVI, Figure 17).**

III.1.7. Métaux lourds

La moyenne des concentrations de métaux lourds pour les quatre espèces de poissons étudiées : *T. trachurus, M. barbatus, M. merlangius, B. boops* sont montrés dans les figures suivantes :

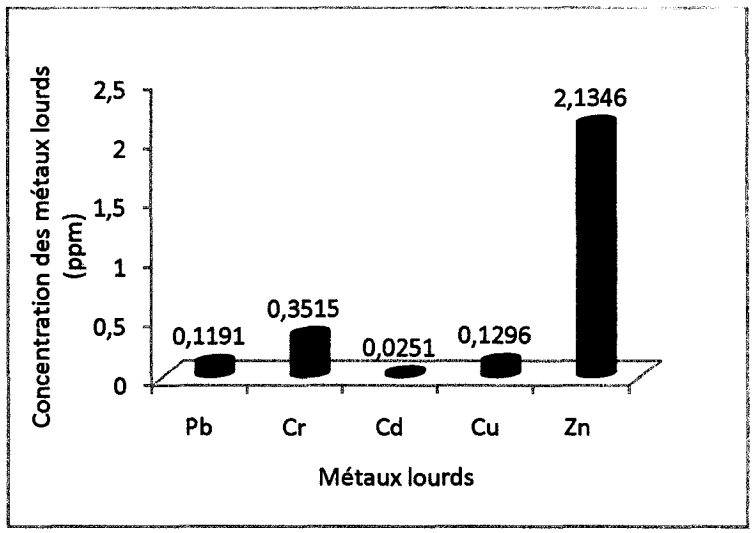


Figure 18: Concentrations des métaux lourds dans le muscle de *M. barbatus*

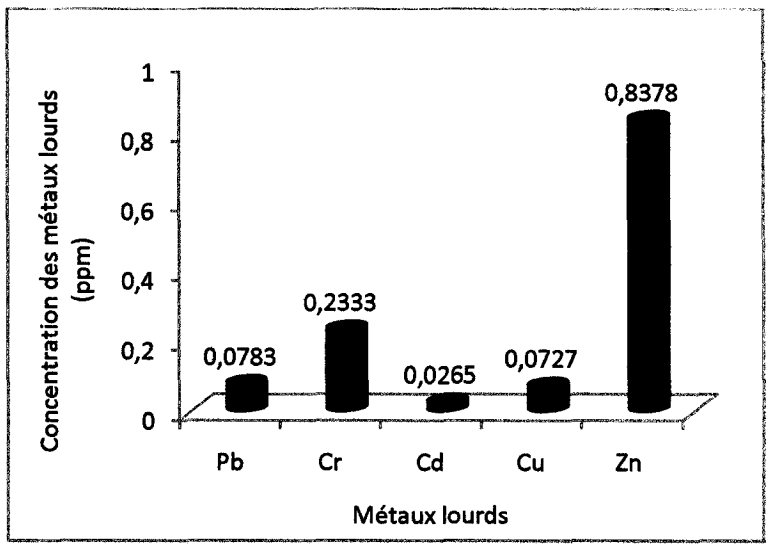


Figure 19: Concentrations des métaux lourds dans le muscle de *M. merlangus*

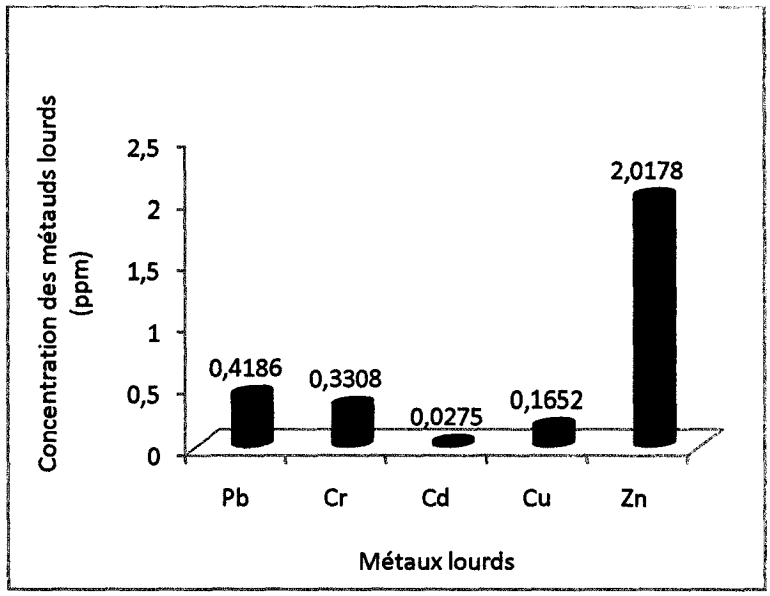


Figure 20: Concentrations des métaux lourds dans le muscle de *T. trchurus*

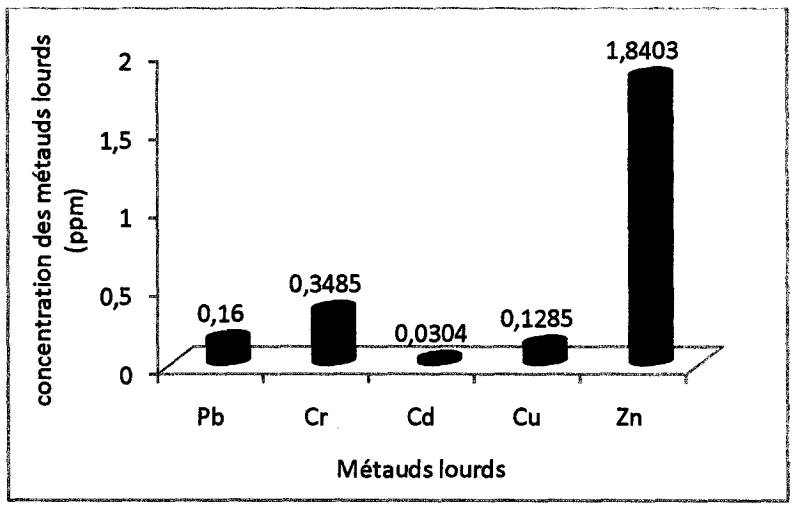
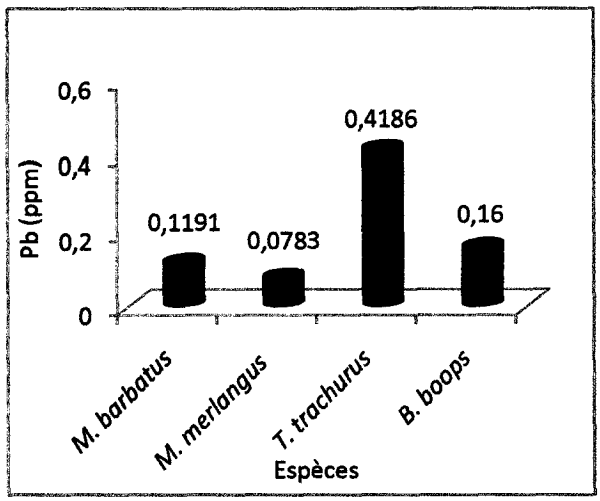
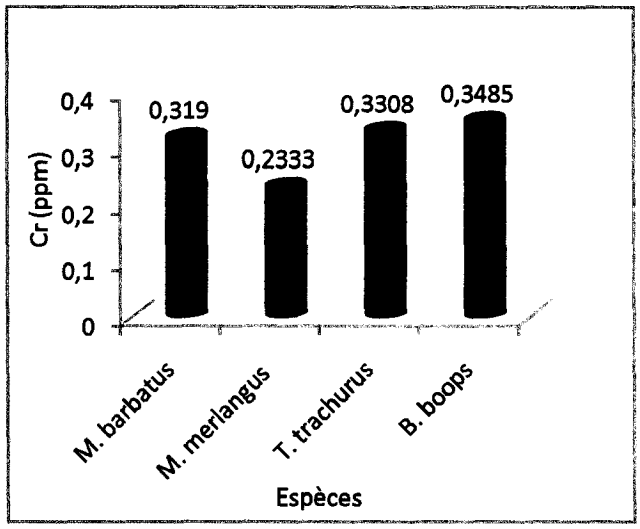


Figure 21: Concentrations des métaux lourds dans le muscle de *B. boops*

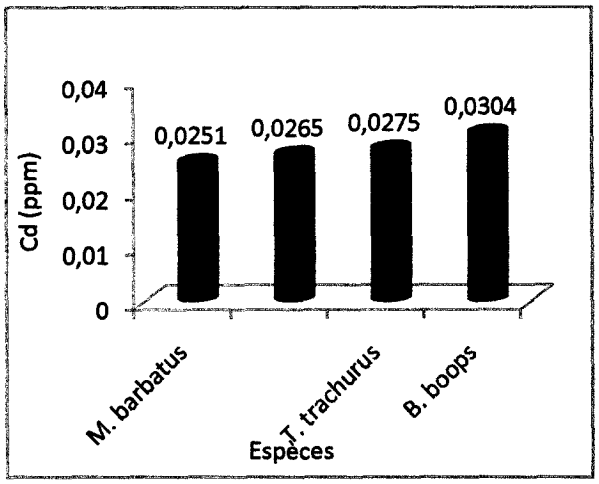
Le Zinc a montré les niveaux les plus élevés chez toutes les espèces (2,134 ; 2,017 ; 1,84 et 0,837 µg/g chez *M. barbatus, T. trachurus, B. boops* et *M.* merlangus respectivement), cependant, les valeurs des concentrations moyennes en Cd mesurées dans les quatre espèces étaient les plus basses (0,03 ; 0,027, 0,026, 0,025 chez *B. boops, T. trachurus, M. merlangus* et *M. barbatus* respectivement) **(Figures 18, 19, 20 et 21).**



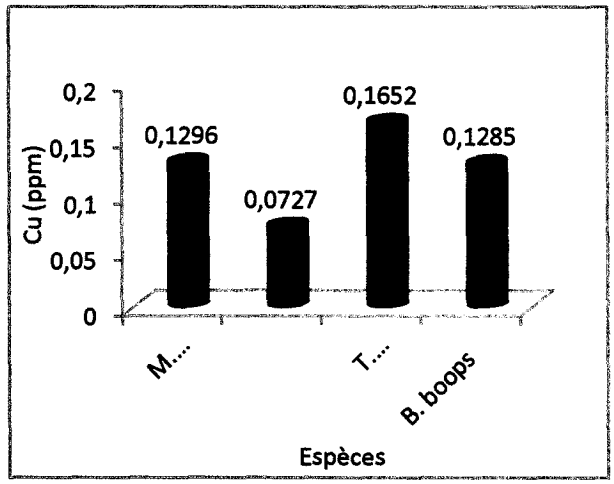
a



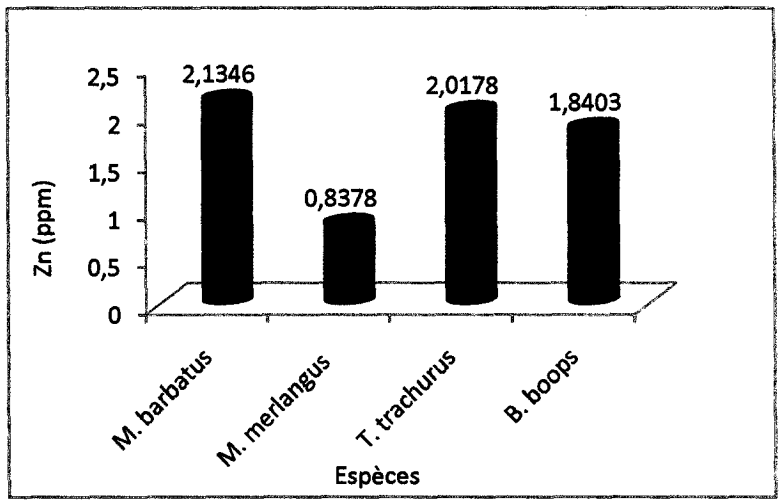
b



c



d



e

a : les concentrations du Pb dans les quatre espèces étudiées ; b : les concentrations du Cr dans les quatre espèces étudiées ; c : les concentrations du Cd dans les quatre espèces étudiées ; d : les concentrations du Cu dans les quatre espèces étudiées ; e : les concentrations du Zn dans les quatre espèces étudiées.

Figure 22: Concentrations des métaux lourds analysés dans les muscles des espèces étudiées.

Les niveaux de concentration d'un même métal différent d'une espèce à l'autre.

Ainsi, le Pb a montré le niveau le plus élevé chez *T. trachurus* (0,418 ± 0,252 µg/g), contrairement à *M. merlangus* qui a pris le plus faible niveau (0,078 ± 0 ,065 µg/g).

Les concentrations du Cr s'étalent entre 0,233 ± 0,254 (chez *M. merlangus*) et 0,351 ± 0,072 µg/g (chez *M. barbatus),* celles de Cu sont comprises entre 0,072 ± 0 ,018 µg/g et 0,165 ± 0,52. **(Figure 22).**

III.1.8. Contrôle microbiologique

Les résultats obtenus lors de nos analyses microbiologiques sont indiqués dans le tableau suivant :

Tableau XVII : Résultats de l'analyse microbiologique effectué sur les quatre espèces étudiées

		Nombre moyen (germe /gramme) de chaque flore recherchées						
Date	**Espèce**	**FTAM (10^7)**	**Coliformes totaux (10^4)**	**Coliformes fécaux**	**Anaérobies sulfito-réducteurs**	**Anaérobies sulfito-réducteurs**	**Salmonelles**	**Streptocoques fécaux**
5/05/2012	*M. merlangus*	7,2	3,8	/	/	/	/	/
	M. barbatus	9,2	5	/	/	/	/	/
	B. boops	8,4	4,7	/	/	/	/	/
	T. trachurus	7,9	4	/	/	/	/	/
13/5/2012	*M. merlangus*	7,8	4	/	/	/	/	/
	M. barbatus	8,6	5,6	/	/	/	/	/
	B. boops	7,5	3,9	/	/	/	/	/
	T. trachurus	9,4	5,2	/	/	/	/	/

Les quatre espèces de poissons examinées sont dépourvues de tous les germes indicateurs de contamination fécale vue l'absence des streptocoques fécaux, des coliformes fécaux et les anaérobies sulfito-réducteurs dont *C. perfringens*, ainsi que les micro-organismes indicateurs de l'innocuité de produit qui sont les germes pathogènes et en particulier les salmonelles.

Cependant, des nombres importants en coliformes totaux et particulièrement de l'FTAM ont été détectés dans les quatre espèces, dont on a montré les nombres de l'FTAM les plus élevés chez *M. barbatus* et *T. trachurus* et les plus basses chez *M. merlangus* et *B. boops*.

Ainsi, les nombres moyens les plus élevés en coliformes totaux ont étaient aperçus chez *M. barbatus* et inversement au *M. merlangus* et *B. boops* qui ont révélé les nombres moyens les plus basses par rapport aux reste des espèces **(Tableau XVII).**

III.2. Discussion

➢ Taille marchande et poids

Les catégories de fraîcheur pour les poissons de même espèce sont déterminées en fonction du degré de fraîcheur des produits et de certaines caractéristiques complémentaires. D'après nos résultats **le degré de fraicheur (Moyenne)** pour les espèces étudiées est supérieur à 2,30

Les espèces prélevées dans le port de Jijel sont pêchées et amenées immédiatement à l'état frais au laboratoire, l'évaluation sensorielle des poissons par le biais d'un examen visuel a permis d'évaluer la fraîcheur des échantillons et par conséquent le temps d'entreposage sur le navire.

L'aspect des poissons, y compris celui de la peau, des branchies, des yeux et de l'abdomen, donne une idée précise sur leur état de fraîcheur.

D'une manière générale, on peut dire que les échantillons ne présentent pas une odeur suspecte (odeur d'algue fraîche, neutre), la couleur de la peau est perle brillante, le mucus est clair, non grumeleux, l'œil est convexe dont la pupille est noire et claire avec reflets métalliques, les branchies sont fraîches, rouges à bruns sombres et la chair est ferme (la texture in rigor). Ces caractères jugent que la durée entre la pêche et le débarquement ne dépasse pas douze (12) heures.
L'organisation FAO a estimé dans des fiches d'identification en 1987 la taille commune des espèces de poissons exploitées et pêchées en méditerranée et en mer noire, de 10 à 20 cm pour *M. barbatus*,de 15 à 30 cm pour *T. trachurus*, de 30 à 40 cm pour *M. merlangus* et de 10 à 25 cm pour *B. boops* **[92]**, ces valeurs sont similaires á celles obtenues dans notre travail, et elle sont considérées comme étant la taille marchande indiquée au règlement (CE) n° 2406/96 fixant « les normes communes de commercialisation pour certains produits de la pêche»

Pour le poids de ces espèces de poissons, le règlement (CE) n° 2406/96 a fixé les normes de la commercialisation pour les quatre espèces de poissons étudiées (*Merlangius merlangus* ≥ 0,11 kg, *Mullus barbatus* ≥ 0,04 kg et *Trachurus trachurus* ≥ 0,02 kg **[99]**.

➢ pH et l'acidité

Au moment de la capture, le poisson frais a un pH neutre **[117, 28]** et dans les heures qui suivent, il diminue graduellement jusqu'à une valeur considérée comme ultime (phase *rigor-mortis*) **[28]**, sous l'effet de l'accumulation de l'acide lactique et des protons H^+. C'est une acidification progressive qui se poursuit jusqu'à l'arrêt des réactions biochimiques anaérobies **[118, 117].** Cependant, une légère augmentation du pH a été rapportée dans le muscle de poisson, provoquée par la formation des bases volatiles produites par des micro-organismes, en particulier au cours de la période de détérioration *(post-rigor)*. **[119].**

D'après **Chéret (2005),** la nature du muscle influe sur le pH initial chez les espèces marines. Il est de 6,25 pour la chair rouge et de 6,85 pour la chair blanche. Une journée après la mort, il remonte pour atteindre une valeur comprise entre 6,8 et 7,9.

Les valeurs du pH enregistrées dans nos échantillons s'arrangent comme suit : 6,67, 6,88, 7,01 et 7,02 chez *T. trachurus, M. barbatus, B. boops* et *M. merlangus*, respectivement. L'acidité est d'ailleurs évaluée sur la chair des sujets, dans ce sens, l'espèce *T. trachurus* a enregistré la valeur la plus élevée (55°D), alors que *B. boops* a révélé une acidité de 35° D. Ces deux paramètres sont assez variables d'une espèce à une autre de poissons étudiée.

Le poisson vivant contient du glycogène en quantité variable suivant l'espèce, l'individu et l'état physiologique. En effet, lorsque le taux du glycogène est élevé, il se forme relativement

plus d'acide lactique. Le pH de la chair est maintient au dessous de la neutralité, ce qui retarde l'altération [43].

Ces résultats montent une corrélation inversée entre le pH et l'acidité.

➢ Lipides, glucides et protéines

Dans un but nutritionnel, nous nous sommes intéressées à l'évaluation des principaux paramètres biochimiques de la chair des animaux qui appartiennent en fait á un groupe d'aliments connu sous le nom V.P.O (viande, produits de pêche, œuf). Ce groupe constitue la source numéro un des protéines, de graisse animale et des glucides sous forme de glycogène principalement. Le fait que les poissons ont une composition biochimique riche en protéines (élément major) en raison de leur rôle plastique, elles assurent la catalyse biochimique, la régulation hormonale et s'intègrent en tant qu'éléments structuraux en même temps que les glucides et les lipides **[120]**.

- **Lipides**

Les lipides font partie intégrante des tissus, ainsi on trouve les lipides de réserve formés de triacylglycérol et accumulés dans les tissus adipeux constituant un stockage énergétique, on trouve aussi les lipides structuraux qui s'intègrent aux membranes cellulaires, et des lipides fonctionnels comme les hormones lipophiles **[120]**. Les lipides sont présents dans les muscles des poissons sous deux formes : lipides polaires (phospholipides) et lipides neutres (lipides de réserve) **[6]**.

Les poissons peuvent être groupés selon leur teneur en graisse en poissons maigres (<2%), semi-maigres (2-4%), moyennement gras (4-8%) et fortement gras (>8%) **[121].**

D'après les résultats obtenus par la présente étude, on peut classer les deux espèces *Mullus barbatus* et *Trachurus trachurus* comme des poissons gras caractérisés par une grande teneur en lipide (9 % et 13 %, respectivement). Tandis que les deux espèces *M. merlangus* et *Boops boops* sont des poissons semi-maigres qui possèdent une faible teneur en lipides (2,1% et 4,5% respectivement).

Cependant, les variations entre la teneur en lipides dans les quatre espèces étudiées concernent en premier lieu le site préférentiel de stockage des lipides. Cependant, le facteur majeur de variation de la teneur en lipides de la chair est l'alimentation et en particulier le contenu énergétique de l'aliment parmi les autres facteurs qui influent cette variation de la teneur en lipides sont l'âge de l'animal, la saison, les conditions biologiques **[122].**

Le dosage des lipides totaux par la méthode spectrale de **Goldsworthy** a donné des résultats comparables à celle réalisée par **Prato et Biandolino, 2012** sur *M. barbatus et B. boops* a montré que la teneur en lipides dans *M. barbatus* est de (8.12 ± 0.27), tandis que la teneur en lipides dans l'espèce *B. boops* est de (5.62 ± 0.11).

Nos résultats montrent que la diminution de la teneur en lipides est accompagnée avec l'augmentation de la teneur en eau. La constitution générale du muscle, l'eau et la matière grasse se contrebalancent, toute augmentation de la seconde ayant pour conséquence une diminution de la première et inversement.

- **Protéines**

Les caractéristiques particulières des lipides de la chair de poisson font parfois oublier que le poisson est une source importante de protéines. Malgré la très large variété taxonomique des poissons, la teneur en protéines des tissus musculaires est d'une constance remarquable [55].

L'estimation quantitative des protéines de la chair des organismes étudiés a montrée que les protéines sont plus abondantes chez *M. merlangus* (29%) *et B. boops* (29%) que chez les deux autres espèces. ces résultats obtenus sont assez variables entre différentes espèces étudiées. Cela

est dû éventuellement à la taille, le poids, l'âge, l'individu, l'espèce, l'état physiologique, l'alimentation, la saison et la région géographique (environnement).

Le contenu de protéines actuel dans nos échantillons de poissons était en accord avec les teneurs rapportées par Stansby (1962); Love (1970) et Bendall (1962) cités par Huss (1985). Le pourcentage des protéines dans les chairs de poissons frais s'étale dans un intervalle de 6-28% avec une moyenne de 16-21% **[6]**. Ainsi que des teneurs inférieures ont été signalées dans une étude qui a été faite par **Zotos** et **Vouzanodou** (2012) ; ce qui confirme nos résultats.

- **Glucides**

La réserve glucidique animale est le glycogène, il est stocké dans l'hépatopancréas qui le distribue selon les besoins, alors que les muscles et les autres tissus l'utilisant á leurs fins propres, c'est pour cela que les muscles n'en contiennent plus après maturation c'est-à-dire consommés par voie anaérobie **[120].**

Contrairement à une idée encore largement répandue, le muscle de poisson est au moins aussi riche en glycogène que celui des mammifères. La teneur en ce composé varie énormément et peut aller jusqu'à 2,5 %. En outre le muscle de poisson au repos contient normalement quelques mg de glucose libre et des traces de ribose **[27].**
La teneur en hydrates de carbone révélée dans nos échantillons de poissons n'était pas en accord avec celle rapportées par **Kilborne** et **Mac Leoden** (0,018 % dans le muscle du chien de la mer**),** ceci est variable suivant l'espèce, l'individu, la taille, le poids, l'âge, l'état physiologique, la saison et l'alimentation [122].

Balland a montré une différence dans le teneur en glycogène de huit espèces de poisson : Saumon, Raie, Morue, Maquereau, Hareng, Grondin rouge et Grondin gris (valeurs comprisent entre 0,08 à 2,29 %) **[122]**.

➢ Métaux lourds

L'analyse qualitative et quantitative en même temps des métaux lourds par spectrométrie d'absorption atomique avec flamme a été effectuée. Les éléments dosés sont : le chrome, le cuivre, le zinc, le cadmium et le plomb; les trois premiers sont des oligo-éléments, en revanche les deux derniers sont considérés comme éléments indésirables.

- **Zinc**

Le zinc est un élément essentiel au bon fonctionnement de tout organisme vivant. Il intervient dans l'activité de nombreuses enzymes, il est indispensable à un grand nombre de fonctions ou de situation physiologiques, aussi diverses que la croissance et la multiplication cellulaire, le métabolisme osseux, la cicatrisation des blessure, la reproduction et la fertilité, l'immunité et l'inflammation, la gustation et la vision, le fonctionnement cérébral, la protection contre les radicaux libres **[85].**

Le zinc constitue 0,05-0,72 mg / 100 g du poids d'un poisson, le cuivre 0.01 mg / 100 g [123] et le chrome 0,03 mg / 100 g **[124].**

Les quantités de zinc obtenues sont nettement inférieures aux valeurs attendues, cela peut être dues á l'état physiologique des poissons adultes qui se préparent á la période de reproduction qui vient de commencer, notamment que le zinc est le cofacteur de plus de 300 métalloenzymes dont plusieurs s'impliquent dans la synthèse des acides nucléiques et dans la multiplication cellulaire **[120].**

Du point de vue nutritionnel, l'apport recommandé en zinc est de 10 mg / jour au maximum et sa biodisponibilité est de 15 á 30 %.

La dose journalière tolérable (DJT) est de 3,6 µg/jour/personne établie par le Joint Expert Commitee on Food Additives **[125].**

Concernant les différences d'accumulation du Zn par les quatre espèces de poissons étudiées, elles seront classées dans l'ordre décroissant suivant : *M. barbatus* (2,134 µg/g de poids humide, *T. trachurus* (2,017 µg/g de poids humide), *B. boops* (1,840 µg/g de poids humide),) et *M. merlangus* (0,837 µg/g de poids humide), respectivement.

- **Cuivre**

Le cuivre est indispensable au métabolisme des êtres vivants tels que les animaux, les végétaux, les algues et les plantes supérieures **[126, 127].** Il a une importance capitale dans l'entretien des processus biologiques notamment en tant que co-facteur enzymatique **[128].**

La teneur en cuivre dans nos échantillons est remarquable par rapport à celle enregistrée par Dalman *et al.* (2006) **[123]**

Le comité mixte FAO / OMS a fixé la dose journalière admissible provisoire (DJA) á 0,5 mg de cuivre / kg soit 30 mg / jour pour un adulte et sa biodisponibilité á 30 % compétitivement avec le zinc. Par contre, le Joint Expert Commitee on Food Additives a fixé la dose journalière tolérable (DJT) à 0,14 mg/jour/personne **[125].**

Concernant l'accumulation du Cu par les quatre espèces de poissons étudiées, ses concentrations moyennes seront classées dans l'ordre décroissant suivant : *T. trachurus* (0,165 µg/g de poids humide), *B. boops* (0,128 µg/g de poids humide), *M. barbatus* (0,127 µg/g de poids humide), et *M. merlangius* (0,072 µg/g de poids humide), respectivement.

Nos résultats sont conformes aux normes alimentaires signalées par le FAO (Cu : 30 µg/g ; Zn : 30 µg/g) **[129].**

- **Chrome**

Il est associé au métabolisme du glucose par son action sur l'insuline et serait aussi impliqué dans le métabolisme des graisses **[130].**

L'apport normal conseillé est de 2 á 3 mg / jour **[120].**
La dose journalière tolérable (DJT) est de 5 µg/jour/personne établie par le Joint Expert Commitee on Food Additives **[125]**.

Les valeurs du chrome enregistrées sont relativement supérieures aux normes (0,3 mg/kg) à l'exception de celles qu'on a trouvées chez l'espèce *M. merlangus* qui est conformes aux normes.

Concernant l'accumulation du Cr par les quatre espèces de poissons étudiées, ses concentrations moyennes seront classés dans l'ordre décroissant suivant : *M. barbatus* (0,351 µg/g de poids humide), *B. boops* (0,348 µg/g de poids humide), *T. trachurus* (0,330 µg/g de poids humide) et *M. merlangus* (0,233 µg/g de poids humide), respectivement.

- **Plomb et Cadmium**

Le plomb et le cadmium sont des éléments qui ne semblent pas être essentiels á la croissance des plantes ni á celle des animaux **[131]**. Cependant, ils sont bioconcentrés par les organismes vivants en particulier par les organismes marins. Cette concentration est le résultat d'une suite de processus d'adsorption, absorption, stockage et élimination **[132].** La majorité des ions ne

traversent les membranes plasmiques hydrophobes que grâce á un ligand transporteur, une fois dans la cellule, le métal sera capté par un autre ligand afin de prévenir sa diffusion vers l'extérieur, ces différents ligands constituent un système de « piégeage cinétique » **[133].**

La dose journalière admissible (DJA) du plomb est de 3 mg pour l'adulte et 0,2 mg pour l'enfant selon un rapport de FDA / FAO.

La teneur maximale du Pb (mg/kg du poids à l'état frais) recommandée dans les muscles de poisson par la commission européenne et le *codex alimentarius* est de 0,30 mg/kg. En revanche

FAO fixe un maximum de 0,5 µg/g de poids humide pour le Pb dans la chair des poissons. Par contre l'article 1 du règlement CE 104/2000 qui fixe une teneur maximale de 0,2 mg/kg de Pb dans la chair musculaire des poissons à l'exception de l'espèce *T. trachurus* qui est limitée par un maximum de 0,4 mg/kg de poids frais.

La dose journalière tolérée (DJT) établie par l'organisation mondiale de la santé est de 3,5 µg/jour/personne **[134].**

Le règlement (CE) n°1881/2006 de la commission du 19 décembre 2006 fixe les teneurs maximales en cadmium (en mg/kg de poids frais) à 0,05 pour la chair musculaire de poisson (à l'exclusion de quelques espèces dont *T. trachurus* pour qui la teneur maximale est fixée à 0,1mg/kg).

Les apports journaliers moyens (AJM) du cadmium est de 17 µg/jour/personne, la dose journalière tolérée (DJT) est de 60 µg/jour/personne établie par le Joint Expert Commitee on Food Additives (JECFA).

Concernant l'accumulation du Pb par les quatre espèces de poissons étudiées, ses concentrations moyennes seront classés dans l'ordre croissant suivant : *T. trachurus* (0,418 µg/g de poids humide), *B. boops* (0,160 µg/g de poids humide), *M. barbatus* (0,119 µg/g de poids humide) et *M. merlangius* (0,078 µg/g de poids humide), respectivement.

Cependant, l'accumulation du **Cd** par les quatre espèces de poissons étudiées, ses concentrations moyennes seront classés dans l'ordre décroissant suivant : *M. barbatus* (0,025 µg/g de poids humide), *M. merlangius* (0,026 µg/g de poids humide), *T. trachurus* (0,027 µg/g de poids humide) et *B. boops* (0,030 µg/g de poids humide), respectivement.

- Dans une étude menée sur la bioaccumulation des métaux lourds par *B. boops* en Méditerranée, **Chaffai et *al.* (1996),** ont trouvé des concentrations de 3,1 µg/g en Cu et 53 µg/g en Zn [135], ces valeurs sont nettement plus élevées que celles enregistrées dans notre étude sur la même espèce *B. boops*.

- Pour *M. barbatus*, on a constaté que nos résultats ont été semblables à ceux trouvés par **Tepe et *al.* (2007)**, qui ont étudié l'accumulation de quatre métaux (Cd, Cr, Cu et Pb) par le *M. barbatus* dans les eaux côtières de la Turquie ; les teneurs moyennes des quatre métaux varient entre 0,02 µg/g pour le (Cd), 0,33 µg/g pour le Cr, 0,15 µg/g pour le (Cu) et 0,11 µg/g pour le (Pb) **[136]**.

- En revanche, notre étude a révélé des valeurs de Zn (2,134 µg/g) inférieures à celles obtenues par **Tepe et *al.* (2007)** (3,15 µg/g).

- Concernant l'espèce *M. merlangus*, **Burger et Gochfeld, (2005)** ont réalisé une étude sur la bioconcentration des métaux lourds par l'espèce *M. merlangus* dans les côtes de New jersey, ils ont montrés des valeurs de 0,009 µg/g en Cd et 0.07 µg/g en Cr **[137],** qui sont nettement inférieures à celles obtenus par notre étude. Alors que, la concentration en Pb était semblable (environ 0.08 µg/g).

- Pour l'espèce *T. trachurus,* **Demirezen et Uruc (2006)** ont effectué une étude sur la bioaccumulation des métaux lourds (Cd, Cu, Cr, Pb et Zn) par *T. trachurus* ; ils ont enregistrés des valeurs similaires à nos résultats **[138]**.

Les différences interspécifiques obtenues entre différentes concentrations en métaux étudiés sur les quatre espèces de poissons sont dues probablement aux facteurs biotiques et abiotiques, tels que le milieu marin (pH, température, salinité), la concentration en oxygène dissous, la transparence de l'eau (turbidité), la forme chimique du métal en eau (spéciation) **[136]**, le niveau trophique la taille, l'âge, le genre, la masse corporelle, la physiologie de chaque espèce (selon les besoins et le métabolisme des poissons), les voies de pénétration vers l'organisme (par contact direct : la peau et les branchies, ou indirectement par l'intermédiaire de la chaîne alimentaire (nourriture – sédiment) **[139]**, l'habilité de ces métaux à subir une biomagnification dans la chaîne alimentaire **[137]**.

Les résultats de la présente étude ont prouvé une diminution de l'absorption du métal (concentrations non élevées) qui peut être due à :

- un changement de perméabilité membranaire ou à un piégeage dans la membrane même, suivi ou non d'un rejet dans le compartiment extérieur **[140]**;

- Une excrétion fécale **[141]** qui se fait dans le cas du cadmium par une élimination du métal contenu dans la bile et les sécrétions pancréatiques **[142]** ;
- Une hypersécrétion de mucus **[140]**.

Jijel est une petite ville côtière très pauvre en infrastructures industrielles ; donc les poissons pêchés au niveau de ses côtes sont de bonne qualité chimique (métaux lourds).

Généralement, ce sont les viscères (foie et rein) et les branchies des poissons qui ont l'habilité d'accumuler plus de métaux lourds que les muscles et cela due à l'intensité de l'activité métabolique **[139]**.

Nos résultats obtenus sont inclues dans les normes internationales. On a remarqué que *T. trachurus* a la tendance d'accumuler plus du Pb, du Cu que les autres espèces étudiées; à son tour, *le M. barbatus* a l'habilité d'accumuler plus du chrome et du Zinc et le *B. boops* peut accumuler plus de Cadmium.

➢ Microbiologie

Le nombre de la flore totale mésophile dans nos échantillons dépasse les normes algériennes (10^6 germes /g) ainsi que celles indiquées par **Barthe (2009)** ($10^6 – 10^7$ germe /g), selon ce dernier, ce dépassement n'entraîne pas de risque pour la santé humaine, mais peut être une conséquence de mauvaises pratiques et pas un indicateur d'altération au sens strict.

Et comme notre analyse sensorielle a fourni d'une manière générale de bons résultats (bon état de fraicheur), c'est-à-dire poissons non altérés, on admet que le nombre élevé de la FTAM est peut être lié d'abord à des facteurs relatifs au milieu marin qui influent sur la microflore des poissons ; les plus importants sont la proximité des zones de pêche du littoral et la qualité bactériologique de l'eau dont ils proviennent (pêchés).

Ainsi, il peut être un signe de mauvaises conditions lors de la capture, de triage et de stockage à bord (caisses en bois et outils) et d'autres manipulations à terre tout le long de la chaine de la mise en commercialisation en particulier le non respect de la chaîne de froid lors de transport.

Bien que la signification de ce paramètre soit importante, il n'y a pas de corrélation directe entre une numération des bactéries aérobies mésophiles élevée et la présence de microorganismes pathogènes dans le produit **[50]**.

Le nombre relativement élevé des coliformes totaux dans nos échantillons indique éventuellement leur présence dans les eaux ou une contamination subséquente (ex. : hygiène du personnel), ils peuvent aussi démontrer une mauvaise qualité salubre des matériaux (ex. : les caisses de l'entreposage) ou des mauvaises conditions d'entreposage et d'exposition sur le marché.

Les normes élaborées dans le journal officiel algérien exigent l'absence totale de salmonelles et quatre coliformes fécaux sont tolérés dans le poisson frai **[143]**.

On a constaté l'absence des germes potentiellement pathogènes qui sont les salmonelles, ainsi, l'absence des germes indicateurs de la contamination fécale, plus ou moins pathogènes, à savoir ; les coliformes fécaux, les anaérobies sulfito-réducteurs dont *Clostridium perfringens* et les streptocoques fécaux dans notre échantillon qui est conforme aux normes.

Ces résultats nous permettent d'avoir un degré d'assurance de l'innocuité de notre produit qui est définie selon **Barthe (2009)** par l'absence ou un faible nombre de bactéries pathogènes (pouvant causer des maladies).

CONCLUSION

Conclusion

La composition particulière de sa chair fait du poisson un aliment unique parmi les produits d'origine animale. Cette particularité s'exprime par la richesse en protéines de haute valeur biologique, en AGPI, en minéraux et en oligoélément.

Notre étude a été réalisée dans le but de suivre la qualité de quatre espèces de poisson couramment écoulées sur le marché de Jijel.

D'après le contrôle effectué, les résultats obtenus sont globalement conformes aux normes sur le plan physicochimique, biochimique et microbiologique.

Les concentrations en métaux lourds obtenues reflètent une qualité satisfaisante de point de vue chimique.

Enfin, on peut constater que ces aliments sont sains et ne représentent pas un risque sur la santé des consommateurs.

Cependant, afin de prouver l'efficacité de contrôle de qualité des poissons destinés à la consommation ; le port de Jijel doit être doté d'un laboratoire pour le contrôle de la qualité des poissons péchés dans notre région.

Les efforts actuellement en cours devraient permettre de moduler encore plus précisément la qualité des produits, en fonction du marché auquel il est destiné, en tenant en compte de la santé des consommateurs.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUE

Référence bibliographique

[1]- EL BARAKA N. (2009). Qualité des produits halieutiques : dosage des teneurs en histamine, azote basique volatile total (abvt) et du taux des sulfites dans quelques produits de pêche, mémoire de master, Université Ibn Zohr, Agadir.

[2]-ANDERSON P.D. et WIENER J.B. (1995). Eating fish. In: Graham, J.D., Wiener, J.B. (Eds.), Risk Versus Risk: Tradeoffs in Protecting Health and the Environment. Harvard University Press, Cambridge, MA.

[3]- CASTRO-GONZALEZ M.I. et **MÉNDEZ-ARMENTA M.** (2008). Heavy metals: Implications associated to fish consumption,éd.ELSEVIER , *Environmental Toxicology and Pharmacology* 26 :263–271.

[4]-PATTERSON J. (2002). Introduction-comparative dietary risk: balance the risks and benefits of fish consumption. Comments Toxicol. 8, 337-344.

[5]-DAVIGLUS M., SHEESHKA J. et MURKIN E. (2002). Health benefits from eating fish. Comments Toxicol. 8, 345-374.

[6]-KODO J-L. (1990). L'ionisation des produits de la peche, éd. IFREMER.15-22

[7]-PEREZ T., SARTORETTO S., SOLTAN D., CAPO S., FOURT M., DUTRIEUX E., VACELET J., HARMELIN J.G. et REBOUILLON P. (2000). Etude bibliographique sur les bioindicateurs de l'état du milieu marin. Système d'évaluation de la Qualité des Milieux littoraux – Volet biologique. Rapport Agences de l'Eau, 4 fascicules, 642 pp. + 1 Cd-rom.

[8]-GRASSE P-P. (1976). précis de zoologie, vertébrés, (tome II) ,(2ème édition), éd. Masson, paris. P : 149,171.

[9]-DIRECTION DU DEVELOPPEMENT RURAL. (2010), éd. cactus studiographique. Nouméa.

[10]-DARLEY B. (1992). Systématique des vertébrés. Office des publications universitaires. Tizi-ouzou.P : 5,12.

[11]-VERON G. (2002). Organisation et classification du monde animal (3èmé édition), éd . Dunod, Paris. P : 103-105.

[12]-ADRIAN J. POTUS J.et FRANGNE R. (2003). La science alimentaire de A à Z ,(3èmeédition), éd. Lavoisier. Paris P : 409.

[13]-BERTOZZINI F. (2001). Technologie culinaire-connaissances marchandises.P :1,6-8.

[14]-FREDOT E. (2006). Connaissance des aliments,éd. Lavoisier TEC & DOC, Medicales internationales, Paris.P : 117 - 118,124-125,127,128.

[15]-VIERLING E. (2008). Aliments et boissons filières et produits, 2e édition, éd : Doin éditeurs centre régionale de documentation pédagogique d'Aquitaine, Strasbourg, France. P : 91-93 ,95-96,101-103,105.

[16]-DAHLSTROM P. et **MUUS B.J.** (1988), Guide des poissons de mer et peche , Biologie-peche- importance économoque, éd. Delachaux et niestlé, Suisse et Paris. P : 5-7.

[17]-BAUTZ A. M. ET BAUTZ A. (2010). Mini manuel de biologie animal, cours + QCM, (2ème édition), éd. Dunod, Paris. P : 150-155.

[18]-ROBERTS R. J. (1979). Pathologie du poisson, éd. Maloine S.A. éditeur, Paris. P : 15-25, 34-36, 44-49.

[19]-DAHLSTROM P. et **MUUS B. J.** (2007). Guide des poissons d'eau douce et de peche, (5ème édition), éd . Delachaux et niestlé. Paris P :6-7.

[20]-EL-HADEF E-O. S. (2005). Contrôle et inspection du poisson, manuel pédagogique, éd. de l'université MENTOURI, Constantine. P : 1-18.

[21]-*GUILLAUME J., KAUSHIK S., BERGOT P. et METAILLER R. (1999). Nutrion et alimentation des poissons et crustacés, éd : INRA et IFREMER, Paris. P: 26.*

[22]-AMAT J. P.(2001). Anatomie et biologie des poissons.

[23]-JEANTET R.,CROGUENNEC T., SCHUCK P. et BRULE G. (2007). Science des aliments Biochimie-Microbiologie-Procédés-Produits (Vol.2),éd. TEC&DOC, Paris.P : 61, 64, 65, 67, 81, 85, 90, 93.

[24]-MOSS M. R. (2008). Food microbiology ,(3e édition), éd. RSC publishing, UK.P: 140.

[25]-SIVASANKAR B. (2007). Food processing and préservation (4ème édition). éd. Prentice-Hall of India Private limited, New Delhi. P : 63

[26]-LINDEN G. et **LORIENT D.** (1994). Biochimie agro-industrielle, valorisation alimentaire de la production agricole, éd. Masson, Paris .P:161-162.

[27]-IFREMER (1991). Rapport final : Connaissance de la matière première et étude des barèmes de traitement thermique de cuisson sous vide du poisson en cycle court,Etude et expérimentation d'un pasteurisateur industriel pour la préparation de plats cuisinés en cycle court, laboratoire génie alimentaire. P : 2,7-9.

[28]-CHÉRET R. (2005). Effet des hautes pressions sur les indicateurs de maturation de la viande et d'altération du muscle de poisson. Thèse de doctorat, université de Nantes, Nantes.p : 44,53,54,77.

[29]-BOURGEOIS C. F. (2003). les vitamines dans les industries agroalimentaires,éd. TEC & DOC, Paris. P :49,50.

[30]-NGANGUEM M. (2007). Approche physico-chimique du pouvoire conservateur du sel: cas du salage de *pseudotolithus sengalensis,* mémoire, Université d'Abomey-Calavi - Maîtrise Professionnelle de Biotechnologie dans IAA.

[31]-ROUDAUT H. et LEFRANCQ E. (2005). Alimentation théorique, éd : Doin éditeurs, Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine, Bordeaux. P : 134-135.

[32]-MORREN S. (1994). A la peche à la santé . Paris .P : 10.

[33]-HUSS H. (1999). La qualité et son évolution dans le poisson frais.éd : FAO .Rome. P : 19-34.

[34]-HUSS H. (1988). Le poisson frais, qualité et altération de la qualité. Rome: FAO.P : 20, 25, 30-33, 41, 51-53.

[35]-DEFFOUS Y. (2008). L'électrocution après la saignée et ses conséquences.

[36]-HARKATI A. (2007). Etude des parametres biologiques intervenant dansl'attendrissage naturel de la viande ovine et leurs relations au facteur type de muscle. Thèse magistère, universite montouri. Constantine.P : 10-12.

[37]-LAROUSSE J. (1991). La conserve appartisée, aspects scientifiques, techniques et économiques (Vol. 2),éd. TEC&DOC, Paris. P : 97,99,108-109.

[38]-EYMARD S. (2003). Mise en évidence et suivi de l'oxydation des lipides au cours de la conservation et de la transformation du chinchard (*Trachurus trachurus*) : choix des procédés. Thèse de doctorat, université de Nantes.France .P : 27-29, 58.

[39]-BOUAZZAOUI Y. (2011). Technologies de transformation des produits de la mer, l'altération de la qualité des produits de la mèr.P : 3-10.

[40]-MORZEL M., TERLOUW C. et **LAVILLE E.** (2006). Relations entre le metabolisme post mortem et les qualités des viandes : apports de la proteomique. france. P : 193-294

[41]-OUALI A., HERRERA-MENDEZ C-H. BECILA S. et BOUDJELLAL A. (2007). Maturation des viandes Une nouvelle donne pour la compréhension de la maturation des viandes. Constantine : 212.

[42]-ADRIAN J., POTUS J. et POIFFAIT A. (1998). Introduction à l'analyse nutritionnelle des denrées alimentaires, éd. Lavoisier, Tec & Doc, Paris. P : 7, 24, 41, 62, 85, 91.

[43]-SOUDAN F. (1950). l'altération du poisson préservation de sa fraîcheur,éd. office scientifique et technique des peches maritimes. paris .P : 1,2.

[44]-BOURGEOIS C.M., MESCLE J.F. et **ZUCCA J.** (1996). Microbiologie alimentaires, Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments , (2ème édition), (Vol Tome I), éd. TEC & DOC, Paris. P : 348-359.

[45]-DASSIE C. (2006). guide pratique de l'hygiène à bord des navires de pêche. Ofimer.P : 20-34.

[46]-MAHE K., DESTOMBES A., COPPIN F., KOUBBI P., VAZ S., LE ROY D. et CARPENTIER A. (2005). Rouget barbet de roche *Mullus surmuletus* en Manche orientale et mer de Nord, éd. IFREMER.P : 3-6.

[47]-GUIRAUD J-P. (1998). Microbiologie amlimentaire.éd : DUNOD. Paris, France. P : 149-150,462,464.

[48]-GALZY P. et GUIRAUD J. (1980). L'analyse microbiologique dans les industries alimentaires. L'USINE.P : 159-163.

[49]-SUTRA L., FEDERIGHI M. et JOUVEL J. L. (1998). Manuel de bactériologie alimentaire, éd. polytechnica, Paris.P: 37,118.

[50]-BARTHE C. (2009). Lignes directrices et normes pour l'interprétation des résultats analytiques en microbiologie alimentaire (Centre québécois d'inspection des aliments et de santé

animale), éd. Comité sur l'élaboration des critères microbiologiques dans les aliments (CECMA), Gouvernement du Québec. P : 12, 36, 43, 47, 50, 53.

[51]-GUIRAUD J- P. et ROSEC J - P. (2004). Pratique des normes en microbiologie alimentaire, éd. AFNOR, France. P : 96, 117, 118, 149, 203 – 205.

[52]- Journée de la pêche et de l'aquaculture au Siagri (2008). Techniques de conservation et conditionnement de poisson. Communication de la direction de la pêche et de l'aquaculture, Mali.

[53]-FAO (2009). Directives pour l'inspection du poisson fondée sur les risques, étude FAO alimentation et nutrition 90, éd. FAO, Rome. P : 13, 27.

[54]-BERKEL B., BOOGAARD B.V. et HEIJNEN C. (2005). Conservation du poisson et de la viande. Wageningen, pays-bas: Fondation Agromisa. P : 26-29, 32, 39,44,48,56 .

[55]-ROBIN J. et LEFEVRE F. (2004) Viande et produits carnés, revue des instituts de recherche et des centres techniques des filières viandes et produits carnés, 10ème science des muscles et technologie des viandes, chapitre: qualité de la chaire des poissons session 2, éd. J. CHEVALIER, Rennes : 88, 89, 91, 92, 102, 109.

[56]-MIQUEL M. G. (2001). Rapport sur les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. P : 94,263.

[57]-BENEDETTO M. D. (1997). Méthodes spectrométriques d'analyse et de caractérisation, les métaux lourds. Saint-Etienne: Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne.P :5,6,8.

[58]-*MALINS D. C. et OSTRANDER G. K. (1994). Aquatic toxicology, Molecular, Biochemical, and Cellular perspectives, éd. CRC Press – Lewis Publishers, N. W., Boca Raton, Florida. P: 387-404.*

[59]-GENIN B., CHAUVIN C. et MENARD F. (2003). Cours d'eau et indices biologiques, pollution-méthodes-IBGN, éd : Dijon- Educargri.France.P : 54,55.

[60]-BLIEFERT et PERRAUD (2009).Chimie de d'environnement Air, eau, sols, déchets: Groupe de Boeck, (2ème édition), Bruxelles.P : 58-59,369-371, 381-387.

[61]-BOUSSEN S. (2010). Evolution de haldes plombo-zincifères dans le nord de la Tunisie : l'exemple d'un contexte carbonaté, Thèse de Doctorat ; université de TUNIS EL MANAR -faculté des sciences- et l'université de LIMOGES -faculté des sciences et techniques, Tunisie. P : 13, 17-19.

[62]-GOMBERT S. (2005). Pollution atmosphérique par les métaux, bio-surveillance des retombées, éd : EDP sciences/ADEME, Paris : 12,44.

[63]-HAMMI H. (2010) : La pollution des eaux par les métaux lourds. Tunisie.

[64]-CASAS S. (2005). Modélisation de la bioaccumulation des métaux traces chez la moulle *Mytilus galloprovincialis* en milieu méditerraneen, thèse doctorat Océanologie biologique, Environnement marin. Toulon var ,P : 42-49,53.

[65]-RAMADE F. (2000). Dictionnaire encyclopédique des pollutions: les polluants de l'environnement à l'homme, éd. Ediscience international, Paris. P:50-54, 63,73, 76, 100, 319, 404,603.

[66]-RAMADE F. (2007). Introduction à l'écotoxicologie fondement et application,éd.Lavoisier. Paris.P : 65, 67, 424-425,436-437, 441-443 .

[67]- NOPPE K. (1996). Contamination métallique des sédiments des cours d'eau du bassin Artois-Picardie et son impact sur la contamination des chairs et des foies de poissons, thèse ; Université Pierre et Marie Curie - Paris VI. Paris : 4,8.

[68]-RAMADE F. (1998). Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau,éd. Ediscience international, Paris. P : 55-56,62,103,471,480.

[69]-COSSA D. et **FICHT A.** (1999). La dynamique du mercure. P : 17-18.

[70]-LAGADIC L. CAQUET T., AMIARD J-C. et **RAMADE F.** (1998). Utilisation de biomarqueurs pour la surveillance de la qualité de l'environnement , éd. Lavoisier, TEC & DOC,Paris. P : XXIV, XXV.

[71]-LAGADIC L. CAQUET T., AMIARD J-C. ET RAMADE F. (1997). Biomarqueurs en écotoxicologue, éd. Masson, Paris : 1, 2,6.

[72]-AMIARD J-C. et **AMIARD- TRIQUET C.** (2008). les biomarqueurs dans l'évaluation de l'état écologique des milieux aquatiques, éd. TEC & DOC, Lavoisier, Paris. P : 18-19 .

[73]-MORLOT M. (1996). AGHTM aspects analytiques de plomb dans l'environnement.éd. lavoisier, TEC & DOC. Paris.P : XIV, 6, 12.

[74]-JOUBERT A. (2006). Étude des processus biogéochimiques prépondérants responsables de la mobilité du Pb, Cd, Zn, As et Hg du sol vers l'hydrosphère Rapport de fin de première année de thèse, Centre scientifique et technique .Service environnement et procédés innovants, France. P : 36, 40.

[75]-PICHARD A. (2003). Plomb et ses dérivés, Fiche de données toxicologiques et envi ronnementales des substances chimiques. I NE R I S.P : 5.

[76]-FISSON C. et LACHAMBRE M. (2007).la contamination chimique : quel risque en estuaire de seine -fiche substance : plomb.P : 2-3.

[77]-LEONARD A. (1990). Les mutagènes de l'environnement et leurs effets biologiques, éd. Masson. Paris. P : 37- 39.

[78]-GIROUD C. (2007). Evaluation du risque pour l'environnement des métaux lourds,travail pratique de master,section sciences et ingénierie de l'environnement,université de lausanne.P : 19,39.

[79]-BRIGNON J.-M. (2005).Cadmium et ses derives, Données technico-économiques sur les substances chimiques en France. I N E R I S.P :3-4,6-9.

[80]-LU F. C. (1992). Toxicologie, éd. Masson ,Paris. P : 293,304- 308.

[81]-PICHARD A. (2005). cadmium et ses dérivés,Fiche de données toxicologiques et envi ronnementales des substances chimiques. I NE R I S. P : 4,6.

[82]-JORHEM L. (2003). Food Safety: Contaminants and Toxins , chapitre : métaux lourds , éd. P : 203-205, 208,211.

[83]-PICHARD A.(2005). Chrome et ses dérivés, fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. INERIS.P : 6.

[84]-VIALA A. et **BOTTA A.** (2005) .Toxicologie, (2ème édition), *éd.* Tec & Doc, Lavoisier, Paris .P :606-607, 627,628, 634.

[85]-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.Thèse de Magister en médecine vétérinaire, Option : hygiène alimentaire, université Mentouri de Constantine. P : 56, 73,76.

[86]-PICHARD A. (2005). Cuivre et ses dérivés, Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. I NE R I S. P : 5-6, 19.

[87]-REICHL (2004). Guide pratique de toxicologie, éd : De Boeck & Larcier, (2 ème édition) , Bruxelles.p : 162, 166.

[88]-PICHARD A. (2005). zinc et ses dérivés, Fiche de données toxicologiques et envi ronnementales des substances chimiques. I NE R I S. P : 6.

[89]-LEYRAL C. et VIERLING E. (2007). Microbiologie et toxicologie des aliments, éd : Doin, Centre régional de documentation pédagogique d'aquitaine,(4ème édition), France. P : 267.

[90]-MAHINDRU S. N (2004). Food contaminants – origin, propagation and analysis, éd. Author, New Delhi. P: 192.

[91]-BRETON B., BABO D. et PAGE G. (2002). Atlas pratique des poissons et méthodes de pêche, éd. Atlas, MCMXCIV ; IGDA, MCMXCI ; MMII. Issy –les- moulineaux. P : 145, 146, 187, 188.

[92]-FAO (1987).Méditerannée et mer noir, zone de peche 37, volume II : vertébrés, éd. FAO et CEE. Rome. P : 1030, 1095, 1197, 1353.

[93]-LETACONNOUX R. (1951). Memoire 15: contribution à l'étude des éspèces de genre trachurus et spécialement de trachurus trachurus. Office scientifique des techniques de peche maritime, paris. P : 55, 42.

[94]-REZIG M. (2001). Les poissons dangereux, poissons vénéneux et allergènes, vénimeux actifs, provoquant des morsures, hémotoxique éléctrique et parasite,éd. Centre de publication universitaire ,Tunisie. P :51-52.

[95]-DARLEY B. et **DANIEL J.C.** (1992). Poissons des cotes algeriennes, éd. Office des publications universitaires. Alger. P : 23, 42, 52, 56, 58.

[96]-COSSA D., AUGAR D., AVERTY B., LUÇON M., MASSELIN P., NOEL J. et **SANJUAN J. (1990).** Niveaux de concentration en métaux, métalloides et composés organochlorés dans les produits de la péche cotiére française, éd. IFREMER, France. P : 44.

[97]-FISH BASE. (www.fish base.org).

[98]-Direction de la pèche de la wilaya de Jijel, 2010-2011.

[99]- Règlement (CE) No 2406/96 DU CONSEIL (1996). Fixant des normes communes de commercialisation pour certains produits de la pêche (1996R2406 — FR — 01.01.2001 — 001.001).

[100]- CHAOUQY N.E. et EL MARRAKCHI A. (2005). Aspects chimiques et bactériologiques de l'anchois (*Engraulis encrasicholus*) entreposé sous glace et à moyenne température (20-25°C),

produits de peche, rapport intermédiaire. Benin: Projet d'Appui Au Secteur Privé (PASP). P: 10-12.

[115]- BOURGEOIS C.M.et **LEVEAU J.Y.** (1991). techniques d'analyse et de controle dans les industries agro-alimentaires (Vol. 3).éd. TEC & DOC - Lavoisier. Paris.P: 250 - 253, 267 **[116]- DELLARAS C.** (2007). Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyse ou de controle sanitaire, éd. Tec & Doc Lavoisier, Editions Médicales internationales. France.P : 231-235, 265,270,271.

[117]- CODEX ALIMENTARIUS *(2011).* Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires, trente -quatrième sessions Genève, Suisse.

[118]- EL RAMMOUZ R. (2005). Etude des changements biochimiquespost mortem dans le muscle des volailles– contribution au determinisme de l'amplitude de la diminution du pH, thèse doctorat, institut national polytechnique de Toulouse. P: 9.

[119]- MAQSOOD S. ET BENJAKUL S. (2011) Comparative studies on molecular changes and pro-oxidative activity of haemoglobin from different fish species as influenced by pH, *Food Chemistry* 124 875–883, Thailand.

[120]- FRENOT M.et **VIERLING É.** (2001). Biochimie des aliments: diététique du sujet bien portant, Biosciences et techniques. Éd. Doin, 297 pages.

[121]- PRATO E. et **BIANDOLINO F.** (2012). Total lipid content and fatty acid composition of commercially important fish species from the Mediterranean, Mar Grande Sea. *Food Chemistry* 13 :1233–1239, éd. ELSEVIER, Taranto, Italy.

[122]- HINARD G. (1923). Etude sur la valeur alimentaire du poisson la mer, notes et mémoires N° 28. Edition office· scientifique et technique des pêches maritimes. Paris. P : 11 ,13,22.

[123]- DALMAN Ö., DEMIRAK A. et **BALCI A.** (2006). Determination of heavy metals (Cd, Pb) and trace elements (Cu, Zn) in sediments and fish of the Southeastern Aegean Sea (Turkey) by atomic absorption spectrometry. *Food Chemistry, (Volume 95), Issue 1* : 157–162.

[124]- CHIFFOLEAU J.-F. (1994). Le chrome en milieu marin. reperes océan n° 8, ifremer. p: 37.

[125]- BAARS A.J., THEELEN R.M.C., JANSSEN P.J.C.M., HESSE J.M., VAN APELDOORN M.E., MEIJERINK M.C.M., VERDAM L. et **ZEILMAKER M.J.** (2001). Re-evaluation of human toxicological maximum permissible risk levels. RIVM, Rijsinstituut voor volksgezondheid en milieu. Report 711 701 025.

[126]- ORELL, A; NAVARRO, C.A.; ARANCIBIA, R; MOBAREC, J.C. et **JEREZ, C.A.** (2010). Life in blue: Copper resistance mechanisms of bacteria and Archaea used in industrial biomining of minerals ,*Biotechnology Advances* 28 (6): 839-848.

[127]- M.E. PALM-ESPLING, M.S. NIEMIEC, P. WITTUNG-STAFSHEDE. (2012). Role of metal in folding and stability of copper proteins in vitro. *Biochimica et Biophysica Acta.*

[128]- TAPIERO H., TOWNSEND D.M. et TEW K.D.. (2003). Trace elements in human physiology and pathology. Copper. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 57, 386-398.

Laboratoire d'Analyses et de Recherches Vétérinaires B.P 474 Agadir, Département d'HIDAOA. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II Rabat, Maroc. P : 342

[101]- KAMOUNE P. (1997).Appareils et méthodes en biochimie et biologie moléculaire, éd. Flammarion, Paris. P : 58.

[102]- AUDIGIE CI., FIGARELLA J. et **ZONSZAIN F.** (1984). Manipulation d'analyse biochimique, (1ére édition), éd. Doin éditeurs. Paris. P : 3,9, 50.

[103]- DIAGNE GNING R., DOSSOU N., GUIRO A.T., NDONG M. et WADE S. (2007). Valeur nutritionnelle du *Moringa oleifera*, étude de la biodisponibilité du fer, effet de l'enrichissement de divers plats traditionnels senegalais avec la poudre des feuilles. African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development, (Vol. 7, No. 3).

[104]- LINDEN G. (1981). Techniques d'analyses et de contrôle dans les industries agroalimentaires, (vol : 2), éd. Technique & documentation et APRIA, Paris .P : 24-30,410.

[105]- SHIBKO S., KOIVISTOINEN P., TRATNYEK C.A., NEWHALL A.R. et FRIEDMAN L. (1967). A method for sequential quantitative separation and determination of protein, RNA, DNA, lipid, and glycogen from a single rat liver homogenate or from a sub cellular fraction. Analytical Biochemistry, (Volume 19, Issue 3). P : 514-528.

[106]- GAVRILOVIE M., MAGINOT M-J., SCHWARTZ-GAVRILOVIE C. et WALLACH J. (1996). Manipulation d'analyse biochimique, (3ème édition), éd. Doin éditeurs, Paris. P : 124,171 -174.

[107]- AOUN M. (2009). Action du cadmium sur les plants de moutarde indienne [*Brassica juncea* (L.) Czern] néoformés à partir de couches cellulaires minces et issus de semis. Analyses physiologiques et rôle des polyamines, Thèse de doctorat, université de Bretagne occidentale, Bretagne .P : 43.

[108]- HAINQUE B. BAUDIN B. et LEFEBVRE P., (2008). Appareils et méthodes en biochimie et biologie moléculaire, éd. Flammarion, p : 122.

[109]- *WILSON K. et WALKER J. (1995). Principles and techniques of practical biochemistry, (4ème edition), éd. Cambridge University Press, Great Britain. P: 371-376.*

[110]- ROUESSAC F. et **ROUESSAC A.** (2004). Méthodes et techniques instrumentale moderne, (6ème édition), éd. Dunod, Paris .p:246.

[111]- SKOOG D.A., HOLLER F.J. et NIEMAN T.A. (2003). Principe d'analyse instrumentale, éd. De Boeck, Paris. P : 215.

[112]- PERE J-P. (1999). Technique spectroscopiques en biochimie analytique, éd. Centre régional de documentation pédagogique d'1quitaine, Bordeaux. P: 29, 32.

[113]- BOUMEHRES A. (2010). Étude comparative des techniques d'extraction des éléments traces métalliques dans le foie, le rein et le lait leur détermination par spectrophotométrie d'absorption atomique (flamme et four graphite), Thèse de Magister en médecine vétérinaire, option : hygiène alimentaire, université Mentouri de Constantine. P: 48

[114]- BOKOSSA I.Y. (2008). Renforcement des capacités de l'autorité compétente et des techneciens de laboratoire: harmonisaton des protocoles d'analyses microbiologiques sur les

[129]- TURAN C., DURAL M., OKSUZ A., ÖZTÜRK B. (2009). Levels of Heavy Metals in Some Commercial Fish Species Captured from the Black Sea and Mediterranean Coast of Turkey, éd. Springer Science+Business Media,N° 82:601–604.

[130]- R.A. ANDERSON. 1998. Chromium, Glucose Intolerance and Diabetes. *Journal of the American College of Nutrition.* 17 (6) : 548–555.

[131]- Needleman, H.L. 1984. The hazard to health of lead exposure at low dose, p 311-322. In : *Changing Metals Cycles and Human Health.* Nriagu, J.O. (ed.) Dahlem Konferenzen. Springer-Verlag, Berlin.

[132]- COSSA D., F. ELBAZ-POULICHET., M. GNASSIA-BARELLI., et M. ROMÉO. 1992. Le plomb en milieu marin. Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer IFREMER.

[133]- SIMKISS K., TAYLOR M. ET **MASON A.Z.** (1982). Metal detoxification and bioaccumulation in molluscs. *Marine Biology Letters*, 3: 187-201.

[134]- OMS. (2004). Guidelines for drinking-water quality. First addendum to third edition. World Health Organization. Geneva. 3rd

[135]- HAMZA-CHAFFAI A., ROMÉO M. et **EL ABED A.** (1996), Heavy Metals in Different Fishes from the Middle Eastern Coast of Tunisia,éd. Springer-Verlag New York Inc, Toxicol. N°56:766-773.

[136]- TEPE Y., TÜRKMEN M. et **TÜRKMEN A.** (2008) ,Assessment of heavy metals in two commercial fish species of four Turkish seas, 146:277–284.

[137]- BURGER J. et GOCHFELD M. (2005). Heavy metals in commercial fish in New Jersey, éd. ELSEVIER. N° 99 : 403–412.

[138]- DEMIREZEN D.et URUC K. (2006). Comparative study of trace elements in certain fish, meat and meat products, ,éd. ELSEVIER. Meat Science N° 74 : 255–260.

[139]- KALAY M. et AY Ö. CANLI M. (1999). Heavy Metal Concentrations in Fish Tissues from the Northeast Mediterranean Sea, éd. Springer-Verlag New York Inc. N° 63:673-681.

[140]- DHAINAUT-COURTOIS N., ARROUIJAL F.Z. et **DEMUYNCK S.** (1988). Effets biologiques de trois métaux lourds (chrome, nickel et plomb) sur ***Nereis diversiculor*** (Annélide polychète). Océanis, 14: 423-433.

[141]- HAGUENOER J.-M. ET **FURON D.** (1981). Toxicologie et hygiène industrielles. Tome 1. Les dérivés minéraux. Edition: technique et documentation, Paris, 2 13-238 p.

[142]- ELINDER C.G., KJELLSTROM T. et **LIND B.** (1978). Cadmium concentration in human liver, blood and bile: a comparison with a metabolic model. Environ. Res., 17: 236-241.

[143]- JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, N° 35, 27 mai 1998, aouel safar 1419. P : 14.

ANNEXES

Annexe I

Tableau 1 : Barème de cotation des poissons fixé dans le cadre de la communauté Européenne **[14, 15, 37]**

Objet d'examen		N° de la caractéristique	**Critères et cotes d'appréciation**			
			3	**2**	**1**	**0**
Peau	Couleur	I a	Pigmentation vive et chatoyante; pas de coloration	Pigmentation vive mais sans lustre	Pigmentation en vois de décoloration et terne	Pigmentation terne [1]
	Mucus	I b	Aqueux et transparent	Légèrement trouble	Laiteux	Opaque
Oeil	Forme	II a	Convexe (bombé)	Convexe et légèrement affaissé	Plat	Concave au centre [1]
	Cornée	II b	Transparente	Légèrement opalescente	Opalescente	Laiteuse
	Pupille	II c	Noire brillante	Noire ternie	Opaque	Grise
Branchies	Couleur	III a	Brillante	Moins colorées	Se décolorant	Jaunâtres [1]
	Mucus	III b	Pas de mucus	Traces légères de mucus clair	Opaque	Laiteux
Péritoine		IV	Adhérent totalement à la chair	Adhérent	Peu adhérent	Non adhérent [1]
Organes		V	Reins et résidus d'autres organes rouges brillant, de même que le sang à l'intérieur de l'aorte	Reins et résidus d'autres organes mal; sang se décolorant	Reins et résidus d'autres organes et sang rouge pâle	Reins et résidus d'autres organes, sang brunâtre [1]
Branchies, peau, cavité abdominale.		VI	Odeur d'algue marine	Ni algue, ni mauvaise	Légèrement aigre	Aigre [1]
Chair	Consistance	VII a	Ferme et élastique	Elasticité diminuée	Légèrement molle (flasque) élasticité diminuée	Molle (flasque) [1]
	Surface	VII b	lisse	lisse	Cireuse (veloutée) et ternie	Ecailles se détachant facilement, surface granuleuse
	Couleur	VII c	Bleuâtre, translucide, lisse et brillante, sans aucun changement coloration originale	Veloutée, cireuse, feutrée, couleur légèrement modifiée	Légèrement Opaque	Opaque [1]
Colonne vertébrale	Couleur	VIII a	Pas de coloration	Légèrement rose	Rose	Rouge [1]
	Adhérence à la chair	VIII b	Se brise eu lieu de se détacher	Adhérente	Peu adhérente	Non adhérente [1]

[1] ou dans un stade d'altération avancé.

Annexe II

1. Dosage des glucides

Tableau 1 : Réalisation de la gamme d'étalonnage des glucides

Tubes	1	2	3	4	5	6
Glucose (µl)	0	100	200	300	400	500
Eau distillée (µl)	500	400	300	200	100	0
Anthrone (ml)	4	4	4	4	4	4
Concentration des glucides (mg/ml)	0	0,2	0,4	0 ,6	0,8	1

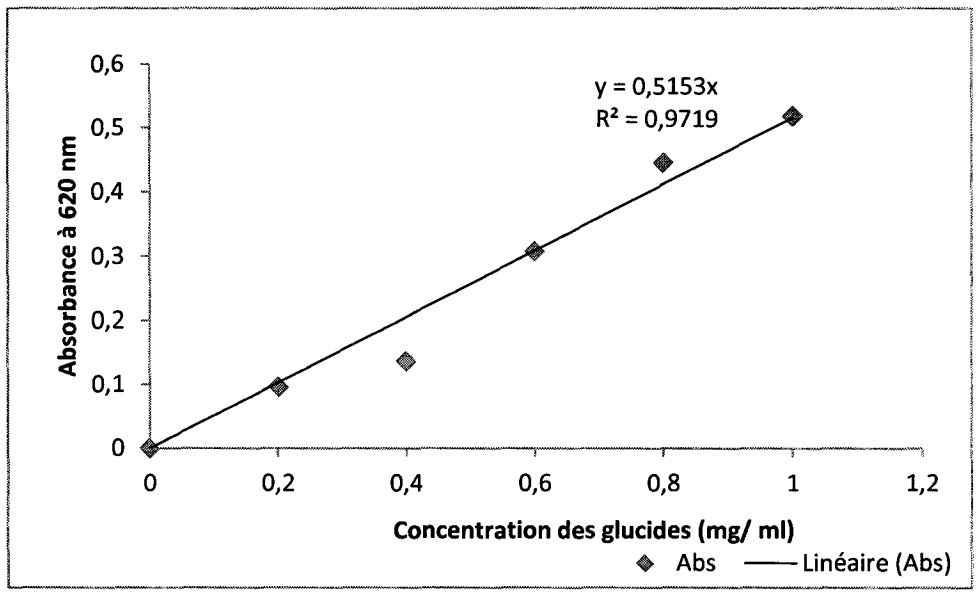


Figure 1 : Courbe d'étalonnage des Glucides

Tableau 2 : Concentrations des lipides des espèces étudiées

Ech.	Abs	[Glucides] mg/0,5 g	[Glucides] mg/1 g	[Glucides] mg /100 g
Merlan	0,023	$8,13.10^{-3}$	0,0162	1,62
Rouget	0,016	$5,66.10^{-3}$	0,0113	1,13
Bogue	0,019	$6,72.10^{-3}$	0.0134	1,34
Saourel	0,018	$6,37.10^{-3}$	0,0127	1,27

2. Dosage des protéines

Préparation du réactif

Pour préparer le réactif de Bradford, il faut dissoudre 100 mg de bleu brillant de Coomassie G250 dans 50 ml d'éthanol à 95% puis rajouter 100 ml d'acide ortho phosphorique à 85% et agiter pendant 4 heures sur plaque chauffante. Enfin, le volume est ajusté à 1L avec de l'eau distillée puis filtré et conservé à la température ambiante et à l'obscurité [106].

Tableau 3 : Réalisation de la gamme d'étalonnage des protéines [106].

Tubes	1	2	3	4	5	6
BSA (µl)	0	20	40	60	80	100
H2O (µl)	100	80	60	40	20	0
Réactif BBC (ml)	4	4	4	4	4	4
[BSA] (mg/ml)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1

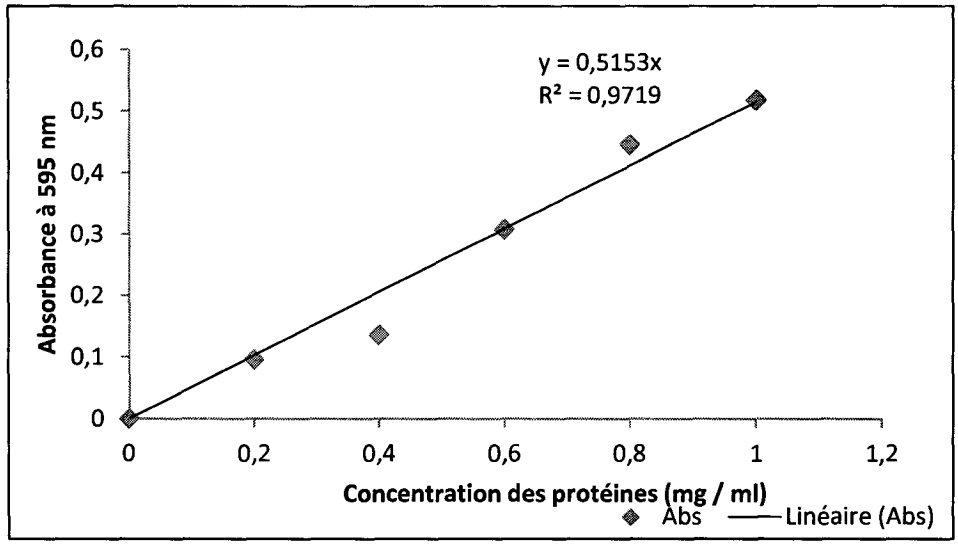


Figure 2 : Courbe d'étalonnage des protéines

Tableau 4 : Concentrations des protéines des espèces étudiées

Ech.	Abs	[Protéines] mg/ 0,5 g	[Protéines] mg /1 g	[Protéines] mg /100 g
Merlan	0,0747	0,145	0,290	29
Rouget	0,064	0,12	0,24	24
Bogue	0,071	0,13	0,26	26
Saourel	0,058	0,182	0,365	22,5

3. Dosage des lipides

Tableau 5 : Réalisation de la gamme d'étalonnage des lipides

Tubes	1	2	3	4	5	6
Solution mère de lipide (µl)	0	20	40	60	80	100
Ether/chloroforme (1V/ 1V) (µl)	100	80	60	40	20	0
Acide sulfurique (ml)	1	1	1	1	1	1
Réactif Sulfo-phospho-vanillique (ml)	2	2	2	2	2	2
Concentration des lipides (mg/ml)	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25

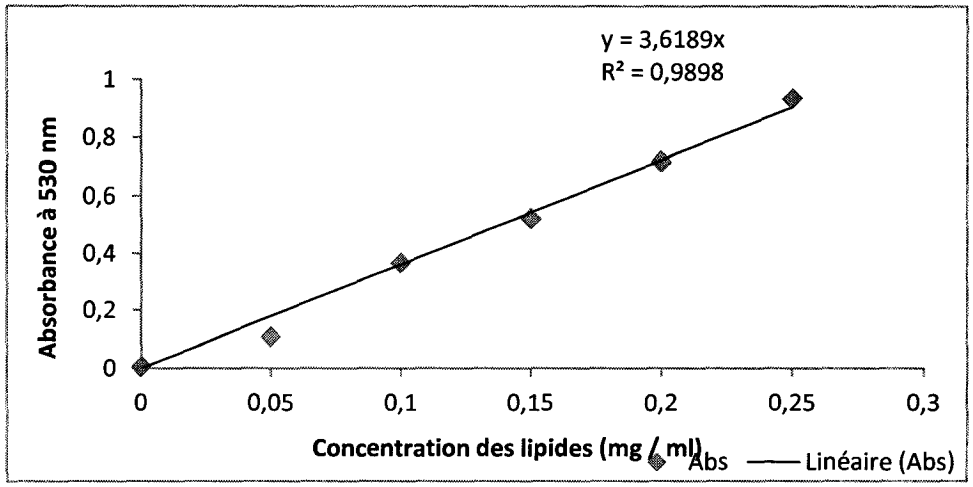


Figure 3 : Courbes d'étalonnage des lipides

Tableau 6: Concentration en lipides des espèces étudiés

Ech.	Abs	[Lipides] mg/ 0,5g	[Lipides] mg /1g	[Lipides] mg / 100g
Merlan	0,037	0,0105	0,021	2,1
Rouget	0,163	0,045	0,09	9
Bogue	0,082	0,0226	0,045	4,5
Saourel	0,240	0,065	0,130	13

Annexe III : Courbes d'étalonnage des métaux lourds

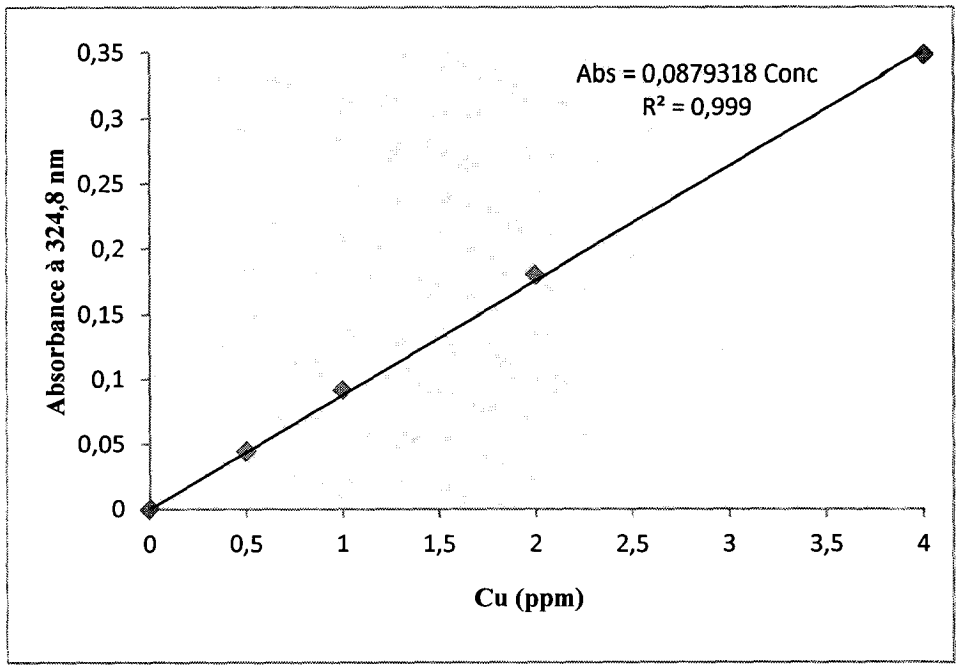


Figure 1 : Courbe d'étalonnage du cuivre

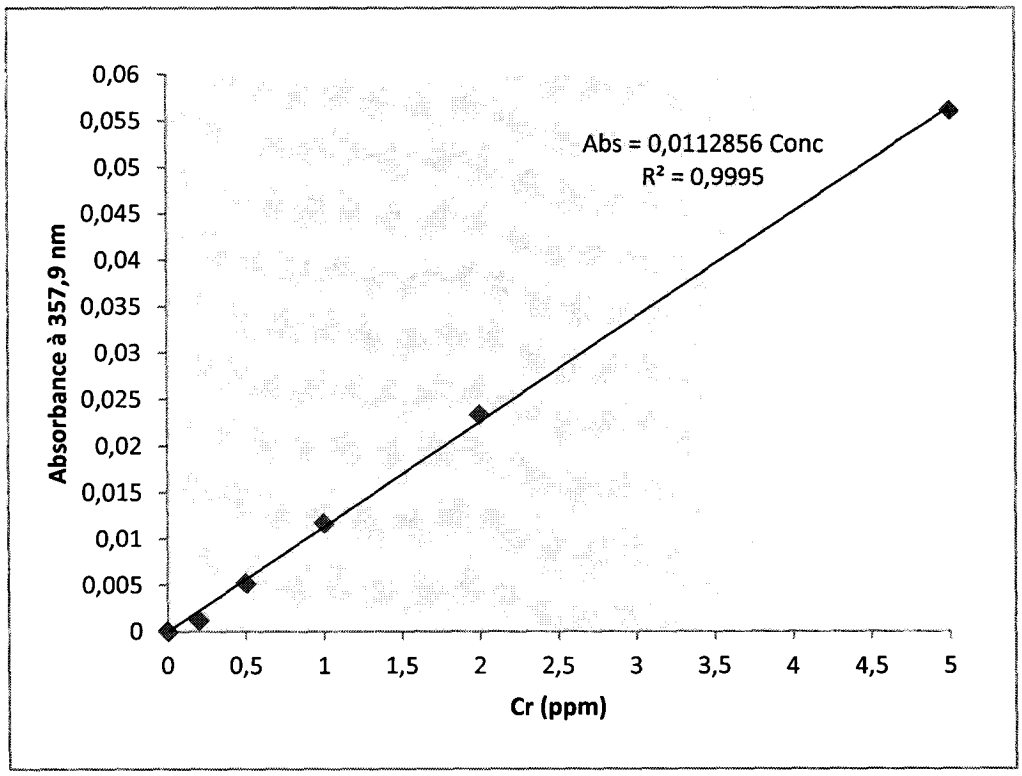


Figure 2 : Courbe d'étalonnage du chrome

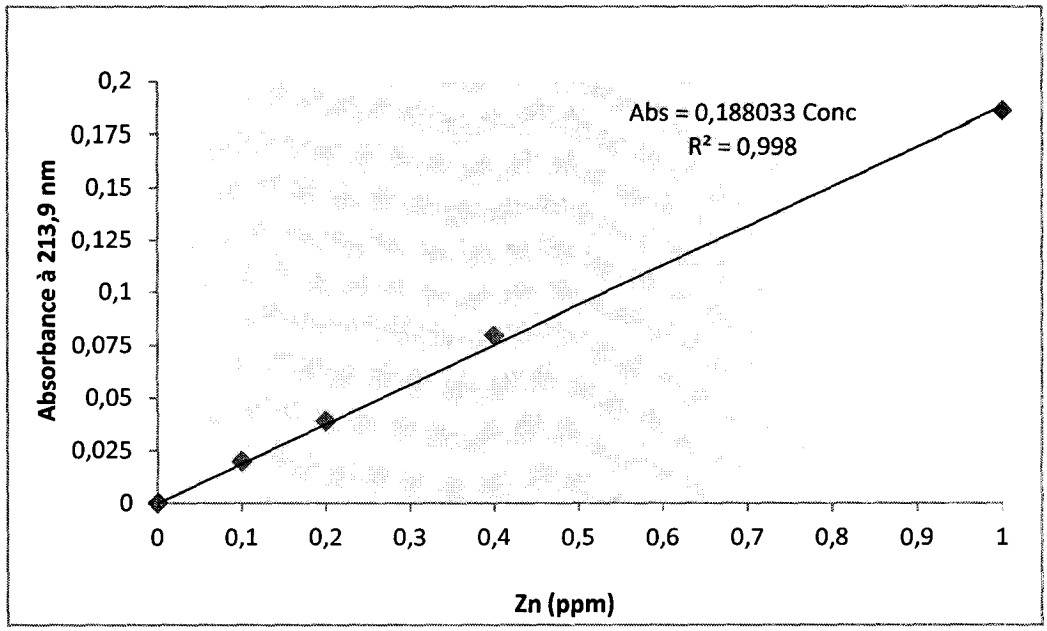


Figure 3 : Courbe d'étalonnage du zinc

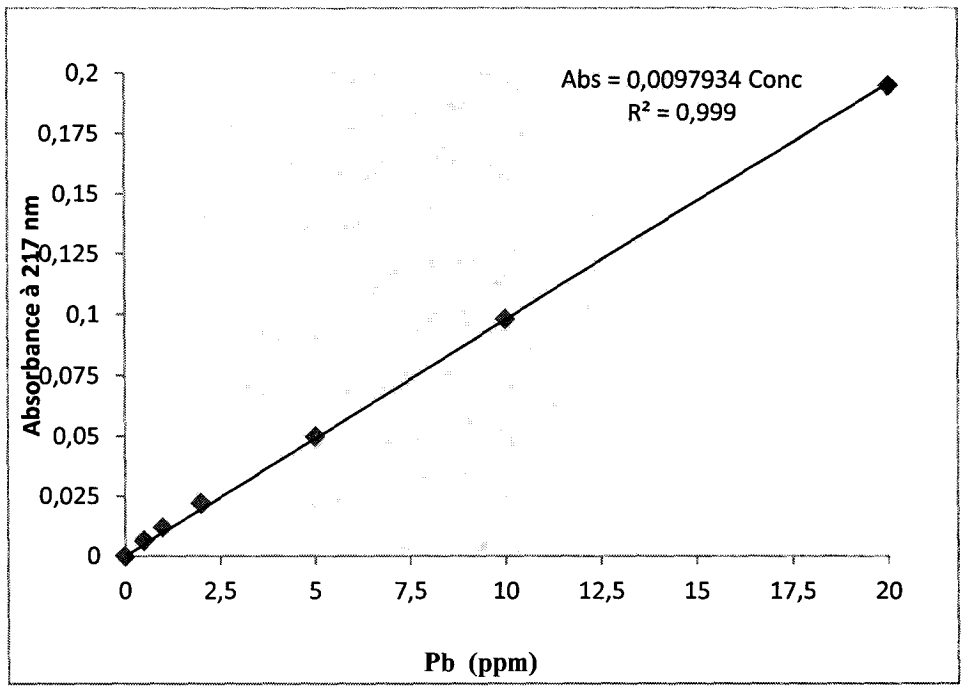


Figure 4 : Courbe d'étalonnage du plomb

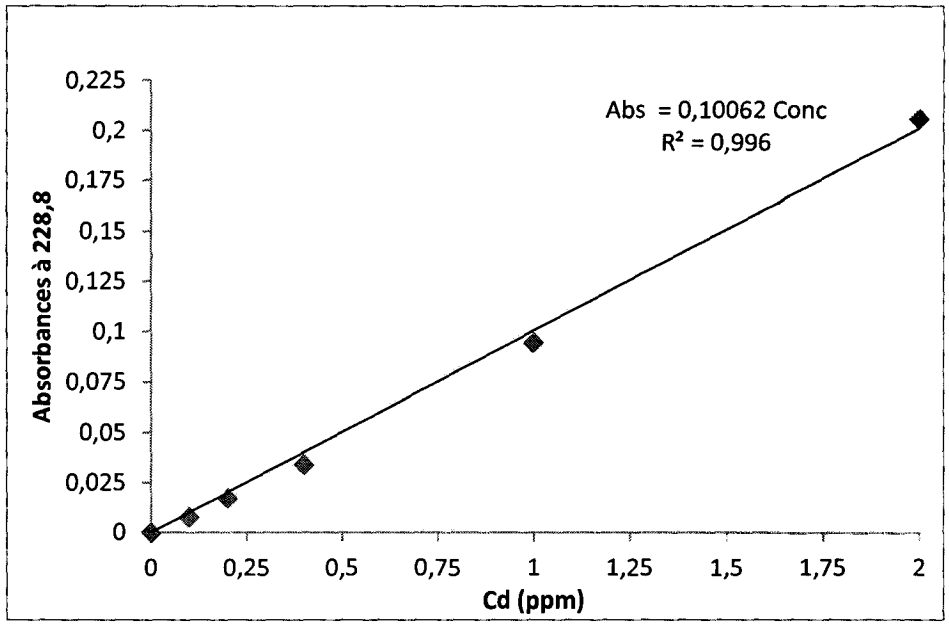


Figure 5: Courbe d'étalonnage du cadmium

Annexe IV: parameters biométriques

Tableau 1 : Mesures des paramètres biométriques

Paramètres Espèce		Taille (cm)		Poids (g)			IHS	IVS
		longueur	largeur	Poisson entier	foie	Viscère		
Rouget	X_1	16,7	3,4	52,59	0,84	3,50	0,016	0,066
	X_2	16,8	3,7	63,18	0,41	3,56	0,006	0,056
	X_3	17,4	4,1	72,65	0,95	5,47	0,013	0,075
Merlan	X_1	23	3,5	81,39	1,63	5,24	0,020	0,064
	X_2	21,4	3	59,54	1,01	2,67	0,017	0,044
	X_3	20,9	3,3	62,04	1,25	3,46	0,020	0,055
Saurel	X_1	20	4	73,39	6,78	4,76	0,092	0,064
	X_2	20,4	4,2	87,38	0,96	5,77	0,010	0,066
	X_3	20,2	4,2	76	0,85	4,72	0,011	0,062
Bogue	X_1	17,5	3,6	55,03	0,18	3,18	0,032	0,057
	X_2	20	3,8	72,67	0,81	8,57	0,011	0,11
	X_3	18,1	3,8	58,45	0,31	4,89	0,005	0,083

Annexe V: parameters phisiquo-chimiques

Tableau 1 : Mesure du pH et d'acidité

Espèce	pH		Acidité	
	Mesure	Moyenne	Mesure	Moyenne
Rouget	6,76	6,76	40	40
	6,76		40	
Merlan	7,10	7,08	40	40
	7,06		40	
Saurel	6,12	6,46	60	55
	6,81		50	
Bogue	7,04	7,00	30	35
	6,97		40	

Tableau 2 : Détermination de la teneur en eau

Espèce	Poids humide (g)	Poids sec (g)	Humidité (g)	% eau	% sec
Rouget	21,64	5,44	16,2	74,86	25,14
	19,69	5,01	14,68	74,55	25,45
Merlan	7,58	1,54	6,04	79,68	20,32
	4,57	0,92	3,65	76,84	23,16
Saourel	19,21	5,43	13,78	71,73	28,27
	21,03	5,32	15,71	74,70	25,30
Bogue	19,09	4,5	14,59	76,42	23,58
	17,7	4,12	13,58	76,72	23,28

Tableau 3 : Détermination de La teneur en cendres

Espèce	Pois humide (g)	Pois sec (poudre) (g)	Cendre (g) dans 1g de la poudre	Cendre (%)
Rouget	20	3,7	0,06	1,11
	20	3,7	0,07	1,29
Merlan	15	3	0,07	1,40
	15	3	0,07	1,4
Saourel	20	4	0,07	1,40
	20	4	0,08	1,60
Bogue	20	3,7	0,08	1,48
	20	3,7	0,09	1,66

Annexe VI : Analyses microbiologiques

1- Composition des milieux de cultures

- *Bouillon au sélénite* (SFB) (g / l d'eau distillée) **[115]**.

Peptone de viande.....5
Lactose 4
Sélénite de sodium.....4
Phosphate dipotassique.....3, 5
Phosphate monopotassique.....6,5

- *Gélose Hecktoen* (g/l d'eau purifiée) **[115, 116].**

Peptone de viande (bovin ou porcin).....12
Extrait de levure.....3
Sels biliaires (bovin ou ovin).....9
Lactose (bovin).....12
Saccharose.....12
Salicine.....2
Chlorure de sodium.....5
Hyposulfite de sodium.....5
Citrate de fer ammonical.....1,5
Bleu de bromothymol.....0,064
Fuchsine acide.....0,040
Agar 13,5

- *Gélose viande foie (g/l d'eau distillée)* **[115]**.

Base viande – foie.....30
Glucose.....2
Amidon 2
Sulfite de sodium 2,5
Sels de fer 0,5
Agar 11

- *Gélose VRBL* **[115]**.

Peptone.....7
Extrait de levure.....5
Sels biliaires.....1,5
Lactose..... 10
Chlorure de sodium 5
Agar 11
Rouge neutre.....0,03
Cristal violet.....0,002

- *Milieu de Rothe* **[115]**.

Peptone.....20
Glucose.....5

Chlorure de sodium.....5
Phosphtebipotassique.....2,7
Phosphate monopotassique.....2,7
Azothydrate de sodium.....0,2

- *Milieu de Litsky* **[115]**.

Peptone.....20
Glucose.....5
Chlorure de sodium.....5.
Phosphate bipotassique.....2,7....
Phosphate monopotassique.....2,7
Azothydrate de sodium.....0,3
Ethyl – violet.....0,0005

2- **Résultats d'analyses microbiologiques**

Date: 5 mai 2012

	FTAM			
	Boite 1	**Boit 2**	**Boite 3**	**Boite 4**
Mullus barbatus	93	85	95	Tapis (exclue)
Merlingius merlingus	76	73	69	70
Trachurus trachurus	87	76	71	82
Boops boops	73	87	92	Tapis (exclue)
	Coliformes totaux		**Coliformes thermo-tolérants**	
	Boite 1	**Boite 2**	**Boite 1**	**Boite 2**
Mullus barbatus	53	47	-	-
Merlingius merlingus	41	35	-	-
Trachurus trachurus	38	42	-	-
Boops boops	41	53	-	-
	Anaérobies sulfito-réducteurs		***Clostridium perfringens***	
	Tube 1	**Tube 2**	**Tube 1**	**Tube 2**
Mullus barbatus	-	-	-	-
Merlingius merlingus	-	-	-	-
Trachurus trachurus	-	-	-	-
Boops boops	-	-	-	-

	salmonelles	
	Enrichissement (SFB)	**Isolement (Hecktœn)**
Mullus barbatus	Trouble	Colonies de couleur saumon généralement sans centre noir.
Merlingius merlingus	Trouble	Colonies rouges saumon sans centre noir.
Trachurus trachurus	Trouble	Colonies de couleur saumon sans ou avec centre noir.
Boops boops	Trouble	Colonies saumon généralement sans centre noir.

	Streptocoques fécaux	
	Milieu de Rothe	**Milieu Eva Litsky**
Mullus barbatus	Trouble dans les 3 tubes D/C + un tube S/C (10^{-2})	-
Merlingius merlingus	Trouble dans les 3 tubes D/C	-
Trachurus trachurus	Trouble dans les 3 tubes D/C + 2 tubes S/C (10^{-2})	-
Boops boops	Trouble dans les 3 tubes D/C + un tube S/C (10^{-2}) + un tube S/C (10^{-3})	-

- : pas du croissance.

Date : 13 mai 2012

	FTAM			
	Boite 1	**Boit 2**	**Boite 3**	**Boite 4**
Mullus barbatus	82	97	91	9,2
Merlingius merlingus	68	84	7,3	87
Trachurus trachurus	95	9	Tapis (exclue)	9,7
Boops boops	68	81	73	78
	Coliformes totaux		**Coliformes thermo-tolérants**	
	Boite 1	**Boite 2**	**Boite 1**	**Boite 2**
Mullus barbatus	58	54	-	-
Merlingius merlingus	39	41	-	-
Trachurus trachurus	54	50	-	-
Boops boops	40	38	-	-
	Anaérobies sulfito-réducteurs		***Clostridium perfringens***	
	Tube 1	**Tube 2**	**Tube 1**	**Tube 2**
Mullus barbatus	-	-	-	-
Merlingius merlingus	-	-	-	-
Trachurus trachurus	-	-	-	-
Boops boops	-	-	-	-

	salmonelles	
	Enrichissement (SFB)	**Isolement (Hecktœn)**
Mullus barbatus	Trouble	Colonies de couleur saumon généralement sans centre noir.
Merlingius merlingus	Trouble	Colonies rouges saumon sans centre noir.
Trachurus trachurus	Trouble	Colonies de couleur saumon sans centre noir.
Boops boops	Trouble	Colonies saumon généralement sans centre noir.

	Streptocoques fécaux	
	Milieu de Rothe	**Milieu Eva Litsky**
Mullus barbatus	Trouble dans les 3 tubes D/C + un tube S/C (10^{-2})	-
Merlingius merlingus	Trouble dans les 3 tubes D/C + un tube S/C (10^{2})	-
Trachurus trachurus	Trouble dans les 3 tubes D/C + 2 tubes S/C (10^{-2}) + un tube S/C (10-^{3})	-
Boops boops	Trouble dans les 3 tubes D/C + un tube S/C (10^{-2})	-

- : pas du croissance

Présenté par: BOULGHEB ROKIA
KAHLESSENANE SAIDA
MENDER ZINEB

Encadreur : Laib E.

Date de soutenance : 03 /07/2012

Contribution a un contrôle physico-chimique, biochimique et microbiologique de quatre espèces de poissons (*Mullus barbatus, Trachurus trachurus, Merlangius merlangus ,Boops boops)* écoulées sur le marché de Jijel

Nature du diplôme : Ingénieur d'Etat en Biologie : Option Contrôle de Qualité et Analyses

Résumé

Les poissons sont des aliments de bonne qualité nutritionnels parce que ce sont des bonnes sources des protéines et des acides gras insaturés (omega-3), qui réduisent le niveau de cholestérol et l'incidence des maladies cardiovasculaires. Cependant, le contenu des métaux lourds découverts dans quelques poissons le rend difficile d'établir clairement le rôle de la consommation de poisson à un régime sain.

Dans le présent travail, nous examinons les niveaux de la qualité chez quatre espèces de poissons disponibles sur la pêcherie de Jijel qui sont *Mullus barbatus, Trachurus trachurus*, *Merlagius merlangus* et *Boops boops.*

Les résultats obtenus au niveau de laboratoire montrent une qualité satisfaisante de la chair des poissons frais du point de vue microbiologique, physicochimique et chimique qui s'exprime par l'absence des germes pathogènes et des niveaux des métaux lourds étudiés (Zn, Cr, Cu, Cd et Pb) qui sont conformes aux normes nationales et internationales.

On peut constater que ces aliments sont sains et ne représentent pas un risque sur la santé du consommateur.

ots clés: qualité poissons frais, métaux lourds.

Abstract

The fish are nutritional food of good quality because they are good sources of proteins and unsaturated fatty-acids (Omega-3), which reduce the cholesterol level and the incidence of the cardiovascular diseases. However, the contents of the heavy metals discovered in some fish make it difficult to clearly establish the role of the fish consumption to a healthy mode.

In this work, we examine the levels of quality at four fish species available on the fisheries of Jijel which are *Mullus barbatus, Trachurus trachurus*, *Merlagius merlangus* and *Boops boops.*

The results obtained on the level of laboratory show a satisfactory quality of the flesh of fresh fish from the microbiological, physico-chemical and chemical point of view which is expressed by the absence of the pathogenic germs and the levels of studied heavy metals (Pb, Cd, Zn, Cr, and Cu) which are in conformity with the national standards and international.

We can note that this food is healthy and do not represent a risk on the health of the consumer.

Key words: quality, fresh fish, heavy metals.

ملخص

تعتبر الأسماك من أهم الأغذية و ذلك لأنها مصدر جيد للبروتينات و الأحماض الذهنية غير المشبعة التي تنقص من نسبة الكولسترول و تخفف من خطر الإصابة بالأمراض القلبية و لكن قدرة هذه الأسماك على تكديس المعادن الثقيلة تحد من استهلاكها في التغذية السليمة.

تطرقنا في هذا العمل إلى دراسة بعض معايير الجودة لدى أربعة أنواع من الأسماك الطازجة المتوفرة على مستوى مسمكة جيجل : *Boops boops*, *Merlangius merlangus*, *Trachurus trachurus* و *barbatus* Mulus,

أثبتت النتائج المتحصل عليها على مستوى المخبر، نوعية مرضية من الناحية الميكروبيولوجية, الفيزيوكميائية و الكميائية التي تتجسد في غياب البكتيريا الممرضة و مستويات مطابقة للمعايير المحلية و الدولية بالنسبة للمعادن الثقيلة المدروسة (الزنك, الكروم, النحاس, الكادميوم و الرصاص).

و بناءا على هذا يمكن القول بان هذه الأغذية سليمة و لا تشكل خطر على صحة المستهلك.