

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Jijel

Faculté des Sciences de la Nature
et de la Vie

Département de Microbiologie Appliquée
et de Sciences Alimentaires



علوم الطبيعة والحياة

M. C. 05/13

قسم الميكروبيولوجيا التطبيقية وعلوم التغذية

**Mémoire De Fin D'étude Pour L'obtention Du Diplôme
Master 2 en Biologie**

Option : Contrôle de Qualité des Produits Alimentaires

Intitulé

$\frac{2}{2}$

Contribution à l'étude de la qualité organoleptique et de quelques paramètres physicochimiques de quatre espèces de poissons disponibles à la pêche de Jijel.

Membre de jury :

Président : M^{me} Roula M.

Examineur : M^{lle} Akkouche Z.

Encadreur :

Laib E.



Présenté Par :

Zeroual Hassina

Zouaghi Wissem

Année universitaire : 2012-2013

Sommaire**Partie I : Synthèse Bibliographique**

Introduction.....	01
Chapitre I : Les poissons (Généralités)	02
I .1. Définition	02
I .2. Classification	02
I.2.1. Classification systématique	02
I.2.2. Autres classifications	02
I .3. Eléments d'anatomie	02
I.3.1. Le squelette	03
I.3.2. Les écailles	03
I.3.3. Les muscles	03
I.3.4. La peau	03
I.3.5. L'appareil digestif	03
I.3.6. Les Branchies	03
I.3.7. L'appareil respiratoire	04
I.3.8. L'appareil circulatoire	04
I.3.9. La vessie natatoire	04
I.3.10. Les reins et excrétion	04
I.4. Composition biochimique de la chair de poisson.....	04
I.4.1. L'eau	05
I.4.2. Les lipides	05
I.4.2.1. Les sites de dépôts lipidiques.....	06
I.4.2.2. La nature des lipides.....	06
I.4.3. Les protéines	07
I.4.4. les glucides	08
I.4.5. Vitamines et sels minéraux	08
I.4.5.1. Vitamines hydrosolubles.....	08
I.4.5.2. Vitamines liposolubles.....	09
I.5. Valeur nutritionnelle du poisson	09

I.6. Les méthodes de conservation des poissons	10
I.6.1. Salage	10
I.6.1.1. Salage par voie humide.....	10
I.6.1. 2. Salage à sec.....	10
I.6.2. Fumage du poisson	10
I.6.2.1. Fumage à froid.....	10
I.6.2.2. Fumage à chaud.....	10
I.6.3. Conservation des produits de la pêche par le froid.....	11
I.6.3.1. La réfrigération.....	11
I.6.3.2. La congélation.....	11
I.7. Évolution biochimique du muscle de poissons après la capture	11
1. <i>pre-rigor</i>	11
2. rigor-mortis	12
3. post-rigor ou phase de maturation	12
I.8. Contrôle et inspection des poissons	12
1. Détermination de l'espèce.....	13
2. Appréciation de la qualité marchande	13
3. Appréciation de l'état de fraîcheur	13
Chapitre II. Dégradation et contamination des poissons	14
II.1. Dégradation des poissons.....	14
II.1.1. Décomposition enzymatique des protéines	14
II.1.2. Oxydation	14
II.1.3. Action des bactéries	15
II.2. Contamination des poissons par les métaux lourds.....	15
II.2.1. Définition, propriétés, abondance et rôle des métaux lourds.....	15
II.2.2. Classification des métaux lourds.....	16
II.2.2.1. Les ETM essentiels.....	16
II.2.2.2. Les ETM non essentiels.....	16
II.2.3. Bioaccumulation des métaux lourds.....	16
II.3. les Métaux lourds étudiées.....	16

II.3.1.Cadmium.....	16
II.3.1.1. Définition.....	16
II.3.1.2. Accumulation.....	16
II.3.1.3. Toxicité	17
II.3.2. Plomb.....	17
II.3.2.1. Définition.....	17
II.3.2.2. Bioaccumulation.....	17
II.3.2.3. Toxicité.....	17
II.3.3. Chrome.....	18
II.3.3.1.Définition.....	18
II.3.3.1.2. Accumulation.....	18
II.3.3.3. Toxicité.....	18
II.3.4. Cuivre.....	18
II.3.4.1. Définition.....	18
II.3.4.2. Accumulation.....	19
II.3.3. Toxicité.....	19
II.3.5. Zinc (Zn).....	19
II.3.5.1. Définition.....	19
II.3.5.2. Accumulation.....	19
II.3.5.3. Toxicité.....	19
II.3. 6. Fer.....	19
II.3. 6.1. Définition.....	19
II.3. 6.2. Accumulation et toxicité.....	20
Chapitre III les espèces étudiées.....	21
III.1. La Sole (<i>Solea Solea</i>)	21
III.1.1. Classification systématique.....	21
III.1.2. Habitat et Biologie.....	21
III.1.3.Nourriture.....	21
III.1.4.Distribution	21
III.2. La sardine (<i>Sardina pilchardus</i>).....	22
III.2.1. Classification systématique.....	22

III.2.2. Habitat et Biologie.....	23
III.2.3. Nourriture.....	23
III.2.4. Distribution.....	23
III.3. Le Marbré (<i>Lithognathus mormyrus</i>).....	23
III.3.1. Classification systématique.....	23
III.3.2. Habitat et Biologie.....	23
III.3.3. Nourriture.....	23
III.3.4. Distribution	23
III.4. Le rouget (<i>Mullus barbatus</i>)	23
III.4.1. Classification systématique.....	23
III.4.2. Habitat et Biologie.....	23
III.4.3. Nourriture.....	23
III.4.4. Distribution	24
Partie II. Etude expérimental	
Chapitre IV : Matériel et méthodes	25
IV.1. Matériel.....	25
IV.1.1. Réactifs.....	25
IV.1.2. Appareillages.....	26
IV.1.3. Verreries.....	27
IV.1.4. Site d'étude... ..	27
IV.1.5. Échantillonnage	27
IV.2. Méthodes	27
IV.2.1. Analyse sensorielle.....	27
IV.2.2. Analyses physicochimiques du poisson.....	27
IV.2.2.1. Détermination du pH	27
IV.2.2.2. Détermination de l'acidité titrable	28
IV.2.2.3. Détermination de la teneur en eau (humidité) et la matière sèche	28
IV.2.2.4. Détermination de la teneur en cendres.....	29
IV.2.3. Analyse biochimique.....	29
IV.2.3.1. Extraction des constituants de la chair.....	29
IV.2.3.2. Dosage des glucides	29
IV.2.3.2.1. Principe.....	29

IV.2.3.2.2. Mode opératoire.....	29
IV.2.3.3. Dosage des protéines.....	30
IV.2.3.3.2. Dosage des protéines par la méthode de Bradford (1976).....	30
IV.2.3.3.2.1. Préparation du réactif.....	30
IV.2.3.3.2.2. Principe.....	30
IV.2.3.3.2.3. Mode opératoire.....	30
IV.2.3.4. Dosage des lipides.....	31
IV.2.3.4.1. La méthode de Gold Sworthy.....	31
IV.2.3.4.1.1. Principe.....	31
IV.2.3.4.1.2. Mode opératoire.....	31
IV.2.3.4.2. La Méthode de Soxhlet	31
IV.2.3.4.2.1. Principe.....	31
IV.2.3.4.2.2. Mode opératoire.....	31
IV.2.3.4.2.3. Expression des résultats	32
IV.2.4. Analyse chimique (Dosage des métaux lourds).....	32
IV.2.4.1. Principe.....	32
IV.2.4.2. Mode opératoire.....	32
IV.2.4.3. Dosage.....	33
IV.2.4.4. Expression des résultats.....	33
Chapitre V : Résultats et Discussion.....	34
V .1. Analyse organoleptiques.....	34
V.1.1. Indice de fraîcheur.....	34
IV.1.2. Caractéristiques biométriques des espèces étudiées.....	35
V.2. Analyse physico-chimique.....	37
V.2.1. pH.....	37
V.2.2. Acidité	38
V.2.3. Teneur en eau	38
V.2.4. Matière sèche	39
V.2.5. Teneur en cendres.....	40
V.3. Analyse Biochimique.....	41
V.3.1. Teneurs en glucides, protéines et lipides	41
V.3.1.1. Glucides	41

V.3.1.2. Protéines	42
V.3.1.3. Lipides	43
V.4. Analyse chimique.....	45
V.4.1. Métaux lourds de Toxicité importante.....	45
V.4.2. Métaux lourds essentiels.....	48
Conclusion.....	52

Liste des tableaux

Tableau I : Principaux composants des muscles de poisson.....	05
Tableau II : Composition comparée de la chair du poisson et du muscle squelettique de mammifère.....	05
Tableau III : Pourcentage d'acides aminés essentiels de différentes protéines.....	08
Tableau IV : La teneur de la chair des poissons en vitamines A, D, E, K.....	09
Tableau V : Quelques minéraux présents dans la chair de poisson.....	09
Tableau VI : classification systématique de la sole.....	23
Tableau VII : Classification (systématique) de la Sardine.....	24
Tableau VIII : Classification systématique du marbré.....	25
Tableau IX : Classification systématique du Rouget.....	26
Tableau X : Réalisation de la gamme d'étalonnage des glucides.....	31
Tableau XI : Réalisation de la gamme d'étalonnage des protéines.....	33
Tableau XII : Réalisation de la gamme d'étalonnage des lipides.....	34

Liste des Figures

Figure 1 : Anatomie et physiologie des poissons osseux.....	04
Figure 2 : <i>Solea Solea</i>	21
Figure 3 : <i>Sardina pilchardus</i>	22
Figure 4 : <i>Lithognathus mormyrus</i>	22
Figure 5 : <i>Mullus barbatus</i>	23
Figure 7 : les valeurs moyennes de l'indice de fraîcheur pour les quatre espèces de poissons étudiés.....	34
Figure 8 : les valeurs moyennes de la longueur, largeur et poids des quatre espèces de poissons.....	35
Figure 9 : Les valeurs moyennes du pH de la chair des quatre espèces de poissons	37
Figure 10 : les valeurs moyenne de l'acidité chez les quatre espèces de poissons <i>Lithognathus Mormyrus, Solea Solea, Sardina pilchardus</i> et <i>Mullus Barbatus</i>	38
Figure11 : les valeurs moyennes de la teneur en eau dans les quatre espèces de poissons exprimées en pourcentages	39
Figure 12 : Les valeurs moyennes de la teneur en matière sèche dans les quatre espèces étudiées exprimées en pourcentage.....	39
Figure 13 : les valeurs moyennes de la teneur en matière minérale (cendres) exprimées en % chez les quatre espèces des poissons	40
Figure 14 : les valeurs de la teneur en glucides, protéines et lipides dans les quatre espèces étudiées.....	41
Figure 15 : Les valeurs de la teneur en glucides chez les quatre espèces étudiées exprimées en pourcentage.....	42
Figure 16 : Les valeurs de la teneur en protéines chez les quatre espèces étudiées exprimées en pourcentage.....	43
3	
Figure 17 : Les valeurs de la teneur en lipides chez les quatre espèces étudiées exprimées en pourcentage.....	43
Figure 18 : les valeurs de la teneur en métaux lourds de toxicité importante (Cd, Cr, Pb) dans les quatre espèces de poissons.....	45
Figure 19 : les valeurs de la teneur en Cadmium dans les quatre espèces de poissons.....	46
Figure20 : les valeurs de la teneur en Plomb dans les quatre espèces de poissons.....	47
Figure 21 : les valeurs de la teneur en Chrome dans les quatre espèces de poissons	48
Figure 22 : les valeurs de la teneur en métaux lourds essentiels Cu, Zn et Fe dans les quatre espèces de poisson	49

Figure 23 : les valeurs de la teneur en Zinc dans les quatre espèces de poisson	49
Figure 24 : les valeurs de la teneur en Cuivre dans les quatre espèces de poisson	50
Figure 25 : les valeurs de la teneur en fer dans les quatre espèces de poisson	51

Abréviations

La liste des abréviations :

ADP	Adénosine diphosphate
AGPI	Acides gras polyinsaturés
ATP	Adénosine triphosphate
BBC	Bleu brillant de Coomassie
BSA	Albumine de sérum de bœuf
Cd	Cadmium
Cr	Chrome
Cu	Cuivre
DHA	Acide docosahexaénoïque
ETM	Éléments Traces Métalliques
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'agriculture et l'alimentation
Fe	Fer
HCl	Acide Chlorhydrique
HNO ₃	Acide Nitrique
NaOH	Hydroxyde de sodium
OMS	Organisation mondiale de la santé
Pb	Plomb
pH	Potentiel d'oxydoréduction
ppm	Partie par million
TCA	acide trichloroacétique
TMA	Triméthylamine
Zn	Zinc

Introduction

Sur le plan alimentaire (apport protéique), les produits de pêche contribuent de manière déterminante à la satisfaction des besoins alimentaires de la majorité de la population mondiale (**El Baraka, 2009**). Depuis toujours, les poissons jouent un rôle important dans l'alimentation des êtres humains, particulièrement des populations côtières (**Fredot, 2006**), du fait que le poisson est un excellent aliment d'une haute valeur nutritionnelle et biologique (**Trémolière et al., 1984 ; Khalalef, 1990 ; Morren, 1994**). 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 (**Anderson et Wiener, 1995 ; Daviglus et al., 2002 ; Patterson, 2002 ; Burger et Gochfeldb, 2005 ; Castro-Gonzalez et Méndez-Armenta, 2008**).

La chair du poisson est stérile si elle est consommée après la sortie de l'eau, car l'altération peut se faire plus ou moins rapide et inévitable dans le temps (**Boudjatit, 2005 ; Hadeff, 2005**). Donc, conserver les poissons frais a toujours été une nécessité, bien que différents procédés de conservation soient utilisés, mais aucun ne peut résoudre de façon satisfaisante les problèmes de conservation et de commercialisation posés par ces produits (**Kodo, 1990**).

Jijel présente, par son emplacement géographique stratégique dans le bassin méditerranéen, une potentialité importante en matière de stock halieutique du poisson (**Direction de la pêche**). Pour des raisons liées aux habitudes alimentaires de la population, on a examiné les niveaux des contaminants métalliques dans les quatre espèces de poissons frais généralement disponibles dans la pêcherie de Jijel (*Mullus barbatus*, *sardina pilchardus*, *Lithognathus mormyrus*, *Solea Solea*). on a évalué la qualité sensorielle (organoleptique) de ces aliments ensuite on a complété le travail par des analyses physicochimiques.

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 utilisés ;

La troisième partie sera consacrée aux résultats, interprétations et discussion.

En fin, une conclusion générale a été établie pour clôturer le travail.

Chapitre I : les poissons

I.1. Définition de poisson

Les poissons sont généralement définis comme des vertébrés aquatiques gnathostomes à sang froid, qui dispose d'arêtes et consomme l'oxygène de l'eau de mer en respirant au moyen de ses branchies et disposant de nageoires comprenant un nombre variable d'éléments, appelés rayons, qui en constituent l'armature (Grasse, 1976 ; Huss, 1999 ; Direction du développement rural, 2010).

I.2. Classifications des poissons

I.2.1. Classification systématique

Les vertébrés se subdivisent en deux sous embranchements :

- Les agnathostomes ou vertébrés sans mâchoires
- Les gnathostomes ou vertébrés à mâchoires.

I. 2.2. Autres classifications

Les poissons peuvent être classé différemment selon :

I. 2. 2.1. Leurs formes

- Les poissons ronds ;
- Les poissons longs ;
- Les poissons plats (Frenot et Vierling, 2001; Vierling, 2008).

I.2. 2. 2. Leur teneur en lipides

Là encore, trois catégories peuvent être formées :

- Les poissons gras : ils regroupent les poissons dont la chair contient plus de 10%.
- Les poissons semi gras: dont la teneur en lipides musculaires est compris entre 1 et 8%.
- Les poissons maigres : leurs muscles sont pauvres en lipides (moins de 1%) (Trémolières *et al.*, 1984; Darley, 1992 ; Ackman, 1994; Bertozzini, 2001 ; Véro, 2002 ; Mozaffarian *et al.*, 2005 ; Roudant et Lefranc, 2005 ; Jeanet *et al.*, 2007 ; Özogul et Özogul, 2007 ; Özogul *et al.*, 2007)

I.2.2. 3. Leur milieu d'origine

- Les poissons d'eau douce ;
- Les poissons d'eau de mer ;
- Les poissons d'eau mixte (Fredot, 2006).

I.2.2.4. La structure de squelette

Elle reflète leur date d'apparition sur la terre et leur filiation zoologique.

Ainsi on distingue :

- Les poissons cartilagineux qui sont les premiers à être apparus sur la terre, possèdent un squelette cartilagineux
- Les poissons osseux qui sont des poissons plus évolués, caractérisés par un squelette osseux (Périlleux, 1995 ; Véro, 2002).

I.3. Eléments d'anatomie

Les poissons sont bien adaptés pour la vie dans l'eau que l'homme pour une vie terrestre. Chaque milieu a ses exigences spéciales et les animaux qui y vivent doivent, pour suivre répondre à ces exigences. Du fait que l'eau est infiniment plus dense que l'air, les poissons doivent avoir un corps hydrodynamique pour se déplacer librement (**Limouzin, 1983**).

I.3.1. Le squelette

Le squelette interne osseux de la plupart des poissons se compose d'un crâne portant les mâchoires, d'une colonne vertébrale, des côtes et une série d'os qui soutiennent les nageoires. Les poissons cartilagineux ont un squelette interne constitué de cartilage imprégné de calcium (**Hadef, 2005 ; Saâdoune, 2005**).

I.3.2. Les écailles

Le corps de la plupart des poissons est couvert d'une couche d'écailles, qui sont des plaques osseuses ou cornées disposées en rangées chevauchantes (**Hadef, 2005 ; Saâdoune, 2005**) Chez certain nombre d'espèces les écailles sont épaisses et forment de véritables plaques osseuses (**Hadef, 2005**).

I.3.3. Les muscles

Les muscles constituent la partie la plus importante du point de vue alimentaire et la plus importante du poids : 35 à 65% du poids totale (**Biclet, 1997**).

Les muscles sont réparties en trois groupes: les muscles grands latéraux, les muscles rouges et les muscles des nageoires (**Boudjatit, 2005**).

I.3.4. La peau

La peau est constituée de deux couches. L'épiderme possède de nombreuses cellules qui secrètent continuellement du mucus. Celui-ci forme une couche muqueuse tout autour du corps et le protège des parasites, des mycoses et des substances toxiques. Effet secondaire agréable ; la couche muqueuse réduit le frottement de l'eau sur le corps du poisson et permet d'économiser ainsi beaucoup d'énergie lors de la nage. Sous l'épiderme se trouve le tissu sous-cutané. C'est dans celui-ci que se niche la couche pigmentaire déterminant la couleur et le camouflage du poisson (**Eschenauer et al., 2010**).

I.3.5. L'appareil digestif

L'appareil digestif du poisson comporte une bouche mené d'une ou plusieurs rangées de dents, un pharynx, un œsophage, un estomac et un intestin terminé par orifice anal (**Saâdoune, 2005**).

I.3.6. Les Branchies

Les branchies sont formées de deux groupes symétriques de 5 à 7 arcs sur lesquels s'insèrent, comme les dents d'un peigne, les lamelles conjonctives abondamment vasculaire et recouvertes d'un épithélium mince à travers lequel se font les échanges gazeux avec l'eau ambiante ; qui est généralement aspirée par la bouche, elle est refoulée à travers les arcs branchiaux dont les origine accolées fonctionnent comme une grille filtrante tous les impuretés restent fixées dans les mucus des branchies qui constituent de ce fait, un foyer de contaminations bactériennes (**Limouzin, 1983**).

I.3.7. L'appareil respiratoire

L'appareil respiratoire des poissons cartilagineux consiste en une série des fentes branchiales qui souvent de chaque cotés, et conduisent chacun à une branchie. Chez les poissons osseux, les branchies s'ouvrent de chaque coté dans une cavité unique recouverte par un os ; l'opercule, laissant une ouverture postérieure appelée couramment l'ouïe (Saâdoune, 2005).

I.3.8. L'appareil circulatoire

L'appareil circulatoire de la plupart 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 colonne vertébrale (Saâdoune, 2005). La vitesse de circulation du sang est moins élevée chez les poissons que les autres vertébrés (Limouzin, 1983).

I.3.9. La vessie natatoire

C'est une cavité qui s'ouvre en arrière de l'appareil digestif et se remplit d'oxygène et d'azote extrait du sang. La fonction principale de cet organe est d'adapter le poisson aux variations de la pression de l'eau à différentes profondeurs (Roula, 2009 ; Saâdoune, 2005).

I.3.10. Les reins et excrétion

Les reins sont deux masses allongées situées contre la colonne vertébrale, les urètres évacuant l'urine débouchent chez les téléostéens en arrières de l'anus (Corraze, 1995).

La figure ci-dessous montre l'anatomie et physiologie des poissons osseux.

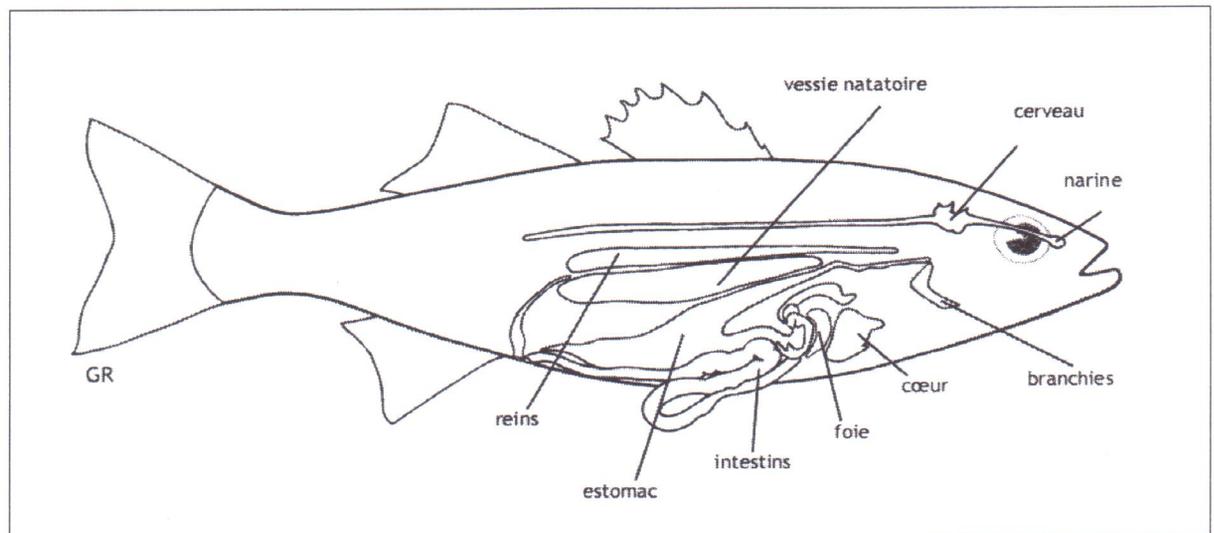


Figure 1 : Anatomie et physiologie des poissons osseux (Thurre et Kurth, 2005).

I.4. Composition biochimique de la chair de poisson

La composition globale dans la plupart des poissons est principalement de l'eau, des protéines et des lipides. Ces constituants représentent environ 98% et les autres constituants mineurs comprennent les glucides, les vitamines et les minéraux (Leduc, 2011). Cette composition varie considérablement d'une espèce et d'un individu à l'autre selon l'âge, le sexe, l'environnement et la saison, la génétique, la morphologie, la physiologie, le cycle et la maturité sexuelle, l'environnement, le régime alimentaire et même les manipulations subies à bord et débarquement (Trémolières *et al.*, 1984 ; Linden et Lorient, 1994 ; Saâdoune, 2005 ; Jeantet *et al.*, 2007).

Le muscle du poisson est un assemblage de tissu musculaire et de tissu conjonctif. Selon **Linden et Lorient (1994)**, le muscle est la partie la plus intéressante du poisson en tant qu'aliment.

Le Tableau I montre une variation normale et substantielle dans les composants des muscles du poisson.

Les valeurs maximales et minimales indiquées sont plutôt extrêmes et rarement atteintes.

Tableau I : Principaux composants des muscles de poisson (**Stansby, 1962 ; Love, 1970**).

Constituants	Poisson (filet)		
	Minimum	Intervalle normal	Maximum
Protéines %	6	16-21	28
Lipides %	0,1	0,2-25	67
Hydrates de carbone %	-	<0,5	-
Cendres %	0,4	1,2-1,5	1,5
Eau %	28	66-81	96

Le tableau II représente une comparaison de la composition de la chair du poisson et du muscle squelettique de mammifère.

Tableau II : Composition comparée de la chair du poisson et du muscle squelettique de mammifère (**Bacha, 1982 ; Watanabe, 1982 ; Ifremer, 1991 ; Kaushik, 1997 ; Jeantet et al., 2007**).

Type de poisson	Eau %	Protéines %	Lipides %	Glucides %	Cendres %
Poisson gras	68,6	20	10	0,0 3	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 des mammifères	65-72	20-23	4-15	0,5-1,0	1,0-1,3

I.4.1. L'eau

Le poisson se caractérise par une teneur en eau qui oscille entre 70 et 80% 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 (**Morren, 1994 ; Roudant et Lefrancq, 2005 ; Fredot, 2006**).

I.4.2. Les lipides

Les lipides sont la forme essentielle d'énergie des poissons car ils utilisent mal les glucides. Cependant, un apport excessif des lipides dans leur alimentation entraîne leur dépôt exagéré dans

leur chair (Sheridan, 1988 ; Bertozzini, 2001 ; Saâdoune, 2005 ; Fredot, 2006). Les lipides présents dans les espèces de poissons téléostéens peuvent être divisés en deux groupes principaux:

- **Les phospholipides** : constituent la structure intégrale des membranes des unités cellulaires et sont de ce fait appelés souvent lipides structuraux.
- **Les triglycérides** : sont des lipides utilisés pour entreposer l'énergie dans les dépôts de graisse, habituellement à l'intérieur de cellules grasses spéciales entourées d'une membrane de phospholipide et d'un réseau assez faible de collagène (Kozlova, 1998 ; Huss, 1999 ; Bertozzini, 2001 ; Fredot, 2006 ; Osman *et al.*, 2007 ; Jabeen et Chaudhry, 2011).

La teneur et la composition lipidique des poissons varient avec l'âge, le cycle sexuel, l'alimentation et les facteurs environnementaux tels que la température et la salinité d'eau (Corraze et Kaushik, 1999). 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 (Kodo, 1990 ; Roudaut et Lefrancq, 2005). 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 (Guillaume *et al.*, 1999).

Les lipides de poissons se distinguent des lipides d'autres animaux ou de végétaux par leur forte teneur en acides gras polyinsaturés (AGPI) de la série des omégas 3 (Kozlova, 1998 ; Huss, 1999 ; Bertozzini, 2001 ; Fredot, 2006 ; Osman *et al.*, 2007 ; Jabeen et Chaudhry, 2011) notamment les acides eicosapentaénoïque (EPA) et docosahexaénoïque (DHA), ces acides gras possèdent des propriétés nutritionnelles recherchées et sont impliqués dans la prévention des maladies cardiovasculaires, cancéreuses et inflammatoires (Kamel-Eldin et Yanishlieva, 2002).

I.4.2.1. Les sites de dépôts lipidiques

Chez le poisson ; il existe plusieurs sites de dépôts lipidiques dont les principaux sont le foie, le muscle, le tissu adipeux périviscéral et le tissu adipeux sous cutané (Sheridan, 1988).

Les poissons maigres stockent principalement la matière grasse dans le foie (40 à 70%) ; les muscles de ces poissons sont pauvres en lipides (5%) ; les muscles rouges de ces poissons contiennent environ deux fois plus de lipides que les muscles blancs (Sheridan, 1988)

les poissons gras stockent une forte quantité des lipides au niveau musculaire : la teneur la plus élevée se situe vers la tête et diminue vers la queue et inversement pour les poissons maigres, en effet, la part des lipides présente dans les muscles plus de 10% des lipides totaux, est supérieure à celle trouvée dans le foie ; les graisses sont la sous forme de globules gras extracellulaires dans les muscles et forment des couches sous la peau et dans la cavité abdominale (Corraze et Kaushik, 1999).

Les poissons à teneur en lipides intermédiaire sont généralement des poissons plats qui accumulent leurs graisses dans le foie mais aussi dans leurs muscles et dans d'autres tissus tels que le tissu adipeux périviscéral.

I.4.2.2. La nature des lipides

Les lipides des muscles des **poissons maigres** contiennent des triglycérides (35% des lipides totaux) et une forte proportion de phospholipides (65%) intimement associés aux protéines car constitutifs des membranes cellulaires.

Dans le groupe des **poissons gras**, Les lipides sont surtout constitués de lipides neutres, essentiellement des triglycérides. Les diglycérides et monoglycérides étant essentiellement issus de l'hydrolyse des triglycérides au sein du muscle sont présents en très faibles quantités.

Les lipides polaires, essentiellement des phospholipides, représentent de 10 à 20g/100g de lipides totaux. Ils jouent un rôle structural et fonctionnel dans les membranes cellulaires. Ils sont essentiellement représentés par la phosphatidyléthanolamine (plus de 30% des phospholipides totaux), et la phosphatidylcholine (plus de 30% des phospholipides totaux), et la phosphatidylcholine (plus de 50% des phospholipides totaux) (**Leduc, 2011**).

I.4.3. Les protéines

Le poisson est une excellente source de protéine de qualité requise pour la croissance et le bien-être normaux de corps. Récemment, cependant, d'autres effets bénéfiques passionnants ont été attribués à la consommation de poisson. Parmi le plus intéressant de ces derniers, le rapport établi entre la consommation de poisson et l'incidence des maladies cardiovasculaires (**Kotb et al., 1991**).

Les protéines des tissus musculaires du poisson peuvent être divisées en trois groupes:

➤ **Les protéines structurelles** (actine, myosine, tropomyosine et actomyosine), qui constituent de 70 à 80% de la teneur totale en protéines (comparée à 40% chez les mammifères). Ces protéines sont solubles dans des solutions salines de force ionique relativement élevée (0,5 M).

Les protéines structurelles constituent le système contractile responsable du mouvement des muscles. La composition en acides aminés est approximativement la même que pour les protéines correspondantes dans le muscle des mammifères bien que les propriétés physiques puissent être légèrement différentes.

➤ **Les protéines sarcoplasmiques** (myoalbumine, globuline et enzymes) qui sont solubles dans des solutions salines neutres de force ionique faible (< 0,15M). Cette fraction représente de 25 à 30% des protéines.

La majorité des protéines sarcoplasmique sont des enzymes participant au métabolisme de la cellule, comme la transformation anaérobie de l'énergie du glycogène en ATP. Ces protéines conviennent pour différencier entre espèces de poisson car chacune développe un profil électrophorétique caractéristique quand elle est séparée par électrophorèse. (**Leduc, 2011**).

Les protéines du poisson renferment tous les acides aminés essentiels et d'acides aminés soufrés (méthionine et cystéine) et peut par conséquent, améliorer de façon significative la valeur biologique dans des régimes basés essentiellement sur les céréales (**Sato et al., 1989**).

➤ **Les protéines du tissu conjonctif** (collagène) qui constituent environ 3% des protéines chez les téléostéens et environ 10% chez les élasmobranches (comparé à 17% chez les mammifères) (**Huss, 1988 ; Huss, 1999 ; Vierling, 2008**).

Le tableau III, présente le pourcentage des acides aminés essentiels de différentes protéines.

Tableau III: Pourcentage d'acides aminés essentiels de différentes protéines (Trémolières *et al.*, 1984 ; Dupin et Louis, 1992 ; Fernandez et Venkatrammann, 1993 ; Conner, 2000 ; Ismail , 2005 ; Mozaffarian, 2005 ; Özogul *et al.*, 2007).

Acide aminé	Poisson	Lait	Bœuf	Œuf
Lysine	8,8	8,1	9,3	6,8
Tryptophane	1,0	1,6	1,1	1,9
Histidine	2,0	2,6	3,8	2,2
Phénylalanine	3,9	5,3	4,5	5,4
Leucine	8,4	10,2	8,2	8,4
Isoleucine	6,0	7,2	5,2	7,1
Thréonine	4,6	4,4	4,2	5,5
Méthionine-Cystéine	4,0	4,3	2,9	3,3
Valine	6,0	7,6	5,0	8,1

I.4.4. Les glucides

La teneur en glucides dans le muscle du poisson est faible (Mendel *et al.*, 1954 ; Schulz *et al.*, 2005), ils peuvent être divisés en trois groupes : les sucres (mono- et disaccharides), les oligosaccharides (3 à 9 monosaccharides), et les polysaccharides (plus de 9) ; et est influencée par les conditions de capture, qui peut conduire à l'épuisement des réserves de glycogène et ainsi à une diminution du niveau de glucide.

Dans les conditions anoxiques post mortem, le glycogène continu d'être métabolisé, résultant de l'augmentation de l'acide lactique avec l'abaissement du pH.

I.4.5. Vitamines et sels minéraux

La teneur en vitamines et sels minéraux est spécifique aux espèces et peut, de plus, varier selon la saison.

De plus elle contient une assez grande quantité des vitamines hydrosolubles et liposolubles (Fredot, 2006 ; Vierling, 2008).

En général, la chair du poisson est une bonne source de vitamines B et également, dans le cas des espèces grasses, de vitamines A et D (Montera et Bourgeois, 2003).

I.4.5.1. Vitamines hydrosolubles

La vitamine C est peu présente dans les produits de la mer (Bacha, 1982). Le poisson est un aliment intéressant pour ses apports en vitamines B6, B12 et en biotine (Dupin *et al.*, 1992 ; Morren, 1994). Ces vitamines se retrouvent également en plus grande quantité dans certains organes (foie, cœur, rein) que dans les muscles (Kodo, 1990).

I.4.5.2. 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. 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 (Bacha, 1982 ; Bourgeois, 2003).

Le **Tableau IV** présente la teneur en vitamines A, D, E, K dans la chair des poissons.

Tableau IV : La teneur de la chair des poissons en vitamines A, D, E, K (Deupin, 1992; Bourgeois, 2003 ; Fredot, 2006 ; Vierling, 2008).

Vitamine	Teneur dans le poisson
Vitamine A	40 à 100 µg/100 g de la chair
Vitamine D	Plus de 5 µg/100 g de la chair
Vitamine E	< 2 mg/100 g Foie de poisson (1-30 mg/100 g)
Vitamine K	< 1 µg/100 g de la chair

I.4.5.3. les Sels minéraux :

En ce qui concerne les éléments minéraux, la chair du poisson est considérée comme une source appréciable de calcium et de phosphore en particulier mais également de fer, cuivre et sélénium. Les poissons d'eau de mer ont une forte teneur en iode. A cause de la variation naturelle de ces éléments, il est impossible de donner des chiffres exacts (Huss, 1999). Le tableau V présent quelques minéraux dans la chair de poisson.

Tableau V: Quelques minéraux présents dans la chair de poisson (Murray et Brut, 1969 ; Vierling, 2008 ; Jeantet et Defranc, 2012).

Elément	Moyenne (mg/100g)	Intervalle (mg/100g)
Sodium	72	30-134
Potassium	278	19-502
Calcium	79	19-881
Magnésium	38	4,5-452
Phosphore	190	68-550

I.5. 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 (Biclet, 1997 ; Connor, 2000 ; Glogowski et Ciereszko, 2001 ; Alasalvar *et al.*, 2002; Bourgeois, 2003; Etherton *et al.*, 2003 ; Holub et Holub, 2004 ;

I.6. Les méthodes de conservation des poissons

I.6.1. Le salage

Le salage, qui compte parmi les méthodes les plus anciennes de conservation du poisson, il est pratiqué traditionnellement dans de nombreuses régions du monde. C'est une technique très simple qui n'exige que du sel et parfois de l'eau (Tuara, 1999). En effet, à partir d'une telle conservation la plupart des bactéries pathogènes et de putréfaction sont totalement inhibés (Saâdoune, 2004). Il existe deux méthodes de salage :

I.6.1.1. Salage par voie humide

La méthode du salage par voie humide convient parfaitement aux poissons gras, en particulier les harengs et les sardines. Cette méthode consiste à plonger le poisson pendant un certain temps dans une solution d'eau et de sel appelée saumure. Il est recommandé de trancher en filets les poissons les plus gros (Trémolières *et al.* 1979 ; Tuara, 1999).

I.6.1.2. Salage à sec

Le poisson est salé, mais l'eau dégorgée par les poissons et la saumure s'écoule par des orifices pratiqués au bas des récipients. Il faut prévoir un volume de sel pour deux volumes de poisson. Les couches de poissons sont placées en alternance avec des couches de sel dans une caisse ou une clayette en bois dont les côtés sont percés ou fendus, ce qui permet l'écoulement des fluides de dégorgement. Le temps de salage varie entre trois jours et une semaine, en fonction de la nature et de la taille des poissons (Tuara, 1999).

Pour que le poisson sèche bien, il est recommandé de n'utiliser cette méthode que pour le salage des poissons maigres et en particulier les barracudas, les perroquets, les vivaneaux et les requins. Toutefois, si le salage ne s'effectue pas correctement, notamment si le poisson est de qualité médiocre et les quantités de sel insuffisantes, les produits peuvent se dégrader et être impropres à la consommation (Tuara, 1999).

I.6.2. Fumage du poisson

Le fumage est l'opération qui consiste à soumettre la viande ou les produits carnés à l'action directe ou indirecte des produits gazeux qui se dégagent lors de la combustion de certains végétaux (Tuara, 1999). Les poissons fumés et salés souvent conditionnés sous un mélange Na/NCO₂ (30% à 50% de CO₂) (Saâdoune, 2005 ; Knockaert, 2002). Il existe deux types de fumage :

I.6.2.1. Fumage à froid

C'est une technique de conservation traditionnelle pratiquée dans de nombreux pays nordiques et de l'Europe (Knockaert, 2002). La température « ambiante » de fumage est comprise entre 20°C et 25°C et ne doit excéder 28°C.

I.6.2.2. Fumage à chaud

Ce fumage permet de conserver les denrées alimentaires d'origine animale grâce à la cuisson, à la déshydratation et à l'action protectrice de la fumée. La température « ambiante » varie entre 60 °C et 120 °C (Gret, 1993). Il combine l'effet déshydratant de la chaleur aux actions de la fumée.

I.6.3. Conservation des produits de la pêche par le froid

I.6.3.1. La réfrigération

La réfrigération est une méthode de conservation du poisson pendant un temps très limité (deux semaines) selon les espèces et la contamination bactérienne au moment de la mise de glace (Trémolières *et al.*, 1984). Dont l'application du froid consiste à abaisser la température du produit en deçà de la limite de congélation et dans des conditions hygrométriques appropriées. La température de réfrigération se situe entre -1°C à $+4^{\circ}\text{C}$.

I.6.3.2. La congélation

La congélation est aussi une méthode de conservation du poisson pendant une longue période, dont l'application du froid consiste à abaisser la température du produit en dessous du point de solidification par changement d'état. La température de congélation est de -18° à -30°C .

I.7. Évolution 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 (Kodo, 1990). Ces altérations et changements affectent la qualité sensorielle et organoleptique des produits de la pêche. La conséquence en est une rapide altération des propriétés organoleptiques, une réduction de la valeur nutritive et la formation de substances toxiques (Kodo, 1990). L'altération qui commence dès la mort, est un processus complexe, mettant en jeu des phénomènes physiques, chimiques et bactériologiques (Bourgeois *et al.*, 1990).

Après la mort du poisson, plusieurs réactions entrent en jeu dans son système protéique musculaire. Les phénomènes d'apparition et de résolution de la rigidité cadavérique sont rapides et interviennent en moyenne respectivement 5 à 22 heures après la mort lors de l'entreposage immédiat à 0°C (Linden et Lorient, 1994). La chute du pH reste modérée pendant l'apparition du *rigor mortis*. D'après Cheftel et Cheftel, 1977, ceci s'expliquerait par les résistances qu'opposerait le poisson au moment de la capture. Car les réserves en glycogène diminueraient de façon proportionnelle à la résistance qu'oppose le poisson à la capture (plus il est résistant plus élevée est la perte en glycogène). Cet abaissement de pH est généralement de 7.0 à 6.5-6.0 dans le cas des poissons maigres et de 6.0 à 5.6 dans le muscle brun des poissons gras (Linden et Lorient, 1994). A ces pH, le poisson n'est pas à l'abri de la prolifération microbienne et des activités enzymatiques (protéases, lipases). Pour cela, le poisson doit être immédiatement réfrigéré après sa mort et conservé.

La transformation du muscle en viande se déroule selon 3 phases (Knockaärt, 2009) :

1. La phase *pre-rigor*

Après la mort de l'animal, l'arrêt de la circulation sanguine qui en cessant l'apport d'oxygène, provoque une chute du potentiel redox et crée un milieu propice à l'anaérobiose (Trémolières *et al.*, 1984 ; khelalef, 1990). La dégradation du glycogène musculaire grâce à l'ATP disponible (reformé à partir de la phosphocréatine) (Kodo, 1990). 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 (Chéret, 2005).

2. La phase rigor-mortis

Elle est caractérisée par un durcissement des muscles et la perte de son extensibilité. La rigidité musculaire débute par la queue pour s'étendre à tout le corps, c'est la rigidité cadavérique ou rigor mortis (Kodo, 1990). Après une perte d'environ 60% de la créatine phosphate et une diminution des réserves d'AMP et de glycogène, le taux de resynthèse de l'ATP diminue. La déphosphorylation d'ATP ne peut plus être contrebalancée. Par ailleurs la glycolyse anaérobie transforme le glycogène en acide lactique abaissant ainsi le pH qui atteint des valeurs ultimes (6,2 à 6,5) (Davis, 1995).

Cette abaisse de pH a pour effet d'inhiber certaines enzymes dont notamment les phosphorylases mais maintiendrait l'activité protéolytique (Trémolière *et al.*, 1984 ; khelalef, 1990).

3. Phase de post-rigor ou phase de maturation

Les phénomènes conduisant à cette phase de maturation seraient dus essentiellement à des processus autolytiques. Les lysosomes libèrent à pH bas des protéases (actives à pH 5 à 5,5) qui peuvent être l'une des causes du ramollissement des muscles (Trémolière *et al.*, 1984 ; khelalef, 1990). Les cathepsines (issues des lysosomes) hydrolysent les fibres musculaires. C'est l'état de post-rigor qui se traduit par une flaccidité des tissus et un retour à l'aspect souple existant en pré-rigor (Kodo, 1990). Les membranes musculaires perdent leur sélectivité et ne s'opposent plus à la diffusion des enzymes lytiques tissulaires (et bactériennes); la baisse du pH ralentit (au moins au début) la prolifération microbienne.

Si le poisson a fourni de gros efforts lors de sa capture, il aura consommé la quasi-totalité de son glycogène musculaire. Il entrera rapidement en état de la rigidité cadavérique et y restera peu de temps. D'où une moins bonne conservation (Kodo, 1990).

Cette phase de maturation est très rapidement suivie par la phase d'autolyse et donc de purification (Jeantet *et al.*, 2007).

I.8. Contrôle et inspection des poissons

Les produits de la pêche sont classés parmi les denrées animales les plus délicates et les plus fragiles, ils sont le siège d'altération et de dégradation très rapide (Guide de bonnes pratiques d'hygiène et application de l'HACCP, 2010).

L'inspection du poisson a pour objet de garantir au consommateur un accès à du poisson et à des produits de la pêche sains et nutritifs. Ses principaux objectifs sont les suivants:

- 1- Déterminer si le poisson et les produits de la pêche sont manipulés et produits de manière hygiénique;
- 2- Déterminer si le poisson et les produits de la pêche peuvent ou pourront, après une transformation ultérieure, être consommés sans danger ;
- 3- Identifier des incidents prévisibles d'intoxication ou de lésions découlant de la consommation de poisson et de produits de la pêche.
- 4- améliorer la qualité sanitaire et assurer la salubrité des produits halieutiques frais et transformés ;
- 5- valoriser la matière première et assurer l'approvisionnement des unités de traitement des produits halieutiques en matière première salubre ;
- 6- réduire les pertes occasionnées par les produits de qualité non conforme ; renforcer la compétitivité des produits maritimes sur les marchés extérieurs et répondre aux exigences

Chapitre II : Dégradation et contamination des poissons

Les produits de la pêche sont classés parmi les denrées animales les plus délicates et les plus fragiles, se sont le siège d'altération et de dégradation très rapide.

II.1. Dégradation des poissons

La dégradation du poisson a pour origine trois processus destructeurs :

- Décomposition enzymatique;
- Oxydation;
- Action des bactéries (**Tuara, 1999**).

II.1.1. Décomposition enzymatique des protéines

Les enzymes sont de puissants composants biologiques. Ils sont présents dans les tissus de tous les êtres vivants et provoquent diverses réactions chimiques. Ils jouent un rôle important et contribuent notamment à la digestion des aliments, ainsi qu'au renouvellement cellulaire des tissus ou encore à la production d'énergie (**Tuara, 1999**). Chez les êtres vivants, l'organisme contrôle de près le comportement de ces enzymes. Cependant, ce contrôle cesse de s'exercer dès que la mort intervient. Les enzymes commencent alors à attaquer les tissus en fractionnant les composants principaux en unités plus petites, selon un processus identique à celui de la digestion. Les enzymes digestives du poisson détruisent la barrière intestinale et permettent la dissémination des germes présents (**Boude, 1994 ; Bourgeois et al., 1996**). Les microorganismes présents sont pour la plupart des psychrotrophes, parmi lesquels nombreux sont ceux qui produisent des enzymes protéolytiques et lipolytiques (**Bourgeois et Leveau, 1980**).

Par conséquent, la protéine hydrolysée en peptides puis en acides aminés. Ceux-ci sont ensuite métabolisés selon deux voies principales : la désamination conduisant à l'ammoniaque et à divers chaînes hydrocarbonées, et la décarboxylation conduisant à la formation d'amines souvent volatiles et responsables de l'odeur spécifique de putréfaction (**Boude, 1994 ; Bourgeois et al., 1996**), due à la présence des de *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 (**Bourgeois et al., 1996**). L'altération des poissons par la triméthylamine (TMA) issue de la réduction de l'oxyde de triméthylamine (TMAO) dans les poissons présent un aspect ou une odeur les rendant non commercialisables avant de devenir toxiques (**Dassie, 2006**). Il y a aussi des aminés toxiques peuvent être formées à partir d'acides aminés et en particulier l'histamine (**Galzy et Guiraud, 1980 ; Guiraud, 1998**).

II.1.2. Oxydation

Ce phénomène, appelé plus couramment rancissement, se produit lorsque l'oxygène de l'air réagit au contact des matières grasses contenues dans la chair du poisson (**Tuara, 1999 ; Fernandes, 2009**). Ce processus est complexe dans lequel intervient l'hydrolyse des esters d'acides gras (glycérides et phospholipides), l'oxydation cétonique, la formation de peroxydes et la dégradation de ces corps en composés divers tel que les cétones et les aldéhydes (**Bacha, 1982 ; Boude, 1994**). D'autre part, la fixation d'oxygène par les acides gras non saturé due à un goût acre et une odeur forte et désagréable, changements de la couleur et autres changements oxydants (**Tuara, 1999 ; Fernandes, 2009**). Les poissons pélagiques à chair grasse, comme les bonites, les chinchards ou les sardines, stockent des graisses dans leurs tissus et peuvent très vite

Rancir s'ils ne sont pas manipulés et stockés correctement. Les espèces démersales à chair blanche accumulent des graisses dans leur foie. Il convient donc de le retirer lors de l'éviscération (Tuara, 1999). La rancidité oxydante est connue pour réduire la qualité des poissons gras en particulier (Fernandes, 2009).

II.1.3. Action des bactéries

Normalement, la chair du poisson est stérile. Les régions contaminées sont le mucus qui recouvre la peau, les branchies et le tube digestif (Baross et Liston, 1970 ; Fernandes, 2009). Les bactéries qui se développent à la surface des poissons (sur la peau et dans les branchies) se comptent par millions. Elles sont également présentes dans leurs intestins. Un poisson vivant et en bonne santé utilise ses mécanismes de défense naturels pour se protéger contre les effets néfastes des bactéries. Toutefois, dès que le poisson meurt, ces mécanismes cessent de fonctionner et les bactéries peuvent alors attaquer les chairs et s'en nourrir, puis se reproduire par millions, provoquant ainsi la dégradation des tissus. Les bactéries pénètrent plus facilement les tissus si les procédures correctes de manipulation et d'entreposage ne sont pas respectées; notamment si la peau a été endommagée ou si l'éviscération est incomplète (Tuara, 1999).

D'une manière générale, on peut dénombrer 10^2 à 10^7 germes/cm² de peau et 10^3 à 10^9 germes/g de branchies ou intestins (Fernandes, 2009).

II.2. Contamination des poissons par les métaux lourds

Les métaux lourds représentent 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 en être fortement modifiée.

II.2.1. Définition, propriétés, abondance et rôle des métaux lourds

Le terme de «métaux lourds» est utilisé pour qualifier les éléments de densité supérieure à 5g/cm³, de numéro atomique élevé en générale supérieur à celui de Sodium (Z=11), et ayant une toxicologie reconnue (Pearson, 1963 ; Ferbes *et al.*, 1997 ; Stengel et Gelin, 1998 ; Melquiot, 2003 ; Cardon et Doussins, 2004 ; Le folche, 2004). Les métaux lourds sont des corps simples, solides à température ambiante (hormis le mercure), doués d'un éclat particulier (éclat métallique) bons conducteurs de la chaleur et de l'électricité, ayant des caractéristiques de dureté et de malléabilité. Ils sont abondamment utilisés par l'homme depuis l'antiquité (Pearson, 1963 ; Benedetto, 1997 ; Kalay *et al.*, 1999 ; Chiffolleau, 2001 ; Chatain, 2004 ; Casas, 2005). Ils sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, mais en général en quantité très faible (en concentration inférieure à 1% en moyenne); ils ne représentent que 0,6% du total des constituants minéraux de la croûte terrestre, alors que les éléments majeurs interviennent pour 99,4% (Martignon, 2007; Benedetto, 1997).

Dans la nature ils existent 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. 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 (Bliefert et Perrau, 2009).

II.2.2. Classification des métaux lourds

Du point de vue biologique, il est important de différencier les ETM qui sont essentiels à la vie de ceux qui ne le sont pas ou dont on ne connaît pas de propriétés vitales pour au moins une catégorie d'organismes (**Wuthrich, 2001 ; Bonnomet et Le Goff, 2004**).

II.2.2.1. Les ETM essentiels

Sont nécessaires au fonctionnement normal des plantes et animaux en participant à des réactions biochimiques dans l'organisme, ils sont appelés «oligo-éléments» (**Ablain, 2002 ; Grabowska et al., 2003**). Les métaux tels que le fer, le cuivre, le zinc et le manganèse, sont les métaux essentiels puisqu'ils jouent un rôle important dans les systèmes biologiques (**Matés et al., 1999 ; Genin et al., 2003 ; Türkmen et al., 2005**). Les métaux essentiels peuvent également produire des effets toxiques quand la prise en métal est excessivement élevée (**Matés et al., 1999 ; Genin et al., 2003 ; Türkmen et al., 2005**).

II.2.2.2. Les ETM non essentiels

Puisqu'ils ne subissent pas de dégradation biologique ou chimique (**Tresson, 2006**), ils peuvent de ce fait affecter la salubrité du milieu marin en s'accumulant dans les différents maillons des chaînes trophiques à des concentrations toxiques dans les organismes marins (**Bleifert, 2008 ; Bleifert et Perrau, 2009 ; Merzouki et al., 2009 ; Boussen, 2010**). Ils perturbent souvent les processus métaboliques, même à l'état de traces, à l'exception de faibles doses tolérables; de tels ETM ont souvent un effet toxique par exemple Cd, Pb, Hg (**Bleifert et Perraud, 2009**).

II.2.3. Bioaccumulation des métaux lourds

La présence de quelques métaux lourds dans les environnements aquatiques et de leurs accumulations dans les poissons et dans les autres organisations a été étudiée pendant des années récentes (**Bassi et Sharma, 1993 ; Barbosa et al., 2000 ; Tüzen, 2003 ; Yilmaz, 2003**). 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 (**Ramade, 2000 ; Casas, 2005 ; Ramade, 2007 ; Bleifert, 2008**).

II.3. Les Métaux lourds étudiés

II.3.1. Cadmium

II.3.1.1. Définition

Le cadmium (Cd), élément naturellement présent à l'état de traces dans l'écorce terrestre, est avant tout un sous-produit de la métallurgie du zinc et du plomb (**Boudergue et Hattenberger, 2010**).

II.3.1.2. Accumulation

Chez le poisson, le cadmium s'accumule principalement dans les viscères (intestin, foie et rein) et très peu dans le muscle (2 à 6% du cadmium ingéré) (**Frank et al., 1992 ; Boudergue et Hattenberger, 2010**).

II.3.1.3. Toxicité

▪ Toxicité chronique

L'exposition chronique au cadmium peut provoquer des atteintes de la fonction rénale qui se caractérisent par une dégénérescence des tubules proximaux et une protéinurie (**Frank et al., 1992**).

▪ Toxicité aiguë

L'ingestion des dérivés inorganiques du cadmium provoque chez l'homme des troubles digestifs intenses, caractérisés par des douleurs abdominales, des diarrhées, des nausées et des vomissements (**Frank et al., 1992 ; Pillet, 2001**). Certains cas d'intoxications aiguës ont été observés à la suite de l'ingestion d'aliments ayant été en contact avec des récipients colorés par des pigments à base de cadmium (**Joris, 2005**).

L'insuffisance rénale est la conséquence des troubles hémodynamiques et d'un effet toxique direct sur les tubules rénaux. En cas d'intoxication massive, on observe un collapsus cardiovasculaire, une acidose métabolique intense et une coagulation de consommation entraînant la mort en quelques heures (**Pillet, 2001**).

II.3.2. Plomb

II.3.2.1. Définition

Le plomb (Pb) est un métal lourd naturellement présent dans l'environnement terrestre et aquatique. (**Boudergue et Hattenberger, 2010**). Il est le plus universellement répandu des métaux toxiques (**Frank et al., 1992**).

II.3.2.2. Bioaccumulation

Chez le poisson, le plomb s'accumule principalement dans les viscères (foie et rein), la peau et les os et pratiquement pas dans le muscle (**Frank et al., 1992 ; Boudergue et Hattenberger, 2010**). Après passage dans le compartiment systémique dans lequel il est lié à environ 95% aux protéines plasmatiques, le plomb se distribue uniformément dans l'organisme et s'accumule dans le foie, le rein, la rate, le cerveau, la moelle osseuse, mais aussi les os, les dents, les ongles et les cheveux.

Le plomb passe facilement le placenta. Le plomb peut être stocké dans les os pendant de nombreuses années puis être relargué dans l'organisme à l'occasion d'une grossesse, d'un allaitement, d'une hyperthyroïdie, d'une ostéoporose ou d'une fracture (**Boudergue et Hattenberger, 2010**).

II.2.3.3. Toxicité

Les animaux aquatiques, notamment les poissons et les invertébrés, absorbent directement le plomb à partir de l'eau et de leur nourriture (**Boudergue et Hattenberger, 2010**).

▪ Toxicité chronique

L'exposition chronique au plomb peut provoquer des effets toxiques neuro-comportementaux (baisse peu ou pas réversible des facultés cognitives surtout chez le jeune enfant âgé de moins de deux ans), des effets néphrotoxiques (insuffisance rénale chronique), des effets endocriniens (hypothyroïdie, diminution du nombre et de la qualité des spermatozoïdes, des dysfonctionnements ovulatoires, avortements et prématurité), une anémie hypochrome microcytaire régénérative et une hypertension artérielle qui n'est pas objectivée par toutes les études publiées (**Boudergue et Hattenberger, 2010**).

▪ Toxicité aiguë

L'intoxication aiguë au plomb se manifeste différemment selon qu'elle survient chez l'enfant ou chez l'adulte. Chez l'enfant, l'intoxication aiguë au plomb est caractérisée par l'anorexie, les vomissements, l'irritabilité et les troubles de comportements (**Laperche et al., 2004**).

Alors que chez l'adulte elle se manifeste cliniquement par un goût métallique, des douleurs abdominales et la consipation. ces symptômes se manifestent généralement lorsque la plombémie atteint 30 à 50 µg /dl (1,44 à 2, 4 mol/l) (**Casas, 2005**). L'intoxication aiguë au plomb est très rare dans les pays développés, mais elle se s'observe encore chez les travailleurs exposés à des fortes concentrations de plomb.

II.3.3. Le Chrome

II.3.3.1. Définition

Le chrome (Cr) est un élément bleuâtre-blanc, dur, fragile, brillant et résistant à la corrosion avec une masse volumique de 7,20 g/cm³ (**Jorhem, 2003**). Le chrome entre dans la composition d'aciers inoxydables, d'aciers spéciaux et d'alliages (**Leonard, 1990**). Il améliore la dureté des métaux et leur résistance à la corrosion (**Pichard, 2005**). Les composés minéraux sont des pigments pour peintures, des agents de mordantage e 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 (**Viala et Botta, 2005**).

II.3.3.2. Accumulation

Les organes où la concentration en chrome est la plus élevée sont le foie, les reins, la rate, les ovaires, les testicules et aussi les os (**Groschaude, 1999**).

III.3.3.3. Toxicité

Le Chrome est un cancérigène humain, provoquant des cancers pulmonaires chez les populations exposés; cet effet est généralement attribué au Chrome Hexavalent (Cr⁶⁺) qui est corrosif et insoluble dans l'eau. Il existe sous deux formes (trivalent et hexa valent). Cr est approximativement 100 fois plus toxique que les sels de Cr (**Noppe, 1996 ; Groschaude, 1999**). On a émis l'hypothèse que le Cr⁶⁺ qui est facilement capté par les cellules, est converti en Cr³⁺ à l'intérieur de la cellule.

▪ Toxicité chronique

Le Cr⁶⁺ est corrosif et cause des ulcérations des voies nasales et de la peau. Il induit aussi des réactions d'hypersensibilité cutanée et des muqueuses avec des atteintes de l'appareil respiratoire (Bronchite, asthme, cancers broncho- pulmonaires) avec d'ulcères de l'estomac (**Frank et al., 1992**).

▪ Toxicité aiguë

En intoxication aiguë, il provoque la nécrose des tubules rénaux et une inflammation massive du tube digestif (douleurs abdominales, diarrhées, hématuries) (**Frank et al., 1992**).

II.3.4. Le cuivre

II.3.4.1. Définition

Le cobalt, le cuivre et le Fer sont des éléments essentiels nécessaires au développement des érythrocytes. Le fer est un constituant de l'hémoglobine et le cuivre facilite l'utilisation du Fer dans la synthèse de l'hémoglobine. La déficience en l'un ou l'autre de ces métaux provoque une

anémie hypochrome et microcytaire. Le cobalt est un constituant de la vitamine B₁₂, nécessaire aussi au développement de l'érythrocyte ; sa déficience provoque de l'anémie pernicieuse (Frank *et al.*, 1992).

II.3.4.2. Accumulation

Le cuivre s'accumule dans le cerveau, le foie, le rein et la cornée, et les manifestations cliniques sont reliées aux perturbations locales (Frank *et al.*, 1992).

II.3.4.3. Toxicité

Le cuivre et les composés cupriques peuvent avoir une action toxique aiguë par inhalation, ingestion, voies cutanée et oculaire. Les sels de cuivre sont des agents particulièrement irritants. Les principales formes toxiques chez l'homme et l'animal sont les formes solubles du cuivre c'est-à-dire les sels du cuivre II (acétate, carbonate, chlorure, hydroxyde, nitrate, oxyde, oxychlorure et sulfate). Les cas d'intoxication aiguë par le cuivre sont rares chez les mammifères supérieurs, car le cuivre est un émétique puissant.

II.3.5. Le Zinc (Zn)

II.3.5.1. Définition

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 blessures, la reproduction et la fertilité, l'immunité et l'inflammation, la gustation et la vision, le fonctionnement cérébral, la protection contre le radicaux libres (El Morhit, 2012).

II.3.5.2. Accumulation

La bioaccumulation du Zinc, s'effectue principalement dans les viscères, seule une fraction passant dans le sang et dans la chair des poissons (Huchet, 2009).

II.3.5.3.3. Toxicité

La déficience en Zinc a de nombreux effets sur le système nerveux, le système hématopoïétique, la peau, le foie, l'œil, le testicule, etc (Frank *et al.*, 1992). Le Zinc est facilement excrété, et un apport excessif par voie orale a peu de chances de provoquer des effets toxiques.

▪ Toxicité aiguë

L'exposition professionnelle aux fumées de Zn₂O₃ et l'ingestion du zinc entraîne la fièvre des fondeurs, vomissement et d'autres irritations gastro-intestinales (France, 1992).

▪ Toxicité chronique

L'ingestion de Zinc se traduit par l'empoisonnement (France, 1992).

II.3.6. Le Fer

II.3.6.1. Définition

Le fer est un élément chimique, de symbole Fe et de numéro atomique 26. Le noyau de l'atome de fer 56 est l'isotope le plus stable de tous les éléments chimiques, car il possède l'énergie de liaison par nucléon la plus élevée. Le fer est ferromagnétique : les moments magnétiques des atomes s'alignent sous l'influence d'un champ magnétique extérieur et conservent leur nouvelle orientation après la disparition de ce champ (Salvarredy Aranguren, 2008). Lorsqu'on le

Laisse à l'air libre en présence d'humidité, il se corrode en formant de l'hématite Fe_2O_3 . L'hématite étant un matériau poreux, la réaction d'oxydation peut se propager jusqu'au cœur du métal. En solution, il présente deux valences principales :

- Fe^{2+} (le fer ferreux) qui présente une pale couleur verte;
- Fe^{3+} (le fer ferrique) qui possède une couleur rouille caractéristique.

II.3.6.2. Accumulation et toxicité

Le fer est essentiel pour la respiration cellulaire chez les animaux. Cependant, il s'accumule en grande quantité dans les poissons et leurs viscères (**El Morhit, 2012**), tandis que l'excès du Fe est toxique, agissant comme un catalyseur dans les réactions chimiques. Le Fe est un oligoélément pour les poissons téléostéens, qui est une partie intégrante dans les composantes impliquées dans le transfert de l'oxygène.

III. les espèces étudiées

III.1. La Sole (*Solea Solea*)

III.1.1. Classification systématique

Tableau VI : classification systématique de la sole (www.fishbase.org)

Nom commun	Sole	 <p>Figure 2: Solea Solea</p>
Nom scientifique	<i>Solea Solea</i>	
Classe	Actinoptérygiens	
Ordre	pleuronectiformes	
Famille	Soleidae	
Genre	<i>Solea</i>	
Espèce	<i>Solea</i>	

III.1.2. Habitat et Biologie

La sole est un poisson benthique (Vivant sur le fond), ayant pour préférence les fonds composés de sables fins, sables vaseux, ou vases. Elle supporte des variations de salinité importantes. On la rencontre donc toute l'année dans les estuaires. Les juvéniles sont particulièrement localisés dans les baies et les zones estuariennes (Rochette *et al.*, 2009; FAO, 2011).

III.1.3. Nourriture

La sole se nourrit principalement de vers, crustacés ou petits coquillages qu'elle chasse la nuit (Wessel, 2010).

III.1.4. Distribution

La sole commune présente une large aire de répartition qui s'étend du Sud de la Norvège au Sénégal en Atlantique Est; elle est également trouvée en Méditerranée, en Mer Noire et en Mer de Marmara. Espèce démersales côtière de fond sableux ou sablo-vaseux, elle est présente jusqu'à 200 m de profondeur. La sole est présente sur une zone allant des côtes nord-africaines jusqu'à la Mer d'Irlande et la Mer du Nord (CIEM), des franges côtières jusqu'à une profondeur d'environ 150m (Ben Hadj *et al.*, 2010).



III.2. La sardine (*Sardina pilchardus*)

Nom FAO: Fr - sardine; Ar – السردين

III.2.1. Classification systématique

Tableau VII : Classification systématique de la Sardine (www.fishbase.org)

Nom commun	Sardine	
Nom scientifique	<i>Sardina pilchardus</i>	
Classe	Actinopterygiens	
Ordre	Clupéiformes	
Famille	<u>Clupeidae</u>	
Genre	<i>Sardina</i>	
Espèce	<i>S. pilchardus</i>	

Figure 3 : *Sardina pilchardus*

III.2.3. Habitat et Biologie

Espèces littorales, former les écoles, habituellement aux profondeurs de 25 à 55 ou même 100 m par jour, atteignant 10 à 35 m la nuit (www.fishbase.org).

III.2.4. Nourriture

C'est un poisson pélagique se déplaçant dans des bancs très importants; se nourrit essentiellement de zooplancton (surtout de copépodes), les crustacés planctoniques, les œufs, de larves et alevins de poissons mais également de phytoplancton (Fredj et Quignard, 1984; Fischer *et al.*, 1987).

III.2.5. Distribution

Le nord-Atlantique : L'Islande (rare) et la Mer du Nord, au sud à Bay de Gorée, Sénégal. Méditerranéen (commun dans la partie occidentale et en Mer Adriatique, rare aux zones orientales), mer de Marmara et Mer Noire. (Whitehead, 1985; Eymard, 2003; Hellal, 2011).

III.3. Le Marbré (*Lithognathus mormyrus*)

Nom FAO: Fr - Marbré; Ar - منكوس ; local – Mankous

III.3.1. Classification systématique

Tableau VIII: Classification systématique du marbré (www.fishbase.org)

Nom commun	Marbré	
Nom scientifique	<i>Lithognathus mormyrus</i>	
Classe	Actinopterygiens	
Ordre	<u>Perciformes</u>	
Famille	<u>Sparidae</u>	
Genre	<i>Lithognathus</i>	
Espèce	<i>mormyrus</i>	

Figure 4: *Lithognathus mormyrus*

III.3.2. Habitat et Biologie

Poisson côtier des eaux chaudes et tempérées, il vit généralement sur les fonds sableux. Il peut aussi être rencontré à proximité des rochers recouverts d'algues ou des herbiers de posidonie, entre la surface et 80 m de profondeur. Il s'approche des côtes sablonneuses à la saison chaude où il peut être observé dans les zones plutôt agitées où viennent se briser les rouleaux. Il peut aussi être observé dans les estuaires, même s'il ne supporte pas de trop fortes dessalures. Excellent nageur, il se déplace rapidement (Ben Hadj *et al.*, 2010).

III.3.3. Nourriture

Il se nourrit généralement de poissons et de crustacés (Bradai, 2000; FAO, 2011). Les jeunes individus se nourrissent de petits bivalves Tellinidés, les adultes, de crustacés amphipodes, de cumacés, de décapodes, de mollusques, d'oursins et de polychètes (Harchouche *et al.*, 2005). Le marbré est un poisson de catégories des euryphages.

III.3.4. Distribution

Océan atlantique oriental : Golfe de Gascogne, détroit des mers de Gibraltar et méditerranéennes, noires, et d'Azov au cap du bon espoir, de l'Afrique du Sud et de la Manche de Mozambique. Également trouvé autour des Îles Canaries, le Cap Vert et la Madère est L'Océan Indien occidental : La Mer Rouge; la Mozambique méridionale au cap du bon espoir; non trouvé en Afrique de l'Est tropicale (Bauchot et Hureau, 1990; Antic *et al.*, 2010).

III.4. Le rouget (*Mullus barbatus*)

Nom FAO: Fr - Rouget de vase; Ar – عربي يبرع ; local - Trilla.

III.4.1. Classification systématique

Tableau IX: Classification systématique du Rouget (*Mullus barbatus* (Ben-Tuvia, 1990)

Nom commun	rouget barbet de vase	
Nom scientifique	<i>Mullus barbatus</i>	
Classe	Actinoptérygiens	
Ordre	Perciformes	
Famille	Mullidae	
Genre	<i>Mullus</i>	
Espèce	<i>barbatus</i>	

Figure 5: *Mullus barbatus*

III.4.2. Habitat et biologie

Poisson démersal qui se trouve sur les fonds sablo- vaseux (FAO, 1987; Darley et Daniel, 1992), à des profondeurs comprises entre 100 et 300 m et jusqu'à la profondeur de 328 (www.fishbase.org). Sa maturité sexuelle intervient vers l'âge de deux ans et fraie dans les eaux peu profondes (Seret, 1990). Subtropical; 58°N-14°N, 32°W-42°E.

III.1.4.3. Nourriture

Se nourrit surtout de petits invertébrés benthiques (crustacés, vers, échinodermes, mollusques,...) (Hureau, 1986; FAO, 1987) et arthropodes (Hureau, 1986; Fischer *et al.*, 1987). Les individus

adultes se nourrissent des poissons (petits merlans, anchois, harengs) et les petits sur crustacé (Fischer *et al.*, 1987).

III.4.3. Distribution

Le Rouget barbet (*Mullus barbatus*) se distribue le long des côtes européennes, africaines et des côtes méditerranéennes (Hureau, 1986; Chérif *et al.*, 2011). Océan atlantique oriental : Îles britanniques (de temps en temps Scandinavie) Dakar, au Sénégal, en Îles Canaries, méditerranéen et la Mer Noire. Également connu des Açores (www.fishbase.org).

IV.1. Matériel

IV.1.1. Réactifs et étalons

- Acide borique ;
- Acide chlorhydrique ;
- Acide nitrique ;
- Acide orthophosphorique (85 %) ;
- Acide sulfurique ;
- Anthrone ;
- Bleu brillant de coomassie (BBC) ;
- Bovin Sérum Albumin (BSA) ;
- Chloroforme ;
- Eau distillée ;
- Eau déminéralisée
- Eau physiologique ;
- Ethanol (95 %) ;
- Ether ;
- Huile de tournesol ;
- Phénolphtaléine
- Réactif sulfo-phospho-vanillique
- Sulfate de cuivre ;
- Sulfate d'ammonium ;
- 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 étalon de Fer de 1000 mg/l ;
- Solution de lavage, HNO_3 (0,2 % v/v) ;
- TCA (20 %) ;
- Tryptophane ;
- Vanilline ;

IV.1.2. Appareillages

- Agitateur magnétique et barreau
- Appareille de Soxhlet
- Appareille de Kjeldahl
- Balance analytique au mg
- Balance
- Bain de sable ;
- Bain-marie ;
- Burette ;

- Centrifugeuse ;
- Creusets en porcelaine
- Étuve à 105°C ;
- Four à moufle à 550°C pour la détermination des cendres ;
- Hotte pour se protéger contre les produits chimiques toxiques ;
- Les gants
- Mortier
- Papier de pesé ou nacelle de pesée
- pH-mètre ;
- Pompe sous vide pour la filtration ;
- Réfrigérateur pour conserver les préparations et les échantillons;
- Sac en plastique ;
- Spatule en plastique ;
- Spectrophotomètre pour la lecture des absorbances concernant les glucides, les lipides et les protéines ;
- Spectromètre d'absorption atomique avec flamme ;

IV.1.3.Verreries

- Auxiliaire de pipetage
- Ballons ou Erlen Meyer de 250ml précise de 0,05ml
- Bêchers
- Burette de 25ml jaugée
- Creusets en porcelaine
- Couteaux
- Eprouvettes (3 de 50ml, 250ml, 500ml et 3 de 1000ml)
- Flacons en plastique ou en verre étanche à bouchon vissé
- Fioles jaugées (25ml, 50ml, 100ml, 100ml, 500ml, et de 2000ml)
- Fioles à vide
- Micropipettes
- Paniers ou portoirs métalliques pour tubes à digestion et distillation
- Papier filtre Whatman n°1
- Planche à découper
- Pipettes (5ml, 20ml, 50ml)
- Pipettes Pasteurs en verre
- Pissette en matière plastique (à 1000ml)
- Poire en caoutchouc
- Pots
- Potences
- Tubes à essai
- Tube de polypropylène

IV.1.4. 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 Algérie, la zone côtière de Jijel est pourvue d'un plateau continental accidenté et peu étend traversé d'Ouest en Est par un courant permanent. Traditionnellement, le secteur des pêches constitue l'une des vocations de la wilaya, son apport l'économie locale, en matière de création de richesse, et d'emploi pouvant être prépondérant.

IV.1.5. Échantillonnage

Pour un examen approfondi, un échantillon représentatif est prélevé au hasard sur les contenus des caisses des poissons à partir de la pêcherie de Jijel en état de vendre, quatre pièces pour chaque espèce (sauf la sole qui n'était pas disponible la première fois).

▪ Technique de prélèvement et transport de l'échantillon

Le prélèvement est constitué par des éléments entiers. Les espèces choisies sont placées dans un emballage stérile (une glacière) puis transportés immédiatement au laboratoire de l'université.

IV.2. Méthodes

IV.2.1. Analyse sensorielle

L'évaluation sensorielle est définie comme la discipline scientifique utilisée pour évoquer, mesurer, analyser et interpréter les réactions aux caractéristiques des aliments perçues par les sens : la vue, l'odeur, le goût, le toucher et l'ouïe. Les techniques d'évaluation sensorielle constituent le meilleur moyen d'évaluer la fraîcheur ou la détérioration de la qualité d'un poisson frais. Elles se basent sur un examen visuel de 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 (Martinsdottir, 2002).

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

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 (Règlement (CE) n° 2406/96 du Conseil, 1996).

IV.2.2. Analyses physicochimiques du poisson

IV.2.2.1. Détermination de pH

IV.2.2.1.1. Principe

Le principe est basé sur la détermination de la quantité des ions hydronium (H⁺) dans une solution. Le pH est mesuré électroniquement au moyen d'un pH mètre à lecture directe AFNOR (NF V 04-408, Janvier 1968) en utilisant une électrode de verre et de référence au chlorure de potassium-calomel à saturation.

IV.2.2.1.2. Mode opératoire

On étalonne le pH mètre sur des solutions tampon de phtalate et de phosphate selon les instructions fournies par le fabricant et on rince longuement les électrodes. La mesure du pH est réalisée sur 10 g de muscle homogénéisés dans 50 ml d'eau distillée (FAO, 1999; Chaouqy et El Marrakchi, 2005), À l'aide d'une électrode reliée à un pH-mètre (Audigie *et al.*, 1984; Kamoun, 1997).

IV.2.2.2. Détermination de l'acidité titrable**III.2.2.2.1. Principe**

L'aliment est d'abord dilué si la concentration d'acides organiques est importante. Une portion de la solution diluée est ensuite titrée par une solution standardisée de NaOH 0,1N, en présence d'un indicateur (phénolphaléine), avec agitation permanente jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante.

IV.2.2.2.2. Mode opératoire

Dans un bêcher contenant 10ml de la solution mère, quelques gouttes de phénolphaléine sont ajoutées et on titre avec du NAOH (N/9) avec agitation permanente jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante (Galzy et Guiraud, 1980).

IV.2.2.2.3. Expression des résultats

Selon l'aliment analysé, le résultat peut être exprimé:

- en % P/P ou P/V d'un acide organique particulier.
- en ml de NaOH 0,1N par 100 g ou 100 ml d'aliment.

$$^{\circ}D = V \times 10.$$

IV.2.2.3. Détermination de la teneur en eau (humidité) et la matière sèche**IV.2.2.3.1. Principe**

L'analyse nécessite l'emploi d'une étuve ventilée ou d'un four à vide, ainsi que d'un dessiccateur contenant un agent desséchant (Mujinga *et al.*, 2009).

IV.2.2.3.2. Mode opératoire

L'humidité totale est déterminée en portant des échantillons (1 à 5 g) dans une étuve à 103 °C jusqu'à poids constant (Audigie *et al.*, 1984; Kamoun, 1997 ; Gbogouri, 2005).

IV.2.2.3.3. Expression des résultats

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

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

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

Dont :

- M1 : poids frais d'échantillon
- M2 : poids sec d'échantillon (Adrian *et al.*, 1998; Eymard, 2003).

IV.2.2.4. Détermination de la teneur en cendres

IV.2.2.4.1. Principe

Elles correspondent au résidu blanchâtre résultant d'une minéralisation par voie sèche, c'est-à-dire d'une incinération de l'échantillon dans un four à moufle (**Adrian et al., 1998; Audigie et al., 1984; Linden, 1991**).

IV.2.2.4.2. Mode opératoire

Les cendres sont déterminées par l'incinération de l'échantillon (2g) dans un four à moufle, en portant progressivement la température jusqu'à 550°C environ.

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 (**Linden, 1991**).

IV.2.2.4.3. Expression des résultats

Le taux de cendres se calcule comme étant le rapport de masse restante après incinération sur la masse initiale.

$$\text{Teneur en cendres (\%)} = (P_i - P_0) \times \frac{100}{P}$$

Dont :

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

IV.2.3. Analyses biochimiques

IV.2.3.1. Extraction des constituants de la chair

L'extraction des métabolites dans la chair a été réalisée selon le procédé de (**Shibko et al., 1967**). 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 10min.

Le surnageant I est récupéré et servira au dosage des glucides, le culot I est additionné de 1ml 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 (**Shibko et al., 1967**).

IV.2.3.2. Dosage des glucides

IV.2.3.2.1. Principe

Le dosage des glucides a été réalisé selon la méthode de **Duchateau et Florkins (1959)**. Le principe est la déshydratation des groupements hydroxyls à chauds dans un milieu acide conduisant à la formation intermédiaire de furfural pour les pentoses et de 5- hydroxyméthyl furfural pour les hexoses .Ces composés peuvent être dosés par colorimétrie au moyen d'un dérivé phénolique : L'anthrone (**Dauvillier, 1998**).

IV.2.3.2.2. Mode opératoire

La méthode la plus sensible est celle de l'anthrone (9,10- dihydro 9- Oxoanthracène). À 1ml de solution contenant entre 30 et 120 ug 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 (**Adrian et al., 1998**).

IV.2.3.4. Dosage des lipides

Les lipides sont insolubles dans l'eau et très solubles dans les solvants organiques, tel l'éther éthylique. La plupart des méthodes de dosage des lipides exploitent ces propriétés physiques pour extraire les lipides des aliments dans le but de mesurer leur concentration (**Prato et al., 2012**).

IV.2.3.4.1. La méthode de Gold Sworthy

IV.2.3.4.1.1. 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 (**Adrian et al., 1998**).

IV.2.3.4.1.2. 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 (V/V). (**Adrian et al., 1998**).

▪ Réalisation de la gamme d'étalonnage des lipides

Tableau XII: 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 (µg/ml)	0	50	100	150	200	250

IV.2.3.4.2. La méthode de Soxhlet

IV.2.3.4.2.1. Principe

Le principe de cette méthode est basé sur l'extraction des matières grasses par un solvant organique, distillation du solvant, pesé de l'extrait obtenu après élimination du solvant et dessiccateur à l'étuve (**Mujinga et al., 2009**).

IV.2.3.4.2.2. Mode opératoire

L'échantillon restant après la détermination de l'humidité a été transféré dans une cartouche Soxhlet. Placer la cartouche dans le Soxhlet en l'ayant recouvert avec du coton sec. Peser le ballon qui servira à recouvrir le solvant et y introduire quelques billes en verre. On verse environ 75ml d'éther ou d'éther de pétrole qui dissout graduellement la matière grasse. La partie

supérieure du tube de l'extraction des graisses a été fixée au condenseur. L'échantillon a été extrait pendant 16 heures ou plus sur le bain d'eau à 70°C à 80°C. Le solvant contenant la matière grasse retourne dans le ballon par déversement successif causé par un effet de siphon dans le coude latéral. Comme seul le solvant peut s'évaporer de nouveau, la matière grasse s'accumule dans le ballon jusqu'à ce que l'extraction soit complète. Une fois l'extraction terminée, l'éther est évaporé, généralement sur un évaporateur rotatif. Sécher à 100°C pendant 1 heure, refroidir et peser la matière grasse.

IV.2.3.4.2.3. Expression des résultats

Le pourcentage de gras brut a ensuite été calculé comme suit

$$\% \text{Matières grasses brutes} = \frac{\text{Poids de la matière grasse} \times 100}{\text{poids de l'échantillon}}$$

IV.2.4. Analyse chimique (Dosage des métaux lourds)

Plusieurs métaux présentent un intérêt pour l'environnement, car ils peuvent avoir des effets bénéfiques ou toxiques. Un métal, selon sa concentration, peut être à la fois essentiel et dangereux. (**Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 2003**).

IV.2.4.1. Principe

La méthode de base pour le dosage de ces éléments est la spectrométrie d'absorption atomique, fondée sur la mesure de l'absorption de radiations photoniques spécifiques par des atomes en phase vapeur (**Linden, 1991**).

Les opérations nécessaires sont les suivantes :

- 1) Préparation de l'échantillon à doser, de façon à obtenir une solution adaptée aux exigences instrumentales
- 2) Transformation par un dispositif thermique (flamme, brûleur, four), des éléments à doser en atomes libres
- 3) Mesure de l'absorption, par la vapeur atomique, d'une raie caractéristique de l'élément chimique à doser.

Le dosage est effectué par la spectrométrie atomique qui étudie les émissions ou absorptions de lumière par l'atome libre, c'est à dire lorsque celui-ci voit son énergie varier au cours d'un passage d'un de ses électrons d'une orbite électronique à une autre (**Matteini et al., 1991; Selwyn et Costain, 1991**).

Les concentrations des éléments en solutions sont déterminées en comparant les intensités lumineuses respectives de l'échantillon et des solutions étalons. Les résultats sont par la suite reportés à l'échantillon en µg/kg poids sec ou µg/kg poids humide (**Dauvillier, 1998**).

Les concentrations minimales et maximales des métaux lourds étudiées qui peuvent être dosées sont présentées dans le tableau XIII.

IV.2.4.2. Mode opératoire

Cette méthode sert à déterminer le cadmium, le chrome, le cuivre, le plomb, manganèse, le nickel, le strontium et le zinc dans les tissus biologiques.

Une fois au laboratoire, les quatre espèces de poisson sont éviscérées puis congelés.

Les fragments prélevés auparavant sont décongelés puis portés à l'étuve à 105°C pendant 3 jours pour les faire sécher totalement, la matière sèche est ensuite broyée puis tamisée sur des mailles

Les fragments prélevés auparavant sont décongelés puis portés à l'étuve à 105°C pendant 3 jours pour les faire sécher totalement, la matière sèche est ensuite broyée puis tamisée sur des mailles de 2mm. La poudre ainsi obtenue va subir une digestion par voie humide avec de l'eau régale (HCl /HNO₃, 3V/1V) ; cette technique consiste en une digestion de la matière organique dans un milieu très oxydant puisqu'on ne peut faire appel à des catalyseurs minéraux, l'opération est brutale, présente des risques mais est rapide et à la fin le milieu de minéralisation renferme la totalité des éléments minéraux en solution, sans risque de perte par volatilisation (**Dauvillier, 1998**). Dans un ballon, une gamme de l'extrait sec en poudre est additionnée 32 ml de l'eau régale puis porté à l'ébullition dans un bain de 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 ballon atteint 2 à 3ml. Au fur et à mesure, la couleur de fumée devient blanchâtre ce qui provoque la minéralisation est achevée. 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. C'est à partir de cette solution d'essai que l'on procède aux dosages par spectroscopie d'absorption atomique (**Dauvillier, 1998 ; Rouessac et Rouessac, 2004**).

IV.2.4.3. Dosage

Le dosage des échantillons est effectué à l'aide d'un spectromètre d'absorption atomique avec flamme. Au besoin, les échantillons sont dilués afin de respecter les limites supérieures de l'instrument. L'absorbance de l'élément dans la flamme dépend du nombre d'atomes N₀ restées à l'état fondamental sur le trajet optique. On procède par des mesures comparatives avec des solutions d'étalonnage (**Rouessac et Rouessac, 2004**).

IV.2.4.4. Expression des résultats

Les concentrations des métaux lourds sont déterminées selon la formule suivante : $A = K \cdot C$

Avec :

A : absorbance ;

C : concentration de l'élément ;

K : coefficient propre à chaque élément pour la longueur d'onde choisie.

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 (Martinsdottir, 2002).

L'indice de fraîcheur permet de porter un jugement non seulement immédiat, mais prévisionnel sur la salubrité des poissons, l'état de fraîcheur diminuant depuis la sortie de l'eau jusqu'à la consommation (Saâdoune, 2005).

V.1.2. Caractéristiques biométriques des espèces étudiées

La détermination de la taille du poisson a pour but d'empêcher la pêche et la commercialisation des jeunes sujets (Saâdoune, 2005).

Les résultats concernant la longueur, la largeur et le poids des quatre espèces de poisson sont regroupés dans le tableau XIX.

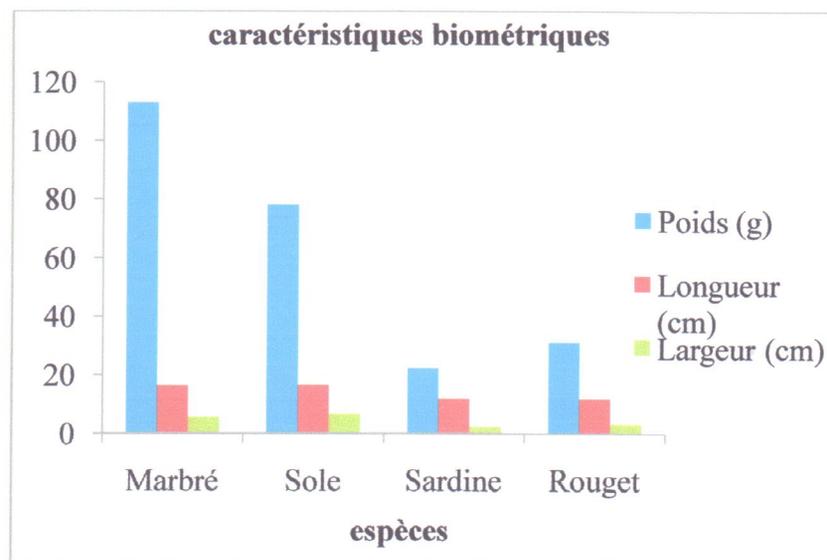


Figure 8: les valeurs moyennes de la longueur, largeur et poids des quatre espèces de poissons

D'après les résultats ci dessus, on peut constater que les poissons étudiés ont des tailles plus ou moins différentes selon les espèces. Elles varient entre $11,93 \pm 0,26$ cm et $16,66 \pm 01$ cm dont la plus petite valeur est remarquée chez le *Mullus Barbatius* et la plus grande valeur chez la sole (*Solea solea*).

Selon le décret exécutif n° 04-86 du 26 Moharram 1425 correspond au 18 Mars 2004 fixant les tailles minimales marchandes des ressources biologiques du journal officiel de la république Algérienne n°18, les longueurs moyennes de chaque espèce de poissons sont conformes aux normes. La comparaison des résultats avec la réglementation Française et celle fixée par la réglementation communautaire Européenne suite à l'arrêté ministériel du 16 Juillet 2009 paru au journal officiel du 25 Août 2009 confirme les mêmes déductions.

Commençant par *Sardina pilchardus*, la taille moyenne des trois échantillons est de $12 \text{ cm} \pm 01$. Elle est supérieure à la norme Algérienne (11cm) et Française (11cm) et supérieure à celle de la taille minimale en Croatie (10 cm). La taille moyenne des trois échantillons de *Mullus barbatus*

est de $11,93\text{cm}\pm 0,26$, elle est inférieure à la norme Algérienne (15cm) et conforme à la norme Française (11cm).

Selon l'arrêté du 26 octobre 2012 déterminant la taille minimale ou le poids minimal de capture des poissons et autres organismes marins (pour une espèce donnée ou pour une zone géographique donnée) effectuée dans le cadre de la pêche maritime de loisir, des ressources biologiques du journal officiel de la république Algérienne, la taille moyenne marchande du rouget autorisée est de 15 cm. Donc, la taille moyenne est inférieure à la norme.

$16,36\text{ cm}\pm 0,2$ est la taille moyenne du *Lithognathus Mormyrus*. Elle est inférieure à la norme Algérienne (17 cm), du décret exécutif n° 3 du Safar 1425 correspond au 24 mars 2004 du Journal Officiel de la République Algérienne n° 18.

Le décret n° 90-618 du 11 juillet 1990, paru au journal officiel n°162 du 14 juillet 1990, indique que la taille marchande autorisée pour le *Lithognathus Mormyrus* est de 23 cm, donc notre échantillon n'est pas conforme à la norme.

Selon **Jesús et Kekez (2009)**, la taille minimale autorisée pour le *Lithognathus Mormyrus* en Croatie, est de 20 cm donc nos valeurs sont encore inférieures à la taille minimale autorisée pour la commercialisation de *Lithognathus Mormyrus*.

Selon l'arrêté du 26 octobre 2012 déterminant la taille minimale ou le poids minimal de capture des poissons et autres organismes marins (pour une espèce donnée ou pour une zone géographique donnée) effectuée dans le cadre de la pêche maritime de loisir, des ressources biologiques du journal officiel de la république Algérienne, la taille moyenne marchande du Marbré autorisée est de 20 cm. Nos résultats sont inférieurs à cette norme.

$16,66\text{ cm}\pm 01$ est la taille moyenne du *Solea solea*, selon l'arrêté du 29 janvier 2013 modifiant l'arrêté du 26 octobre 2012 déterminant la taille minimale ou le poids minimal de capture des poissons et autres organismes marins (pour une espèce donnée ou pour une zone géographique donnée) effectuée dans le cadre de la pêche maritime de loisir dit que la taille moyenne de la sole est de 24 cm, dont nos résultats sont inférieurs à cette norme.

On peut conclure que la taille marchande de différentes espèces de poissons trouvées sur le marché n'est pas respectée ni par les pêcheurs, ni par les vendeurs aussi, sauf la sardine qui est conforme ; tous ça est peut être due à la nutrition des poissons dans leur milieu naturel (croissance lente), ou bien leur cycle de vie (poissons prématurités).

V. 2. Résultats des analyses physico-chimiques

V. 2.1. Le pH

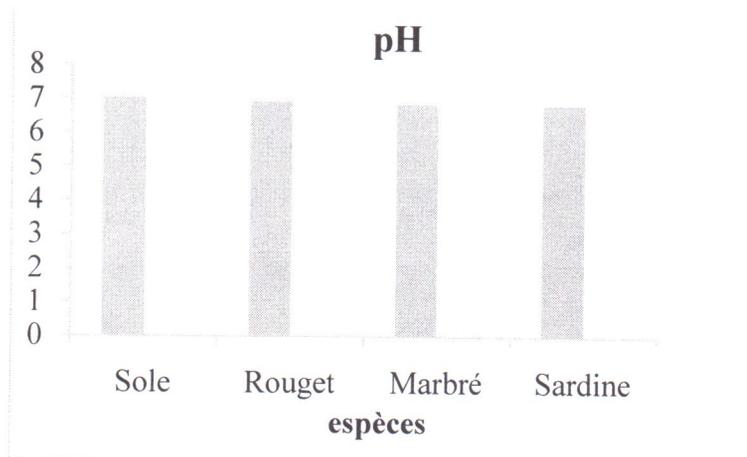


Figure 9 : Les valeurs moyennes du pH de la chair des quatre espèces de poissons

D'après nos résultats d'évaluation du pH, on peut constater que les valeurs du pH des différentes espèces se différencient d'une espèce à l'autre, avec une petite convergence entre le pH du *Sardina pilchardus* et *Lithognathus Mormyrus*.

Le pH des quatre espèces étudiées varie entre $6,81 \pm 0,003$ et $7,015 \pm 0,003$ dont la grande valeur est observée chez la *Solea Solea*, par contre la plus petite valeur est remarquée chez la *Sardina pilchardus*. Cependant, le pH des deux autres espèces *Lithognathus Mormyrus* et le *Mullus barbatus*, se situe entre $6,84 \pm 0,003$ et $6,92 \pm 0,006$ respectivement.

Selon **Saâdoune (2005)**, les valeurs de pH augmentent après la *rigor mortis*, le poisson serait altéré à partir de 6,9 à 7,2. En comparaison avec nos résultats, les valeurs moyennes du pH des espèces *Sardina pilchardus* et *Lithognathus Mormyrus* sont inférieures à 6,9 en revanche les valeurs du pH des autres espèces se situent entre 6,9 et 7,2. Les espèces *Sardina pilchardus* et *Lithognathus Mormyrus* n'ont pas atteint la phase de la *rigor mortis*, donc, ils ne sont pas encore altérés (ils sont encore frais).

Les deux espèces *Mullus barbatus* et *Solea Solea* sont en phase de la *rigor mortis*, leur altération est plus rapide, elles sont plus exposées aux réactions d'oxydation et de lipolyse.

Les espèces *Mullus barbatus* et *Solea Solea* sont moins fraîches que la *Sardina pilchardus* et *Lithognathus Mormyrus*.

Au moment de la capture, le poisson frais a un pH neutre (**Chéret, 2005; Codex Alimentarius, 2011**), et dans les heures qui suivent, il diminue graduellement jusqu'à une valeur considérée comme ultime (phase *rigor mortis*) (**Chéret, 2005**), 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 (**El rammouz, 2005; Codex Alimentarius, 2011**).

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) (**Maqsood et Benjakul, 2011**).

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. 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. (**Soudan, 1950**).

V. 2.2. L'acidité

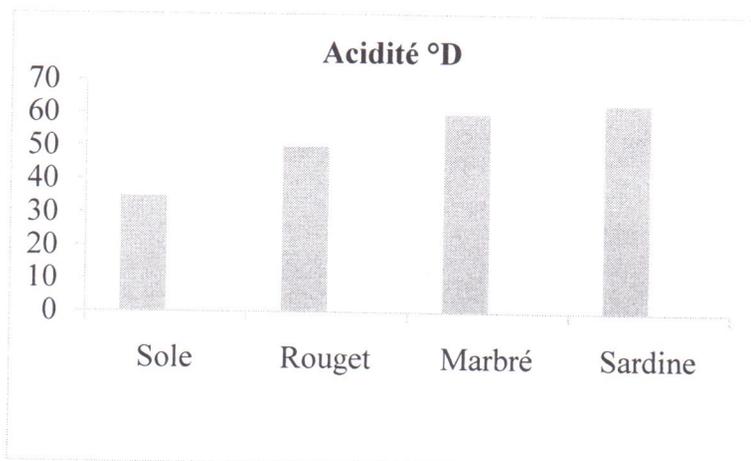


Figure 10: les valeurs moyenne de l'acidité chez les quatre espèces de poissons *Lithognathus Mormyrus*, *Solea Solea*, *Sardina pilchardus* et *Mullus Barbatus*

Concernant l'acidité, les moyennes des valeurs enregistrées pour les quatre espèces varient entre $35 \text{ }^{\circ}\text{D} \pm 0,66$ à $63 \text{ }^{\circ}\text{D} \pm 0,33$ dont la valeur maximal est observée chez l'espèce *Sardina pilchardus* par contre la valeur minimal est remarquée chez la *Solea Solea*. Cependant, les deux espèces *Mullus barbatus* et *Lithognathus Mormyrus* présentent les valeurs $50 \text{ }^{\circ}\text{D} \pm 0,33$ et $60 \text{ }^{\circ}\text{D} \pm 0,66$ respectivement.

V.2.3. La teneur en eau

La teneur en eau reste une information essentielle pour une table de composition des aliments parce qu'elle représente une des données les plus variables (**Greenfield et Southgate, 2007**). Les valeurs moyennes de la teneur en eau dans les quatre espèces sont présentées dans le tableau XXII.

Mormyrus. On constate que les poissons maigres (*Solea Solea*) ont une teneur moyenne en matière sèche moins que celle des poissons gras *Mullus barbatus*.

Selon **FAO (1999)**, la teneur moyenne en matière sèche du poisson est fixée entre 19% et 34%. Donc, nos valeurs sont conformes aux normes.

D'après **Fredot (2006)**, la teneur en matière sèche dans le poisson gras atteint 25% à 30%, et dans les poissons maigres 20% de la composition de la chair de poisson. Selon nos résultats, la teneur moyenne en matière sèche pour les poissons gras *Sardina pilchardus* et *Mullus barbatus* est conforme aux normes. Part contre, les résultats de la matière sèche chez les poissons maigres *Solea Solea* et *Lithognathus Mormyrus* affirment des valeurs supérieures à la norme.

V. 2.5. Teneur en cendres

Les teneurs moyennes en matière minérale (cendres) chez les quatre espèces des poissons sont regroupées dans le tableau XXIV.

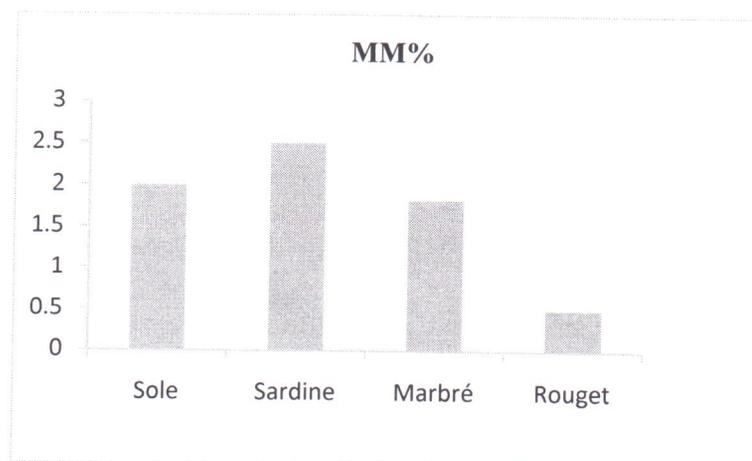


Figure 13 : les valeurs moyennes de la teneur en matière minérale (cendres) exprimées en % chez les quatre espèces des poissons

D'après les résultats ci-dessus, on remarque que la teneur moyenne en cendres de différentes espèces étudiées varie entre 0,5% et 2,5%±0,33, dont la valeur maximale est remarquée chez la *Sardina pilchardus* et la valeur minimale observée chez le *Mullus barbatus*. Cependant, la teneur moyenne en cendres chez les espèces *Solea Solea* et *Lithognathus Mormyrus* est situé entre 2% ±0,83 et 1,83% ±0,166, respectivement.

Selon **Stansby (1962)**, **Love, (1970)** et **FAO (1999)**, la teneur moyenne en cendres dans les poissons varie entre 0,4% et 1,5%. En comparant nos résultats avec cette valeur, les teneurs moyennes en cendres des quatre espèces de poisson étudiées sont supérieures sauf celle du *Mullus barbatus* qui est dans les normes.

La teneur moyenne des cendres dans la chair des poissons varie considérablement d'une espèce et d'un individu à l'autre selon l'âge, le sexe, l'environnement et la saison, la génétique, la morphologie, la physiologie, le cycle et la maturité sexuelle, l'environnement, le régime

alimentaire (Trémolières *et al.*, 1984; Linden et Lorient, 1994; Corraze et Kaushik, 1999; Saâdoune, 2005; Jeantet *et al.*, 2007).

V.3. Analyse Biochimique

V.3.1. Résultats d'Analyse Biochimique (teneurs en glucides, protéines et lipides)

Dans un but nutritionnel, nous nous sommes intéressées à l'évaluation des principaux paramètres biochimiques de la chair des animaux qui appartiennent en fait à un groupe d'aliments connu sous le nom V.P.O (viande, produits de pêche, œuf).

Ce groupe constitue la source numéro une 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 (Frenot et Vierling, 2001).

Les résultats des taux de glucides, protéines et lipides sont mentionnés dans le tableau XXV.

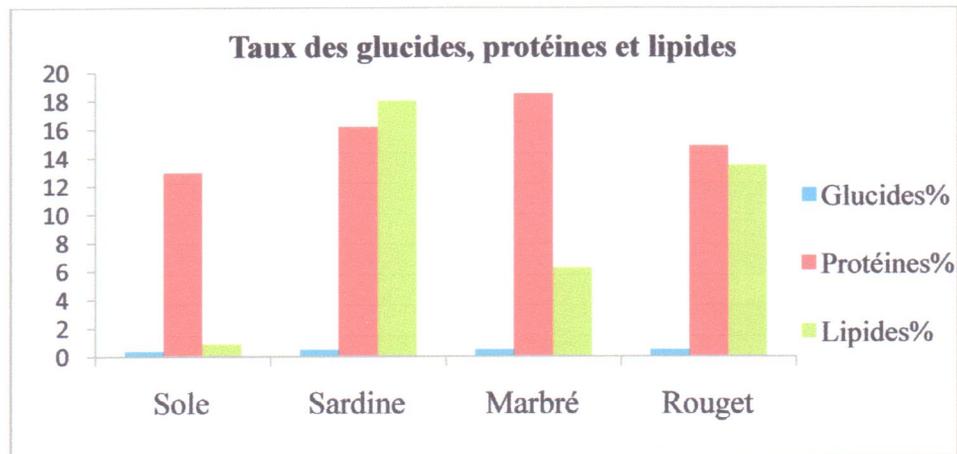


Figure 14: les valeurs de la teneur en glucides, protéines et lipides dans les quatre espèces étudiées.

D'après la figure ci-dessus, on constate que les protéines présentent la plus haute valeur dans la composition biochimique de la chair des quatre espèces de poisson étudiées, tandis que les glucides présentent les plus faibles valeurs. Alors que les lipides se diffèrent d'une espèce à l'autre, dont lesquelles on remarque la plus haute valeur chez l'espèce *Mullus Barbatulus* tandis que la plus faible valeur est observée chez l'espèce *Solea Solea*. A l'exception de l'espèce *sardina pilchardus* qu'elle a une valeur de lipides plus grands que celle des protéines.

V.3.1.1. Les glucides

La chair des poissons est pauvre en glucides à cause d'une glycogénolyse très active. Les teneurs en glucides chez les quatre espèces étudiées sont présentées dans le tableau XXVI.

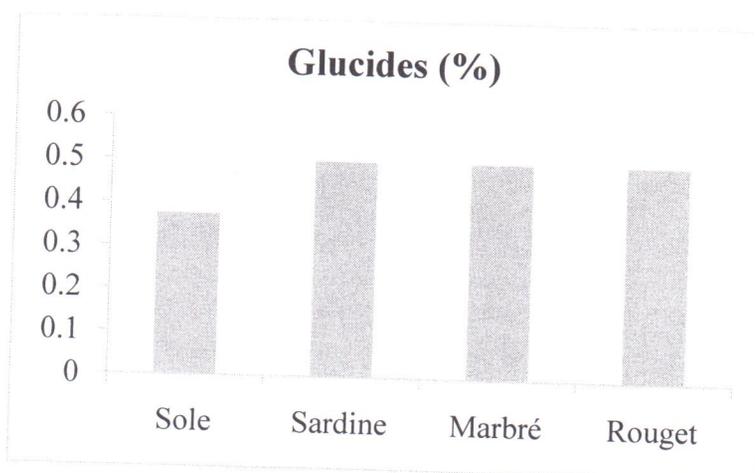


Figure 15 : Les valeurs de la teneur en glucides chez les quatre espèces étudiées exprimées en pourcentage.

D'après les résultats ci-dessus, on constate que le pourcentage de la teneur moyenne en glucides est généralement faible dans les quatre espèces de poissons étudiées. Elle est variée entre 0,375% et 0,5%, dont la plus haute valeur est observée chez *Mullus Barbatus* et *Lithognathus Mormyrus* avec un taux de glucides de 5%, tandis que la plus faible teneur en sucre se trouve chez l'espèce *Solea Solea* avec une teneur moyenne en sucre de 0,375. Donc les poissons gras étudiés *Sardina pilchardus*, *Mullus barbatus* présentent des valeurs équivalentes à celle estimée par **Fredot (2006)**.

Selon **Stansby (1962)** et **Love (1970)**, la teneur en glucides de la chair du poisson est inférieure à 0,5%. Alors, nos résultats présentent une conformité avec cette valeur pour les espèces *Solea Solea* et *sardina pilchardus*.

Cependant la teneur en glucides des espèces *Mullus Barbatus* et *Lithognathus Mormyrus* est inférieure à celle estimée par **Stansby (1962)** et **Love (1970)**.

D'après **Bacha (1980)**, **Watanabe (1982)**, **Ifremer (1991)**, et **Jeantet et al. (2007)**, la teneur en glucides des poissons est inférieure à 0,03%. Alors que la teneur moyenne en sucre de nos échantillons est supérieure à cette valeur. La teneur en sucre n'est pas un facteur différentiel pour les poissons, car ils ont presque les mêmes teneurs. Elle est variable suivant l'espèce, l'individu, la taille, le poids, l'âge, l'état physiologique, la saison et l'alimentation (**Hinard, 1923**).

Lorsqu'ils sont présents dans les produits aquatiques, les glucides sont essentiellement représentés par le glycogène (**Boudergue et Hattenberger, 2010**), il est stocké dans l'hépatopancréas puis distribué selon les besoins, alors que les muscles et les autres tissus l'utilisent à leurs fins propres, c'est pour cela que les muscles n'en contiennent plus après le stade de maturation c'est-à-dire consommés par voie anaérobie (**Frenot et Vierling, 2001**). Cependant, les concentrations en glycogène sont inférieures à 1 g/100 g pour la chair de tous les poissons (**Boudergue et Hattenberger, 2010**).

V.3.1.2.les Protéines

Les teneurs en protéines chez les quatre espèces étudiées sont présentées dans le tableau XXVII.

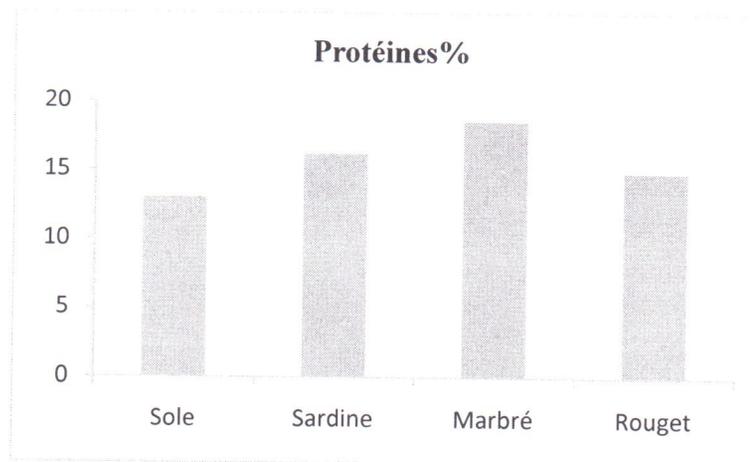


Figure 16 : Les valeurs de la teneur en protéines chez les quatre espèces étudiées exprimées en pourcentage

D'après les résultats ci-dessus, la teneur moyenne en protéine chez les quatre espèces de poissons étudiées varie entre 12,96% et 18,5%, dont la valeur maximale est remarquée chez *Lithognathus Mormyrus*, tandis que l'espèce *Solea Solea* présente la valeur la plus basse. Cependant, la teneur moyenne en protéines des espèces *Mullus barbatus* et *Sardina pilchardus* est de 14,87% et 16,18% respectivement.

Selon la norme **FAO (1999)**, la teneur en protéines dans la chair des poissons varie entre 6% et 28%, **Bertozzini (2001)** affirme que la teneur moyenne des protéines dans la chair des poissons est de 10,4%, d'après **Sablonaire (2001)**, **Fredot (2006)** et **Dupin (1992)**, la teneur moyenne en protéines dans la chair des poissons se situe entre 15% et 20%, donc la teneur en protéines dans la chair de nos échantillons est conforme à cette norme.

Boudergue et Hattenberger (2010) ont trouvé que la teneur moyenne en protéines des poissons est de 19% dans la chair avec une gamme de variation qui s'étend de 15 à 25 % pour près de 400 espèces différentes, ces valeurs sont identiques à la notre.

V.3.1.3. Les lipides (Goldsworthy et Soxhlet)

Les teneurs en lipides chez les quatre espèces étudiées sont présentées dans le tableau XXVIII.

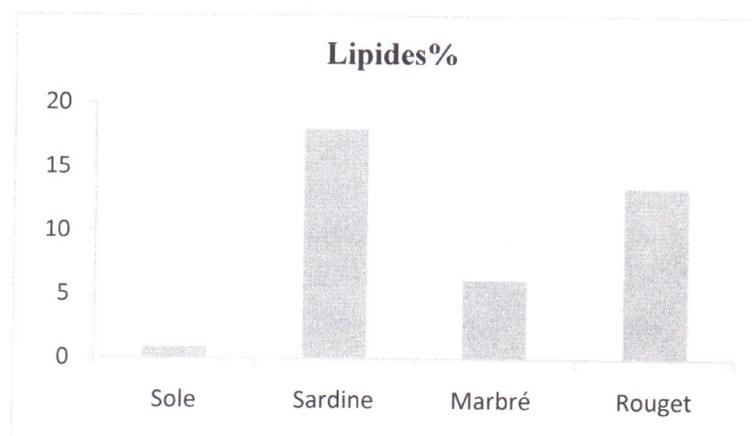


Figure 17: Les valeurs de la teneur en lipides chez les quatre espèces étudiées exprimées en pourcentage

D'après les résultats obtenus ci-dessus, la teneur moyenne des lipides chez les quatre espèces de poissons étudiées oscille entre 0,91% et 17,75% dont la valeur maximale est observée chez l'espèce *Sardina pilchardus*, en revanche valeur minimale est remarquée chez l'espèce *Solea Solea*. Cependant, la teneur moyenne en lipides des espèces *Lithognathus Mormyrus* et *Mullus barbatus* est de 6,45% et 13,75%, respectivement.

Les lipides sont la forme essentielle de l'énergie pour les poissons (**Vierling, 2008**), ils sont variables d'une espèce à l'autre, et au sein d'une même espèce, d'un morceau à un autre.

Boudergue et Hattenberger, 2010 ont affirmé que les lipides chez les poissons sont les composants dont la concentration varie le plus fortement entre les espèces de 0,1% à 18 %. Nos résultats montrent que la teneur lipidique de nos espèces étudiées se situe entre 0,91% et 17,75%), elle est en accord avec ces données.

Jeanet et al. (2007) a classé les poissons selon leurs teneurs lipidiques en 3 catégories : Les poissons **gras** qui regroupent les poissons dont la chair contient plus de 10%, Les poissons **semi gras** dont la teneur en lipides musculaires est comprise entre 1 et 8% et les poissons **maigres** où leurs muscles sont pauvres en lipides (moins de 1%). Alors que, **Jabeen et al., (2011)** a la même classification avec une petite différence où la teneur lipidique est inférieure à 5% dans les poissons maigres.

Lorsqu'on compare ces valeurs avec nos résultats, on constate que le *Mullus Barbatus* et *Sardina pilchardus* sont des poissons gras, *Lithognathus Mormyrus* est un poisson semi-gras et *Solea Solea* est un poisson semi maigre.

D'autre part, **Trémolière, 1988**, a considéré le poisson maigre avec un pourcentage en lipide qui oscille entre 0,2% et 0,8% ; et le *Mullus Barbatus* étant un poisson semi-gras, sa teneur lipidique varie entre 0,4 et 5,3% de la masse de la chair et pour la *Sardina Pilchardus*, **Trémolière** a estimé la teneur lipidique de sa chair à une valeur qui varie entre 1 et 30% du poids de la chair. En comparaison avec nos résultats, *Solea Solea* appartient au groupe des poissons maigres. Pour le *Mullus Barbatus*, appartient au groupe des poissons semi-gras.

Roudant et Lefrancq (2005), a estimé que la teneur en lipides dans les poissons maigre (% en lipide <3), poisson semi-gras (% en lipide compris entre 3et 10) : rouget, sole..., et poisson gras (% en lipide >10) : Sardine,... D'après ces données, la Sole est un poisson maigre, le Rouget est un poisson gras, le Marbré, est semi-gras et la Sardine est un poisson gras.

Les muscles des poissons dits maigres ont une teneur en lipides toujours faibles. Ces poissons concentrent et stockent leurs réserves lipidiques dans le foie (**Vierling, 2008**). Les variations de teneur en lipides sont dues aux variations d'abondance de nourriture dans le milieu naturel et à la maturation des gonades (**Boudergue et Hattenberger, 2010**).

Cependant, Les lipides des poissons gras sont pour la majorité situés dans les globules gras de réserve extracellulaire (**Vierling, 2008**).

Des différences en acides gras des poissons marins et d'eau douce devraient non seulement être considérées en ce qui concerne l'habitat d'espèces mais être également basées sur leur régime normal particulièrement si les espèces est herbivore, omnivore ou carnivore. Indépendamment du ce, de la taille, de l'âge, du statut reproducteur des poissons des états environnementaux, particulièrement de la teneur en lipide d'influence de température de

l'eau et de la composition en acides gras du muscle de poisson dans une certaine mesure (Hinard, 1923; Özogul *et al.*, 2007).

Donc, 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, l'âge de l'animal, l'origine géographique, la saison et les conditions biologiques.

V.4. Les résultats d'Analyse chimique (métaux lourds)

V.4.1. Résultats de dosage des métaux de toxicité importante (Cd, Cr, Pb)

Les résultats du dosage des métaux lourds d'importance toxicologique (Cd, Cr, Pb) dans les quatre espèces de poissons sont regroupés dans le tableau XXIX.

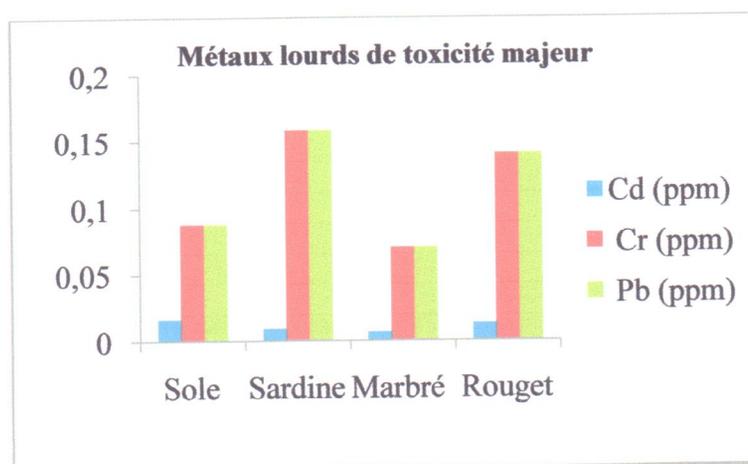


Figure 18 : les valeurs de la teneur en métaux lourds de toxicité importante (Cd, Cr, Pb) dans les quatre espèces de poissons

D'après les résultats ci-dessous, les concentrations moyennes des métaux lourds (non essentiel) (Cd, Cr, Pb) obtenus chez les quatre espèces de poissons étudiées se différencient dans la même espèce et d'une espèce à l'autre dont laquelle on obtient que la concentration du Pb et Cr présentent les valeurs les plus élevées dans les quatre espèces tandis que le Cd présente la valeur la plus faible.

▪ Le cadmium

Le cadmium (Cd) est un élément non essentiel à la vie qui provoque des effets toxiques graves dans les organismes aquatiques à des concentrations très basses (Sorensen, 1991).

Les résultats du dosage du cadmium dans les quatre espèces de poissons étudiées sont illustrés dans la figure 19.

Espèces	Cd (ppm)
Sole	0,0166
Sardine	0,0093
Marbré	0,0066
Rouget	0,0132

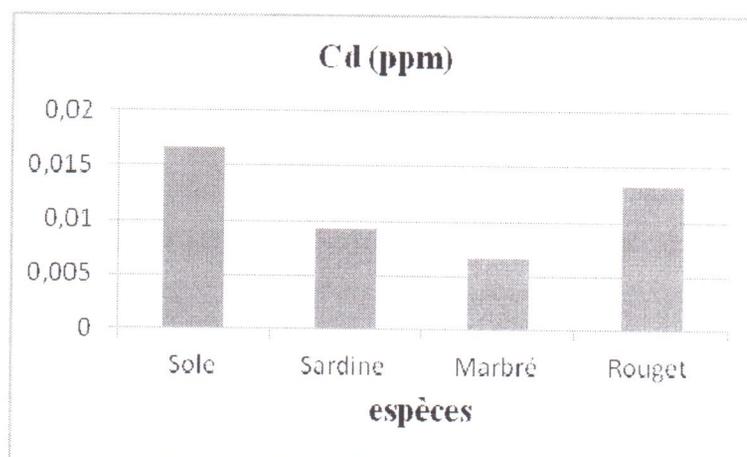


Figure 19 : les valeurs de la teneur en Cadmium dans les quatre espèces de poissons

La figure ci-dessus montre que, les concentrations du **Cd** varient dans les quatre espèces entre 0,0066 ppm et 0,0166 ppm, dont les concentrations les plus élevées sont observées chez *Solea Solea* et les concentrations les plus bas sont révélées dans la chair de *Lithognathus Mormyrus*. Les deux espèces *Sardina pilchardus* et *Mullus Barbatulus* présentent les valeurs 0,0093 ppm et 0,0132 ppm respectivement.

Notre analyse indique que les concentrations en Cd ne dépassent pas les valeurs limites (0,01-0,21 mg/kg) conçues par FDA et la valeur limite (0,05 mg/kg de poids à l'état frais, et à 0,10 mg/kg pour *Sardina pilchardus*) fixé par les **Règlement (CE) n° 1881 du 2006 consolidé avec les Règlement (CE), No 565 du 2008/, Règlement (CE) n° 629 du 2008, et Boudergue et Hattenberger (2010)**. Donc les concentrations du Cd dans les quatre espèces étudiées sont conformes aux normes citées auparavant.

Chez le poisson, le cadmium s'accumule principalement dans les viscères (intestin, foie et rein) et très peu dans le muscle (2 à 6% du cadmium ingéré) (**Boudergue et Hattenberger, 2010**).

En 1993, le CIRC (centre international de recherche sur le cancer) a classé le cadmium et ses composés dans le groupe 1 (cancérogène avéré pour l'homme).

Des études menées sur poissons par **Boudergue et Hattenberger, 2010; Cossa et al., 1990** ont révélé de très faibles quantités de Cd (< 30 µg/kg de poids sec), à l'exception de la rousette, du maquereau et du flétan pour lesquels des concentrations extrêmes supérieures à 0,1 mg/kg de poids sec.

Une étude récente montre qu'au sein de l'Union européenne, la concentration moyenne de cadmium dans la chair de saumon, est inférieure à 0,001 mg/kg (**EFSA, 2005**). En France, la concentration moyenne de cadmium dans la chair des poissons est de 0,0016 mg/kg poids frais (**Boudergue et Hattenberger, 2010**).

A la vue des données disponibles, la contamination par le cadmium des poissons peut présenter des risques sanitaires chez les forts consommateurs de poissons prédateurs ou des poissons issus de zones fortement contaminées (**Boudergue et Hattenberger, 2010**).

▪ Le plomb

Les produits de la mer représentent de 3 à 11 % de l'exposition alimentaire au plomb (**Boudergue et Hattenberger, 2010**).

Les résultats du plomb dans les quatre espèces de poissons étudiées sont illustrés dans la figure 20.

Espèces	Pb (ppm)
Sole	0,0878
Sardine	0,1581
Marbré	0,0703
Rouget	0,1405

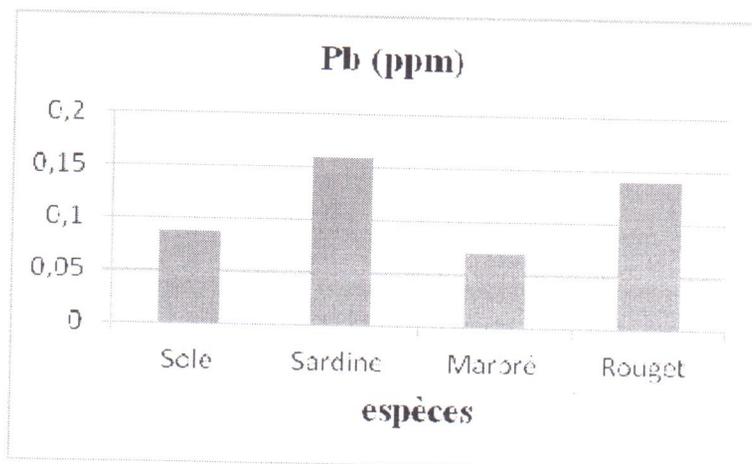


Figure 20: les valeurs de la teneur en Plomb dans les quatre espèces de poissons

La figure ci-dessus montre que, les concentrations du **Pb** varient dans les quatre espèces entre 0,0703 ppm et 0,1581 ppm, dont les concentrations les plus élevées sont remarquées chez *Sardina pilchardus* et les concentrations les plus basses sont révélées dans la chair de *Lithognathus Mormyrus*. Les deux espèces *Solea Solea* et *Mullus Barbatulus* présentent des valeurs 0,0878 ppm et 0,1405 ppm, respectivement.

Notre étude a montré que les concentrations du plomb ne dépassent pas les valeurs limites (0,30 mg/kg de poids frais) fixées par le **règlement (CE) n° 1881 du 2006 consolidé avec les règlement (CE), n° 565 du 2008, règlement (CE) n° 629 du 2008** et celles fixé par le **règlement (CE) n° 1881/2006** (0,2 mg/kg de poids à l'état frais) (**Boudergue et Hattenberger, 2010**). Donc les concentrations du **Pb** dans les quatre espèces étudiées sont conformes aux normes citées ci-dessus.

Les animaux aquatiques, notamment les poissons et les invertébrés, absorbent directement le plomb à partir de l'eau et de leur nourriture et il l'accumule principalement dans les viscères (foie et rein), la peau et les os et pratiquement pas dans le muscle. La majeure partie du plomb présente dans les Poissons est sous forme inorganique et est liée aux protéines (**Boudergue et Hattenberger, 2010**).

Le Pb est classé parmi les métaux les plus toxiques pour l'homme et les animaux (**Roony et McLaren, 1999**). Il ne montre pas d'accumulation le long de la chaîne alimentaire pour les organismes marins. Il est l'un des poisons les plus anciennement connus, le « saturnisme » a été d'ailleurs la première maladie professionnelle reconnue en France. Il n'a aucun rôle connu dans les systèmes biologiques (**El Morhit et al., 2012**).

▪ Le chrome

Le chrome (Cr) est un élément chimique de masse relativement élevée qui est toxique même à faible dose, surtout s'il a un effet cumulatif par ingestion répétée de la nourriture où l'élévation continue du niveau général de pollution dans un aliment (**Linden, 1981**).

Les résultats du dosage du chrome dans les quatre espèces de poissons étudiées sont illustrés dans la figure 21.

Espèces	Cr (ppm)
La sole	0,0878
La sardine	0,1581
Le marbré	0,0703
Le rouget	0,1405

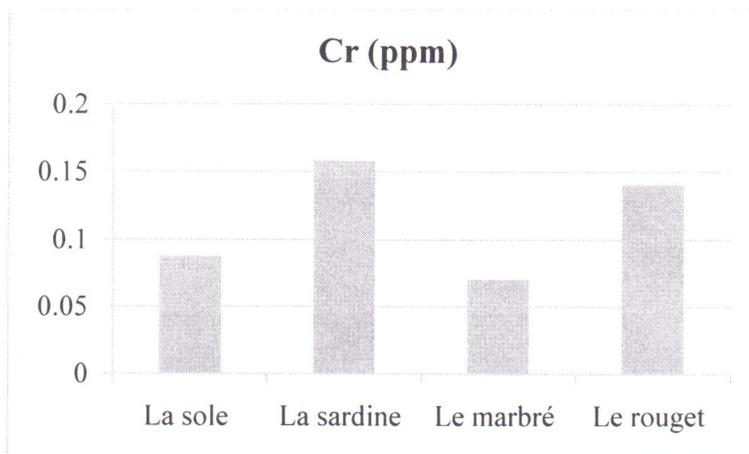


Figure 21 : les valeurs de la teneur en Chrome dans les quatre espèces de poissons

La figure ci-dessus montre que les concentrations du **Cr** varient dans les quatre espèces entre 0,0703 ppm et 0,1581 ppm, les concentrations les plus élevées sont remarquées chez *Sardina pilchardus* par contre les concentrations les plus basses sont révélées dans la chair de *Lithognathus Mormyrus*. Les deux espèces *Solea Solea* et *Mullus Barbatulus* présentent des valeurs de 0,0878 ppm et 0,1405 ppm, respectivement. Selon le **Codex Alimentarius (2002)**, la valeur limite du Chrome fixée est de 01mg/Kg d'aliment. Les concentrations du **Cr** dans les quatre espèces étudiées sont conformes à la norme.

Le Chrome est un oligo-élément essentiel pour l'homme et les animaux (**ATSDR, 1993**). L'ingestion peut provoquer des troubles au niveau des organes stockeurs, surtout les reins, causant des dommages à l'ADN qui conduisent aux mutations et à une éventuelle cancérisation. Les organes où la concentration en Chrome est la plus élevée sont le foie, les reins, la rate, les ovaires, les testicules et aussi les os (**Saryan et Reedy, 1988**).

V.4.2. Résultats de Dosage des métaux essentiel (Cu, Zn et Fe)

Les poissons sont souvent au sommet de la chaîne alimentaire aquatique et peuvent concentrer de grandes quantités de certains métaux lourds tels que le Cuivre, le Zinc et le Fer.

Les résultats du dosage des métaux lourds essentiels (Cu, Zn et Fe) dans les quatre espèces de poissons sont regroupés dans le tableau XXX.

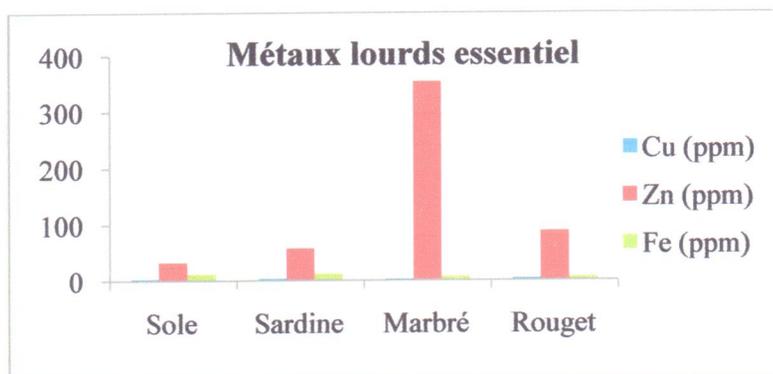


Figure 22 : les valeurs de la teneur en métaux lourds essentiels Cu, Zn et Fe dans les quatre espèces de poisson

D'après la figure ci-dessous, les concentrations moyennes de métaux lourds essentiels (Cu, Fe et Zn) obtenus chez les quatre espèces de poissons étudiées se diffèrent dans la même espèce et d'une espèce à l'autre, le Zn représente la valeur la plus élevée tandis que le Cu présente la valeur la plus faible. On constate que le *Lithognathus Mormyrus* présente les concentrations les plus élevées, tandis que la *Solea Solea* présente les concentrations les plus faibles.

▪ Le Zinc

Le zinc (Zn) est un nutriment essentiel pour les organismes aquatiques, mais s'il est en excès, il peut devenir un contaminant environnemental. La principale voie d'absorption de Zn est l'intestin (El Morhit *et al.*, 2012).

Les résultats de dosage du zinc dans les quatre espèces de poissons étudiées sont illustrés dans la figure 23.

Espèces	Zn (ppm)
Sole	32,83
Sardine	57,39
Marbré	353,8
Rouget	87,98

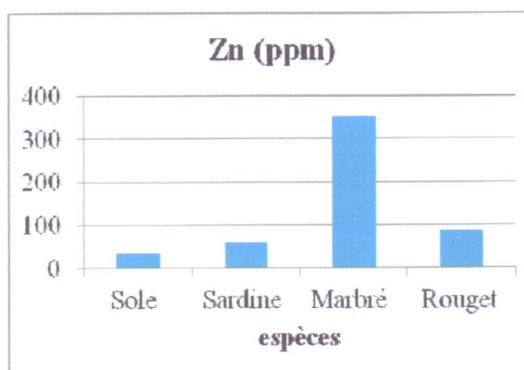


Figure 23 : les valeurs de la teneur en Zinc dans les quatre espèces de poisson

La figure ci-dessus montre que, les concentrations du Zn varient entre 32,83 ppm et 353,8 ppm, les concentrations les plus élevées sont observées chez *Lithognathus Mormyrus* et les concentrations les plus basses sont révélées dans la chair de l'espèce *Solea Solea*. Quant aux deux espèces *Sardina pilchardus* et *Mullus Barbatulus* les valeurs se situent 57,39 ppm et 87,98 ppm, respectivement.

A signaler que, la valeur limite pour le Zn dans la norme de la C.E. n'est pas encore défini.

▪ Le Cuivre

Le cuivre (Cu) est un élément essentiel pour le métabolisme des poissons. Il est absorbé par les poissons de l'eau non polluée (nourriture) (El Morhit *et al.*, 2012).

Les résultats de dosage du **cuivre** dans les quatre espèces de poissons étudiées sont illustrés dans la figure 24.

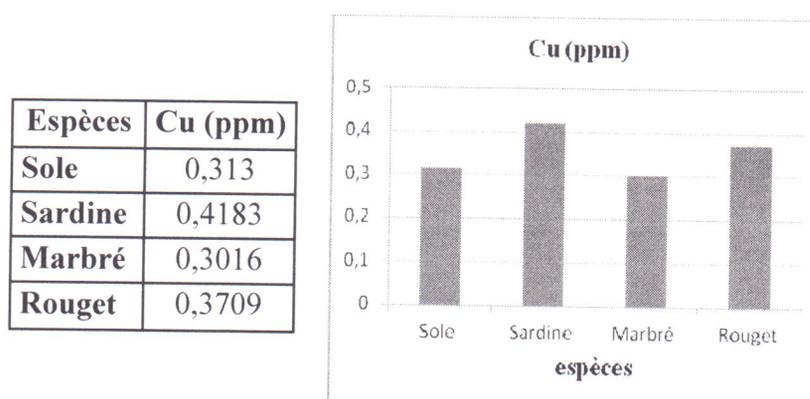


Figure 24 : les valeurs de la teneur en Cuivre dans les quatre espèces de poisson

La figure ci-dessus montre que, les concentrations du Cu varient dans les quatre espèces entre 0,3016 ppm et 0,4183 ppm, dont les concentrations les plus élevées sont observées chez *Sardina pilchardus* et les concentrations les plus basses sont révélées dans la chair de *Lithognathus Mormyrus*.

Les deux espèces *Solea Solea* et *Mullus Barbatus* présentent des valeurs 0,313 ppm et 0,3709 ppm, respectivement.

A signaler que, la valeur limite pour le Cu dans la norme de la C.E. n'est pas encore défini.

D'après les résultats de notre étude, on constate que la concentration du cuivre dans les quatre espèces étudiées est conforme avec celle limitée **Jorhem et Sundstrôm (1993)**, dont laquelle doit être inférieure ou égale 0,6 mg/Kg à l'état frais.

Dans les milieux biologiques, le cuivre est impliqué dans les réactions d'oxydation-réduction qui sont importantes durant la vie. En raison de son potentiel oxydant, ce métal peut causer des changements indésirables pour les aliments traités, liées aux réactions de brunissement. à l'oxydation de lipide et par conséquent à la perte nutritive (**Ferreira et al., 2005**), il peut causer un empoisonnement s'il est excessivement accumulé dans le corps humain (**Qiue et al., 1999**).

▪ Le Fer

Le fer (Fe) est un élément essentiel pour la respiration cellulaire chez les animaux. Cependant, l'excès du fe est toxique, agissant comme un catalyseur dans les réactions chimiques. Le Fe est un oligoélément pour les poissons téléostéens, qui est une partie intégrante dans les composantes impliquées dans le transfert de l'oxygène (El Morhit *et al.*, 2012).

Les résultats de dosage du fer dans les quatre espèces de poissons étudiées sont illustrés dans la figure 25.

Espèces	Fe (ppm)
sole	12,046
sardine	12,139
marbré	070,13
rouget	061,25

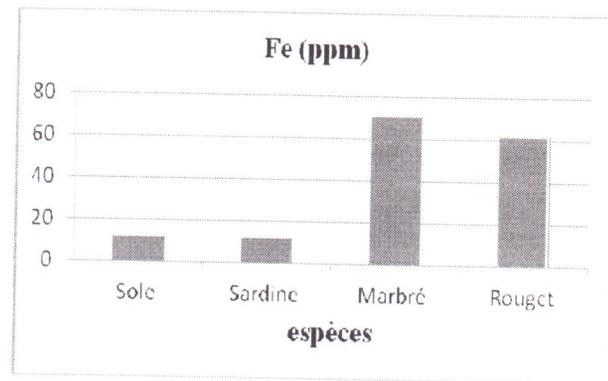


Figure 25: les valeurs de la teneur en fer dans les quatre espèces de poisson

La figure ci-dessus montre que, les concentrations du fer varient dans les quatre espèces entre 12,046 ppm et 70,10 ppm, les concentrations les plus élevées sont observées chez *Lithognathus Mormyrus* et les concentrations les plus basses sont révélées dans la chair de l'espèce *Solea Solea*. Les deux espèces *Sardina pilchardus* et *Mullus Barbatulus* présentent les valeurs 12,139 ppm et 061,25 ppm, respectivement.

A signaler que, la valeur limite pour le **Fe** dans la norme de la C.E. n'est pas encore défini.

Les métaux lourds 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. C'est la bioaccumulation qui se transmet tout au long de la chaîne alimentaire qui explique que l'homme puisse être exposé à des quantités dangereuses de métaux lourds par son alimentation (Vighi, 1998).

Conclusion

La composition spécifique du poisson lui donne une qualité nutritionnelle et sensorielle que recherchent et apprécient les consommateurs.

Cette spécificité 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 d'évaluer la qualité organoleptique et physico-chimique de quatre espèces de poisson *Mullus barbatus*, *Solea Solea*, *Lithognathus Mormyrus* et *Sardina pilchardus* disponibles sur le marché de Jijel.

D'après le contrôle effectuée, les résultats obtenus sont globalement conformes aux normes sur le plan physicochimique, biochimique et organoleptiques à l'exception de celles des caractéristiques biométriques.

Les résultats concernant la taille des quatre espèces de poissons, montrent que la taille marchande de différentes espèces trouvées dans le marché n'est pas respectée par les pêcheurs et les vendeurs, sauf la Sardine.

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

Enfin, on peut constater que les espèces de poissons étudiées sont saines et ne représentent aucun 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 pêchés dans la région.

Références bibliographiques

1. **Ababouch, L., et Gram, L. (2003).** Assessment and management of seafood safety and quality. FAO Fisheries Technical Paper No 444. Rome. 230 p.
2. **Ablain, F. (2002).** Rôle des activités lombriciennes sur la redistribution des éléments traces métalliques issus de station d'épuration dans un sol agricole. Thèse de doctorat, université de Rennes I. p: 7-36.
3. **Adrian, J., Potus, J., et Poiffatt, A. (1998).** Introduction à l'analyse nutritionnelle des denrées alimentaires, éd. Lavoisier, Tec & Doc, Paris. p: 7, 24,41, 62, 85, 91.
4. **Ackman, R.G. (1994).** Seafood lipid, In Seafoods chemistry, processing technology and quality. Shahidi, F., et Botta, J.R. (Eds), Blackie Academic & professional, New York. P: 34-38.
5. **Alasalvar, C., Tylor, K.D.A., Zubcov, E., Shahidi, F., et Alexis, M. (2002).** Differentiation of cultured and wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*): Total lipid content, fatty acids and trace mineral composition. Food Chemistry, 9(2): 145–150.
6. **Alloway, B.J. (1995).** Heavy metals in soils. Second edition (Eds B.J.Alloway). London. Blakie academic and professional. 387 p.
7. **American Public Health Association. (1998).** American Water Works Association and Water Pollution Control Federation, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Edition. 58 p.
8. **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.
9. **Antic, M., Paladin, A., Elez, G. (2010).** Diet of Striped sea bream *Lithognathus Mormyrus* (Sparidae) from Eastern Central Adriatic Sea. Cybium, 34 (4): 345- 352.
10. **AOAC. (1990).** Official methods of analysis (15th Ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
11. **AOAC. (2000).** Association of official Analytical chemists. Official Methods of Analysis, 17th Edition. Washington, D.C.
12. **Audigie, C. L., Figarell, A.J., et Zonszain, F. (1984).** Manipulation d'analyse biochimique, (1^{er} e édition), éd. Doin éditeurs. Paris. P : 3,9, 50.
13. **Audry, S. (2003).** Bilan géochimique du transport des éléments traces métalliques dans le système fluvial anthropisé Lot Garonne Gironde. Thèse de doctorat, université de Bordeaux I. 441p.
14. **ATSDR. (1990).** Toxicological profiles for Copper. Agency for toxic substances and disease registry, Atlanta, GA: USA department of Health and Human Services, Public Health Services.
15. **Bacha, A. (1982).** Étude de l'utilisation de la qualité protidique et microbiologique du poisson bleu « sardine et anchois » en fonction de la température et de la durée de conservation. 40p.
16. **Baranger, P.H., Guyonnet, D., Le Gern, C., Lemièrre, B., et Seguin, J.J. (2001).** Guide sur le comportement des polluants dans les sols et les nappes. Edition BRGM. P : 17-18.
17. **Barbosa, A.M., Gutierrez-Galindo, E. A., et Flores-Munoz, G. (2000).** *Mytilus californianus* as an indicator of heavy metals on the northwest coast of Baja California, Mexico. Marine Environmental Research, 49: 123–144.
18. **Baross, J., et Liston. (1970).** Occurrence of *Vibrio parahaemolyticus* and related haemolytic vibrios in marine environments of Washington State. Appl. Microbiology, 20: 179-186.
19. **Bassi, R., et Sharma, S.S. (1993).** Changes in proline content accompanying the uptake of zinc and copper by *Lemna minor*. Annals of botany. p : 72, 151–154.

20. **Bauchot, M.L et Pras, A. (1980).** Guide des poissons marins d'Europe. éd Lausanne-Paris. 427 p.
21. **Bemrah, N., Sirot, V., Leblanc, J.C., et Volatier, J.L. (2009).** Fish and seafood consumption and omega 3 intake in French coastal populations: CALIPSO survey. *Public Health Nutrition, Food Chemistry*, 12(5): 599–608.
22. **Ben Abdallah, O. (2005).** Contribution à l'étude biologique et dynamique de la crevette mouchetée *Metapenaeus monoceros* dans le golfe de Gabès (Tunisie). Mastère, Institut national agronomique de Tunisie. 113 p.
23. **Benedetto, M.D. (1997).** Méthodes spectrométriques d'analyse et de caractérisation, les métaux lourds. Saint-Etienne: École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne. P: 5, 6, 8.
24. **Ben Hadj, H., Ben Abdallah, O., Jarboui, O., Fiorentino, F., et Missaoui, H. (2009).** Reproductive biology of the speckled shrimp *Metapenaeus Monoceros* in the gulf of Gabes (Southern Tunisia, Eastern Mediterranean). *Cahiers de Biologie Marine*, 50: 231-240.
25. **Ben Hadj, H., Ben Abdallah, O., Jarboui, O., et Missaoui, H. (2010).** Age and growth of the speckled shrimp *Metapenaeus Monoceros* in the gulf of Gabes (Southern Tunisia, Central Mediterranean). *Cahiers de Biologie Marine*, 51: 265-274.
26. **Ben Mariem, S. (1993).** Taille de première maturité sexuelle et période de ponte de *Penaeus kerathurus* dans le golfe de Gabès, Tunisie. *Crustacean*, 65 (1): 81-96.
27. **Ben-Tuvia, A. (1990).** Mullidae. In Check-list of the fishes of the eastern tropical Atlantic (CLOFETA). JNICT. Lisbon; SEI, Paris et UNESCO, Paris, 2: 827-829.
28. **Benzaria, A. (2006).** Étude biochimique et nutritionnelle de l'effet immunomodulateur des huiles d'argan, de poisson et d'olive. Effets comparés de leurs acides gras. Docteur formation doctorale: biochimie : l'institut national des sciences appliquées. Lyon. 205 p.
29. **Berbert, A.A., Kondo, C.R., Almendra, C.L., Matsuo, T., et Dichi, I. (2005).** Supplementation of fish oil and olive oil in patients with rheumatoid arthritis. *Nutrition*, 21 : 131-136
30. **Bertozzini, F. (2001).** Technologie culinaire-connaissances marchandises. P:1,6-8.
31. **Biclet, G. (1997).** Le poisson aliment, cahier de nutrition et diététique. P : 22, 317-335
32. **Biney, C., Amuzu, A.T., Calamari, D., Kaba, N., Mbome, I.L., Naeve, H., Ochumba, O., Osibanjo, O., Radegonede, V et Saad, M.A.H. (2001).** Étude des métaux lourds. John Wiley & Sons, Ltd, 45 : 53-60.
33. **Bleifert, P. (2008).** Chimie de l'environnement, 2^{ème} édition, De Boeck, France. p: 364-387.
34. **Bleifert, C., et Perrau, D. (2009).** Chimie de d'environnement Air, eau, sols, déchets: Groupe de Boeck, 2ème édition, Bruxelles. P : 58-59,369-371, 381-387.
35. **Boudjatit, R. (2005).** Données générales sur la pêche en méditerranée. Situation de la pêche au niveau de la cote Jijélienne. Mémoire de docteur vétérinaire. Université de Constantine. P : 9-15.
36. **Bonnomet, V., et Le Goff, F. (2004).** Devenir et comportement des métaux dans l'eau : biodisponibilité et modèle BLM. Rapport technique du ministère de l'écologie et du développement durable, Direction de l'eau. P: 8-25.
37. **Boude, J.P., et Pege, J.Y. (1994).** Produit de la mère. *Economie et gestion agro- alimentaire*. P : 32-33-37.
38. **Boudenne, C. (1988).** Toxicité des métaux. Ed. Lavoisier. Tec. Paris. P : 160-172.
39. **Boudergue, C., et Hattenberger, M. (2010).** Consommation des poissons, mollusques et crustacés : Aspects nutritionnels et sanitaires pour l'Homme. Anses, 27-31 av. du Général Leclerc, 94701 Maisons-Alfort Cedex. 87 P.

40. **Boulgheb, R., Kehlessnene, S., et Mender, Z. (2012).** Contribution à un contrôle physicochimique, biochimique et microbiologique de quatre espèces de poissons (*Boops boop*, *Mullus barbatus*, *Merlangius merlangus* et *Trachurus trachurus*) écoulées sur le marché de Jijel, Mémoire d'ingénieur d'état en Agroalimentaire. Université de Jijel. P : 18-19.
41. **Bourgeois, C.M., Leveau, J.Y. (1980).** Technique d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaire, microbiologie alimentaire, Tome3 : 372-374, 260-299.
42. **Bourgeois, C.M ; Mescle, J.F., et Zucca, J. (1996).** Microbiologie alimentaires, Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. TEC & DOC, Paris, 2^{ème} éd : 348-359.
43. **Bourgeois, C.M.J., et Zucca, J. (1990).** Microbiologie alimentaire, Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Tome 1. TEC&DOC. Lavoisier. France. 348 p.
44. **Bourgeois, C.F. (2003).** les vitamines dans les industries agroalimentaires, éd. TEC & DOC, Paris. P : 49, 50.
45. **Boussen, S. (2010).** Evolution de haldes plombo-zincifères dans le nord de la Tunisie : l'exemple d'un contexte carbonate, 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.
46. **Bradai, M.N. (2000).** Diversité du peuplement Ichtyque et contribution à la connaissance des sparidés du golfe de Gabès. Thèse de doctorat d'Etat, Faculté des Sciences de Sfax (Tunisie). 600 p.
47. **Bradford, M.M. (1976).** A rapid and Sensetive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding. Anal. Biochem, 72: 248-254.
48. **Burger, J., et Gochfeldb, M. (2005).** Heavy metals in commercial fish in New Jersey. Environmental Research, 99 : 403-412.
49. **CAC. (2005).** Code d'usages pour le poisson et les produits de la pêche. Commission du Codex Alimentarius. Rome, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture/ Organisation mondiale de la santé. Projet. 98 p.
50. **Cardon, F., et Doussins, J.P. (2004).** Gestion et prévention des risques alimentaires. P : 1-3.
51. **Casas, S. (2005).** Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (HG, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *Mytilus Galloprovincialis* en milieu méditerranéen. P : 10-35.
52. **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.
53. **Chaher, Z., chefiri, F., et Zaiter, K. (2007).** Contrôle de la qualité de quatre espèces de poissons disponibles dans le commerce : pêcherie de Jijel, Mémoire d'ingénieur d'état en Agroalimentaire. Université de Jijel. P : 10-11, 18.
54. **Chauouqy, N.E. et El Marrakchi, A. (2005).** Aspects chimiques et bactériologiques de l'anchois (*Engraulis encrasicolus*) entreposé sous glace et à moyenne température (20-25°C). Laboratoire d'Analyses et de Recherches Vétérinaires B.P 474 Agadir, Département d'HIDAOA. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II Rabat, Maroc. P : 342
55. **Chatain, V. (2004).** Caractérisation de la mobilisation potentielle de l'arsenic et d'autres constituants inorganiques présents dans les sols issus d'un site minier aurifère. Thèse de doctorat, université de Lyon. P : 189.
56. **Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec. (2003).** Lignes directrices concernant l'application des contrôles de la qualité en chimie. DR-12-SCA- 01, Ministère de l'Environnement du Québec, Édition courante. P : 10-83.

57. **Chère, T.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.
58. **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. P: 44, 53, 54, 77.
59. **Chérif, M., Ben Amor, M.M., Selmi, S., gharbi, H., Missaoui, H., et Capapé, C. (2011).** Food and feeding Habits of the red Mullet *Mullus barbatus (Actinopterygii: perciformes: Mullidae)*, off the northern Tunisian coast (Central Mediterranean). *Acta Ichthyol. Pisca*, 41 (2) : 109-116.
60. **Chiffoleau, J.F. (2001).** La contamination métallique. P : 40.
61. **Connor, W.E. (2000).** Importance of n-3 fatty acids in health and disease. *American Journal of Clinical Nutrition*, 71: 1715-1755.
62. **Codex Alimentarius. (2011).** Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires, trente-quatrième sessions Genève, Suisse. P : 4, 5, 8, 10.
63. **Corraze, G. (1995).** Nutrition lipidique des poissons: importance et conséquences, la pisciculture française. P : 25- 36.
64. **Crosnier, J. (1999).** Devenir de la pollution métallique drainée par les eaux pluviales : influence du compartiment microbien et des alternances de dessiccation /réhumectation sur le transfert du Zinc dans la zone non saturée du sol. Thèse de doctorat, Université de Claude Bernard-Lyon 1, 282 : 39-85.
65. **Darley, B. (1992).** Systématique des vertébrés. Office des publications universitaires Tizi-ouzou. p: 5, 12.
66. **Darley, B., et Daniel, J.C. (1992).** Poissons des cotes algériennes. éd. Office des publications universitaires. Alger. pp : 23,42, 52, 56, 58.
67. **Dassie, C. (2006).** Guide pratique de l'hygiène à bord des navires de pêche. OFIMER. P: 20-34.
68. **Dauvillier, P. (1998).** Introduction à l'analyse nutritionnelle des denrées alimentaires. Lavoisier. P: 91.
69. **Daviglus, M., Sheeshka, J., et Murkin, E. (2002).** Health benefits from eating fish. *Comments Toxicology*, 8: 345-374.
70. **Davis, H.K. (1995).** Quality and deterioration of raw fish *In fish and fishery products*, composition, nutritive properties and stability. Holland, CAB international. P: 215-219.
71. **Deupin, H., Louis, J., Manewique, M.I. (1992).** Alimentation et nutrition humaine. ESF éditeur 17. rue Viéte, 75017 paris.730 p.
72. **Devauchelle, N. (2000).** Facteurs naturels de l'environnement et reproduction de poissons téléostéens et de mollusques bivalves en aquaculture, en zones tempérées. Institut François de Recherche pour l'Exploitation de la Mer : Laboratoire de Physiologie des Invertébrés. P: 36-57.
73. **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 sénégalais avec la poudre des feuilles. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development*, 7: 3.
74. **Direction du développement rural. (2010).** éd. cactus studio graphique. Nouméa. Cahier de nutrition et de diététique, 33(3) : 167-175.
75. **Direction de la pêche et des ressources halieutiques de la wilaya de Jijel. (2011).**
76. **Dumas, C., Saul, C., et Bender, O. (2007).** Apport en protéines: Consommation, Qualité, besoins et recommandations .AFSSA : 461 p.
77. **Dupin, H., et Louis, J. (1992).** Alimentation et nutrition humaine. P: 824-832.

78. **EFSA, (2005)**. Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain on a request from the European parliament related to the safety assessment of wild and farmed fish (Question N° EFSA-Q-2004-22). The EFSA, 236: 1-118.
79. **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.
80. **El Morhit, M., Fekhaoui, M., El Abidi, A., et Yahyaoui, A. (2012)**. Contamination métallique des muscles de cinq Espèces de poissons de l'estuaire du bas loukkos (cote atlantique marocaine). Science Lib. Ed, Mersenne, 4 N°120116 : 21p.
81. **El Rammouz, R. (2005)**. Etude des changements biochimiques post mortem dans le muscle des volailles- contribution au déterminisme de l'amplitude de la diminution du pH, thèse doctorat, institut national polytechnique de Toulouse. P: 9
82. **Eschenauer, B., Helms, S., Sigloch, B., et Janitzki, A. (2010)**. Le guide des poissons de pêche. Elcy édition. P : 3-20-250.
83. **Etherton, K.P.M., Harris, W. S., et Appel, L. J. (2003)**. Fish consumption, fish oil, Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease. Arteriosclerosis Thrombosis. Food Chemistry, 102(3) : 669-675.
84. **Eymard, S. (2003)**. Mise en évidence et suivi de l'oxydation des lipides au cours de la conservation et de la transformation de chinchard (*Trachurus Trachurus*), choix des procédés. Thèse de Doctorat en génie des procédés (école doctorale en génie des procédés : spécialité de biochimie. Nante. France. P : 27-29, 58.
85. **FAO, (1987)**. Méditerranée et mer noire, zone de pêche 37.Éd : FAO et CEE. Rome. Vol 2 : vertébrés. P : 1030,1095, 1197, 1353.
86. **FAO. (2007)**. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. Rome. P : 20
87. **FAO. (2009)**. Directives pour l'inspection du poisson fondée sur les risques, étude FAO alimentation et nutrition, organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. Rome. 35 p.
88. **FAO, Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. (2011)**. Guide des engins de pêche artisanale à Ghannouch et Akarit (golfe de Gabès, Tunisie). FAO-ArtFiMed Développement durable de la pêche artisanale méditerranéenne au Maroc et en Tunisie. Malaga. 29 p.
89. **FAO, Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. (2011)**. Guide des espèces débarquées par la pêche artisanale à Dikky (Maroc). FAO-Art-FiMed Développement durable de la pêche artisanale méditerranéenne au Maroc et en Tunisie. Malaga. 34 p.
90. **Ferbes, V., Forbes, T., et Riviere, J. (1997)**. Écotoxicologie, institut national de recherche agronomique. P : 27-68, 81.
91. **Fernandes, R. (2009)**. Microbiology handbook fish and seafood. Leatherhead food international: 247 p.
92. **Fernandez, G., et Venkatramann, J. (1993)**. Role of omega-3 fatty acids in health and disease. Nutrition Research, 1(13): 19-45.
93. **Ferreira, K.S., Gomes, J.C., Chaves, J.B.P., 2005**. Copper content of commonly consumed food in Brazil food chemistry, 92 (1) : 29-32.
94. **Folch, J., Lees, M., et Sloane-Stanley, G.H.S. (1957)**. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem. 226: 497-509.

95. **Fornaciari, G. (1990).** Paleodiet research on Proto-Eneolithic skeletal remains of Piano Vento (Palma di Montechiaro, Agrigento, Sicily) by atomic absorption spectrometry, 68: 129-214.
96. **Fischer, W., Schneider, M., et Bauchot, M.I. (1987).** Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche (Révision I). Méditerranée et mer Noire, Zone de pêche 37. Vol : 2, Vertébrés. Rome : FAO. p : 761-1530.
97. **France, L. (1992).** La toxicologie. Ed Gauthier villars. Paris. P : 117,123.
98. **Frank, C.LU., Lhuguenot, J.C., et Rivière, J.L. (1992).** chapitre 20: Toxicité des métaux, In : Données générales, procédures d'évaluation, organes cibles, évaluation du risque. © Masson paris Milan Barcelone Bonn. P : 293-294,297-298 ,300-311.
99. **Fredot, É. (2006).** Connaissance des aliments, Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, TEC& DOC Lavoisier, France. P : 117- 118,124-125, 127,128.
100. **Fredj, K., Quignard, G.P. (1984).** la fécondation des poissons téléostéens. éd. Paris. P : 213.
101. **Frenot, M., et Vierling, É. (2001).** Biochimie des aliments: diététique du sujet bien portant, Biosciences et techniques. 2^{ème} édition. Éd. Doin, 297 p.
102. **Gaamour, A. (1999).** La sardinelle ronde *Sardinella Aurita* dans les eaux tunisiennes: reproduction, croissance et pêche dans la région du cap Bon. Thèse de Doctorat. Université de Bretagne occidentale (France). 246 p.
103. **Galzy, P., et Guiraud, J. (1980).** L'analyse microbiologique dans les industries alimentaires. L'USINE. P: 159-163.
104. **Gavrilovie, M., Maginot, M.J., Schwartz-gavrilovie, C. et Wallach, J. (1996).** Manipulation d'analyse biochimique, 3^{ème} éd. Doin éditeurs, Paris. P : 124,171 -174.
105. **Géffard, M. (2001).** Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Assemblé national. P: 20-352.
106. **Genin, B., Chauvin, C. et Menard, F. (2003).** Cours d'eau et indices biologiques, pollution-méthodes-IBGN, éd : Dijon- Educargri. France. P: 54,55.
107. **Glogowski, J., et Cierieszko, A. (2001).** Why we should increase food consumption, especially that of rainbow trout. Magazine Przemysl Ryb, 2. P: 95-102.
108. **Goldsworthy, G.J., Mordue, W., et Guthkelch, J. (1972).** Studies on insect adipokinetic hormones. Gen. Comp. Endocrinol, 18 (3) : 545 p.
109. **Gombert, S. (2005).** Pollution atmosphérique par les métaux, bio-surveillance des retombées, éd : EDP sciences/ADEME, Paris. P : 12,44.
110. **Goulding, I et Porto, D.O. (2005).** Amélioration de l'état sanitaire des produits de la pêche dans les pays ACP et les PTOM. Manuel d'inspection sanitaire des produits de la pêche. P : 124,171 -174.
111. **Grabowska, L., Kozłowska, J., Kozłowski, R., Mankowsid, I., Szpakowski, B. (2003).** Métaux lourds dans l'environnement menaces et possibilités de riposte. Institut des fibres naturelles, Poznan, Centre de recherche pour l'agriculture et la forêt Pologne. P : 45.
112. **Grasse, P. P. (1976).** précis de zoologie, vertébrés, (tome II), 2^{ème} édition), éd. Masson, paris. p: 149,171.
113. **Greenfield, H., et Southgate, D. (2007).** Données sur la composition des aliments, production, gestion et utilisation, FAO, Rome. P : 109, 121-122.
114. **GRET (Groupe de Recherche et d'Echange Technologique). (1993).** Conserver et transformer le poisson. Paris. 286 p.
115. **Grodji, A., et Gbogouri. (2005).** Co-valorisation des proteines et des lipides riches en lécithine et en acides gras polyinsaturés oméga 3 a partir de têtes de Saumon (*salmo salar*) par

- hydrolyse enzymatique. Docteur de l'INPL : l'Institut National Polytechnique de Lorraine. 154 Page.
116. **Groschaude, G. (1999).** L'eau l'usage et polluants (tome II). Ed. Masson. Paris P :136.139.
117. **Guérin, T., Sirot, V., Volatier, J.L., et Leblanc, J.C. (2007).** Organotin levels in seafood and its implications for health risk in high-seafood consumers. *Science of the Total Environment*, 388 (1-3): 66-77.
118. **Guérin, T., Chekri, R., Vastel, C., Sirot, V., Volatier, J.L., Leblanc, J.C., et Noël, L. (2011).** Determination of 20 trace elements in fish and other seafood from the French market. *Food Chemistry*, 127: 934-942.
119. **Guide de bonnes pratiques d'hygiène et application de l'HACCP. (2010).** Poissons frais, surgelés ou congelés. Royaume du Maroc. Ministère de l'Agriculture, et de la Pêche Maritime. Département de la Pêche Maritime, 6 : 249 p.
120. **Guillaume, J., Kaushik, S., Bergo, T.P., et Metailler, R. (1999).** Nutrition et alimentation des poissons et crustacés, éd : INRA et IFREMER, Paris. 26 p.
121. **Guiraud, J.P. (1998).** Microbiologie alimentaire. éd : DUNOD. Paris, France. P : 149-150,462 ,464.
122. **Hadef, O. (2005).** Contrôle et inspection du poisson. Manuel pédagogique en sciences vétérinaires Université du Constantine. 45 p.
123. **Hammami, I., Bahri-sfar, L., et Benhassine, O.k. (2010).** Caractérisation morphologique et génétique des populations lagunaires de *Lithognathus mormyrus* des côtes tunisiennes. Unité de Recherche de Biologie, Ecologie et Parasitologie des Organismes Aquatiques, Faculté des Sciences de Tunis, Campus Universitaire 2092, Tunis, Tunisie. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit*, 39 : 540 p.
124. **Harchouche, K., Maurin, C., et Quéro, J.C. (2005).** Inventaire des proies ingérées par le marbré *Lithognathus Mormyrus*. (Pisces: Perciformes: Sparidae). *Ann. Soc. Sei. nat. Charente-Maritime*, 9(5) : 491-502.
125. **Hellal, Z. (2011).** Contribution à l'étude des propriétés antibactérienne et antioxydants de certaines huiles essentielles extraites des Citrus. Application sur la Sardine (*Sardina Pilchardus*). Mémoire de Magister en Biologie, Spécialité biochimie appliquée et Biotechnologies. Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 120 p.
126. **Hellawel, J.H. (1986).** "Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management". Elsevier: London. 546 p.
127. **Hébrard-Labit, C., Meffray, L. (2004).** Comparaison de méthodes d'analyses des éléments traces métalliques et HAP sur les sols et les végétaux. CERTU. 120 p.
128. **Hinard, G. (1923).** Étude sur la valeur alimentaire du poisson la mer, notes et mémoires N°28. Edition office- scientifique et technique des pêches maritimes. Paris. 48 p.
129. **Holub, D.J., et Holub, B.J. (2004).** Omega-3 fatty acids from fish oils and cardiovascular disease. *Molecular Cell Biochemistry*. Pages: 217-225, 263.
130. **Huchet, P. (2009).** Etude complémentaire au diagnostic DCE sur le lac de référence d'Anterne - Etude de la contamination toxique dans les poissons de deux lacs d'altitude, comparaison avec les grands lacs alpins. Fédération de Haute-Savoie pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique. 25 p.
131. **Hureau, J.C. (1986).** Mullidae. In: *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean*, 2. UNESCO, Paris. P: 877-882.
132. **Huss, H. (1988).** Le poisson frais, qualité et altération de la qualité. Rome: FAO. P : 20, 25, 30-33,41, 51-53.

133. **Huss, H. (1999).** La qualité et son évolution dans le poisson frais. éd : FAO. Rome. P: 19-36, 39-48
134. **Huss, H. (2003).** Laboratoire de technologie Ministères de l'agriculture et des pêches, Danemark. P : 9-45.
135. **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, Étude et expérimentation d'un pasteurisateur industriel pour la préparation de plats cuisinés en cycle court, laboratoire génie alimentaire. Pages : 2,7-9.
136. **INRA Bordeaux-Aquitaine, site d'Hydrobiologie, Saint-Pierre-sur-Nivelle (Pyrénées Atlantiques)**
137. **Ismail, H.M. (2005).** The role of omega-3 fatty acids in cardiac protection: an overview. *Frontiers in Bioscience*, 10 : 1079–1088.
138. **Jabeen, F et Chaudhry, A. S. (2011).** Chemical compositions and fatty acid profiles of three freshwater fish species. *Food Chemistry*, (125) : 991–996.
139. **Jeanet, J. R., Croguennec, T., Schuck, P., et Brulé, G. (2007).** Science des aliments Biochimie-Microbiologie-Procédés-Produits, (Vol. 2), éd. TEC & DOC, Paris. 456 p
140. **Jeanet, H., et Defranc. Q, D. (2012).** Les Produits de La Pêche Et De La Pisciculture. France. 32 p.
141. **Jesús, M.I., et Kekez. L. (2009).** La pêche en Croatie. Département thématique B Politiques structurelles et de cohésion. 74 p.
142. **Jorhem, L., et Sundström, B. (1993).** Levels of lead, cadmium, Zinc, copper, nickel, chromium, manganese and cobalt in foods on the Swedish market, *Journal of food composition and analysis*, 6 : 223-241.
143. **Jorhem, L. (2003).** Food Safety: Contaminants and Toxins, chapitre : métaux lourds, éd. fr: 203-205, 208, 211.
144. **Joris, M.A. (2005).** Étude biochimique et génétique de la réponse adaptative de mollusques face aux contaminations métalliques et au stress oxydant. Thèse de doctorat, suivi de Bordeaux I. p 265.
145. **Journal officiel de la république Algérienne N°60. (2005).** Lois. 30 Rajab 1426.
146. **Journal officiel de la république Algérienne N°26. (2006).** Valeurs limites des paramètres des rejets d'effluents liquides industriels.
147. **Journal officiel de la république Algérienne N°26. Règlement (CE) n° 1881/2006**
148. **Kamoun, E.P. (1997).** Appareils et méthodes en biochimie et biologie moléculaire, éd. Flammarion, Paris. P : 58.
149. **Kalay, M., Ay, Ö. et Canlı, M. (1999).** Heavy metal concentrations in fish tissues from northeast Mediterranean Sea. *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology*, 63 : 673–681.
150. **Kaushik, S.J. (1997).** Nutrition - Alimentation et composition corporelle chez le poisson, *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 32 (2) : 100-106.
151. **khelalef, Z. (1990).** contribution à l'évaluation de l'état de fraîcheur du poisson. Mémoire d'ingénieur d'état Agroalimentaire Université de Constantine. P : 25.
152. **KnockaÄrt, C. (2009).** pisciculture de quelques espèces. France. 18 : 187.
153. **KnockaÄrt, C. (2002).** Le fumage de poisson. 7ème éd. Paris : IFREMER. 115 pages.
154. **Kodo, J. L. (1990).** L'ionisation des produits de la pêche, éd. IFREMER. P: 15-23
155. **Kolanowski, W., et Laufenberg, G. (2006).** Enrichment of food products with polyunsaturated fatty acids by fish oil addition. *European Food Research Technology*, 222: 472–477.

156. **Koller, B. (2004).** Hoav medal concentrations in fish tissues from the mortheast Mediterranean. Ed, Hut Chion conderes. P: 456.
157. **Koth, A.R., Ashraf, F. A. H., et Al-Baker, A.A. (1991).** Omega-3 polyunsaturated fatty acid content of some popular species of Arabian Gulf fish; Food Chemistry, 40: 185-190.
158. **Kozlova, T.A. (1998).** Lipid class composition of benthic-pelagic fishes (Cottocomephorus, Cottoidei) from Lake Baikal. Fish. Physiology. Biochimestry, 19: 211–216.
159. **Laperche, v., Dictor, MC., Clozel, B., Baranger, P., 2004.** Guide méthodologique du plomb appliqué à la gestion des sites et des sols pollués : Rapport final. BRGM /RP. P : 138.
160. **Le codex alimentarius. (2003).** Code d'usages pour les poissons et les produits de la pêche (cac/rcp 52). ISBN 978-92-5-205914-1. ISSN 1020-2560.
161. **Leduc, F. (2011).** Evaluation de la qualité des poissons frais par des approches chimiques. Thèse de doctorat, Université Sciences et technologies de Lille 1, école doctorale biologie et santé, spécialité : Biochimie.185pages.
162. **Le Folche, M. (2004).** Caractérisation physicochimique et traçage des émissions particulières métalliques d'une usine d'incinération d'ordures ménagées dans l'air ambiant, exemple de l'UIOM de Toulon (Var, France). Thèse de doctorat, université de Droit, d'Économie et des Sciences d'AIX-Marseille (Aix Marseille III). P: 366 : 30, 31, 52.
163. **Le Goff, F.V.B. (2004).** Rapport technique de ministère de l'écologie et du développement durable : devenir et comportement des métaux dans l'eau : biodisponibilité et modélisation BLM. P : 87.
164. **Leonard, A. (1990).** Les mutagènes de l'environnement et leurs effets biologiques, éd. Masson. Paris. P : 37- 39.
165. **Lu, C.F. (1992).** Toxicologie : donnés générale. Masson édition. Paris. 313 p.
166. **Leyral, C., et Vderling, E. (2007).** Microbiologie et toxicologie des aliments, éd : Doin, Centre régional de documentation pédagogique d'aquitaine, (4^{ème} édition), France. 267 p.
167. **Limouzin, H. (1983).** Monde de la pêche et des poissons. librairie Larousse 17. rue du Montparnasse, paris VI édition. 418 p.
168. **Linden, G. (1981).** Techniques d'analyses et de contrôle dans les industries agroalimentaires, éd. Technique & documentation et APRIA, Paris. 2: 24-30, 410, 480, 481, 483.
169. **Linden, G et Lorient, D. (1994).** Biochimie agro-industrielle, valorisation alimentaire de la production agricole, éd. Masson, Paris .P: 161-162.
170. **Love, R. M. (1970).** The Chemical Biology of Fishes. Academic Press, London. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 32 (12): 2333-2342.
171. **Maqsood, S., et Benjakul, S. (2011).** Comparative studies on molecular changes and pro-oxidative activity of haemoglobin from différent fish species as influenced by pH. Thailand. Food Chemistry, 124: 875-883.
172. **Martignon, M. (2007).** Arsenic, Plomb et Cadmium : de l'environnement jusqu'au lait...un risque pour la santé humaine. mémoire bibliographique de l'étude : « transport digestif des Éléments Traces Métalliques (arsenic, Cadmium, Plomb) chez la vache laitière. Ecole doctorale vétérinaire INPENSAT. Toulouse. Blackwell Publishing Ltd, 51 : 321-326.
173. **Martinsdottir, E. (2002).** Quality management of stored fish. Icelandic Fisheries Laboratories, Reykjavik. CRC Press LLC. 19 p.
174. **Matés, J.M., Perez-Gomez, C., Nunez de Castro I. (1999).** Antioxidant enzymes and human deseases. Clin Biochem, 32 (8): 595-603.
175. **Matteini, M., Lalli, C., Tosini, I. (1991).** Examination of the soluble components of patinas by means of ion chromatography and atomic absorption, 3: 40-46.

176. **Merzouki, M., Talib, N. et Sif, J. (2009).** Indices de condition et teneurs de quelques métaux (Cu, Cd, Zn et Hg) dans les organes de la moule *Mytillus galloprovincialis* de la côte d'El Jadida (Maroc) entre Mai et Juin 2004, Maroc. P: 3, 22.
177. **Meltem, D., Ziya, M., Lugal GÖksu, Argun Akif Özak, 2007.** Investigation of heavy metal levels in economically important fish species captured from the Tuzla lagoon. Food Chemistry, 102: 415–421.
178. **Melquiot, P. (2003).** 1001 mots et abréviations de l'environnement et du développement durables, France. 119 p.
179. **Mendel, B. A., Kemp et Myers, D.K. (1954).** A colorimetric micro-method for the determination of glucose. Biochemical Journal, 56 (4) : 639-646.
180. **Miquel, G. (2001).** Les effets des métaux lourds sur l'environnement de la santé. Rapport office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. P : 94-272.
- Montera, P., et Bourgeois. (2003).** valeur alimentaire, inspection sanitaire des sous produits outillage industrie. P: 3-9-26-32.
181. **Morren, S. (1994).** A la pêche à la santé. Paris. P : 10.
182. **Mozaffarian, D., Bryson, C.L., Lemaitre, R. N., Burke, G. L., et Siscovick, D. S. (2005).** Fish intake and risk of incident heart failure. Journal of the American College of Cardiology, 45 (12), 2015–2021.
183. **Mujinga, W., Mutala, S. et Hüsken, S.M.C. (2009).** Rapport d'analyse et table de valeur bromatologique de catégorie des poissons trouvés sur les marchés de poisson à Lubumbashi, République Démocratique du Congo. Programme régional Les pêches et le VIH/SIDA en Afrique: investir dans des solutions durables. Rapport de projet du World Fish Center. 14 p.
184. **Murray, J., et Burt, J.R. (1969).** The composition of fish. Torry Advis. Note 38, Torry Research Station, Aberdeen. Journal of Fish Biology, 9(4): 329-334.
185. **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. P: 4, 8.
186. **Norberg, B., Kjesbu, O.S., Taranger, G.L., Andersson, E., et Stefansson, S.O. (2000).** Proceedings of the 6th International Symposium on the reproductive physiology of Fish. John Grieg, A.S pub. P : 12, 35, 36, 37.
187. **Norme AFNOR. (1999).** Viandes et produits à base de viande - Préparation de l'échantillon en vue de l'analyse de composition. NF V04-416.
188. **Nicolau, R. (2005).** Caractérisation et quantification des transferts dus aux petites rivières côtières méditerranéennes. Thèse de doctorat, université de Toulouse. P:198.
189. **Nu (Nations Unies). (2005).** Systhème général harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques, unités Nations publication. P : 229.
190. **Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. (1999).** Rome. P : 14-17.
191. **Organisation mondiale de la santé. (2009).** Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome. 173 p.
192. **Osman, F., Jaswir, I., Khaza'ai, H., et Hashim, R. (2007).** Fatty acid profiles of fin fish in Langkawi Island, Malaysia. Journal of Oleo Science, 56 (3): 101–113.
193. **Özogul, Y., et Özogul, F. (2007).** Fatty acid profiles of commercially important fish species from the Mediterranean, Aegean and Black Seas. Food Chemistry, 100: 1637–1638.
194. **Özogul, Y., Özogul, F., et Alagoz, S. (2007).** Fatty acid profiles and fat contents of commercially important seawater and freshwater fish species of Turkey: A comparative study. Food Chemistry, 103: 217–223.

195. **Patterson, J. (2002).** Introduction-comparative dietary risk: balance the risks and benefits of fish consumption. *Comments Toxicology*, 8: 337-344.
196. **Pearson, R.G. (1963).** Physical and inorganic chemistry: Hard and soft acids and bases. *Chem Soc*, 85 : 3533-3539.
197. **Périlleux, É. (1995).** Organisation et classification du règne animal, France. P : 102
198. **Perrin, R et Scharf, J. (2002).** Chimie industrielle. 2^{ème} édition. Dunod. Paris. 1001p.
199. **Pichard, A. (2005).** Chrome et ses dérivés, fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. INERIS. P: 6.
200. **Picot, C. (2003).** Intoxication de l'organisme par les métaux lourds et autres toxiques: le mercure, le plomb et cadmium trois métaux toxiques. Conférence ADNO. Paris. P: 24.
201. **Pillet, S. (2000).** Evaluation du risque immuotoxicologique lié à l'exposition au cadmium chez les phoques gris. Thèse de doctorat, univ de Liège. P : 334.
202. **Pollard, A.M., et Hatcher, H. (1994).** The chemical analysis of oriental ceramic body composition. Part 1 wares from North China in *Archaeometry*, 36: 149-174.
203. **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*, 131: 1233–1239.
204. **Qiue, C., Zhao, Y., Xingguo, C., Zhide, H., Qiheng, X.(1999).** Sequential fluorescent determination of copper (II) and cobalt (II) in food samples by flow injection analysis *Food Chemistry*, 65 (3): 405-409.
205. **Ramade, F. (1998).** Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau. Ediscience. Paris. P: 785.
206. **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, 104, 603.
207. **Ramade, F. (2007).** Introduction à l'Ecotoxicologie fondement et application, éd. Lavoisier. Paris. P: 65, 67,424-425,436-437, 441-443.
208. **Règlement (CE) No 2406/96 DU CONSEDL. (1996).** Fixant des normes communes de commercialisation pour certains produits de la pêche (1996R2406 — FR — 01.01.2001 — 001.001.
209. **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, 10^{ème} science des muscles et technologie des viandes, chapitre: qualité de la chair des poissons session 2, éd. J. CHEVALIER, Rennes. P: 88, 89, 91, 92, 102, 109.
210. **Rose, D.P., et Connolly. (1999).** Oméga -3 fatty acids as cancer chemopreventive agents. *Pharmacology & Therapeutics*, 83 (3): 217-244.
211. **Roudant, H., et Lefrancq, Q.E. (2005).** Alimentation théorique, éd : Doin éditeurs, Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine, Bordeaux. P: 134-135.
212. **Rouessac, F., et Rouessac, A. (2004).** Méthodes et techniques instrumentale moderne, (6eme édition), éd. Dunod. Paris. P: 246.
213. **Rouibah, K. (2005).** Contribution à l'étude de la pollution des eaux portuaires de la région de Jijel par les métaux lourds, Mémoire d'ingénieur d'état en Agroalimentaire. Université de Constantine. P : 17-23.
214. **Roony, C.P., et McLaren, R.G. (1999).** "Distribution and phytoavailability of lead in soil contaminated with lead shot". *Water, air and soil*. 116 : 535-548.
215. **Saâdoune, H. (2005).** Guide de l'inspection du poisson. P : 4-28.
216. **Sablonnière, B. (2001).** Technologie alimentaire, France. 45p.

217. **Sainclivier, M. (1985).** L'industrie alimentaire halieutique: des techniques ancestrales à leurs réalisations contemporaines. Rennes: Ensa. vol 3. P: 366.
218. **Salvarredy Aranguren, M.M. (2008).** Contamination en métaux lourds des eaux de surface et des sédiments du Val de Milluni (Andes Boliviennes) par des déchets miniers. Approches géochimique, minéralogique et hydrochimique. Thèse doctorat Université de Toulouse. 489 p.
219. **Saryan, L.A., Reedy, M. (1988).** Chromium determination in a case of a chromic acid ingestion. *J. Anal Toxicol*, 12: 162-164.
220. **Sato, K., Yoshinaka, R., et Sato, M. (1989).** Hydroxyproline content in the acid-soluble collagen from muscle of several fishes. *Bulletin of the Japanese Society of scientific Fisheries*, 55. 1467 p.
221. **Seret, B. (1990).** Poissons de mer de l'ouest Africain tropical. P: 47-98-286.
222. **Selwyn, L .S., Costain, C. G. (1991).** Evaluation of silver-cleaning products. *Journal of the International Institute for conservation Canadian group*, 16: 1-3.
223. **Scislawski, V. (2011).** Procédure de dosage de l'azote total par la méthode kjeldahle et calcul de la teneur en protéine. *AFRICAN FOOD TRADITION : FP 7n°245025*. P: 62
224. **Schulz, M.A.D., Liese, E.J., Mayer-Davis, R.B., Dagostino, J.F., Sparks., et Wolever, T.M. (2005).** Nutritionnal correlates of dietary glycaemic index: New aspects from a population perspective. *British Journal of Nutrition*, 94 (3): 397-406.
225. **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*, 19 (3): 514-528.
226. **Sheridan, M.A. (1988).** Lipid dynamics in fish: aspects of absorption, transportation, deposition and mobilization. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 90 (4): 679-690.
227. **Soudan, F. (1950).** L'altération du poisson préservation de sa fraîcheur, éd. office scientifique et technique des pêches maritimes, paris. P : 1,2.
228. **Sorensen, E.M. (1991).** Metal poisoning in Fish. 6^{ème} éd. Cadmium. CRC Press, Boca Raton, FL. P: 175-234.
229. **Stansby, M.E. (1962).** Proximate composition of fish. In: E. Heen and R. Kreuzer ed. *Fish in nutrition*, Fishing News Books Ltd., London. P: 55-60.
230. **Stengel, P. et Gelin S., (1998).** Sol : interface fragile, édition Quae, France, P: 161.
231. **Sirot, V., Guérin, T., Volatier, J. L., et Leblanc, J. C. (2009).** Dietary exposure and biomarkers of arsenic in consumers of fish and shellfish from France. *Science of the Total Environment*. P: 407, 1875-1885.
232. **Thurre, D., kurth, C. (2006).** Poisons et trésors aquatiques. P: 3-6.
233. **Trémolières, J., Serville, Y., jacquot, R., et Dupin H. (1984).** Les aliments, manuel d'alimentation humaine. Tome 2. 9^{ème} édition. paris. pp : 123,156.
234. **Tuara, P. (1999).** Méthodes pratiques De conservation Des produits De la mer Salage et séchage. Secrétariat général de la Communauté du Pacifique (CPS). 98848 nouméa cedex nouvelle-calédonie. 42 p.
235. **Türkmen, A., Türkmen, M., Tepe, Y., et Akyurt, I. (2005).** Heavy metals in three commercially valuable fish species from Iskenderun Bay, Northern East Mediterranean Sea, Turkey. *Food Chemistry*, 91: 167-172.

236. **Tüzen, M. (2003).** Determination of heavy metals in fish samples of the middle Black Sea (Turkey) by graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Food Chemistry*, 80: 119–123.
237. **Usydus, Z., Szlinder-Richert, J., Adamczyk, M., Szatkowska, U. (2011).** Marine and farmed fish in the Polish market: Comparison of the nutritional value. *Food Chemistry*, 126 : 78–84.
238. **Vedy, J-C. (2002).** Éléments traces métalliques, pages : 12-25.
239. **Véro, G. (2002).** Organisation et classification du monde animale. 3^{ème} édition. Dunod édition, France, Paris. pages : 88, 103-105.
240. **Viala, A. et Botta, A. (2005).** Toxicologie, (2eme édition), éd. Tec & Doc, Lavoisier. Paris. P: 606-607, 627,628, 634.
241. **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.
242. **Vierling, É. (2008).** Aliments et boissons. filières et produits. 3^{ème} édition. Doin éditeurs, France. pp : 91-104.
243. **Watanabe, T. (1982).** Lipid nutrition in fish. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 73B. Pages: 3–15.
244. **Wessel, N. (2010).** Étude des voies de bioactivation du benzo[α]pyrène et du fluoranthène chez la sole commune (*Solea Solea*) : Profil métabolique et génotoxicité. Thèse de doctorat : Discipline : physiologie, biologie des organismes, populations, interactions Spécialité : Ecotoxicologie marine université de Nantes UFR sciences et techniques. École Doctorale Venam. IFREMER. 279 p.
245. **Whitehead, P.J.P., et Bauchot, M.L. (1984).** Fish of north ester Atlantic and the Mediterranean. P: 9, 473.
246. **Whitehead, P.J.P. (1985).** Clupeoid fishes of the world (suborder Clupeioidei). An annotated and illustrated catalogue of the herrings, sardines, pilchards, sprats, shads, anchovies and wolf-herrings. *FAO Species Catalogue. Synop*, 125 (7/1): 1-303.
247. **Wuthrich, S. (2001).** Effect of copper on the glutathion métabolisme in *Oocystis marssonii*. *Ecotoxicology of algal communities and populations*. P: 66.
248. **Xalaat, G.B. (2005).** Étude de la marche poisson Sénégal. P : 36.
249. **Yilmaz, A.B. (2003).** Levels of heavy metals (Fe, Cu, Ni, Cr, Pb and Zn) in tissues of *Mugil cephalus* and *Trachurus mediterraneus* from Iskenderun Bay, Turkey. *Environmental Research*, 92 : 277–281.
250. **Zine, C.** Rôle vétérinaire dans la production de consommateur : cas de l'inspection sanitaire du poisson. Direction service agricole inspection vétérinaire de la wilaya de Jijel.
251. **Usydus, Z., Szlinder-Richert, J., Adamczyk, M., et Szatkowska, U. (2011).** Marine and farmed fish in the Polish market: Comparison of the nutritional value; *Food Chemistry*, 126: 78–84.

Sites Internet

1. www.fishbase.org
2. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/006/y4743e/y4743e00.pdf>
3. <http://www.sfp-acp.eu/FR/B15-Handbook.htm>
4. valerie.scislowski@adiv.fr
5. <http://www.europarl.europa.eu/activities/expert/eStudies.do?language=FR>
6. Mepba12002@yahoo.co.uk

Tableau n° XIII: Les concentrations minimales et maximales qui peuvent être dosées.

Métal	Limite inférieure µg /kg poids sec	Limite supérieure µg/Kg poids sec	Limite inférieure µg/kg poids humide	Limite supérieure µg/kg poids humide
Cd	15	50 000	03	10 000
Cr	100	50 000	25	10 000
Cu	200	50 000	50	10 000
Pb	300	50 000	100	10 000
Fe	-	-	-	-
Zn	-	-	-	-

Tableau n°00: les barèmes de cotation des espèces de poisson

Objet d'examen		N° des caractéristiques	Critères et cotes d'appréciation				Espèce : Échantillon
			3	2	1	0	
Peau	Couleur	I a	Pigmentation vive et chatoyante ; pas de coloration	Pigmentation vive mais sans lustre	Pigmentation en voirs de décoloration et terne	Pigmentation terne	
	Mucus	I b	Aqueux et transparent	Légèrement trouble	laiteux	Opaque	
Œil	Forme	II a	Convexe (bombé)	Convexe et légèrement affaissé	Plat	Concave au centre	
	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	Jaunâtre	
	mucus	III b	Pas de mucus	Traces légères de mucus clair	opaque	Laiteux	
péritoine		IV	Adhérent totalement à la chair	Adhérent	Pas Adhérent	Non adhérent	
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 brúnatre	
Branchies, peau, cavité abdominale		VI	Odeur d'algue marine	Ni algue, ni mauvaise	Légèrement aigre	aigre	
Chair	Consistance	VII a	Ferme et élastique	Élasticité diminuée	Légèrement molle (flasque) élasticité diminuée	Molle (flasque)	
	Surface	VII b	Lisse	lisse	Cireuse (veloutée) et ternie	Écailles 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	
Colonne vertébrale	couleur	VIII a	Pas de coloration	Veloutée, cireuse, feutrée, couleur légèrement modifiée	rose	rouge	
	Adhérence à la chair	VIII b	Se brise eu lieu de se détacher	adhérente	Peu adhérente	Non adhérente	

Tableau XIV: Barème de cotation fraîcheur pour l'espèce *Solea Solea*

Objet d'examen		02/05/2013	05/05/2013	25/05/2013
		Cotes		
peau	Couleur	3	3	3
	Mucus	3	3	3
Œil	Forme	3	3	3
	Cornée	3	3	3
	pupille	3	3	3
branchies	couleur	3	3	3
	mucus	1	1	1
péritoine		2	2	2
Organes		3	3	3
Branchies, peau, cavité abdominale.	Odeur	0	3	1
chair	Consistance	2	2	2
	Surface	3	3	3
	Couleur	3	3	3
Colonne vertébrale	couleur	3	3	3
	Adhérence à la chair	2	2	2
Totale		37	40	39
Degré de fraîcheur(Moyenne)		2,57±0,07		

Tableau XV: Barème de cotation fraîcheur pour l'espèce *S. pilchardus*

Objet d'examen		02/05/2013	05/05/2013	25/05/2013
		Cotes		
peau	Couleur	3	3	3
	Mucus	3	3	3
Œil	Forme	3	1	2
	Cornée	3	3	3
	pupille	3	2	3
branchies	couleur	3	3	3
	mucus	2	2	2
péritoine		3	3	3
Organes		3	3	3
Branchies, peau, cavité abdominale.	Odeur	3	3	3
chair	Consistance	3	3	3
	Surface	3	3	3
	Couleur	3	3	3
Colonne vertébrale	couleur	3	3	3
	Adhérence à la chair	2	2	2
Totale		43	40	42
Degré de fraîcheur(Moyenne)		2,77±0,07		

Tableau XVI : Barème de cotation fraîcheur pour l'espèce *Lithognathus Mormyrus*

Objet d'examen		02/05/2013	05/05/2013	25/05/2013
		Cotes		
Peau	Couleur	3	3	3
	Mucus	3	3	2
Œil	Forme	1	3	2
	Cornée	3	3	1
	pupille	3	3	2
Branchies	couleur	3	3	2
	mucus	1	3	2
Péritoine		2	3	2
Organes		3	3	2
Branchies, peau, cavité abdominale.	Odeur	3	3	3
Chair	Consistance	3	3	2
	Surface	2	2	3
	Couleur	3	3	2
Colonne vertébrale	couleur	3	3	3
	Adhérence à la chair	2	2	3
Totale		38	43	34
Degré de fraîcheur(Moyenne)		2,55±0,2		

Tableau XVII: Barème de cotation fraîcheur pour l'espèce *Mullus Barbatus*

Objet d'examen		02/05/2013	05/05/2013	25/05/2013
		Cotes		
Peau	Couleur	3	2	3
	Mucus	3	3	3
Œil	Forme	2	1	2
	Cornée	2	0	0
	pupille	3	2	2
Branchies	couleur	3	3	3
	mucus	2	2	2
Péritoine		2	2	2
Organes		3	2	3
Branchies, peau, cavité abdominale.	Odeur	3	3	3
Chair	Consistance	3	2	3
	Surface	3	3	3
	Couleur	3	2	3
Colonne vertébrale	couleur	3	2	3
	Adhérence à la chair	2	2	3
Totale		37	31	38
Degré de fraîcheur(Moyenne)		2,35±0,15		

Tableau XVIII: les valeurs moyennes de l'indice de fraîcheur pour les quatre espèces de poissons étudiés

Espèces	Sardine	Rouget	Sole	Marbré
Indice de fraîcheur	2,77±0,07	2,35±0,15	2,55±0,2	2,57±0,07

Tableau XIX: Les valeurs moyennes de la taille des quatre espèces

Espèces	Sardine	Rouget	Sole	Marbré
Longueur (cm)	12±01	11,93±0,26	16,66±01	16,36±0,2
Largeur (cm)	2,5±0,16	3,23±0,16	6,7±0,7	5,66±0,16
Poids (g)	22,4±6,56	31,2±2,43	78,16±8,13	113±9,43

Tableau XX : Les valeurs moyennes du pH pour les quatre espèces

Espèces	Sardine	Rouget	Sole	Marbré
pH	6,815±0,003	6,92±0,006	7,015±0,003	6,845±0,003

Tableau XXI : Les valeurs moyennes de l'acidité pour les quatre espèces de poissons.

Espèces	Sardine	Rouget	Sole	Marbré
Acidité °D	63 ± 0,33	50 ± 0,33	35 ± 0,66	60 ± 0,66

Tableau XXII : les valeurs moyennes de la teneur en eau dans les quatre espèces de poissons exprimées en pourcentages

Espèces	Sardine	Rouget	Sole	Marbré
Teneur en eau (%)	71,12±3,33	67,78±1,11	72,23±1,13	70±00

Tableau XXIII : Les valeurs moyennes de la teneur en matière sèche dans les quatre espèces étudiées exprimées en pourcentage.

Espèces	Sardine	Rouget	Sole	Marbré
Teneur en eau (%)	28,88±3,33	32,22±1,11	27,77±1,13	30±00

Tableau XXIV : Les valeurs moyennes de la teneur en matière minérale (cendres) exprimées en % chez les quatre espèces des poissons.

Espèces	Sardine	Rouget	Sole	Marbré
Teneur en cendres (%)	2,5±0,33	0,5±00	2±0,83	1,83±0,166

Tableau XXV: les valeurs de la teneur en glucides, protéines et lipides dans les quatre espèces étudiées.

Espèces	Glucides (%)	Protéines (%)	Lipides (%)	
	Duchateau	Bradford	Soxhlet	Goldsworthy
La sole	0,375	12,96	0,88	0,94
La sardine	0,499	16,18	18	17,5
Le marbré	0,5	18,5	6,24	6,66
Le rouget	0,5	14,87	13,5	14

Tableau XXVI : Les valeurs de la teneur en glucides chez les quatre espèces étudiées exprimées en pourcentage.

Espèces	Sardine	Rouget	Sole	Marbré
Teneur en glucides (%)	0,499	0,5	0,375	0,5

Tableau XXVII : Les valeurs de la teneur en protéines chez les quatre espèces étudiées exprimées en pourcentage.

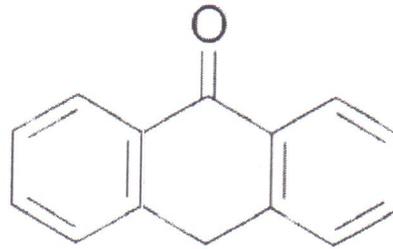
Espèces	Sardine	Rouget	Sole	Marbré
Teneur en protéine (%)	16,18	14,87	12,96	18,5

Tableau XXVIII: Les valeurs de la teneur en lipides chez les quatre espèces étudiées exprimées en pourcentage

Espèces	Sardine	Rouget	Sole	Marbré
Goldsworthy	17,5	14	0,94	6,66
Soxhlet	18	13,5	0,88	6,24
Moyenne	17,75	13,75	0,91	6,45

Tableau XXIX: Les valeurs de la teneur en métaux lourds de toxicité importante (Cd, Cr, Pb) dans les quatre espèces de poisson.

Espèces	Sardine	Rouget	Sole	Marbré
Teneur en Cd (ppm)	0,0093	0,0132	0,0166	0,0066
Teneur en Cr (ppm)	0,1581	0,1405	0,0878	0,0703
Teneur en Pb (ppm)	0,1581	0,1405	0,0878	0,0703



9,10-dihydro 9-Oxoanthracène

Figure 7 : Structure de la molécule de L'anthrone

Les glucides :

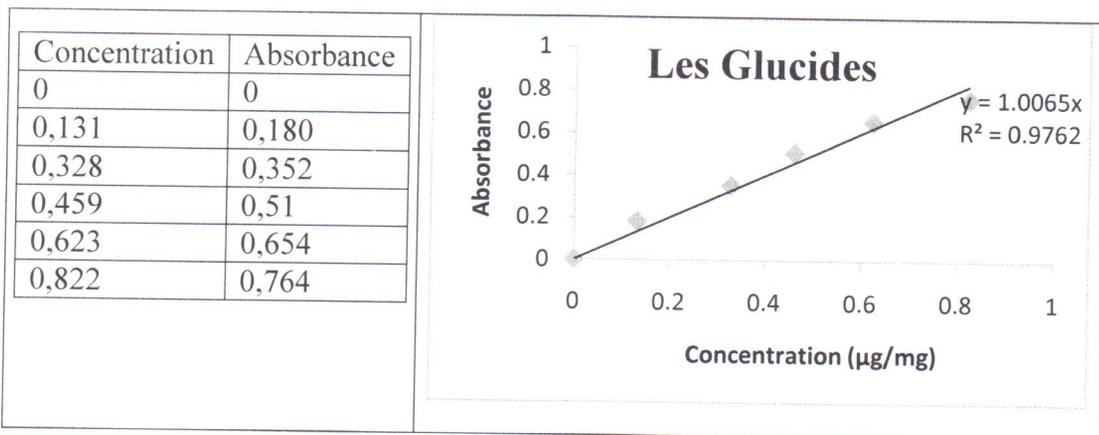


Figure 15 : courbe de référence expérimentale de l'absorbance en fonction de la quantité ($\mu\text{g}/\text{mg}$) des Glucides (R^2 : coefficient de détermination=0,976).

Les protéines :

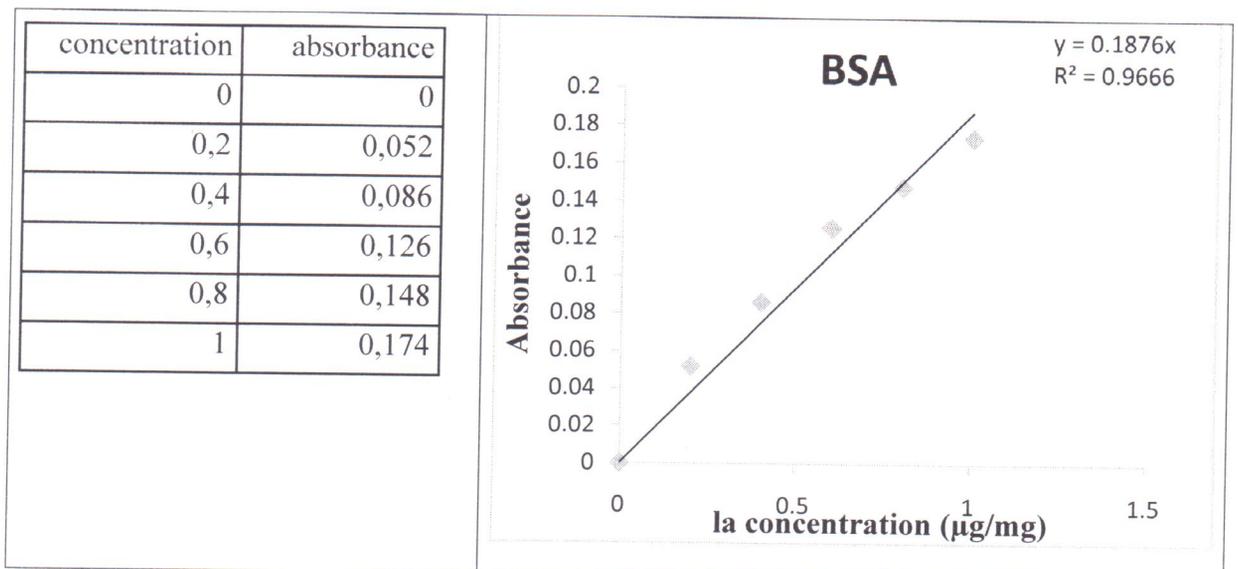


Figure 16: courbe de référence expérimentale de l'absorbance en fonction de la quantité ($\mu\text{g}/\text{mg}$) des proteines (R^2 : coefficient de détermination=0,966).

Les lipides :

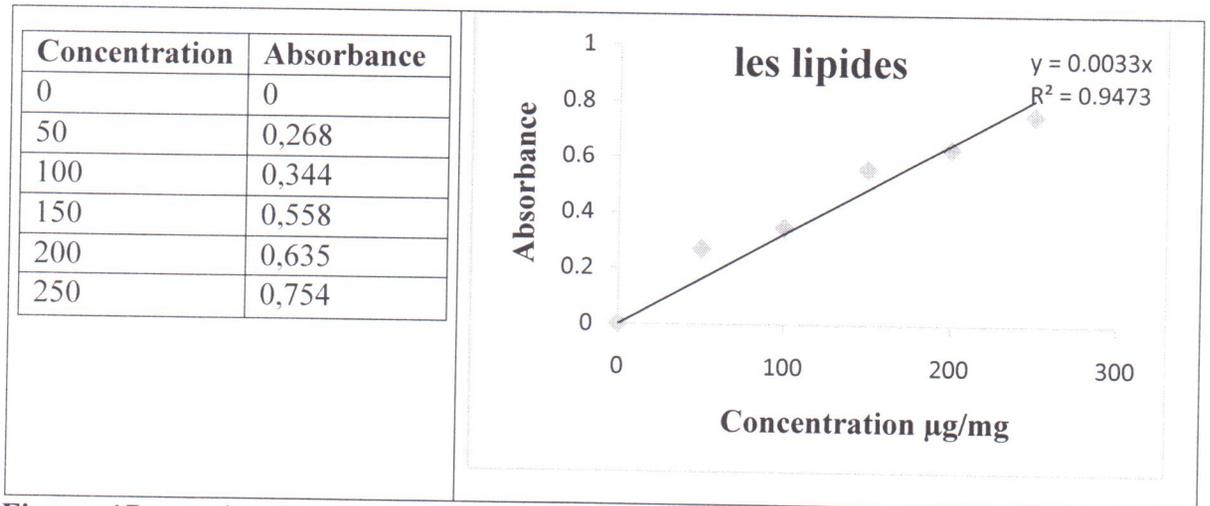


Figure 17: courbe de référence expérimentale de l'absorbance en fonction de la quantité ($\mu\text{g}/\text{mg}$) des lipides (R^2 : coefficient de détermination=0,947).

Calibration curve (Element : Cu : Flamme C#.01)

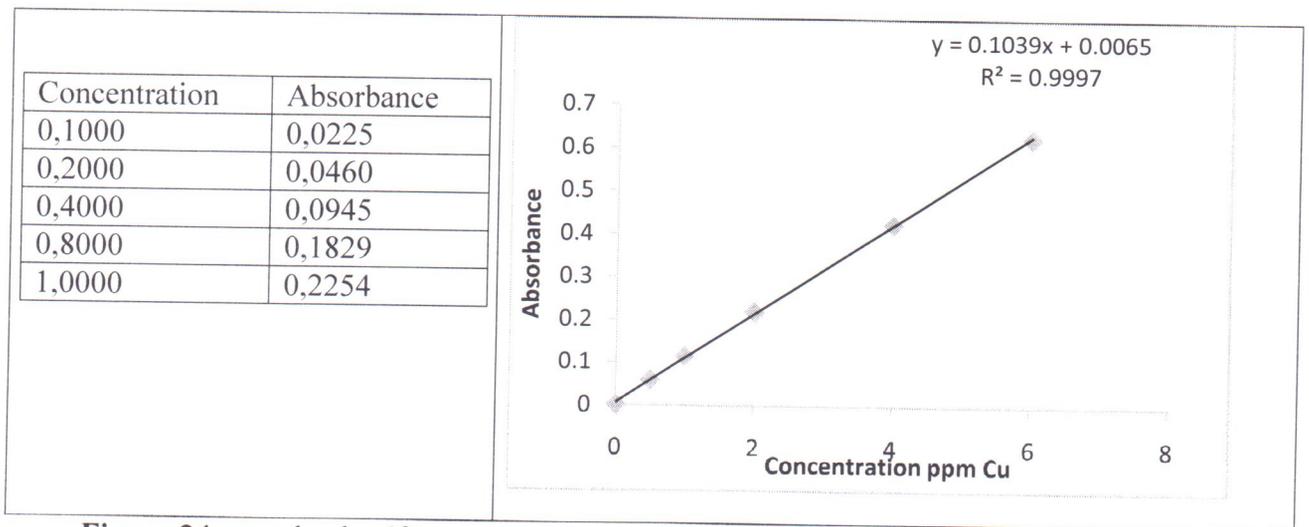


Figure 24 : courbe de référence expérimentale de l'absorbance en fonction de la quantité (ppm) de Cu (R^2 : coefficient de détermination=0,999).

Calibration curve (Element : Zn : Flamme C#.01)

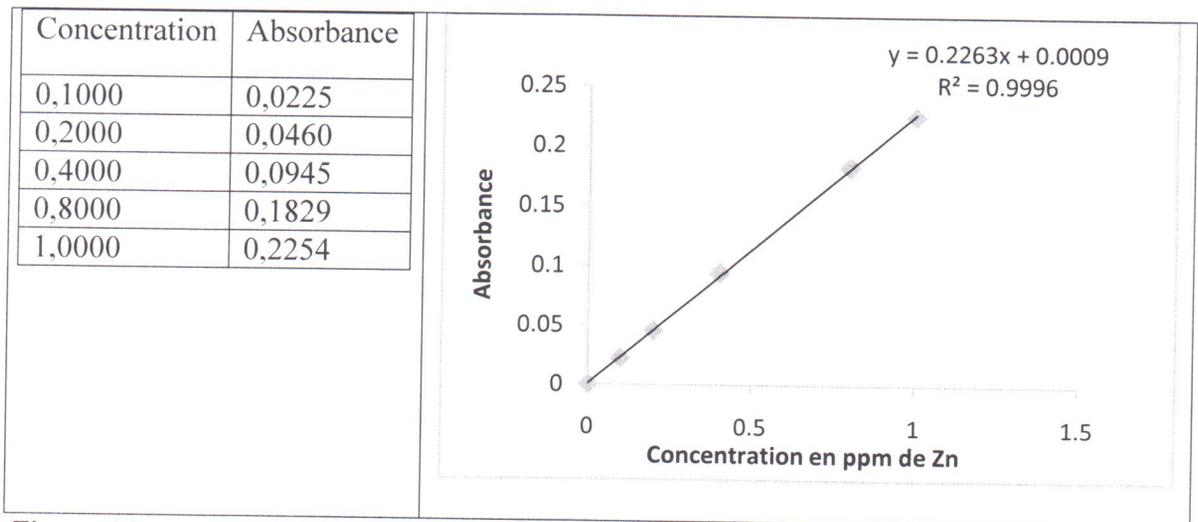


Figure 23 : courbe de référence expérimentale de l'absorbance en fonction de la quantité (ppm) de Zn (R^2 : coefficient de détermination=0,999).

Calibration curve (Element : Fer : Flamme C#.01)

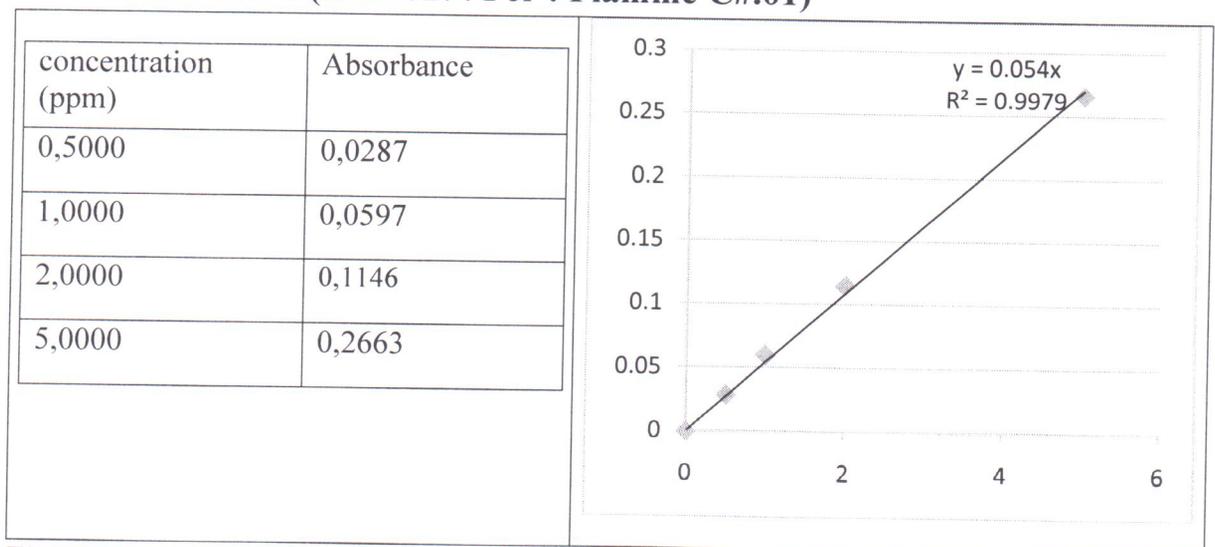


Figure 25 : courbe de référence expérimentale de l'absorbance en fonction de la quantité (ppm) de Fe (R^2 : coefficient de détermination=0,999).

Calibration curve (Element : Chrome : Flamme C#.01)

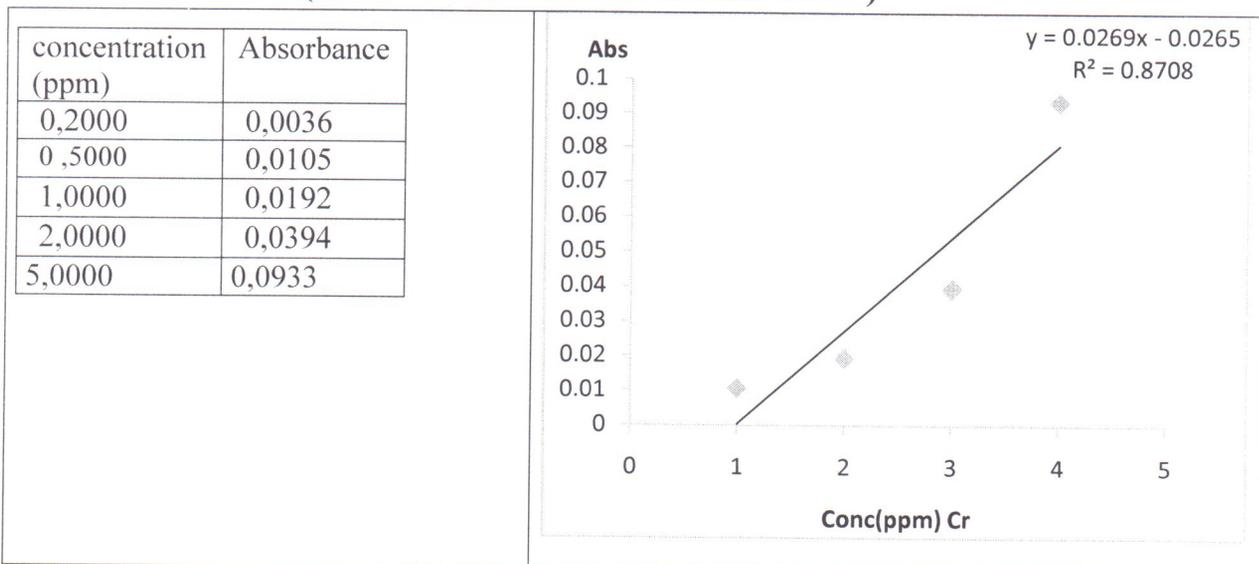


Figure 21 : courbe de référence expérimentale de l'absorbance en fonction de la quantité (ppm) de Cr (R^2 : coefficient de détermination=0,870).

Calibration curve (Élément : Plomb: Flamme C#.01)

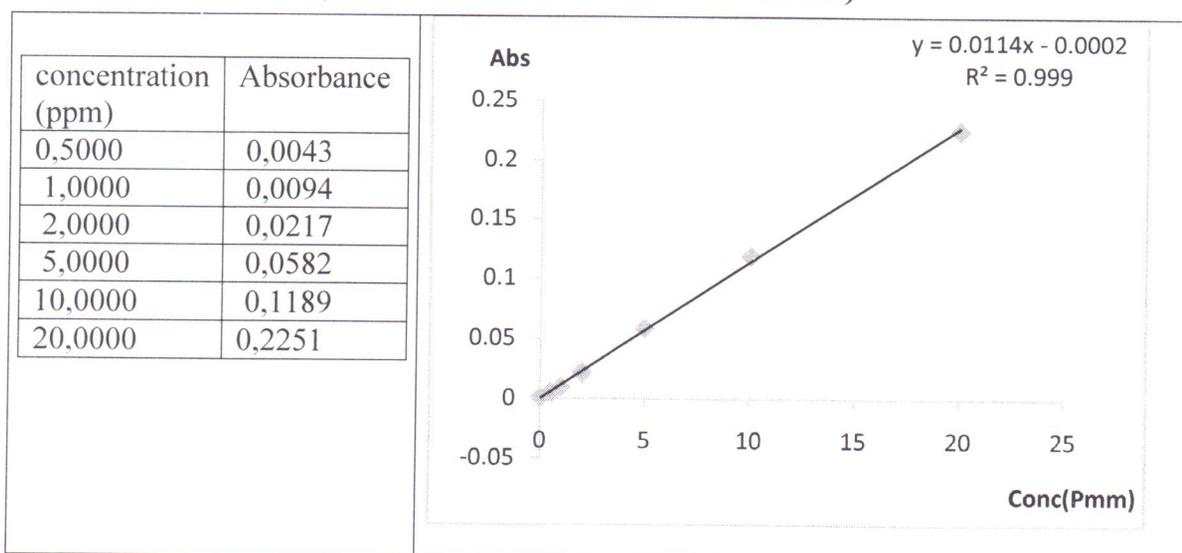


Figure. n°20 : courbe de référence expérimentale de l'absorbance en fonction de la quantité (ppm) de Pb (R^2 : coefficient de détermination=0,999).

Résumé :

Le poisson est une denrée alimentaire de très bonne qualité nutritionnelle, mais très périssable. Ce travail a porté sur l'analyse organoleptique, physicochimique et le dosage des métaux lourds chez quatre espèces de poisson d'intérêt économique commercialisées à la pêche de la wilaya de Jijel.

Les résultats montrent que la qualité organoleptique des poissons étudiés appartient à la Catégorie de fraîcheur A, donc, les poissons sont de bonne qualité sensorielle, alors que la qualité physicochimique (Ph, Acidité, Teneurs en cendres, Teneurs en matière sèche, Teneurs en glucides, lipides et protéines) de la chair des poissons varie selon les espèces.

Pour les métaux lourds, la chair des quatre espèces de poissons accumulent des quantités en chrome, cadmium et Plomb. Nous pouvons conclure que malgré ces métaux lourds ne dépassent pas les normes, mais ils peuvent causer des problèmes pour le consommateur de ces poissons avec le temps.

Donc, s'il y'a des quantités en chrome, cadmium et Plomb dans la chair des poissons, on peut dire qu'il y'a une contamination de l'environnement qui a influé sur ses individus, à cause des activités industrielles humaine.

Mots clés :

Poisson, qualité organoleptique, qualité physicochimique, métaux lourds.



Abstract:

The fish is a foodstuff of very good nutritional quality, but very perishable. This work concerned the organoleptic, physico-chemical analysis and the proportioning (the bioaccumulation) of heavy metals in four species of economic fish marketed in the fisheries of the wilaya of Jijel.

The results show that the organoleptic quality of studied fish belongs to the Category of freshness A, therefore, the fish are of good sensory quality, whereas the physico-chemical quality (pH, Acidity, Ash contents, dry matter contents, glucide contents, lipids and proteins) of the flesh of fish varies according to species.

For heavy metals, the flesh of the four fish species accumulates quantities out of chromium cadmium and Plomb. We can conclude that in spite of these heavy metals the standards do not exceed, but they can cause problems for the consumer of these fish in time.

Therefore, if there are quantities out of chromium, cadmium and Plomb in the flesh of the fish, we can say that there is a contamination of the environnement which influenced its individuals, because of the human industrial activities.

Key words: fish, organoleptic quality, physico-chemical quality, heavy metals.

ملخص:

السّمك مادة غذائية ذات نوعية عالية، لكنه سريع التلف، ركزت دراستنا على التحليل الحسي والفيزيوكيميائي وتقدير المعادن الثقيلة عند أربعة أنواع من السمك المسوقة على مستوى سمكة جيجل.

أظهرت النتائج أن الجودة الحسية للأسماك جيدة أما بالنسبة للجودة الفيزيوكيميائية (الحموضة، كمية الأملاح المعدنية، كمية المادة الجافة، الغلوسيدات، بروتينات، ليبيدات) للحم السمك فتختلف حسب الأنواع.

فيما يخص المعادن الثقيلة، أنسجة عضلات الأنواع الأربعة من السمك راكمت قيم من الكروم، الكاديوم والرصاص. إذن نستطيع أن نستنتج أنه رغم أن كمية المعادن الثقيلة الموجودة لا تتعدى المقاييس إلا أن تشكل خطرا على صحة مستهلكي الأسماك مع مرور الوقت.

إذن إذا كانت هناك كميات من الكروم والكاديوم والرصاص في لحم الأسماك فهذا يعني أنه هناك تلوث في المحيط مما أثر على قاطنيه، بسبب النشاط الصناعي الممارس من طرف الإنسان.

الكلمات المفتاح: السمك، الجودة الحسية، الجودة الفيزيوكيميائية، المعادن الثقيلة.