

جمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل
L'école Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de
L'aménagement du Littoral



Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur
et de

Master en Sciences de la Mer.

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Hydrobiologie Marine et Continentale

Option : Gestion Aquacole

Thème :

Appréciation de la qualité d'une espèce aquacole à
travers sa composition nutritionnelle et son niveau de
toxicité

Réalisé par :

- ABBAS CHOHRRA Fatima zohra.
- ZENTAR Mayssoun.

Soutenu le 24/06/2025 devant le jury suivant :

Mme Ouafi	MCA	ENSSMAL	Promoteur
Mme Merrad	MAA	ENSSMAL	CO-Promoteur
Mr Dilmi	MCB	ENSSMAL	EXAMINATEUR
Mr Dahmani	MCA	ENSSMAL	PRESEDENT

Année universitaire: 2025/2026

Remerciements

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire de fin d'études.

Avant tout, nous rendons grâce à Dieu Tout-Puissant, qui nous a accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires pour mener à bien ce travail. El Hamdoulillah, pour nous avoir guidées tout au long de ce parcours et permis d'atteindre cette étape importante de notre formation.

Nous adressons nos sincères remerciements à notre promotrice, Madame OUAFI Leila, pour avoir accepté d'encadrer ce travail et de nous accompagner tout au long de sa réalisation. Nous lui sommes profondément reconnaissantes pour sa disponibilité, sa patience, ses conseils précieux et ses orientations scientifiques, qui nous ont permis d'avancer avec confiance, sérieux et rigueur. Nous tenons également à lui exprimer notre gratitude pour les connaissances qu'elle nous a transmises durant notre parcours universitaire, en tant qu'enseignante, ainsi que pour son rôle important dans notre formation académique. Son encadrement attentif, son exigence scientifique et son soutien ont grandement contribué à l'aboutissement de ce mémoire.

Nous exprimons également notre profonde reconnaissance à notre co-promotrice, Madame MERAD Anissa, pour son encadrement rigoureux, ses conseils judicieux et son soutien tout au long de la réalisation de ce projet. Ses recommandations et sa contribution précieuse nous ont permis d'avancer avec méthode et de donner à ce travail toute la qualité souhaitée.

Nous tenons à remercier très respectueusement les membres du jury, Monsieur DILMI et Monsieur Dahmani, pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant d'examiner et d'évaluer ce travail. Nous leur sommes reconnaissantes pour le temps consacré à la lecture de ce mémoire, ainsi que pour leurs remarques et suggestions, qui contribueront sans doute à son enrichissement.

Nous adressons une reconnaissance particulière à Monsieur DILMI, qui a également fait partie de nos enseignants durant notre cursus universitaire. Ses enseignements, son accompagnement pédagogique et les connaissances qu'il nous a transmises au cours de notre formation ont contribué à l'enrichissement de notre parcours scientifique et académique.

Nos remerciements s'adressent également à l'ensemble du personnel du laboratoire, ainsi qu'aux ingénieurs et techniciens ayant participé à la réalisation des analyses et des expérimentations nécessaires à ce travail. Nous remercions particulièrement Monsieur Nouredinne et Madame Houda pour leur aide, leur disponibilité et leur précieuse collaboration.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui nous ont soutenues, encouragées et accompagnées durant notre parcours universitaire. Leur présence, leurs encouragements et leur bienveillance ont représenté pour nous une source importante de motivation et de persévérance.

Dédicace

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Alhamdoulillah,

Je dédie ce modeste travail et ma profonde gratitude à tous ceux qui se sont sacrifiés pour
M'offrir les conditions propices à ma réussite :

À ma très chère maman,

Ma reine, ma guerrière silencieuse. Celle qui priait en cachette pendant que je pleurais mes
échecs. Celle qui m'a portée dans ses
Bras quand je n'avais plus la force de me porter moi-même. Si aujourd'hui je suis debout, c'est
parce que tu as tenu le monde

Pour deux.

À mon cher papa,

L'homme de peu de mots mais de grands gestes. Tes sacrifices n'ont jamais eu besoin de
discours, ils parlaient d'eux-mêmes. Tu
M'as appris la dignité dans l'effort, et la fierté dans le silence. Merci d'avoir cru en moi sans le
dire, mais en le prouvant.

À ma chère sœur Basma,

Pour tes sourires dans les jours gris, tes mots doux quand la fatigue pesait lourd, et ta présence
qui a toujours su réchauffer mon

Cœur. Merci d'avoir été une source de tendresse, de réconfort et d'amour dans mon chemin.

À mon cher frère Lokmane,

Pour ta présence, ton affection et cette force silencieuse que tu m'as donnée sans même t'en
rendre compte. Savoir que tu étais là
A rendu certains moments plus faciles. Ce travail porte aussi une part de la fierté que j'ai pour
toi.

À mon fiancé

Pour ton soutien, ta patience et ta présence dans cette étape importante de ma vie. Merci d'avoir
supporté mes moments de

Stress, mes silences et mes doutes, et d'avoir été pour moi une source de paix et
d'encouragement.

À mon cher binôme,

Merci pour ton soutien, ta présence et tous les beaux moments partagés. Cette aventure restera un
précieux souvenir gravé dans mon cœur. Je te souhaite beaucoup de bonheur et de réussite

À moi-même,

Tu as été au bord du découragement, tu as connu l'échec, la fatigue, l'injustice, les « t'es sûre que
c'est fait pour toi ? ». Mais tu

N'as pas lâché. Tu as recommencé. Tu as recommencé encore. Ce diplôme, c'est ton trophée de
guerre.

Ce mémoire, ce n'est pas juste un projet.

C'est une revanche. Une réponse aux doutes, aux refus, aux abandons.

C'est un cri de victoire. Et il porte vos noms en silence.

MAYSSOUN

DÉDICACE

Je dédie ce modeste travail, fruit de longs sacrifices et de
Persévérance, à ceux qui illuminent ma vie :

À mon Cher Papa:

Mon modèle, ma fierté et mon soutien

Inébranlable. Merci d'avoir toujours cru en moi et de m'avoir transmis la force d'avancer. Que
Dieu te protège.

À ma tendre Maman:

Mon ange sur terre, la source de ma motivation. Tes prières et ton amour inconditionnel ont été
Mes plus grands repères. Ce succès est avant tout le tien.

À mes chers frères (Aymen et Abdou):

Mes piliers et mes

Complices de toujours. Merci d'être là pour moi à chaque étape.

À ma petite nièce adorée (Lili):

Le petit rayon de soleil qui apporte tant de joie à notre famille.

À mon cher fiancé (Walid):

Pour ton soutien infini, tapatience et tes encouragements durant les moments de
Grand stress. Merci d'avoir partagé mes doutes et mes joies, Et d'être mon plus grand supporter.

À mon adorable binôme et amie (Mayssoun) :

Ma complice de galère et de réussite. Nous avons partagé le stress, les
Nuits blanches et les fous rires. Ce travail est le
Couronnement de notre belle complicité.

À mes chères cousines

(Fella, Ines, Bkhta, Halima, Miry):

Pour leur affection et leur présence chaleureuse.

À mes merveilleuses Amies

(Kaouther, Nahida, Zoulila, sabrina, assia, Anfel):

Ainsi qu'à toutes les personnes qui

M'ont entourée de près ou de loin durant mon cursus. Merci
Pour votre amitié sincère et vos précieux encouragements.

Et enfin, à Moi-même :

Pour la persévérance, le courage et

La force d'avoir surmonté chaque obstacle, et pour être
aujourd'hui fière de ce parcours accompli.

FATIMA ZOHRA.

Liste des figures

Figure 1: Présentation des poissons frais au niveau de la poissonnerie de Dely Brahim.	26
Figure 2: Étapes de dissection du bar européen (<i>Dicentrarchus labrax</i>) et exposition de la masse viscérale au laboratoire. Incision ventrale ; Ouverture de la cavité abdominale.	27
Figure 3: Étapes de prélèvement de la chair et de desquamation du loup de mer (<i>Dicentrarchus labrax</i>) (Source : Personnelle).	28
Figure 4: Étapes de prélèvement de la chair et de desquamation du loup de mer (<i>Dicentrarchus labrax</i>) (Source : Personnelle).	28
Figure 5: Étapes de détermination de la teneur en eau et matière sèche de la chair de poisson. (Pesée des échantillons dans les creusets ; Passage à l'étuve à 105 °C).	29
Figure 6: Étapes de calcination pour la détermination de la teneur en cendres de la chair de poisson. (Échantillons placés dans le four à moufle ; Vue externe du four à moufle WiseTherm ; Refroidissement des creusets dans un dessiccateur).	31
Figure 7: Teste biochimique de confirmation de de staphylocoques à coagulase +.	48
Figure 8: chéma de galerie Api 20 E.	50
Figure 9: Étapes de préparation et de minéralisation des échantillons.	51
Figure 10: Préparation du blanc et des solutions après minéralisation.	52
Figure 11: Spectrophotomètre d'absorption atomique et préparation des solutions pour l'analyse.	53
Figure 12: Étapes préliminaires de préparation des échantillons de loup de mer (<i>Dicentrarchus labrax</i>) au laboratoire. Pesée individuelle des spécimens sur balance de précision ; Écaillage, desquamation et hachage de la chair.	57
Figure 13: le bar (<i>Dicentrarchus labrax</i>) ; branchies d'un rouge sang uniforme, humides et sans odeur ammoniacale ; yeux clairs et convexes avec une pupille noire brillante ; un aspect métallique très brillant, des couleurs argentées éclatantes sur les flancs.	58
Figure 14: Aspect des colonies de FMAT sur milieu PCA pour les échantillons à l'état frais.	64
Figure 15: Aspect des colonies de Staphylocoques à coagulase positive sur milieu Baird-Parker pour les échantillons à l'état frais.	68
Figure 16 : Test catalase positif ; Test oxydase positif ; Coloration gram.	68
Figure 17: Coloration gram, Test catalase positif, Test oxydase négatif.	70
Figure 18: Courbe d'étalonnage du Cd.	74
Figure 19: Courbe d'étalonnage du Zn.	74
Figure 20: : Courbe d'étalonnage du Cu.	75
Figure 21: Table de Mac.	92
Figure 22: Journal Officiel de la République Algérienne (JORADP, 2017)	92

Liste des tableaux

Tableau 1: Classification taxonomique du loup de mer européen (d'après Pérez-Ruzafa et Marcos, 2014 ; Froese et Pauly, 2024).	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 2 : Principaux paramètres du milieu influençant le loup de mer en élevage (FAO, 2009 ; Pérez-Ruzafa et Marcos, 2014).	16
Tableau 3 : Comparaison générale entre le loup de mer sauvage et le loup de mer d'élevage (Alasalvar et al., 2002 ; Grigorakis, 2007 ; Tarricone et al., 2022).	18
Tableau 4: Dimensions principales retenues pour l'appréciation de la qualité de la chair du loup de mer.	19
Tableau 7: identification des espèces selon la couleur des colonies	49
Tableau 8: Conditions instrumentales de dosage du Zn, du Cu et du Cd par SAA.	53
Tableau 9: Taille et poids d'individus de bar	57
Tableau 10: Résultats de l'analyse sensorielle du bar.	59
Tableau 11: resultats des teneur en eau et en cendre	59
Tableau 12: Résultats du dosage des protéines (MAT).	60
Tableau 13: resultats teneur en lipides.	62
Tableau 14: Résultats du dosage des lipides de la chair de loup de mer	63
Tableau 15 : nombre des colonies de chaque boites	64
Tableau 16: Groupement le nombre de résultats positifs par dilution.(D1/D2/D3/D4/D5) : photos des tubes de BLBVB après 48h de incubation (prend à laboratoire) l'état frais.	65
Tableau 17 : Groupement le nombre de résultats positifs par dilution.(D1/D2/D3/D4/D5) : photos des tubes de BLBVB après 48h de incubation (prend à laboratoire); L'État cuits.	66
Tableau 18: nombre des colonies de chaque boîte. (recherche Staphylocoques à coagulase +) ; État frais.	67
Tableau 19: nombre des colonies de chaque boîte (recherche Staphylocoques à coagulase +) ; L'état cuit.	69
Tableau 20: résultats recherche Salmonelles	70
Tableau 21: Résultats des analyses microbiologiques d'échantillon à l'état frais	71
Tableau 22: Résultats des analyses microbiologiques d'échantillon à l'état cuit	72
Tableau 23: Teneurs en métaux lourds dans la chair de loup de mer ($\mu\text{g/g MS}$).	75
Tableau 24: Comparaison des teneurs en métaux lourds ($\mu\text{g/g MS}$) avec des données bibliographiques sur D. labrax et espèces proches.	77

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

LISTE DES FIGURES

LISTES DES ABREVIATIONS

INTRODUCTION 9

I. PRESENTATION DE L'ESPECE ETUDIEE : LE LOUP DE MER EUROPEEN 13

I.1. NOMENCLATURE ET CLASSIFICATION TAXONOMIQUE 13

I.2. CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES 13

I.3. REPARTITION GEOGRAPHIQUE ET HABITAT 14

I.4. BIOLOGIE ET ECOLOGIE 15

 I.4.1. Tolérance aux paramètres du milieu 15

 I.4.2. Régime alimentaire et comportement trophique 16

 I.4.3. Reproduction et croissance 16

I.4.4. CYCLE DE PRODUCTION EN SYSTEME INTENSIF 17

I.4.5. LOUP DE MER SAUVAGE ET LOUP DE MER D'ELEVAGE 18

II. NOTION DE QUALITE DE LA CHAIR DU POISSON 18

II.1. DEFINITION GENERALE DE LA QUALITE 18

II.2. QUALITE ORGANOLEPTIQUE ET FRAICHEUR 19

II.3. QUALITE NUTRITIONNELLE 20

II.4. QUALITE HYGIENIQUE ET MICROBIOLOGIQUE 21

II.5. QUALITE TOXICOLOGIQUE ET METAUX LOURDS 22

III. INTERET DE L'ETUDE DE LA QUALITE DU LOUP DE MER D'ELEVAGE 23

 TRAITEMENT DES ECHANTILLONS : 31

 LYOPHILISATION : 32

 BROYAGE : 32

 PRINCIPE DE LA METHODE 33

 MATERIEL UTILISE 33

 MODE OPERATOIRE 34

Préparation de l'échantillon 34

 MINERALISATION 34

 DISTILLATION 35

 TITRAGE 35

 EXPRESSION DES RESULTATS 36

 1. PRINCIPE DE LA METHODE 37

 2. PREPARATION DE L'ECHANTILLON 37

 3. MODE OPERATOIRE 37

 4. EXPRESSION DE LA TENEUR EN LIPIDES 38

 5. DONNEES EXPERIMENTALES 38

 6. PRECAUTIONS PRISES PENDANT LA MANIPULATION 39

IV.4.3. ANALYSE DES METAUX LOURDS :	50
IV.4.3.1. Extraction des métaux lourds	50
IV.4.3.2. Principe de la digestion ou de la minéralisation	51
IV.4.3.3. Protocole expérimental	51
IV.4.3.4. Minéralisation des échantillons	51
IV.4.3.5. Minéralisation à blanc	52
IV.4.3.6. Spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA)	52
IV.4.3.7. Principe de la SAA	53
IV.4.3.8. Équipement d'un SAA	54
IV.4.4. DOSAGE DES ECHANTILLONS	54
IV.4.5. MODE DE CALCUL	54
IV. RESULTATS DU DOSAGE DES PROTEINES (MAT)	60
DISCUSSION :	61
V. TENEUR EN LIPIDES	61
DISCUSSION :	62
VII. DOSAGE DES METAUX LOURDS :	73
COURBES D'ETALONNAGE	73
Étalonnage du Cd	73
Étalonnage du Zn	74
Étalonnage du Cu	74
RESULTATS DES METAUX LOURDS	75
INTERPRETATION :	76
1. Zinc (Zn)	76
2. Cuivre (Cu)	76
3. Cadmium (Cd) et conformité réglementaire	76
LIMITES DE L'ETUDE	78
DISCUSSION	78

INTRODUCTION

Le poisson occupe une place essentielle dans l'alimentation humaine en raison de sa valeur nutritionnelle élevée et de sa contribution à la sécurité alimentaire. Sa chair constitue une source importante de protéines de haute qualité biologique, de lipides bénéfiques pour la santé, ainsi que de sels minéraux et de micronutriments indispensables au bon fonctionnement de l'organisme. À ce titre, les produits aquatiques sont considérés comme des aliments à forte valeur nutritive, particulièrement dans les pays où ils contribuent de manière significative à l'apport en protéines animales et à la diversification du régime alimentaire (FAO, 2024 ; Hosomi et al., 2012).

Au cours des dernières décennies, la demande mondiale en poissons et produits aquatiques n'a cessé de croître sous l'effet de l'augmentation de la population, de l'évolution des habitudes de consommation et de l'intérêt croissant pour les aliments d'origine aquatique. Face à cette demande grandissante, l'aquaculture s'est progressivement imposée comme un secteur stratégique, capable de compléter les captures de la pêche et de répondre aux besoins du marché. Selon la FAO (2024), la production aquacole constitue aujourd'hui une part majeure de la production mondiale d'animaux aquatiques destinés à la consommation humaine.

Parmi les espèces marines présentant un intérêt aquacole important, le loup de mer ou bar européen (*Dicentrarchus labrax*) occupe une place privilégiée. Cette espèce est largement exploitée dans les pays méditerranéens et européens en raison de sa forte valeur commerciale, de ses qualités organoleptiques appréciées par les consommateurs et de sa bonne adaptation aux systèmes d'élevage. Elle se distingue également par une grande plasticité écologique, notamment grâce à sa capacité à supporter des variations de salinité et de température, ce qui favorise son élevage en systèmes intensifs et semi-intensifs (FAO, 2009 ; Vandeputte et al., 2019).

Toutefois, la qualité d'un poisson destiné à la consommation ne peut être évaluée uniquement sur la base de son apparence ou de sa disponibilité sur le marché. Elle dépend d'un ensemble de critères complémentaires incluant la composition nutritionnelle, l'état de fraîcheur, la qualité hygiénique et le niveau de contamination chimique. Après la mort de l'animal, la chair du poisson subit en effet diverses transformations sous l'action des enzymes endogènes, de la flore

microbienne ainsi que des conditions de manipulation, de transport et de conservation, pouvant affecter sa qualité globale.

L'évaluation de la qualité nutritionnelle repose principalement sur la détermination de paramètres biochimiques globaux tels que la teneur en eau, les cendres, les protéines et les lipides. Ces indicateurs permettent de caractériser la valeur alimentaire de la chair et d'apprécier son intérêt nutritionnel pour le consommateur. Chez les poissons d'élevage, cette composition peut varier sous l'influence de nombreux facteurs, notamment l'alimentation, l'âge, le poids, le stade physiologique, les conditions d'élevage et les modalités de stockage.

Par ailleurs, la qualité hygiénique représente un aspect fondamental dans l'évaluation des produits de la pêche et de l'aquaculture. Les analyses microbiologiques permettent de rechercher et de dénombrer différents microorganismes indicateurs d'hygiène ou de contamination, tels que la flore mésophile aérobie totale, les coliformes thermotolérants, les staphylocoques à coagulase positive et les salmonelles. Ces analyses fournissent des informations précieuses sur le niveau de salubrité du produit et permettent d'évaluer l'impact des conditions de manipulation, de conservation ou de cuisson sur la charge microbienne. Leur interprétation repose généralement sur la comparaison des résultats obtenus aux critères microbiologiques réglementaires applicables aux denrées alimentaires (JORADP, 2017).

La qualité toxicologique constitue également un paramètre important à prendre en considération. Les poissons peuvent en effet accumuler différents éléments métalliques présents dans le milieu aquatique ou associés aux pratiques d'élevage. Certains métaux, tels que le zinc et le cuivre, sont indispensables au métabolisme à faibles concentrations, mais peuvent devenir nocifs lorsqu'ils sont présents en excès. D'autres, comme le cadmium, sont considérés comme des contaminants non essentiels et potentiellement toxiques. Afin de protéger la santé du consommateur, la réglementation européenne fixe des teneurs maximales admissibles pour plusieurs contaminants présents dans les denrées alimentaires (Règlement UE 2023/915).

Dans ce contexte, l'étude de la qualité de la chair du loup de mer présente un intérêt particulier, puisqu'elle permet d'intégrer plusieurs approches complémentaires, à savoir l'évaluation de la fraîcheur, l'analyse de la composition nutritionnelle, le contrôle microbiologique

et la détermination de certains métaux lourds. Une telle démarche offre une vision globale de la qualité du produit et permet d'apprécier plus précisément son aptitude à la consommation humaine.

Le présent travail a pour objectif d'évaluer la qualité de la chair du loup de mer (*Dicentrarchus labrax*) à travers l'étude de sa composition nutritionnelle, de sa qualité microbiologique et de son niveau de contamination métallique. Pour atteindre cet objectif, plusieurs analyses ont été réalisées, notamment l'évaluation de la fraîcheur selon la méthode QIM, la détermination de l'humidité, des cendres, des protéines et des lipides, l'analyse microbiologique de la chair à l'état frais et après cuisson, ainsi que le dosage de certains métaux lourds, à savoir le zinc, le cuivre et le cadmium. Cette étude vise ainsi à mettre en évidence la valeur nutritionnelle de cette espèce aquacole tout en vérifiant sa qualité hygiénique et toxicologique.

Ce mémoire s'articule autour de trois chapitres :

- ✓ Le premier chapitre présente des généralités sur l'aquaculture, le loup de mer (***Dicentrarchus labrax***), sa biologie, son écologie, son intérêt aquacole ainsi que les principaux critères d'évaluation de la qualité du poisson.
- ✓ Le deuxième chapitre est consacré à la description du matériel biologique étudié et des méthodes utilisées pour l'évaluation de la fraîcheur, l'analyse de la composition nutritionnelle, les analyses microbiologiques et le dosage des métaux lourds.
- ✓ Le troisième chapitre présente les résultats obtenus et leur discussion, en les comparant aux normes disponibles et aux données bibliographiques afin d'apprécier la qualité globale de la chair du loup de mer étudié.
- ✓ Enfin, une conclusion générale reprend les principaux résultats de cette étude et propose quelques perspectives de recherche liées à l'évaluation de la qualité des produits aquacoles.

CHAPITRE I

GÉNÉRALITÉS

I. Présentation de l'espèce étudiée : le loup de mer

I.1. Nomenclature et classification taxonomique

Le loup de mer européen, également appelé bar européen, appartient à l'espèce (*Dicentrarchus labrax*) (Linnaeus, 1758). Il s'agit d'un poisson téléostéen marin appartenant à la famille des Moronidae. Cette classification est largement admise dans les bases taxonomiques et les ouvrages consacrés à la biologie de l'espèce (Pérez-Ruzafa et Marcos, 2014 ; Froese et Pauly, 2024).

Tableau 1: Classification taxonomique du loup de mer européen (d'après Pérez-Ruzafa et Marcos, 2014 ; Froese et Pauly, 2024).

Rang taxonomies	Position
Règne	Animalia
Embranchement	Chordata
Sous-embranchement	Vertebrata
Classe	Actinopterygii
Ordre	Perciformes
Famille	Moronidae
Genre	Dicentrarchus
Espèce	Dicentrarchus labrax (Linnaeus, 1758)

I.2. Caractéristiques morphologiques

Le loup de mer possède un corps allongé, fusiforme et légèrement comprimé latéralement. Cette forme hydrodynamique lui permet de se déplacer rapidement dans la colonne d'eau et de poursuivre activement ses proies. Sa tête est robuste, avec un museau pointu et une bouche relativement large. La mâchoire inférieure est souvent légèrement proéminente, ce qui correspond à son comportement de prédateur (Pérez-Ruzafa et Marcos, 2014).

L'espèce se caractérise aussi par deux nageoires dorsales distinctes : la première porte des rayons épineux, tandis que la seconde comprend des rayons mous. La ligne latérale est bien visible et s'étend de l'opercule jusqu'à la base de la nageoire caudale. La coloration générale est argentée sur les flancs, plus sombre sur le dos, avec un ventre clair. Ces critères morphologiques facilitent

l'identification du bar européen parmi les espèces côtières méditerranéennes (Froese et Pauly, 2024).



Figure 1: Individu de loup de mer utilisée comme matériel biologique avant les analyses (photographie personnelle).

I.3. Répartition géographique et habitat

Le loup de mer présente une large répartition géographique. Il est signalé dans le Nord-Est de l'océan Atlantique, en Méditerranée et en mer Noire. Il fréquente principalement les zones littorales, les estuaires, les lagunes et parfois les eaux saumâtres. Les adultes vivent généralement dans les eaux côtières, alors que les juvéniles utilisent souvent les zones peu profondes comme milieux de croissance et d'alimentation (Pérez-Ruzafa et Marcos, 2014 ; Froese et Pauly, 2024).



Figure 2: Aire de répartition géographique naturelle du bar européen (*Dicentrarchus labrax*)
(D'après Darias, 2007).

Cette espèce est considérée comme euryhaline et eurytherme, c'est-à-dire qu'elle tolère des variations importantes de salinité et de température. Cette plasticité écologique explique sa présence dans des habitats variés et justifie en partie son intérêt pour l'élevage aquacole, où les conditions du milieu doivent néanmoins rester contrôlées pour préserver la croissance et la santé des poissons (Pérez-Ruzafa et Marcos, 2014 ; FAO, 2009).

I.4. Biologie et écologie

I.4.1. Tolérance aux paramètres du milieu

La survie et la croissance du loup de mer dépendent fortement de la température, de la salinité, de l'oxygène dissous et de la qualité générale de l'eau. En élevage, ces paramètres influencent directement le métabolisme, l'appétit, l'efficacité alimentaire et la résistance au stress. Les températures modérées favorisent généralement la croissance, alors que les écarts extrêmes peuvent ralentir l'activité physiologique ou fragiliser l'organisme (FAO, 2009 ; Pérez-Ruzafa et Marcos, 2014).

Tableau 2 : Principaux paramètres du milieu influençant le loup de mer en élevage (FAO, 2009 ; Pérez-Ruzafa et Marcos, 2014).

Paramètre	Importance biologique	Observation générale
Température	Contrôle le métabolisme, la digestion et la croissance	Croissance meilleure dans des températures modérées
Salinité	Influence l'osmorégulation et l'adaptation aux milieux saumâtres	Espèce euryhaline, capable de tolérer des variations
Oxygène dissous	Indispensable à la respiration et au rendement d'élevage	Une faible teneur en O ₂ augmente le stress
pH	Conditionne l'équilibre du milieu et le confort physiologique	Les variations brusques doivent être évitées

I.4.2. Régime alimentaire et comportement trophique

Le loup de mer est un prédateur carnivore opportuniste. Les juvéniles se nourrissent d'abord de zooplancton et de petits invertébrés, puis le régime évolue progressivement vers des proies plus grandes. Chez les adultes, l'alimentation naturelle comprend des poissons de petite taille, des crustacés, des mollusques et parfois des céphalopodes (Pérez-Ruzafa et Marcos, 2014 ; Froese et Pauly, 2024).

En élevage, l'alimentation est assurée par des granulés formulés pour couvrir les besoins en protéines, lipides, acides gras essentiels, vitamines et minéraux. La composition de l'aliment influence non seulement la croissance, mais aussi la composition corporelle et la qualité de la chair, notamment la teneur en lipides et le profil en acides gras (Alasalvar et al., 2002 ; Grigorakis, 2007).

I.4.3. Reproduction et croissance

Le loup de mer est une espèce gonochorique, c'est-à-dire que les sexes sont séparés. En milieu naturel, la reproduction est saisonnière et généralement associée aux conditions hivernales et au début du printemps selon les régions. Les œufs sont pélagiques et les larves passent par des stades

sensibles durant lesquels la température, l'alimentation et la qualité du milieu jouent un rôle déterminant (Pérez-Ruzafa et Marcos, 2014).

En aquaculture, la reproduction peut être contrôlée grâce à la gestion de la photopériode, de la température et des géniteurs. Cette maîtrise permet de produire des alevins de façon plus régulière et de soutenir le cycle de production intensif. Cependant, la qualité des géniteurs, la diversité génétique, l'alimentation et la gestion sanitaire demeurent des facteurs essentiels pour obtenir une production stable et des poissons de bonne qualité (FAO, 2009 ; Vandeputte et al., 2019).

I.4.4. Cycle de production en système intensif

Le cycle de production du loup de mer en aquaculture intensive comprend plusieurs étapes : sélection et conditionnement des géniteurs, reproduction, incubation des œufs, élevage larvaire, nurserie, pré-grossissement puis grossissement jusqu'à la taille commerciale. Chaque étape exige un contrôle précis de l'alimentation, de la densité, de la température, de l'oxygène dissous et de la qualité microbiologique de l'eau (FAO, 2009).

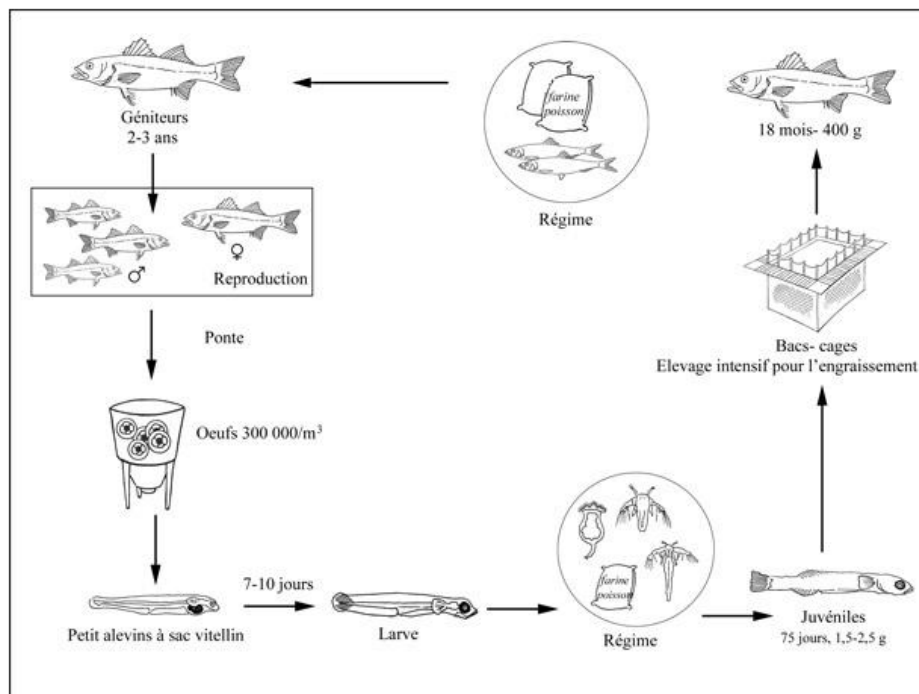


Figure 3 : Cycle de production de (*Dicentrarchus labrax*) en système intensif (FAO, 2009).

I.4.5. Loup de mer sauvage et loup de mer d'élevage

La comparaison entre les poissons sauvages et ceux issus de l'élevage montre que la qualité de la chair peut varier selon l'origine, l'alimentation, l'activité physique, la saison, l'âge et les conditions du milieu. Les poissons d'élevage reçoivent une alimentation contrôlée, ce qui permet une production régulière, mais cette alimentation peut modifier la teneur en lipides et le profil en acides gras. Les poissons sauvages présentent souvent une activité plus importante et une exposition plus variable aux contaminants présents dans l'environnement naturel (Alasalvar et al., 2002 ; Grigorakis, 2007 ; Tarricone et al., 2022).

Tableau 3 : Comparaison générale entre le loup de mer sauvage et le loup de mer d'élevage (Alasalvar et al., 2002 ; Grigorakis, 2007 ; Tarricone et al., 2022).

Critère	Loup de mer sauvage	Loup de mer d'élevage
Origine alimentaire	Proies naturelles variables	Aliment granulé formulé
Activité physique	Déplacements plus importants	Activité réduite en bassin ou cage
Composition lipidique	Variable selon saison et proies	Influencée par l'aliment et le mode d'élevage
Exposition aux contaminants	Dépend du milieu naturel et de la chaîne trophique	Dépend de la qualité de l'eau, de l'aliment et du site d'élevage

II. Notion de qualité de la chair du poisson**II.1. Définition générale de la qualité**

La qualité de la chair du poisson est une notion globale qui combine plusieurs dimensions. Elle comprend l'aspect visuel, l'odeur, la texture, la fraîcheur, la valeur nutritionnelle, la qualité microbiologique et l'innocuité chimique. Pour un produit destiné à la consommation humaine, une bonne qualité ne signifie donc pas uniquement une bonne composition nutritionnelle ; elle implique également une maîtrise des risques biologiques et chimiques (Huss, 1995 ; JORADP, 2017).

Dans le cas du loup de mer d'élevage, l'évaluation de la qualité est particulièrement importante, car le produit est souvent destiné à une consommation directe après achat ou après cuisson. Les analyses effectuées dans ce mémoire s'inscrivent dans cette logique, en combinant l'étude de la composition nutritionnelle, la recherche des indicateurs microbiologiques et le dosage de certains métaux lourds.

Tableau 4: Dimensions principales retenues pour l'appréciation de la qualité de la chair du loup de mer.

Dimension de qualité	Paramètres observés ou mesurés	Intérêt dans ce mémoire
Qualité organoleptique	Aspect, odeur, yeux, branchies, texture	Apprécier la fraîcheur initiale
Qualité nutritionnelle	Humidité, cendres, protéines, lipides	Évaluer la valeur alimentaire
Qualité hygiénique	FMAT, coliformes, staphylocoques, Salmonella	Vérifier la salubrité microbiologique
Qualité toxicologique	Zn, Cu, Cd	Contrôler le niveau de contamination métallique

II.2. Qualité organoleptique et fraîcheur

La qualité organoleptique regroupe les caractères perçus par les sens : apparence de la peau, couleur des branchies, aspect des yeux, odeur, texture et fermeté de la chair. Chez un poisson frais, les yeux sont généralement clairs et bombés, les branchies sont rouges et humides, l'odeur est marine et la chair reste ferme. Avec l'altération, ces caractères se modifient progressivement sous l'effet des enzymes et de la flore microbienne (Huss, 1995).

La méthode QIM (Quality Index Method) permet d'évaluer objectivement la fraîcheur du poisson à partir d'un score de démerite attribué à plusieurs critères sensoriels. Plus le score total est faible, plus le poisson est considéré comme frais. Cette méthode est utile car elle relie l'observation sensorielle à l'évolution de la qualité du produit au cours du stockage (Huss, 1995 ; FAO, 2001).

Le recours à une évaluation sensorielle avant les analyses de laboratoire présente un avantage pratique : il permet de vérifier rapidement si l'échantillon présente des signes visibles d'altération. Cependant, cette approche reste complémentaire des analyses microbiologiques et chimiques. Un poisson peut présenter un aspect satisfaisant tout en nécessitant un contrôle de ses charges bactériennes ou de ses contaminants, surtout lorsqu'il est destiné à une étude scientifique ou à une comparaison avec des normes (Huss, 1995 ; JORADP, 2017).

Dans une démarche de mémoire, la qualité organoleptique sert donc de première lecture de l'état du produit. Elle ne remplace pas les résultats analytiques, mais elle aide à expliquer certains résultats, notamment lorsque la flore totale reste faible ou lorsque l'absence d'odeur anormale concorde avec une bonne fraîcheur initiale.(Huss,1995)

II.3. Qualité nutritionnelle

La qualité nutritionnelle d'un poisson dépend principalement de sa teneur en eau, protéines, lipides, cendres et micronutriments. La chair de poisson est généralement riche en eau, ce qui explique sa sensibilité à l'altération. Elle constitue aussi une source importante de protéines de haute valeur biologique, car ces protéines fournissent des acides aminés essentiels nécessaires à l'organisme humain (Huss, 1995 ; FAO, 2024).

Les lipides du poisson présentent un intérêt particulier en raison de la présence d'acides gras insaturés, notamment les acides gras polyinsaturés de la série n-3. Toutefois, la teneur lipidique varie selon l'espèce, la saison, le régime alimentaire, l'origine sauvage ou d'élevage et le stade physiologique. Chez le loup de mer d'élevage, plusieurs travaux montrent que l'alimentation formulée influence la teneur en lipides et le profil en acides gras de la chair (Alasalvar et al., 2002 ; Grigorakis, 2007).

Les cendres correspondent à la fraction minérale totale après incinération de la matière organique. Elles donnent une indication globale sur la richesse minérale de la chair. Dans une approche de qualité, l'étude de l'humidité, des cendres, des protéines et des lipides permet donc de caractériser la valeur alimentaire du produit et de comparer les résultats avec les données rapportées pour des poissons marins ou aquacoles (Erkan et Özden, 2007 ; Tarricone et al., 2022).

La teneur en eau est un paramètre essentiel, car elle représente la fraction majoritaire du muscle de poisson. Une forte humidité favorise la tendreté de la chair, mais elle rend aussi le produit plus

sensible aux réactions enzymatiques et au développement microbien si la conservation n'est pas maîtrisée. C'est pourquoi la chaîne du froid reste un facteur déterminant pour préserver la qualité du poisson frais (Huss, 1995).

La teneur en protéines renseigne sur l'intérêt nutritionnel du produit. Les protéines du poisson sont généralement bien digestibles et riches en acides aminés essentiels. Dans une étude de qualité, ce paramètre permet de situer l'espèce parmi les sources alimentaires protéiques et de comparer les résultats obtenus avec ceux d'autres poissons marins ou d'élevage (FAO, 2024 ; Erkan et Özden, 2007).

La fraction lipidique mérite aussi une attention particulière. Chez le loup de mer d'élevage, la teneur en lipides peut être influencée par la formulation de l'aliment, le rythme de nourrissage, la taille du poisson et les conditions d'élevage. Cette fraction ne doit donc pas être interprétée uniquement comme un indicateur quantitatif, mais aussi comme une composante qui peut modifier la qualité gustative et la valeur nutritionnelle de la chair (Alasalvar et al., 2002 ; Grigorakis, 2007).

II.4. Qualité hygiénique et microbiologique

La chair profonde d'un poisson vivant sain est généralement peu contaminée, mais la peau, les branchies et le tube digestif peuvent héberger une microflore variable. Après la mort, les barrières naturelles se dégradent progressivement et les microorganismes peuvent contribuer à l'altération du produit. La manipulation, le filetage, le transport et la conservation jouent donc un rôle majeur dans la qualité hygiénique finale (Huss, 1995).

L'évaluation microbiologique repose souvent sur des indicateurs tels que la flore mésophile aérobie totale, les coliformes thermotolérants, les staphylocoques à coagulase positive et la recherche de *Salmonella*. Ces paramètres permettent d'apprécier respectivement la contamination globale, les défauts d'hygiène, les contaminations d'origine humaine ou environnementale et la présence éventuelle d'un pathogène majeur. L'interprétation se fait par comparaison avec des critères réglementaires comme ceux établis par le JORADP (2017), ainsi qu'avec les méthodes normalisées ISO utilisées pour l'analyse microbiologique des aliments.

La flore mésophile aérobie totale renseigne sur la charge microbienne globale et donne une idée de la qualité générale de manipulation et de conservation. Les coliformes thermotolérants sont utilisés comme indicateurs d'hygiène et peuvent signaler une contamination liée à l'environnement,

à l'eau, aux surfaces ou aux manipulations. Les staphylocoques à coagulase positive sont plutôt associés à une contamination d'origine humaine, notamment lors des opérations de filetage ou de préparation. Enfin, Salmonella représente un critère de sécurité sanitaire strict, généralement interprété en présence ou absence dans 25 g de produit (JORADP, 2017 ; ISO 6579-1, 2017).

L'intérêt d'étudier à la fois l'état frais et l'état cuit est de montrer l'effet du traitement thermique sur la charge microbienne. La cuisson ne corrige pas les défauts majeurs de matière première, mais elle peut réduire fortement les microorganismes végétatifs lorsque le temps et la température sont suffisants. Cette comparaison permet donc de discuter l'importance des bonnes pratiques d'hygiène avant cuisson et du rôle du traitement thermique dans la sécurité du produit final (Huss, 1995 ; JORADP, 2017).

II.5. Qualité toxicologique et métaux lourds

La qualité toxicologique concerne la présence de substances chimiques pouvant présenter un risque pour la santé du consommateur. Chez les poissons, les métaux lourds et éléments traces métalliques font partie des contaminants les plus surveillés. Certains éléments, comme le zinc et le cuivre, sont essentiels à faible concentration, mais peuvent devenir problématiques en cas d'accumulation excessive. D'autres, comme le cadmium, ne présentent pas de rôle biologique connu et sont considérés comme toxiques même à faibles doses lors d'expositions répétées (EFSA, 2012 ; Commission européenne, 2023).

La contamination métallique des poissons dépend de plusieurs facteurs : la qualité de l'eau, les sédiments, l'alimentation, l'âge, la taille de l'individu, le niveau trophique et la zone d'élevage ou de capture. Dans le cas d'une espèce aquacole, la surveillance du site, de l'aliment et de la chair est nécessaire pour garantir la conformité du produit aux limites réglementaires et préserver la sécurité du consommateur (Commission européenne, 2023).

Dans une étude appliquée au loup de mer, le zinc, le cuivre et le cadmium ne sont pas interprétés de la même façon. Le zinc et le cuivre sont des oligoéléments essentiels impliqués dans de nombreuses fonctions enzymatiques, mais leur accumulation excessive reste à surveiller. Le cadmium, au contraire, est un contaminant non essentiel, dont la présence doit être comparée aux limites réglementaires disponibles pour les produits de la pêche (Commission européenne, 2023).

Le dosage des métaux dans la chair permet ainsi de compléter l'évaluation nutritionnelle. Un poisson peut être intéressant du point de vue protéique ou lipidique, mais sa qualité globale doit aussi prendre en compte le niveau de contamination chimique. C'est pour cette raison que l'association des analyses nutritionnelles et toxicologiques donne une vision plus complète de la valeur réelle de l'espèce étudiée.

III. Intérêt de l'étude de la qualité du loup de mer d'élevage

L'étude de la qualité du loup de mer d'élevage présente un intérêt double. D'une part, elle permet d'apprécier sa valeur nutritionnelle à travers les paramètres de composition de la chair. D'autre part, elle permet d'évaluer son niveau de sécurité sanitaire par la recherche d'indicateurs microbiologiques et par le dosage de contaminants métalliques. Cette approche globale est adaptée aux produits aquacoles, car elle tient compte à la fois des attentes du consommateur et des exigences de contrôle de qualité (Huss, 1995 ; JORADP, 2017 ; FAO, 2024).

Dans le cadre de ce mémoire, le choix du loup de mer *Dicentrarchus labrax* se justifie par son importance aquacole, sa valeur commerciale et son intérêt alimentaire. L'analyse combinée de l'humidité, des cendres, des protéines, des lipides, des paramètres microbiologiques et des métaux lourds permet de proposer une appréciation plus complète de la qualité de sa chair. Cette démarche répond à l'objectif général du travail, qui est d'évaluer la valeur nutritionnelle de cette espèce aquacole tout en vérifiant son niveau de toxicité et sa qualité hygiénique.

CHAPITRE II :

Matériel et méthodes

I. Plan d'échantillonnage :

L'échantillonnage a été réalisé sur des individus de loup de mer, ou bar européen (*Dicentrarchus labrax*), destinés à la consommation humaine. Les poissons ont été achetés frais auprès d'une poissonnerie située à Dely Brahim, Alger. Selon les informations déclarées par le poissonnier, les échantillons provenaient d'un fournisseur de la wilaya de Mostaganem et seraient issus d'un élevage aquacole marin.



Figure 1: Présentation des poissons frais au niveau de la poissonnerie de Dely Brahim.

Un échantillon de cinq individus de tailles différentes a été sélectionné de façon aléatoire au niveau de la poissonnerie de Dely Brahim. Ces poissons ont été alimentés par un aliment artificiel granulé importé

II. Évaluation de la fraîcheur : La technique QIM

La norme internationale pour juger la fraîcheur du poisson reste l'évaluation sensorielle. Contrairement au système d'évaluation européen (UE) qui alloue une note globale (Extra, A, B), la méthode QIM (Quality¹ Index Method) constitue une approche contemporaine, statistique et plus précise. Ce système impartial se fonde sur la distribution de points négatifs (variant de 0 à 3) en fonction de divers critères : Plus le score global est près de zéro, plus le poisson est frais. (Etienne, 2005).

Pour le *Dicentrarchus labrax*, cette méthode offre la possibilité d'estimer sa durée de conservation restante en analysant des éléments visuels spécifiques tels que l'éclat de la peau, l'apparence des yeux (forme et netteté), la teinte et le parfum des branchies, ainsi que la consistance de la chair. Ainsi, ce score global fournit une évaluation précise de la dégradation de l'espèce, en relation directe avec ses attributs biologiques et nutritionnels.

III. Préparation de l'échantillon :

Après leur achat, les poissons ont été manipulés alors qu'ils étaient encore frais. Dans un premier temps, nous avons évalué la dimension de chaque sujet impliqué dans cette recherche. Ensuite, nous avons pratiqué une dissection sur chacun de ces poissons afin d'exposer leurs organes internes et identifier leur genre.



Figure 2: Étapes de dissection du bar européen (*Dicentrarchus labrax*) et exposition de la masse viscérale au laboratoire. Incision ventrale ; Ouverture de la cavité abdominale.

II.1. Prélèvement de la chair :

Après avoir procédé à la dissection des sujets, d'écailler et de desquamer les échantillons afin d'extraire la chair des poissons à l'aide de ciseaux.

La chair a été récupérée en tranches « filets », achée et placée dans des récipients de laboratoire.



Figure 3: Étapes de prélèvement de la chair et de desquamation du loup de mer (*Dicentrarchus labrax*) (Source : Personnelle).

- Peser et met ces dernières dans des tubes en plastiques bien étiquetées et congelées à -20°C.



Figure 4: Étapes de prélèvement de la chair et de desquamation du loup de mer (*Dicentrarchus labrax*) (Source : Personnelle).

IV. Évaluation de la composition nutritionnelle et physico-chimique:

IV.1. Évaluation du taux d'humidité :

Diverses techniques ont été suggérées pour mesurer la teneur en humidité dans la chair et les sous-produits des poissons marins, telles que le titrage volumétrique Karl Fisher ou le séchage infrarouge. Cependant, en raison des problèmes expérimentaux, les standards internationaux n'ont pas adopté ces méthodes. Comme la technique gravimétrique (diminution de masse dans une étuve à 100-105 °C jusqu'à obtenir un poids stable) qui est homologuée par l'AFNORD (APHA et al. 1985).

Principe :

Le produit est séché à une température proche de 105 °C dans une étuve, sous pression atmosphérique, jusqu'à ce qu'il atteigne une masse presque stable. L'écart observé dans les poids (avant et après traitement) représente la quantité d'eau initialement contenue dans le poisson.

Mode opératoire:

- Recueillir et mesurer 2 g de poissons frais dans des creusets
- Mettre dans à un four réglé à 105 °C pendant 24 heures jusqu'à déshydratation et obtention d'un poids plutôt constant.



Figure 5: Étapes de détermination de la teneur en eau et matière sèche de la chair de poisson. (Pesée des échantillons dans les creusets ; Passage à l'étuve à 105 °C).

Mode de calcul :

le calcul est effectué par la formule suivante:

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

- ✓ M1 : poids initial.
- ✓ M2 : poids sec

IV.2. Évaluation des cendres:

Principe :

L'échantillon se compose de substances minérales, de substances organiques et d'eau. La portion minérale (MM) correspond à la partie qui subsiste après la complète calcination du poisson dans un four à moufle à 550 °C jusqu'à obtenir une cendre grise, claire et légère (environ 6 heures de combustion) (BASSIL, 2015).

Mode opératoire :

- Peser les creusets contenant la matière sèche après leur refroidissement dans un dessiccateur avec une balance de haute précision.
- Placer les creusets dans le four à moufle à une température de 550 °C jusqu'à ce qu'ils deviennent cendreux ; - Laisser refroidir les creusets dans le dessiccateur ;
- Évaluer le poids des creusets contenant les résidus incinérés.

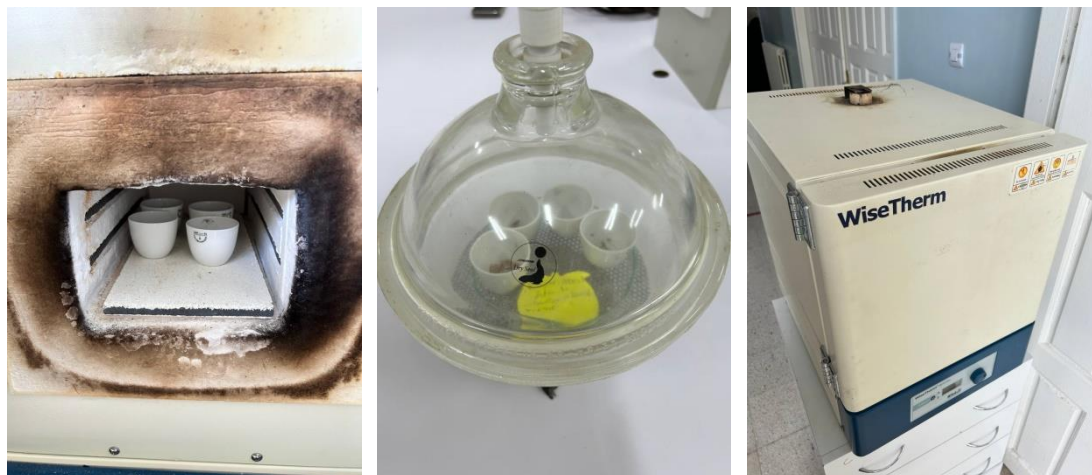


Figure 6: Étapes de calcination pour la détermination de la teneur en cendres de la chair de poisson. (Échantillons placés dans le four à moufle ; Vue externe du four à moufle WiseTherm ; Refroidissement des creusets dans un dessiccateur).

Méthode de calcul :

Le taux de cendres exprimé en pourcentage (%) est donné par la formule suivante :

$$\text{Teneur en matière minérale MM (\%)} = (P_2 - P_0 / P_1 - P_0) \times 100$$

- P_0 : le poids du creuset sans contenu.
- P_1 : le poids du récipient contenant la substance sèche suite à une déshydratation à 105°C pendant 24 heures.
- P_2 : le poids du récipient contenant le reste brûlé suite à la complète calcination.

IV.3. Détermination de la teneur en lipides de la chair de loup de mer par extraction au Soxhlet :

Traitement des échantillons :

Avant les analyses biochimiques, les échantillons de chair de loup de mer ont subi un traitement préalable afin d'assurer une meilleure conservation de la matière biologique et une bonne

homogénéisation de l'échantillon. Cette étape permet de préparer une matière sèche, stable et représentative, utilisée par la suite pour les différentes déterminations analytiques.

Lyophilisation :

La lyophilisation est un procédé de dessiccation basé sur la sublimation de l'eau contenue dans un produit préalablement congelé. Les échantillons de chair ont été congelés, puis placés dans le lyophilisateur afin d'éliminer l'eau sans passer par l'état liquide. Cette opération permet de préserver au mieux la composition initiale de l'échantillon et d'obtenir une matière sèche adaptée aux analyses



Figure 9 : Lyophilisation de modèle Christ

Broyage :

Après la lyophilisation, les échantillons secs ont été broyés à l'aide d'un mortier et d'un pilon en porcelaine jusqu'à l'obtention d'une poudre fine et homogène. Cette poudre a été récupérée dans des bocaux propres et secs, puis conservée à l'abri de l'humidité jusqu'au moment de l'analyse. Le broyage assure une meilleure représentativité de la prise d'essai et facilite les manipulations ultérieures.



Figure 10 : Mortier avec pilon en porcelaine

Détermination des protéines brutes

Principe de la méthode

La méthode de Kjeldahl est une méthode analytique utilisée pour déterminer la teneur en azote total dans les échantillons alimentaires. Elle permet ensuite d'estimer la teneur en protéines brutes, car les protéines sont constituées en grande partie d'azote.

Cette méthode repose sur trois étapes principales : la minéralisation, la distillation et le titrage. Durant la minéralisation, l'azote organique présent dans l'échantillon est transformé en ions ammonium sous l'action de l'acide sulfurique concentré en présence d'un mélange catalytique. Après ajout d'hydroxyde de sodium, l'ammoniac libéré est entraîné par distillation puis piégé dans une solution d'acide borique. Enfin, le distillat est titré par une solution d'acide sulfurique de normalité connue afin de déterminer la quantité d'azote total. (ISO 937, 2023)

Matériel utilisé

Le matériel utilisé pour cette analyse comprend :

- une balance analytique ;
- des béchers ;
- des erlenmeyers ;
- des pipettes ;
- des matras ou ballons de minéralisation ;
- un appareil de digestion Kjeldahl ;
- un système de distillation ;
- une burette pour le titrage ;

Les réactifs utilisés sont :

- acide sulfurique concentré ;
- hydroxyde de sodium ;
- acide borique ;
- Mélange catalytique composé de K_2SO_4 , $CuSO_4$ et Se
- indicateur coloré ;
- Solution d'acide sulfurique H_2SO_4 N/50

Mode opératoire

Préparation de l'échantillon

Une quantité de la poudre de la chair de poisson loup de mer a été pesée avec précision à l'aide d'une balance analytique. L'échantillon a ensuite été introduit dans un ballon de minéralisation. (ISO 937, 2023)



Figure 11: Préparation et pesée de l'échantillon dans le ballon de minéralisation.

Minéralisation

Après la pesée, le mélange catalytique a été ajouté dans le ballon contenant l'échantillon. Ensuite, l'acide sulfurique concentré a été introduit avec précaution. Le ballon a été placé dans l'appareil de digestion Kjeldahl, puis chauffé jusqu'à l'obtention d'une coloration verte claire et stable, indiquant la minéralisation de la matière organique. (ISO 937, 2023)



Figure 12: Appareil de digestion Kjeldahl utilisé au laboratoire.

Distillation

Après refroidissement, le contenu minéralisé a été dilué, puis une quantité du digestat a été transférée dans l'appareil de distillation. Une solution d'hydroxyde de sodium a été ajoutée afin de libérer l'ammoniac. Celui-ci a été entraîné par distillation et récupéré dans une solution d'acide borique contenant un indicateur coloré.

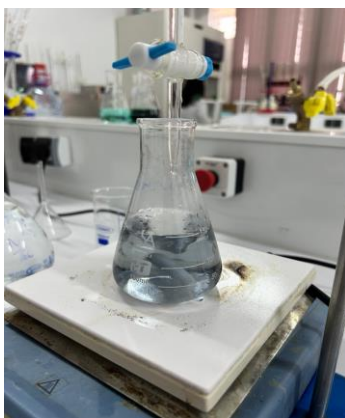


Figure 13 : Récupération du distillat contenant l'ammoniac dans une solution d'acide borique.

Titrage

Le distillat contenant l'ammoniac piégé dans l'acide borique a été titré par une solution d'acide sulfurique de normalité connue, H_2SO_4 N/50, jusqu'au changement de couleur de l'indicateur. Le volume d'acide sulfurique consommé a permis de calculer la teneur en azote total, puis la teneur en protéines brutes de l'échantillon (ISO 937, 2023 ; Olvera-Novoa et al., 1994)



Figure14: Virage de couleur observé après titrage par H₂SO₄ N/50.

Expression des résultats

Formule générale de la teneur en azote :

$$N(\%) = \{(V_1 - V_B) \times N_a \times 14,007 \times V_f \times 100\} / 1000 \times m \times V_a$$

Avec :

V_1 : volume de la solution acide utilisé pour le titrage de l'échantillon, en mL ;

V_b : volume de la solution acide utilisé pour le blanc, en mL ;

N_a : normalité de la solution acide ;

14,007 : masse molaire de l'azote, en g·mol⁻¹ ;

V_f : volume final du minéralisat après dilution, en ml ;

V_a : volume de la prise d'essai soumise à la distillation, en ml ;

m : masse de l'échantillon analysé en g.

Application aux conditions expérimentales :

$$N(g) = V_1 \times 0,00028 \times (100 / Y) \times (250 / V_0)$$

La teneur en matières azotées totales est ensuite calculée par la formule suivante :

$$MAT (\% MS) = N(g) \times 6,25 / MS$$

Où :

- MAT : matières azotées totales.
- MS : matière sèche de l'échantillon.
- 6,25 : facteur de conversion de l'azote en protéines brutes.

Détermination de la teneur en lipides

1. Principe de la méthode

La teneur en lipides de la chair de loup de mer a été déterminée par extraction au Soxhlet. Le principe repose sur l'extraction des matières grasses de l'échantillon à l'aide d'un solvant organique. Le solvant chauffé circule plusieurs fois à travers l'échantillon placé dans une cartouche en papier filtre, ce qui permet de dissoudre les lipides et de les récupérer dans un ballon préalablement pesé.

Après l'extraction, le solvant est éliminé par évaporation, puis le ballon est séché, refroidi et pesé jusqu'à obtention d'une masse stable. Cette méthode gravimétrique permet d'estimer la fraction lipidique extractible de la chair analysée par différence de masse.(FAO,1980).

2. Préparation de l'échantillon

Un échantillon représentatif de la chair de loup de mer a été prélevé, puis finement broyé afin d'obtenir une matière homogène. Pour l'analyse, une prise d'essai d'environ 2 g a été pesée avec précision à l'aide d'une balance analytique.

L'échantillon broyé a ensuite été introduit dans une cartouche ou enveloppé dans un papier filtre propre. Le pliage du papier filtre a été réalisé soigneusement afin d'éviter toute perte de matière pendant le transfert vers l'extracteur.

3. Mode opératoire

1. Peser le ballon propre et sec destiné à recevoir l'extrait lipidique, puis noter sa masse initiale.
2. Introduire l'échantillon broyé dans une cartouche ou dans un papier filtre plié, puis le placer dans le corps de l'extracteur Soxhlet.
3. Ajouter le n-hexane dans le ballon, puis monter le système d'extraction avec le réfrigérant.
4. Mettre le dispositif en chauffage modéré afin d'assurer l'évaporation du solvant, sa condensation puis son retour régulier sur l'échantillon.
5. Laisser l'extraction se poursuivre pendant le temps nécessaire, jusqu'à épuisement progressif des matières grasses extractibles.

6. Après extraction, récupérer le ballon, éliminer le solvant par évaporation, puis sécher le ballon contenant l'extrait lipidique.
7. Laisser refroidir le ballon dans des conditions propres, puis le peser jusqu'à obtention d'une masse stable.
8. Réaliser trois essais dans les mêmes conditions expérimentales et préparer un blanc analytique afin de contrôler la manipulation. (Olvera-Novoa et al., 1994 ; ISO 1444, 1996).

4. Expression de la teneur en lipides

La teneur en lipides est exprimée en pourcentage de la masse de l'échantillon analysé. Elle est calculée à partir de la différence entre la masse du ballon après extraction et la masse du ballon vide.

$$\text{Lipides (\%)} = [(P2 - P1) / Pe] \times 100$$

Symbole	Signification
P1	Masse du ballon vide et sec (g)
P2	Masse du ballon contenant l'extrait lipidique après extraction et séchage (g)
Pe	Masse de la prise d'essai (g)

5. Données expérimentales

Les données suivantes correspondent aux masses relevées pendant la manipulation. Elles sont présentées comme données brutes de laboratoire avant le calcul final de la teneur en lipides.

Tableau 5: Données pondérales brutes issues de l'extraction des lipides de la chair de loup de mer (*Dicentrarchus labrax*).

Essai	Type	Pe (g)	P1 (g)	P2 (g)	Observation
E1	Chair de loup de mer	2,0000	159,0726	159,1590	Ballon sec après extraction
E2	Chair de loup de mer	2,0000	156,2652	156,3536	Ballon sec après extraction
E3	Chair de loup de mer	2,0000	158,6184	158,7030	Ballon sec après extraction

Blanc	Sans échantillon	-	109,1460	109,1462	Contrôle du solvant et du ballon
--------------	------------------	---	----------	----------	----------------------------------

Remarque : chaque valeur P2 doit correspondre au même ballon que la valeur P1 du même essai.

Le blanc permet de vérifier l'absence de résidu notable provenant du solvant ou de la verrerie.

6. Précautions prises pendant la manipulation

- Utiliser le même ballon pour la pesée initiale et la pesée finale afin d'éviter toute erreur de calcul.
- S'assurer que le solvant est complètement éliminé avant la pesée finale.
- Laisser refroidir le ballon avant la pesée, car une verrerie chaude peut donner une masse instable.
- Éviter les pertes d'échantillon lors du pliage du papier filtre et du transfert vers l'extracteur.
- Régler le chauffage de manière à obtenir un cycle régulier du solvant, sans ébullition excessive.
- Manipuler les ballons et la verrerie avec soin afin d'éviter toute contamination externe.



Figure 15: Pesée du ballon vide utilisé pour l'extraction.



Figure 16: Pesée de la prise d'essai de chair de loup de mer broyée.



Figure 17: Échantillon placé dans le papier filtre avant extraction.



Figure 18: Dispositif d'extraction au Soxhlet utilisé pour l'analyse.



Figure 19: Évaporation du solvant



Figure 20: Introduction du solvant dans le système d'extraction

IV.5. Analyse microbiologique :

Les analyses microbiologiques visent à évaluer la contamination microbienne d'un produit à un instant précis, selon deux approches complémentaires :

- ❖ **L'approche quantitative** : Dénombrement des micro-organismes pour déterminer la charge bactérienne globale.
- ❖ **L'approche qualitative** : Recherche de la présence ou de l'absence de germes spécifiques après des étapes d'isolement et d'identification.

L'interprétation générale des résultats issus des analyses microbiologiques des produits alimentaires se réalise en fonction des seuils numériques établis par les critères microbiologiques, déterminés par le Journal Officiel de la République Algérienne (JORADP, 2017), selon une classification en deux et trois catégories.

Il y a quatre critères microbiologiques en question, identifiés par les lettres n, c, m et M, où :

- ✓ **n** : quantité d'unités composant l'échantillon ; c : nombre maximum d'unités d'échantillonnage du produit analysé qui peut excéder « m » tout en demeurant supérieur à « M » sans que le lot soit écarté.
- ✓ **m** : nombre de microbes détectés dans un gramme du produit examiné, représentant la valeur en dessous de laquelle la qualité du produit est jugée satisfaisante.
- ✓ **M** : nombre de germes présents dans un gramme de produit analysé, qui correspond à la valeur en dessus de laquelle la qualité du produit est considérée comme inacceptable.

IV.5.1 Préparation de l'échantillon, de la suspension mère et des dilutions décimales pour analyse microbiologique :

Mode opération :

- Suite à la pesée, 25 g de la chair du poisson sont broyés dans un mortier stérile.
- Verser le poisson broyé dans un erlenmeyer de 500 ml.
- Incorporer 225 ml de diluant Eau Peptonée Tamponnée (APT ou BPW). Réduire en purée le mélange (chair de poisson + diluant) à l'aide d'un mixeur stérile. Ce mélange représente la dilution (10^{-1}).

- Ajouter 1 ml de la dilution à 9 ml d'eau physiologique stérile, pour obtenir les dilutions (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} et 10^{-6}) à partir de la solution mère (10^{-1})
 - Cette série de dilution sera employée pour toutes les futures investigations.

IV.5.2. Recherche et comptage de FMAT (Flore Mésophile Aérobie Totale) :

Définition :

La Flore Mésophile Aérobie Totale (FMAT) constitue un indicateur d'hygiène et de qualité marchande essentiel. Elle sert à quantifier les Unités Formant Colonies (UFC) présentes dans un produit ou sur une surface en contact avec les denrées, reflétant ainsi le niveau global de contamination bactérienne des aliments (Marchal *et al.*, 1991).

En contrôle qualité, ce dénombrement est un outil analytique indispensable pour évaluer la fraîcheur des produits aquacoles (JORADP, 2017). Une charge élevée en FMAT ne traduit pas nécessairement la présence de germes pathogènes, mais témoigne d'un défaut d'application des bonnes pratiques d'hygiène (BPH) lors des étapes de récolte, de manipulation ou de conservation.

Principe :

Le dénombrement a été réalisé sur gélose Plate Count Agar (PCA). Comme l'inoculum est déposé dans une boîte de Pétri vide puis mélangé avec le milieu PCA en surfusion, la technique utilisée correspond à un ensemencement en profondeur, également appelé ensemencement dans la masse, et non à un étalement en surface. (Marchal *et al.*, 1991).

Mode opératoire :

- Prélever 1 ml de chaque dilution (de 10^{-1} à 10^{-6}) et déposer le aseptiquement dans une boîte de Pétri vide (2 boîtes par dilution).
- Utiliser la même pipette peut être employée pour réaliser plusieurs dilutions successives en commençant par la plus faible concentration jusqu'à la plus forte.
- Introduire 10 à 15 ml de PCA (Plate Count Agar) en surfusion (44-47 °C).

- Uniformiser en effectuant des mouvements horizontaux, lents et circulaires des boîtes (mouvements en 8).
- Permettre aux boîtes de se solidifier sur la paillasse.
- Incuber les boîtes de Pétri à une température de 30 °C.
- Effectuer le dénombrement après une incubation de 72 heures.

Lecture et dénombrement :

Sur la PCA, les colonies typiques de la FMAT présentent une couleur blanche et une forme lenticulaire. L'unité de comptage est l'UFC/g, étant donné qu'une colonie visible sur le milieu gélosé résulte de l'agglutination ou de la réunion de plusieurs micro-organismes. (Nnenna, et al. 2021)

- **Sélection des boîtes :** Prise en compte uniquement des boîtes renfermant entre 30 et 300 colonies.

Mode de calcul :

On calcule le nombre de micro-organismes par gramme de produit (N) en utilisant la formule ci-dessous :

$$N = \frac{\Sigma C}{(n1 + 0.1n2)} \times d$$

- ✓ N= quantité de germes par gramme de produit.
- ✓ ΣC = total des colonies caractéristiques sur les deux boîtes sélectionnées.
- ✓ V représente le volume de l'inoculum déposé sur chaque boîte, exprimé en millilitres.

- ✓ d = taux de dilution associé à la première dilution sélectionnée.
- ✓ n1= nombre de boîtes sélectionnées lors de la première dilution (la moins concentrée).
- ✓ n2 = nombre de boîtes sélectionnées lors de la deuxième dilution (la plus concentrée).

- **Les normes à respecter pour les germes aérobies à 30 °C (JORADP, 2017) :**
 - **A l'Etat frais : 10^6 - 10^7 UFC / g**

IV.5.3. Recherche et dénombrement des coliformes thermo-tolérants en milieu liquide par méthode NPP (Nombre le Plus Probable) :

Définition :

Les coliformes totaux sont des entérobactéries comprenant des espèces bactériennes présentes dans l'intestin et des humains, ainsi que dans l'environnement global (sols, végétation et eau). On utilise ce groupe de bactéries comme indicateur de la qualité microbienne, car il comprend notamment des bactéries d'origine fécale.

L'expression « coliformes fécaux » ou « coliformes thermotolérants » désigne toutes les espèces bactériennes appartenant à la famille des Enterobacteriaceae, qui sont aérobies ou anaérobies facultatives, de gram négatif, non sporulées et en forme de bâtonnet. Elles ont la capacité de se développer en présence de sels biliaires et d'accomplir la fermentation du lactose, produisant de l'acide (ou un aldéhyde) et du gaz dans un délai de 48 heures à une température de 44°C. (Gourmelon, et al. 2002).

Principe :

Le dénombrement repose sur une estimation statistique de la concentration bactérienne par transfert d'une matrice solide vers un milieu liquide (Marchal et al, 1991). Des dilutions décimales successives de l'échantillon de chair de bar sontensemencées dans des séries de tubes contenant un bouillon de culture liquide sélectif (ISO 4831, 2006)

Mode opératoire:

- Prenez 1 ml de chaque dilution et insérez-le aseptiquement dans un tube du milieu BLBVB à simple concentration, en utilisant une cloche de Durham. (3 tubes pour chaque dilution).
- On peut utiliser la même pipette pour réaliser plusieurs dilutions en série, du moins concentré au plus concentré.
- Incubez les tubes à 44 °C pendant 24 à 48 heures.

Lecture et dénombrement :

Un résultat positif signifie :

- La présence d'un trouble (croissance bactérienne).
- La production de gaz dans les cloches de Durham ($>1/10$ du volume),
- Le résultat est présenté en NPP, selon la table de Mac Grady.
- Les normes à suivre concernant les Coliformes thermotolérants (JORADP, 2017):
 - **L'Etat frais : $10\text{-}10^2\text{UFC/g}$.**
 - **L'Etat cuits : $5.10^3\text{-}5.10^4\text{UFC/g}$.**

Remarque:

Bien que les critères réglementaires du Journal Officiel soient exprimés en UFC/g, les résultats de notre analyse sont obtenus par la méthode du Nombre le Plus Probable (NPP). Étant donné l'équivalence quantitative entre ces deux unités ($1\text{ NPP} \approx 1\text{ UFC}$), la comparaison reste parfaitement valable.

Mode de calcul :

On calcule le nombre des coliformes thermo-tolérants utilisant la formule ci-dessous

$$N = \frac{NPP \times Fd}{V \text{ensemencé}}$$

- ✓ Fd: facteur de dilution.
- ✓ NPP: regroupement choisi.
- ✓ Volumeensemencé.

IV.5.4. Recherche et dénombrement de staphylocoques à coagulase + :

Définition :

Les staphylocoques à coagulase positive sont des cocci à Gram positif, non sporulés, immobiles, aérobies-anaérobies facultatifs et possédant une catalase (Marchal et al., 1991). Au microscope, ils apparaissent typiquement regroupés en grappes de raisins, en paires ou sous forme de cellules isolées, dotés d'une paroi cellulaire principalement composée de peptidoglycane (Marchal et al., 1991).

En aquaculture d'élevage, leur détection dans la chair de poisson frais n'indique pas une infection de l'animal vivant mais signale une contamination d'origine humaine (cutanée ou rhinopharyngée) survenue lors des manipulations post-récolte ou du conditionnement, nécessitant une confrontation stricte aux critères réglementaires (JORADP, 2017).

Principe :

Le dénombrement repose sur un ensemencement direct en surface par étalement d'un volume de 0,1 ml de la solution mère (et de ses dilutions décimales successives) sur un milieu sélectif solide, la gélose Baird-Parker (ISO 6888-1, 2021).

Mode opératoire :

Le milieu Baird-Parker est ensemencé avec 0.1 ml de la Suspension mère et des dilutions.

- L'inoculum est ensuite réparti à l'aide d'un râteau de verre.
- L'incubation est réalisée à une température de 37°C sur une période de 48 h.

Mode de calcul :

L'estimation de la concentration bactérienne par gramme ou millilitre d'échantillon se base sur une formule universelle de comptage des colonies.

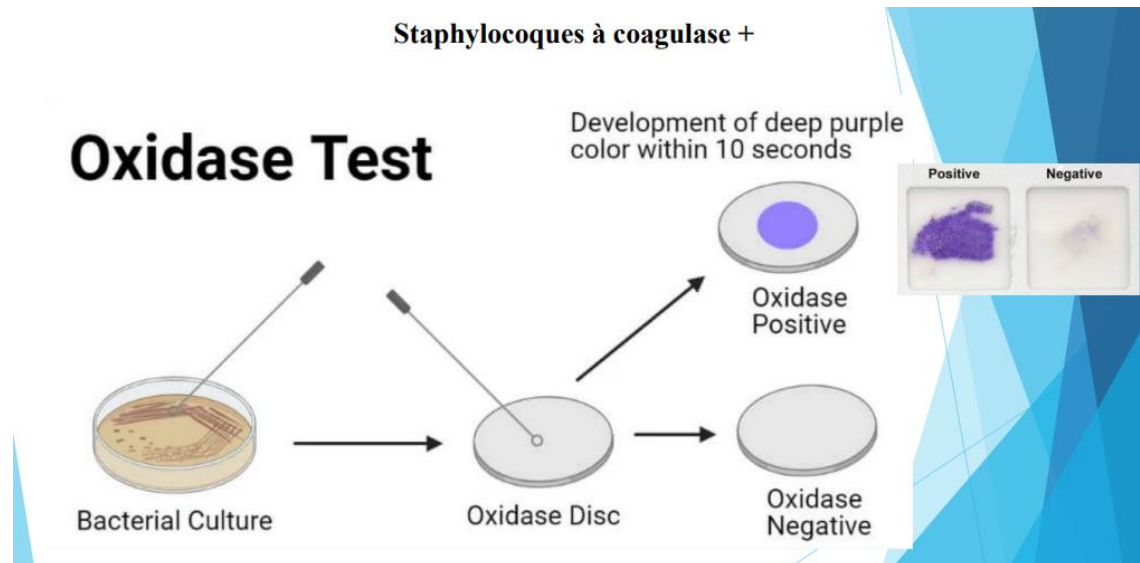
$$N = C / (n_1 + 0,1 \ n_2) \times d$$

- ✓ N : Nombre de staphylocoques à coagulase positive par gramme ou par millilitre de produit.
- ✓ $\sum CI$: Somme des colonies confirmées (positives au test de la coagulase) comptées sur l'ensemble des boîtes retenues de deux dilutions successives.
- ✓ n_1 : Nombre de boîtes retenues à la première dilution considérée.
- ✓ n_2 : Nombre de boîtes retenues à la deuxième dilution considérée.
- ✓ d : Facteur de la première dilution retenue.

Lecture et confirmation :

Des tests de confirmation doivent être effectués sur les colonies suspectées :

- Test d'oxydase (oxydase positive).
- Test de catalase (catalase positive).
- Test de la coagulase (coagulase positive).
- Les normes à suivre pour les Staphylocoques à coagulase positive (JORADP, 2017):
 - l'État frais : 10^2 - 10^3 UFC/g.
 - l'État cuits : 50 - 50×10^2 UFC/g.



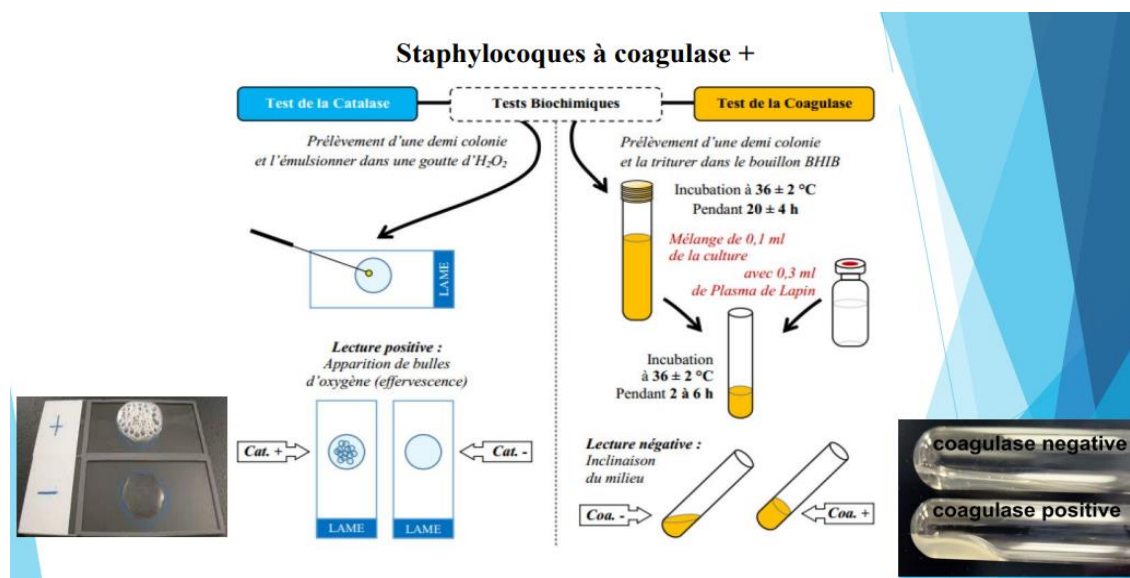


Figure 7: Tests biochimiques de confirmation des staphylocoques à coagulase positive (Inspiré de Microbe Notes, 2022 et conforme à la norme ISO 6888-1).

IV.5.5. Recherche de salmonelles (présence/absence) :

Les salmonelles sont des bacilles à Gram négatif, aérobies-anaérobies facultatifs, appartenant à la famille des Enterobacteriaceae. Elles possèdent un métabolisme à la fois oxydatif et fermentaire, caractérisé par la production d'acide et fréquemment de gaz lors de la fermentation du D-glucose (Marchal et al. 1991). Elles sont catalase positives et oxydase négatives (Marchal et al., 1991). Sur le plan sanitaire, ce genre constitue un groupe de pathogènes majeurs responsables de toxoinfections alimentaires collectives (TIAC) ainsi que des fièvres typhoïdes et paratyphoïdes chez l'Homme (Larpen, 1997). En aquaculture, la réglementation algérienne impose une absence totale de ce germe dans la chair de poisson, sa présence signalant un risque biologique direct et une contamination fécale critique du système d'élevage ou de sa gestion post-récolte (JORADP, 2017).

Mode opératoire :

La culture des bactéries présentes dans les aliments exige les étapes suivantes :

Pré-enrichissement :

- peser 25 g de la chair de poisson

- ajouter 225 ml de milieu SFB (Bouillon Selenite-Cystine/Selenite-F Broth) + disque SFB (additif) .
- Broyer le contenu à l'aide d'un mixeur stérile pendant 2 min et le verser
- aseptiquement dans un flacon stérile
- incuber à 37 °C pendant 24 h.

Enrichissement :

- Transférer 1ml de bouillon de pré-enrichissement dans un tube contenant 10ml d'SFB supplémenté d'un disque de sélénite.
- incuber à 37 °C pendant 24 h.

Ensemencement :

- La culture est repiquée sur la gélose S-S.
- L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 h.

Les normes à suivre pour les salmonelles (JORADP, 2017) :

- **Absence dans 25g a l'état frais et cuits.**

Lecture et dénombrement :

Les colonies se montrent transparentes, qu'elles aient ou non un centre noir sur gélose S-S (la coloration noire étant due à la production de H₂S). L'isolement est réalisé à l'aide de la gélose Salmonella-Shigella (S-S). Sélection de Salmonella et Shigella à partir d'échantillons cliniques et de produits alimentaires.

Tableau 5: identification des espèces selon la couleur des colonies

Espèce	Croissance en 24h à 37°C	Couleur de colonie	H ₂ S
Escherichia coli	Partiellement inhibée	Rose-rouge	-
Salmonella typhimurium	Bonne	Incolore	+
Shigella flexneri	Bonne	Incolore	-

L'identification des colonies caractéristiques obtenues est réalisée à travers les étapes suivantes :

les tests biochimiques : test de catalase et test d'oxydase (Salmonella est positive à la catalase et négative à l'oxydase).voir la figure 07

Test IMViC : Il s'agit d'une série de quatre tests distincts couramment utilisés pour la détermination des espèces bactériennes, surtout celles des coliformes. Les lettres en majuscules de «IMViC» symbolisent chacune un des quatre tests : I pour le test Indole (-), M pour le test Methyl Red (+), V pour le test Voges-Proskauer (-) et C pour le test Citrate (+). L'ajout de la lettre « i » dans l'acronyme vise à faciliter sa prononciation.

La galerie Api 20 E : c'est un dispositif normalisé pour l'identification des Enterobacteriaceae et autres bacilles à Gram négatif non exigeants, qui inclut 20 tests biochimiques miniaturisés, ainsi qu'une base de données

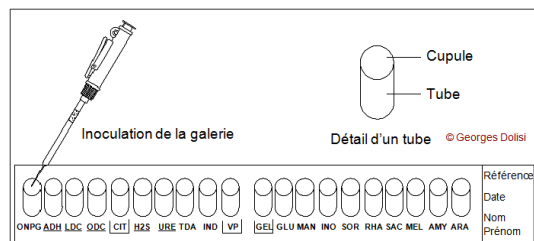


Figure 8: schéma de galerie Api 20 E.

IV.4.3. Analyse des métaux lourds :

L'analyse des métaux lourds a été réalisée pour apprécier l'aspect toxicologique de la chair de loup de mer. Les métaux peuvent provenir du milieu aquatique, de l'alimentation ou des échanges avec les sédiments. Leur dosage permet donc de compléter l'évaluation de la qualité de la chair, en plus des analyses nutritionnelles. (Commission européenne, 2023).

IV.4.3.1. Extraction des métaux lourds

La méthode utilisée repose sur l'extraction du métal total contenu dans l'échantillon. Pour cela, la matière organique doit être dégradée par une attaque acide. Les éléments métalliques sont ainsi libérés et mis en solution avant leur dosage par spectrophotométrie d'absorption atomique.

IV.4.3.2. Principe de la digestion ou de la minéralisation

La minéralisation consiste à traiter la chair sèche par un acide concentré afin de détruire progressivement la matière organique. Dans notre travail, l'opération a été conduite sous hotte aspirante pour travailler dans de bonnes conditions de sécurité et pour limiter les risques de contamination. La solution obtenue après digestion doit être claire et homogène avant son passage à l'analyse instrumentale. (EN 13805, 2014 ; EN 14084, 2003).

IV.4.3.3. Protocole expérimental

Une prise d'essai d'environ 0,4 g de chair de loup de mer lyophilisée, broyée et homogénéisée a été introduite dans un godet en téflon propre et sec. Un volume de 5 ml d'acide nitrique concentré à 69 % a ensuite été ajouté.

Les godets ont été placés sur une plaque chauffante à 120 °C pendant 2 h 30 min, afin d'assurer la minéralisation de la matière organique. Après digestion, ils ont été laissés à refroidir sous hotte aspirante avant le transfert des digestats. (**protocole du laboratoire, adapté de EN 13805:2014 et EN 14084:2003**).



Figure 9; Étapes de préparation et de minéralisation des échantillons.

IV.4.3.4. Minéralisation des échantillons

Les godets contenant les prises d'essai et l'acide nitrique ont été maintenus fermés pendant la digestion. Après refroidissement, les digestats ont été récupérés avec soin. Les parois des godets

ont été rincées afin d'éviter toute perte d'éléments métalliques. Chaque solution finale a été identifiée selon le numéro de l'échantillon avant son analyse. (EN 14084, 2003).

IV.4.3.5. Minéralisation à blanc

Un blanc de minéralisation a été préparé dans les mêmes conditions que les échantillons, mais sans ajout de chair de poisson. Il contenait uniquement les réactifs utilisés, notamment l'acide nitrique et l'eau distillée. Ce blanc a permis de vérifier la propreté du matériel et l'absence de contamination liée aux réactifs.

Le blanc a suivi les mêmes étapes que les échantillons : ajout de l'acide, fermeture du godet, digestion, refroidissement, transfert, rinçage et ajustement du volume final. Il a ensuite été analysé avec les échantillons. Il permet de vérifier une éventuelle contamination provenant des réactifs, du matériel ou de la procédure analytique. (EN 14084, 2003).

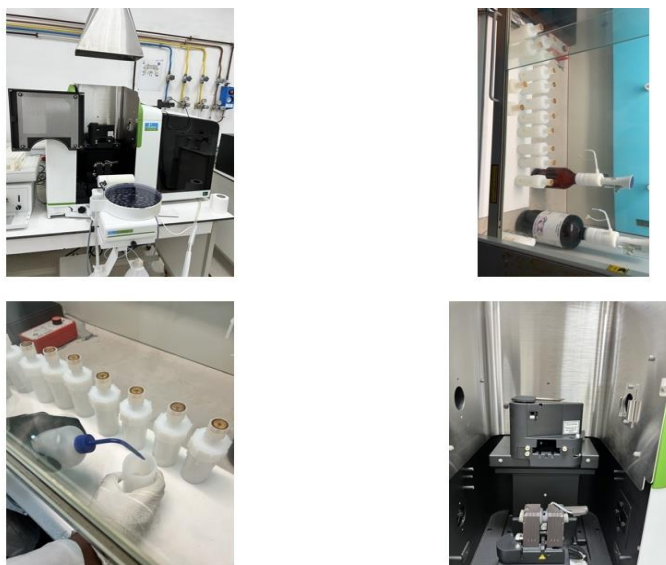


Figure 10: Préparation du blanc et des solutions après minéralisation.

IV.4.3.6. Spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA)

Le dosage a été réalisé par spectrophotométrie d'absorption atomique. Cette technique mesure l'absorption d'un rayonnement lumineux par des atomes libres. Chaque élément métallique absorbe à une longueur d'onde spécifique ; l'absorbance enregistrée est ensuite reliée à la concentration de l'élément dans la solution analysée.

Avant la lecture des échantillons, une gamme d'étalonnage a été préparée pour chaque métal. Les solutions issues de la minéralisation ont ensuite été introduites dans l'appareil en respectant les conditions de lecture propres à chaque élément. (EN 14084, 2003).



Figure 11: Spectrophotomètre d'absorption atomique et préparation des solutions pour l'analyse.

Les conditions instrumentales appliquées au dosage des différents éléments métalliques sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 6: Conditions instrumentales de dosage du Zn, du Cu et du Cd par SAA.

Élément métallique	Longueur d'onde (nm)	Mode d'atomisation
Zinc(Zn)	213,86	Flamme air-acétylène
Cuivre(Cu)	324,75	Flamme air-acétylène
Cadmium	228,80	Four à graphite

IV.4.3.7. Principe de la SAA

Un rayon monochromatique d'intensité I_0 , émis par une lampe spécifique, traverse la solution contenant l'élément à doser. Une partie de ce rayonnement est absorbée par les atomes de l'élément. L'absorbance obtenue est proportionnelle à la concentration selon la loi de Beer-Lambert.(US EPA,2007).

$$A = \log (I_0 / I)$$

Avec : A = absorbance ; I_0 = intensité du rayon incident ; I = intensité du rayon transmis.

IV.4.3.8. Équipement d'un SAA

Le dispositif de SAA comprend une source lumineuse adaptée à l'élément étudié, un système d'atomisation, un monochromateur et un détecteur. Selon la concentration attendue, l'analyse peut être réalisée en flamme air-acétylène ou au four à graphite. Le four à graphite est surtout utilisé pour les éléments présents à de faibles teneurs. (EN 14084, 2003).

IV.4.4. Dosage des échantillons

Pour chaque métal étudié, des standards de concentrations connues ont été préparés. Les absorbances des standards ont permis de tracer une droite d'étalonnage. Les concentrations inconnues des solutions d'échantillons ont ensuite été calculées à partir de cette droite. (EN 14084, 2003).

$$Y = aX + b$$

Où : Y = absorbance ou densité optique ; X = concentration du métal ; a = pente de la droite ; b = ordonnée à l'origine.

IV.4.5. Mode de calcul

La teneur du métal dans la chair a été calculée à partir de la concentration mesurée dans la solution, en tenant compte du volume final après minéralisation et de la masse sèche de l'échantillon. (EN 14084, 2003).

$C_{ps} = (C_c \times V) / P_s$	
	Signification
C _{ps}	Concentration du métal en matière sèche (µg/g)
C _c	Concentration du métal dans la solution analysée (µg/ml)
V	Volume final de la solution après minéralisation (ml)
P _s	Poids sec de l'échantillon minéralisé (g)

Les résultats obtenus ont ainsi été exprimés en µg/g de matière sèche, ce qui permet de comparer les teneurs métalliques entre les échantillons analysés.

Chapitre III

Résultats et Discussion

I. Échantillonnage:



Figure 12: Étapes préliminaires de préparation des échantillons de loup de mer (*Dicentrarchus labrax*) au laboratoire. Pesée individuelle des spécimens sur balance de précision ; Écaillage, desquamation et hachage de la chair.

Tableau 7: Taille et poids d'individus de bar.

Numéro de poisson	Taille standard en (cm)	poids en (g)	Sexe
1	38,7	673.3	femelle
2	36.5	524.1	male
3	33,5	394,3	male
4	35,5	494.7	male
5	35	421,0	male

II. Évaluation de la qualité sensorielle du bar :

Le Bar frais dégage un parfum marin plaisant (qui évoque l'algue fraîche), présente un éclat métallique prononcé, arbore des flancs argentés étincelants avec une teinte grisâtre ou noire sur le dos, possède une consistance solide et rigide, est doté d'écailles fortement attachées et brillantes, a des yeux clairs et bombés révélant une pupille noire brillante, et exhibe des branchies de couleur rouge vif uniforme, humides et sans odeur ammoniacale.

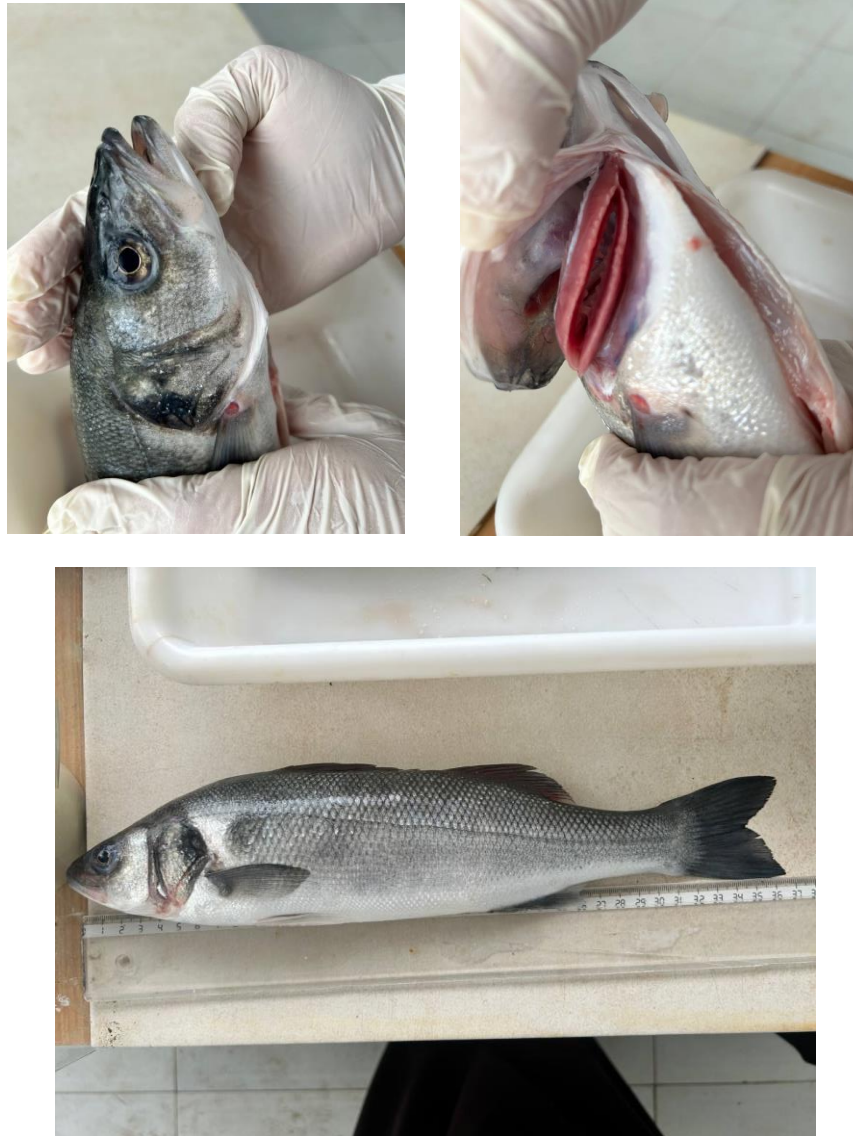


Figure 13: le bar (*Dicentrarchus labrax*) ; branchies d'un rouge sang uniforme, humides et sans odeur ammoniacale ; yeux clairs et convexes avec une pupille noire brillante ; un aspect métallique très brillant, des couleurs argentées éclatantes sur les flancs.

- Pour cette recherche, nous avons utilisé la méthode de l'indice de qualité (QIM) d'après le règlement (CE) N 2406/96 pour évaluer la fraîcheur du bar à travers l'analyse sensorielle. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 8: Résultats de l'analyse sensorielle du bar.

Paramètre	Description	Score
Apparence générale		
Peau	couleurs argentées éclatantes sur les flancs avec un dos gris-bleuté ou noir	0
Consistance de la chair	texture ferme et rigide	0
Mucus cutané	Clair comme de l'eau, transparent.	0
Yeux		
Cornée	Transparente	0
Pupille	noire brillante	0
Forme	convexes	0
Branchies		
Couleur	rouge sang uniforme	0
Odeur	Des algues marines fraîches ; au goût âcre ; riches en iode.	0
	Sans odeur ou avec une odeur neutre.	1
Fourchette du score total (points de démerite)		1/24

La qualité exceptionnelle du poisson (Score 1/24) témoigne d'une maîtrise rigoureuse de la chaîne du froid lors du transport amont. Les spécimens ont été acheminés du lieu de capture vers le point de vente dans des camions frigorifiques normés, maintenus à une température constante de 0 à +2 °C, sous couverture de glace hydrique pour éviter toute altération, et l'analyse rapide des échantillons dans les délais les plus courts.

III. Teneur en eau et en cendre :

Tableau 9: résultats des teneur en eau et en cendre.

Numéro du Creuset	Poids Creuset Vide (P ₀ en g)	Poids Initial (P ₁ en g)	Poids Final Sec (P ₂ en g)	Poids après Four à Moufle (P ₃ en g)	Teneur en Eau (%)	Teneur en Cendres (%)
1	33,252	35,252	33,728	33.283	76,20 %	1,40 %
2	31,224	33,224	31,700	31.253	76,20 %	1,30 %
3	32,942	34,942	33,426	32.979	75,80 %	1,40 %
4	32,530	34,530	33,004	32.564	76,30 %	1,50 %
MOYENNE	/	/	/	/	76,13 %	1,40 %
ÉCART-TYPE	/	/	/	/	±0,22 %	±0,08 %

Discussion :

- ✓ La teneur en eau obtenue constitue le composant quantitatif majeur du tissu musculaire de notre échantillon. Cette valeur moyenne de 76,13% est en parfaite adéquation avec la littérature scientifique traitant des poissons téléostéens marins, où l'humidité oscille classiquement entre 65% et 80% (Huss, 1995 ; FAO, 2001). Spécifiquement pour le bar européen, qu'il soit sauvage ou issu de l'aquaculture, les données de référence font état d'un taux d'humidité initial variant entre 74% et 78% (Alasalvar et al, 2002 ; Fuentes et al, 2010).
- ✓ La minéralisation des échantillons au four à moufle à 550°C a révélé un taux moyen de cendres de 1,40%. Cette fraction inorganique représente la totalité des éléments minéraux (macroéléments comme le phosphore, le potassium, le magnésium, et oligoéléments) constitutifs de la chair du poisson. Ce pourcentage est totalement conforme aux valeurs normatives documentées pour le bar de culture, généralement comprises dans une fourchette étroite allant de 1,2% à 1,5% de la matière fraîche (Shearer, 1994 ; Periago et al, 2005)

IV. Résultats du dosage des protéines (MAT)

La teneur en matières azotées totales de la chair de loup de mer a été déterminée par la méthode de Kjeldahl. Les valeurs obtenues ont été calculées à partir du volume d'acide sulfurique consommé lors du titrage, après correction par le blanc.

Dans cette manipulation, Les résultats des deux essais sont regroupés dans le tableau suivant.

Tableau 10: Résultats du dosage des protéines (MAT).

Échantillon	Volume de titrage V ₁	Volume du blanc V _b	Volume net (V ₁ - V _b)	Azote Total(%)	MAT (%)
Loup de mer - Éch 1	41,2 ml	0,5 ml	40,7 ml	2,82	17,62
Loup de mer - Éch 2	39,5 ml	0,5 ml	39,0 ml	2,70	16,88
Moyenne	-	-	-	2,76	17,25

$$\text{MAT (\%)} = [(V_1 - V_b) \times 0,00028 \times (100 / Y) \times (250 / 50)] \times 6,25$$

Avec :

-(V₁) : volume de la solution acide utilisé pour le titrage de l'échantillon, en mL

-(V_b) : volume de la solution acide utilisé pour le titrage du blanc, en mL ;

-(Y) : masse de la prise d'essai, en g ;

-(0,00028) : masse d'azote, exprimée en grammes, correspondant à 1 mL de solution acide à 0,02 N

-(250/50) : facteur de dilution, correspondant au rapport entre le volume total du minéralisé, soit 250 ml, et le volume prélevé pour la distillation, soit 50 mL

-(6,25) : facteur conventionnel de conversion de l'azote total en protéines brutes.
La teneur en azote est exprimée en pourcentage, sachant que 1 g/100 g correspond à 1.

Discussion :

La teneur moyenne en protéines brutes obtenue dans la chair du loup de mer étudié est de **17,25 %**, avec des valeurs de **17,62 %** et **16,88 %** pour les deux essais. Le faible écart observé entre ces deux mesures indique une bonne répétabilité du dosage et une homogénéisation satisfaisante de l'échantillon.

La valeur enregistrée dans notre étude est légèrement inférieure à celles rapportées dans certains travaux consacrés à (*Dicentrarchus labrax*). (Kocatepe et Turan (2012)) ont notamment relevé une teneur en protéines de **18,6 %** dans la chair du loup de mer d'élevage. De même, Baki et al. (2015) ont obtenu des teneurs de **19,13 %** chez le loup de mer sauvage et de **18,00 %** chez le loup de mer d'élevage. Une étude plus récente a également rapporté des teneurs comprises entre **19,64 et 19,81 %** dans les filets de loups de mer soumis à différents régimes alimentaires. Ainsi, bien que la teneur de **17,25 %** mesurée dans notre échantillon soit légèrement plus faible que celles mentionnées dans ces études, elle reste relativement proche des valeurs généralement observées pour cette espèce. Les différences constatées peuvent être liées à plusieurs facteurs, notamment l'alimentation, le mode d'élevage, la saison de prélèvement, la taille et l'état physiologique du poisson, ainsi qu'à la teneur en eau de la chair et aux conditions de préparation et d'analyse des échantillons. La composition corporelle du loup de mer peut en effet varier en fonction des conditions d'élevage et des variations saisonnières. **La teneur obtenue confirme donc que la chair du loup de mer constitue une source appréciable de protéines.**

V. Teneur en lipides

La teneur en lipides de la chair de loup de mer a été déterminée par extraction au Soxhlet. Le résultat a été obtenu par différence de masse après évaporation du solvant et séchage du ballon jusqu'à masse stable.

Tableau 11: résultats teneur en lipides.

Échantillon	Pe (g)	P1 (g)	P2 (g)	M = P2 - P1 (g)	Lipides (%)
E1	2,0391	109,1460	109,2341	0,0881	4,32
E2	2,0150	108,7324	108,8221	0,0897	4,45
E3	2,0218	110,0586	110,1454	0,0868	4,29
Moyenne ± écart-type	-	-	-	-	4,35 ± 0,09
Bar d'élevage –Lenas et al. (2011)	-	-	-	-	7,31± 1,59
Filets frais de bar d'élevage- Messina et al. (2021)	-	-	-	-	6,16 ±2,34

$$\text{Lipides (\%)} = [(P2 - P1) / Pe] \times 100$$

Échantillon	Application numérique	Teneur en lipides (%)
E1	$[(109,2341 - 109,1460) / 2,0391] \times 100$	4,32
E2	$[(108,8221 - 108,7324) / 2,0150] \times 100$	4,45
E3	$[(110,1454 - 110,0586) / 2,0218] \times 100$	4,29

Discussion :

Les teneurs en lipides obtenues varient entre 4,29 % et 4,45 %, avec une moyenne de 4,35 ± 0,09 %. Les trois résultats sont proches, ce qui montre une bonne répétabilité de la manipulation. La chair analysée présente donc une teneur lipidique modérée.

Cette valeur moyenne permet de considérer l'échantillon comme un poisson à teneur lipidique moyenne. Les lipides contribuent à la valeur nutritionnelle du poisson, car ils apportent de l'énergie et peuvent participer à l'apport en acides gras utiles pour l'alimentation. (Zhang et al., 2020 ; FAO, 2010).

Les légères différences entre les essais peuvent provenir de la nature même de la chair, de l'homogénéité du broyage, de la précision des pesées ou du séchage final du ballon. Dans ce type d'analyse, il est important que le solvant soit complètement éliminé avant la pesée finale, afin d'obtenir une valeur fiable.

-Un essai à blanc a été réalisé dans les mêmes conditions opératoires que les échantillons, mais sans ajout de chair de poisson. Le solvant a été soumis au même cycle d'extraction, puis évaporé, et le ballon a été séché, refroidi et pesé. Cet essai permet de vérifier l'absence de résidus provenant du solvant ou du matériel et, le cas échéant, de corriger la masse des lipides extraits. La faible variation de masse du blanc indique que l'augmentation de la masse des ballons contenant les échantillons est principalement attribuable aux lipides extraits.

Tableau 12: Résultats du dosage des lipides de la chair de loup de mer.

Échantillon	Teneur en lipides obtenue	Interprétation nutritionnelle
E1	4,32 %	Valeur intermédiaire par rapport aux données de la littérature
E2	4,45 %	Valeur intermédiaire par rapport aux données de la littérature
E3	4,29 %	Valeur intermédiaire par rapport aux données de la littérature
Moyenne	4,35 ± 0,09 %	Inférieure à la valeur rapportée chez le loup de mer d'élevage (7,31 %) et supérieure à celle du loup de mer sauvage (1,68 %)

VI. Les analyses microbiologiques:

À l'état vivant, la chair de poisson sain est stérile grâce aux mécanismes de défense immunitaire qui inhibent la prolifération bactérienne. Cependant, après la mort de l'animal, la dégradation des barrières protectrices et du système immunitaire favorise la colonisation des surfaces (peau, branchies et tractus intestinal) et la migration subséquente des micro-organismes vers les tissus musculaires.

Au cours du stockage, les bactéries s'établissent de manière extensive au niveau des alvéoles des écailles, puis pénètrent la chair en se propageant entre les fibres musculaires (Gram, 1996).

L'évaluation globale des résultats issus des analyses microbiologiques des produits alimentaires se fait en fonction des seuils numériques établis par les normes microbiologiques, fixées par le Journal Officiel de la République Algérienne (JORADP, 2017), selon un système à deux et trois catégories. Voir la figure.

VI.1. La Flore Mésophile Aérobie Totale (FMAT) :

Le groupe de la FMAT (anciennement désigné comme Germes totaux) constitue un bon baromètre technique de la qualité et de la stabilité des denrées alimentaires, fournissant une indication sur le nombre total de microorganismes dans un aliment. Ce n'est pas un groupe taxonomique spécifique, mais englobe toutes les bactéries aptes à se multiplier en aérobie à 30°C.

VI.1.1. A l'état frais :

1. Lecture de résultats :

Tableau 13 : nombre des colonies de chaque boîtes.

	SM « 10 ⁻¹ »	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵
Biote 1	indénombrable (> 300)	295	184	19	2
Biote 2	indénombrable (> 300)	280	176	22	1

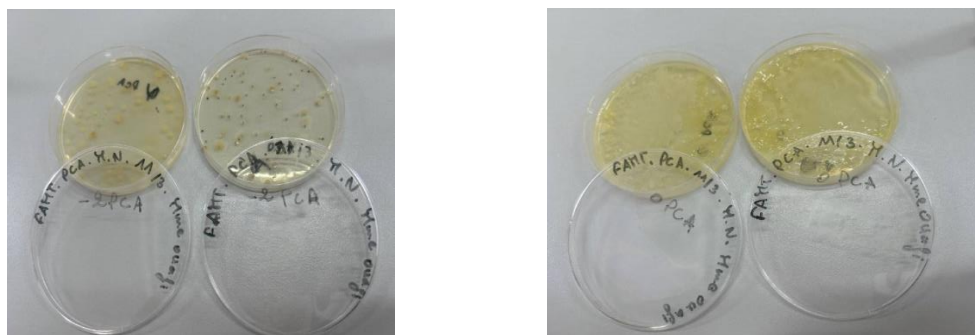


Figure 14: Aspect des colonies de FMAT sur milieu PCA pour les échantillons à l'état frais.

2. Application numérique :

$$N = \frac{\sum C}{V \times (n_1 + 0,1 n_2 + 0,01 n_3)} = \frac{295 + 280 + 184 + 176 + 19 + 22}{1 \times (2 + 0,2 + 0,02) \times 10^{-2}}$$

$$= \frac{976}{2,22 \times 0,01} \approx 43963,96$$

$$N = 4,4 \times 10^4 \text{ UFC/g}$$

3. Discussion :

Les résultats obtenus mettent en évidence une charge bactérienne mésophile aérobie totale moyenne de $4,4 \times 10^4 \text{ UFC/g}$ dans la chair du bar (*Dicentrarchus labrax*). Cette valeur se situe nettement en dessous du seuil critique de tolérance « m » fixé à 10^6 UFC/g , conformément aux

CHAPITRE III Résultats et Discussion

critères microbiologiques définis par la réglementation algérienne (Arrêté interministériel du JORADP, 2017).

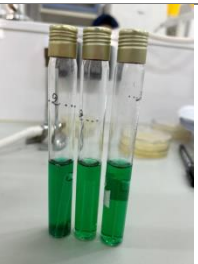
Cette conformité microbiologique atteste d'une qualité sanitaire satisfaisante du produit. Par ailleurs, ces données corroborent les observations issues de l'évaluation sensorielle par la méthode QIM (Quality Index Method), confirmant ainsi une corrélation étroite entre l'état de fraîcheur perçu et la stabilité bactériologique de l'échantillon.

VI.2. Les Coliformes thermotolérants :

VI2.1. A l'état frais :

1. Lecture de résultats :

Tableau 14: Groupement le nombre de résultats positifs par dilution.(D1/D2/D3/D4/D5) : photos des tubes de BLBVB après 48h de incubation (prend à laboratoire) l'état frais.

Dilution	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴
Aspect des tubes					
	D1	D2	D3	D4	D5
Résultats	+	+	+	+	-
	+	+	+	-	-
	+	+	-	-	-
Nombre des résultats	3	3	2	1	0
Regroupements	332	321	210	/	/

2. Application numérique :

$$N = \frac{NPP \times Fd}{V(\text{ensemencé})} = \frac{15 \times 10^{-1}}{1} = 150 = 1.5 \times 10^2 NPP/g$$

✓ Dans la solution mère, il y a $1.5 \cdot 10^2$ NPP/g.

3. Discussion :

Le dénombrement des coliformes thermotolérants a été réalisé par la technique du Nombre Plus Probable (NPP/g) en milieu liquide. Conformément aux conventions internationales de la microbiologie alimentaire et aux directives du Journal Officiel (JORADP, 2017), les charges bactériennes estimées en NPP/g sont considérées comme numériquement équivalentes aux Unités Formant Colonies (UFC/g) lors de la confrontation aux critères réglementaires. L'analyse de la chair de bar frais (*Dicentrarchus labrax*) a révélé une charge de $1,5 \times 10^2$ NPP/g (soit l'équivalent de 150 UFC/g). Confronté à la référence réglementaire algérienne fixant les limites microbiologiques des coliformes thermotolérants entre $m = 10$ UFC/g et $M = 100$ UFC/g, ce résultat dépasse la borne maximale admissible (M). Par conséquent, l'échantillon présente une qualité microbiologique acceptable mais à surveiller. Ce dépassement du seuil de sécurité sanitaire indique une faille dans la chaîne d'hygiène, probablement liée à une contamination d'origine fécale lors des étapes de capture, de manipulation ou à une rupture de la chaîne du froid permettant la prolifération des germes. Cela souligne l'importance d'appliquer de manière rigoureuse les bonnes pratiques d'hygiène (BPH) pour garantir la sécurité du consommateur.

VI.2.2. L'État cuits :

1. Lecture de résultats :

Tableau 15 : Groupement le nombre de résultats positifs par dilution.(D1/D2/D3/D4/D5) : photos des tubes de BLBVB après 48h de incubation (prend à laboratoire); L'État cuits.

Dilution	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}
Aspect des tubes					
	D1	D2	D3	D4	D5
Résultats	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -
Nombre des résultats	0	0	0	0	0
Regroupements	/	/	/	/	/

2. Application numérique :

Après 48 h d'incubation dans le milieu BLBVB, aucun tube positif n'a été observé pour les dilutions allant de 10^{-1} à 10^{-5} . Les tubes ne présentent ni trouble ni production de gaz. Le nombre de tubes positifs est donc nul pour toutes les dilutions.

Regroupement retenu : 0 - 0 - 0

D'après la table NPP, la charge microbienne est :

Charge microbienne = < 3 NPP/g

3. Discussion :

L'analyse microbiologique de la chair de bar (*Dicentrarchus labrax*) après une cuisson à la vapeur pendant 15 minutes révèle une absence totale de tubes positifs (combinaison 0-0-0), soit une charge estimée à < 3 NPP/g. Aux fins de l'évaluation, les valeurs numériques exprimées en Nombre Plus Probable (NPP/g) sont conventionnellement assimilées aux Unités Formant Colonies (UFC/g) face aux standards réglementaires. Selon l'arrêté interministériel algérien (JORADP, 2017), la catégorie des « préparations de poisson et produits de l'aquaculture crus à consommer cuits » fixe des limites de tolérance comprises entre $m = 5 \times 10^3$ UFC/g et

$M = 5 \times 10^4$ UFC/g. Notre résultat (< 3 équivalent UFC/g) se situe à un niveau infinitésimal, très largement en dessous du seuil minimal m . Cela démontre de manière indéniable l'efficacité thermique absolue de la cuisson à la vapeur appliquée à notre bar d'élevage. Ce traitement thermique a permis d'assainir complètement la chair en détruisant la charge initiale de l'état frais, garantissant ainsi un produit fini d'une qualité microbiologique excellente et totalement sécurisé pour le consommateur final.

VI.3. Staphylocoques à coagulase + :

VI.3.1 L'État frais :

1. Lecture de résultats :

Tableau 16: nombre des colonies de chaque boîte. (recherche Staphylocoques à coagulase +) ; État frais.

boîte	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}
Colonie	50	30	9	3	0

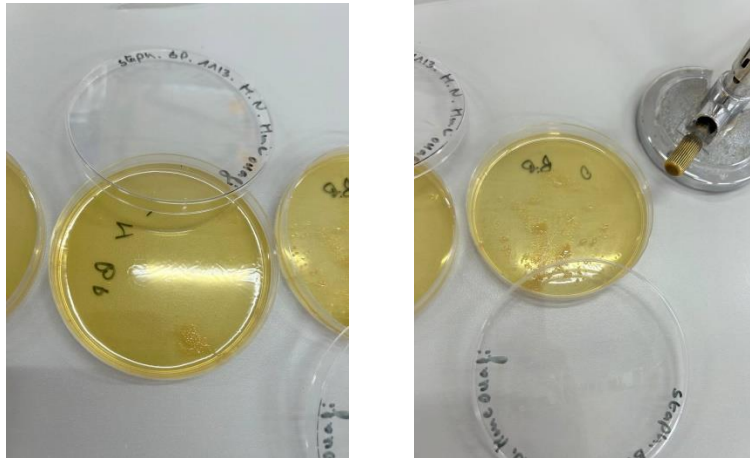


Figure 15: Aspect des colonies de Staphylocoques à coagulase positive sur milieu Baird-Parker pour les échantillons à l'état frais.

2. Application numérique :

$$N = \frac{50 + 30}{1 \times (0.1 + 1) \times 10^{-1}} = \frac{80}{0.11} \approx 727,27 \text{ UFC/g}$$

$$N = 7,3 \times 10^2 \text{ UFC/g}$$

3. Test de confirmation :

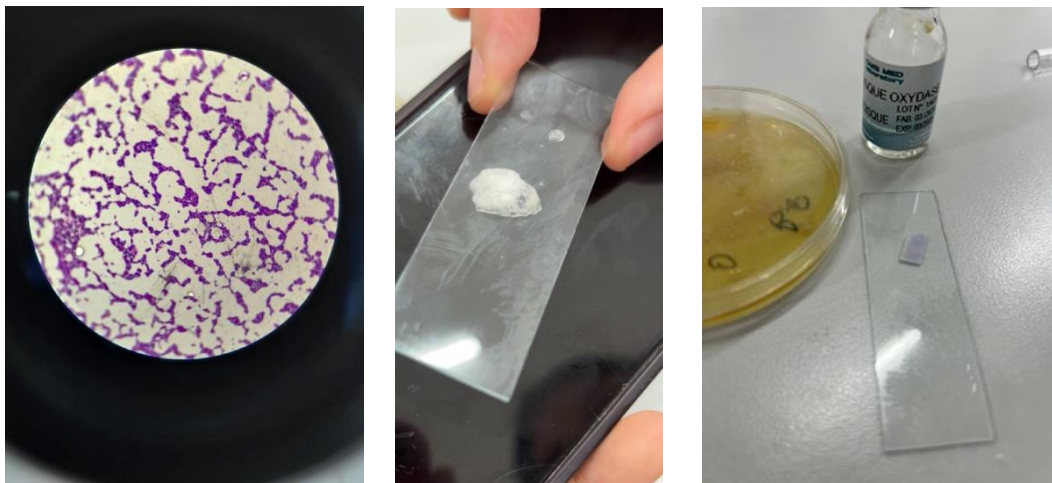


Figure 16 : Test catalase positif ; Test oxydase positif ; Coloration gram.

4. Discussion :

Le dénombrement des Staphylocoques à coagulase positive dans la chair de bar frais donne une charge de $7,3 \times 10^2$ UFC/g (soit environ 727 UFC/g). Les tests de confirmation (catalase positive,

oxydase positive et coloration de Gram positif sous forme de coques en amas) viennent appuyer l'identification de ce genre bactérien. Confronté aux critères réglementaires applicables à l'état frais, fixés entre 10^2 et 10^3 UFC /g, ce résultat se situe dans la plage de tolérance, mais tend vers la limite supérieure critique. L'échantillon présente ainsi une qualité microbiologique acceptable mais à surveiller. Cette concentration modérée indique une contamination d'origine humaine ou environnementale lors des étapes de manipulation ou de préparation (filetage). Un strict renforcement des pratiques d'hygiène du personnel (port de gants, lavage des mains) et le maintien rigoureux de la chaîne du froid sont préconisés pour stopper toute prolifération.

VI.3.2. L'état cuit :

1. Lecture de résultats :

Tableau 17: nombre des colonies de chaque boîte (recherche Staphylocoques à coagulase +) ; L'état cuit.

boîte	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}
Colonies	25	15	3	0	0

2. Application numérique :

$$N = \frac{25 + 15}{1 \times (0.1 + 1) \times 10^{-1}} \times \frac{40}{0.11} \approx 363,64 \text{ UFC/g}$$

$$N = 3.6 \times 10^2 \text{ UFC/g}$$

3. Test de confirmation :

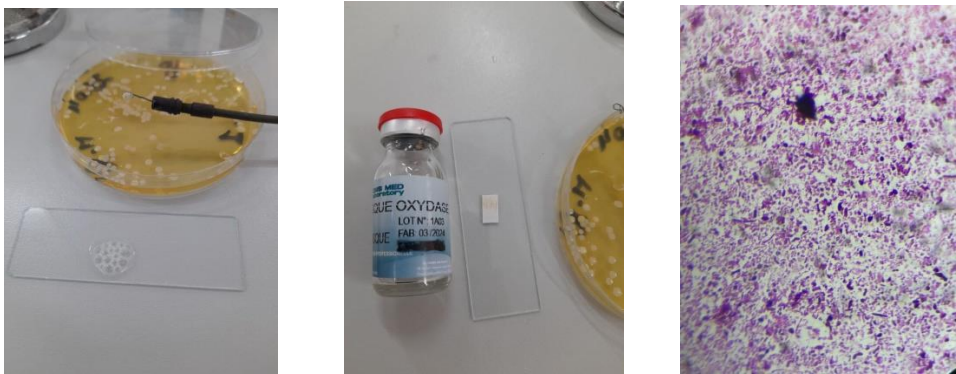


Figure 17: Coloration gram, Test catalase positif, Test oxydase négatif

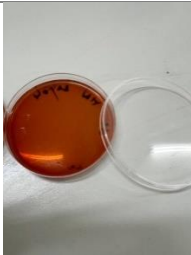
4. Discussion :

Le dénombrement après traitement thermique met en évidence une charge résiduelle de $3,6 \times 10^2$ UFC/g, ce qui est parfaitement conforme et satisfaisant au vu de la norme des produits cuits 50 à 50×10^2 UFC/g (JORADP, 2017). Le traitement thermique à la vapeur pendant 15 minutes applique une température létale pour les formes végétatives de *Staphylococcus aureus*, entraînant leur destruction systématique (Hassan et al, 2022). Ainsi, la présence de colonies sur les boîtes incubées, associée à un caractère Gram négatif lors des tests de confirmation, valide le fait que ces micro-organismes n'appartiennent pas au genre des Staphylocoques. Ils caractérisent plutôt une flore d'altération ou environnementale secondaire (FDA, 2021), capable de survivre ou de se développer de manière opportuniste. Ce résultat valide l'efficacité du barème de cuisson appliqué et atteste d'une qualité sanitaire satisfaisante du produit fini.

VI.4. Salmonelles :

1. Lecture de résultats :

Tableau 18: résultats recherche Salmonelles.

l'échantillon	L'État frais		L'état cuit	
	Aspect des boîtes.			
				
Résultats	Absence totale dans 25 g		Absence totale dans 25 g	

2. Discussion :

Les bactéries du genre *Salmonella* sont des entérobactéries pathogènes strictes, reconnues comme l'un des principaux agents étiologiques des toxi-infections alimentaires collectives (TIAC). En raison du risque sanitaire majeur qu'elles représentent pour le consommateur, la réglementation algérienne fixe un critère de sécurité drastique imposant une absence totale dans 25 g de chair de poisson (JORADP, 2017). L'analyse microbiologique menée sur la chair du loup de mer (*Dicentrarchus labrax*), aussi bien sur l'échantillon à l'état frais que sur l'échantillon à l'état cuit, a révélé une absence totale de germes suspectés d'appartenir au genre *Salmonella*. L'examen macroscopique après incubation montre que les géloses du milieu sélectif SS (*Salmonella-Shigella*) sont restées totalement exemptes de colonies suspectes. Aucune colonie transparente (lactose négatif) avec ou sans centre noir (caractéristique de la production d'hydrogène sulfuré H_2S) n'a été observée. Les colonies d'aspect rosé/rougeâtre visibles sur la boîte de l'état frais (Fig.) traduisent une fermentation du lactose, ce qui écarte le genre *Salmonella* et indique plutôt la présence de coliformes tolérants aux sels biliaires et au vert brillant du milieu.

Tableau 19: Résultats des analyses microbiologiques d'échantillon à l'état frais. (JORADP, 2017).

Germes	Plan d'échantillonnage		Limites microbiologiques (UFC/g)		Résultats (UFC/g)	Qualité microbiologique
	n	c	m	M		
Germes aérobies à 30°C (FMAT)	5	2	10^6	10^7	$4,4 \times 10^4$	Acceptable (ou Qualité limite)
Coliformes thermotolérants	5	2	10	10^2	150	
Staphylocoques à coagulase +	5	2	10^2	10^3	$7,3 \times 10^2$	
Salmonelles	5	0	Absence dans 25 g		0	

Tableau 20: Résultats des analyses microbiologiques d'échantillon à l'état cuit. (JORADP, 2017).

Germes	Plan d'échantillonnage		Limites microbiologiques (UFC/g)		Résultats (UFC/g)	Qualité microbiologique
	n	c	m	M		
Coliformes thermotolérants	5	2	5×10^3	5×10^4	0	Satisfaisante
Staphylocoques à coagulase +	5	2	50	5×10^2	0	
Salmonelles	5	0	Absence dans 25 g		0	

Bilan de l'évaluation microbiologique:

L'évaluation de la qualité sanitaire du loup de mer (*Dicentrarchus labrax*) d'élevage, à travers une approche comparative entre son état frais et son état cuit (vapeur, 15 minutes), a permis de dresser un bilan complet de sa salubrité microbiologique conformément aux exigences réglementaires algériennes (JORADP, 2017).

L'analyse de l'échantillon à l'état frais a révélé une charge microbienne modérée mais hétérogène. D'une part, la Flore Mésophile Aérobie Totale (FMAT) affiche une valeur de $4,4 \times 10^4$ UFC/g, nettement inférieure au seuil critique (10^6 UFC/g), ce qui traduit une bonne maîtrise globale de la fraîcheur initiale de la matière première. De même, l'absence stricte de *Salmonella* spp. Dans 25 g écarte tout danger lié à ce pathogène majeur. En revanche, le dénombrement des Staphylocoques à coagulase positive ($7,3 \times 10^2$ UFC/g) et des coliformes thermotolérants (150 d'équivalent UFC/g) situe l'échantillon cru dans une zone de qualité limite à insatisfaisante. Ces germes, typiquement exogènes, n'altèrent pas le muscle profond du poisson vivant. Comme le soulignent Pérez-Ruzafa et Marcos (2014), l'écologie et l'environnement d'élevage du bar influencent fortement la microflore de surface cutanée et branchiale du poisson. Ces résultats témoignent donc de contaminations superficielles survenues lors des étapes post-capture (manipulations, transport ou rupture locale de la chaîne du froid) plutôt que d'un défaut intrinsèque à la production aquacole.

L'introduction du traitement thermique modifie radicalement ce profil sanitaire. Après 15 minutes de cuisson à la vapeur, nous enregistrons un assainissement microbiologique total caractérisé par une absence complète (0 UFC/g ou <3 NPP/g) de l'ensemble des germes indicateurs (coliformes thermotolérants et Staphylocoques). Les coliformes thermotolérants, initialement au-dessus des normes à l'état frais, tombent bien en deçà des limites maximales tolérées par le texte officiel pour cette catégorie (5×10^4 UFC/g). Les bactéries végétatives incriminées étant reconnues comme hautement thermosensibles dans la littérature scientifique (Marchal et al. 1991), la chaleur humide

de la vapeur a efficacement dénaturé leurs structures cellulaires, confirmant ainsi le métabolisme fragile de ces entérobactéries face aux températures élevées.

En conclusion, si la matière première fraîche exige une vigilance accrue et une optimisation des Bonnes Pratiques d'Hygiène (BPH) de la récolte jusqu'aux étals, le produit fini après cuisson offre des garanties de sécurité sanitaire absolues. Cette étude valide la haute valeur commerciale et hygiénique du bar d'élevage, confirmant qu'une préparation culinaire domestique standard élimine tout risque biologique et assure un produit parfaitement sain et hautement qualitatif pour le consommateur final.

VII. Dosage des métaux lourds :

L'analyse des métaux lourds a été effectuée sur la chair de loup de mer afin d'avoir une idée plus précise sur l'aspect toxicologique de l'échantillon étudié. Les éléments dosés sont le zinc (Zn), le cuivre (Cu) et le cadmium (Cd). Les valeurs données par l'appareil ont ensuite été recalculées en tenant compte du volume final de minéralisation et de la masse sèche de la prise d'essai.

$Ps = m \times (100 - H) / 100$	
Paramètre	Valeur
Masse de l'échantillon (m)	0,4013 g
Humidité (H)	4,195 %
Masse sèche (Ps)	0,3845 g
Volume final après minéralisation (V)	50 ml

La masse sèche utilisée pour les calculs est donc de 0,3845 g. Cette étape évite de surestimer ou de sous-estimer la teneur réelle en métaux lorsque l'échantillon contient encore une faible quantité d'eau.

Courbes d'étalonnage

Avant de lire les échantillons, une gamme d'étalonnage a été réalisée pour chaque élément. Les coefficients de corrélation obtenus sont très proches de 1, ce qui montre que la réponse de l'appareil était linéaire dans les domaines de concentration utilisés.

Métal	Longueur d'onde	Domaine des standards	Coefficient de corrélation	Pente
Cd	228,80 nm	0 - 4 µg/L	0,998106	0,11280
Zn	213,86 nm	0 - 1,0 mg/L	0,999684	0,21424
Cu	324,75 nm	0 - 0,6 mg/L	0,999255	0,02469

Étalonnage du Cd

Standard	Concentration (µg/L)	Absorbance moyenne
Blanc	0	0,0000

Std 1	1	0,1225
Std 2	2	0,2318
Std 3	3	0,3428
Std 4	4	0,4418

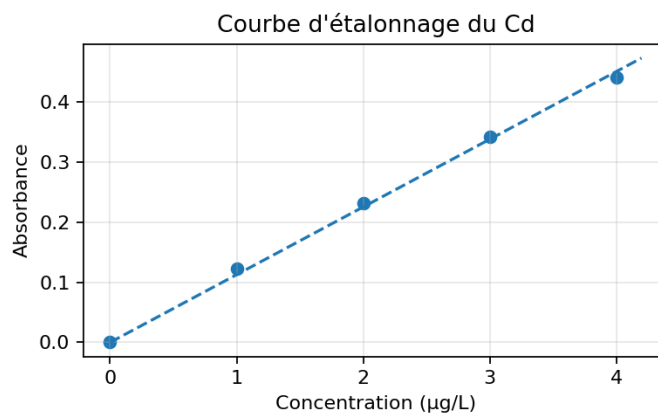


Figure 18: Courbe d'étalonnage du Cd

Étalonnage du Zn

Standard	Concentration (mg/L)	Absorbance moyenne
Blanc	0	0,0000
Std 1	0,3	0,0664
Std 2	0,6	0,1289
Std 3	0,9	0,1937
Std 4	1,0	0,2125

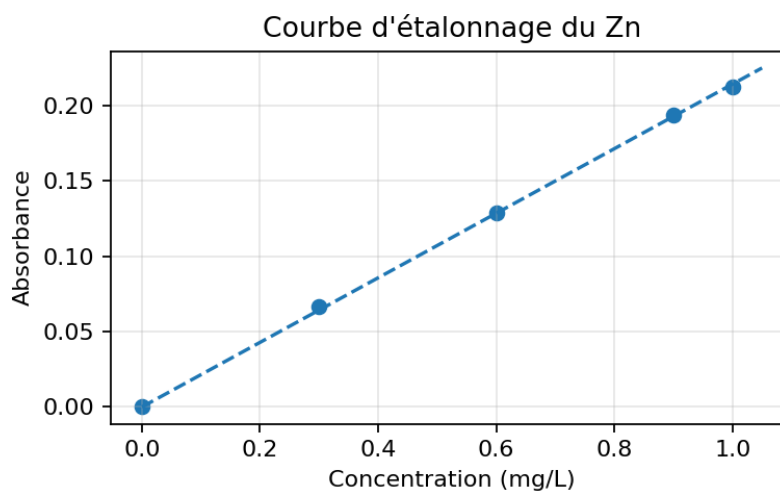


Figure 19: Courbe d'étalonnage du Zn

Étalonnage du Cu

Standard	Concentration (mg/L)	Absorbance moyenne
-----------------	-----------------------------	---------------------------

Blanc	0	0,0000
Std 1	0,05	0,0014
Std 2	0,1	0,0025
Std 3	0,2	0,0053
Std 4	0,3	0,0075
Std 5	0,6	0,0148

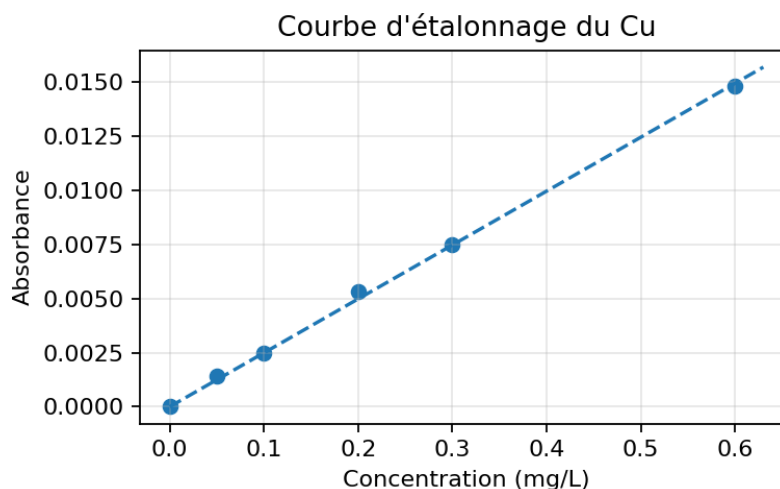


Figure 20: : Courbe d'étalonnage du Cu

Résultats des métaux lourds

Les concentrations mesurées dans la chair lyophilisée de loup de mer (*Dicentrarchus labrax*) ont été converties en teneurs exprimées en $\mu\text{g/g}$ de matière sèche (MS), selon la formule $C_{ps} = (C_c \times V) / P_s$, avec un volume final de 50 ml et une masse sèche corrigée de 0,3845 g. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau ci-dessous.)

Tableau 21: Teneurs en métaux lourds dans la chair de loup de mer ($\mu\text{g/g}$ MS).

Métal	Cc (mg/L ou $\mu\text{g/L}$)	V (ml)	Humidité (%)	Ps (g)	Résultat ($\mu\text{g/g}$ MS)
Cu	0,057 mg/L	50	4,195	0,385	7,41
Zn	0,181 mg/L	50	4,195	0,385	23,54
Cd	0,244 $\mu\text{g/L}$	50	4,195	0,385	0,0317

Interprétation :

1. Zinc (Zn)

Le zinc est un oligoélément essentiel qui intervient dans de nombreuses fonctions biologiques. Il joue notamment un rôle catalytique et structural dans de nombreuses enzymes et participe au fonctionnement normal du système immunitaire, à la croissance cellulaire ainsi qu'aux fonctions de reproduction. Sa présence dans les tissus musculaires du poisson est donc physiologiquement attendue. Toutefois, sa concentration peut varier en fonction de l'espèce, de l'alimentation, de la taille des individus et des conditions du milieu aquatique (EFSA, 2014 ; NIH, 2026).

2. Cuivre (Cu)

Le cuivre est un oligoélément essentiel qui intervient comme cofacteur de nombreuses enzymes, notamment la cytochrome c oxydase, impliquée dans le transport des électrons et le métabolisme énergétique. Chez les poissons, sa concentration est soumise à des mécanismes de régulation homéostatique, car cet élément est indispensable à faibles concentrations mais peut devenir toxique lorsqu'il est présent en excès (EFSA NDA Panel, 2015 ; Wang et al. 2016)

3. Cadmium (Cd) et conformité réglementaire

Le cadmium est un métal toxique non essentiel, dépourvu de fonction biologique connue. Sa présence dans les milieux aquatiques peut être associée à différentes sources anthropiques, notamment les activités industrielles et le transfert de cadmium provenant des sols agricoles contaminés par certains engrais phosphatés. Le cadmium et ses composés sont classés comme cancérogènes pour l'être humain, dans le groupe 1, par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC, 2012 ; Niño-Savala et al. 2019).

La teneur mesurée dans notre échantillon est de 0,0317 µg/g MS. Afin de la comparer avec la réglementation européenne en vigueur, il convient de convertir ce résultat en poids frais (PF). En considérant une teneur en eau typique de la chair musculaire de loup de mer d'environ 75 % (valeur couramment utilisée en analyse des produits de la pêche), on obtient :

$$C_{PF} = C_{MS} \times \text{Fraction de matière sèche}$$

$$C_{PF} = 0,0317 \times (1 - 0,75) = 0,0317 \times 0,25 \approx 0,0079 \mu\text{g/g PF} = 0,0079 \text{ mg/kg PF}$$

Sachant que 1 µg/g est numériquement équivalent à 1 mg/kg, cette valeur correspond à 0,0079 mg/kg de poids

Règlement (UE) 2023/915 de La Commission européenne fixe la teneur maximale en cadmium dans la chair musculaire des poissons à 0,050 mg/kg de poids frais. La valeur obtenue dans notre étude (environ 0,0079 mg/kg PF) est donc nettement inférieure à ce seuil réglementaire, représentant environ 16 % de la limite autorisée.

Ce résultat est cohérent avec ceux de Storelli et al. (2005) et Canli&Atli (2003), qui rapportent des teneurs en Cd généralement inférieures à 0,08 µg/g MS pour *D. labrax* en Méditerranée. Il témoigne d'une contamination cadmique limitée du milieu de capture et d'une accumulation modérée dans la chair musculaire de ce poisson, ce qui est la matrice la moins bioaccumulatrice comparée au foie ou aux reins.

Tableau 22: Comparaison des teneurs en métaux lourds (µg/g MS) avec des données bibliographiques sur *D. labrax* et espèces proches.

Référence / Espèce	Zn (µg/g MS)	Cu (µg/g MS)	Cd (µg/g MS)	Origine
Notre étude – D. labrax	23,54	7,41	0,0317	Algérie
Canli&Atli (2003) – D. labrax	25,3 – 42,1	5,8 – 12,4	0,02 – 0,08	Méditerranée (Turquie)
Yilmaz et al. (2010) – Poissons côtiers	18,6 – 30,2	4,5 – 9,8	0,01 – 0,05	Mer Égée

Storelli et al. (2005) – D. labrax	20,1 – 28,7	6,2 – 10,1	0,01 – 0,06	Méditerranée (Italie)
Seuil réglementaire CE (1881/2006)	—	—	0,050 mg/kg PF	Méditerranée (Italie)

nd : non dosé ; PF : poids frais ; MS : matière sèche.

Limites de l'étude

Il convient de souligner que les résultats présentés reposent sur l'analyse d'un seul individu ($n = 1$), ce qui constitue la principale limite de ce travail. Cette contrainte est d'ordre logistique et inhérente aux conditions de réalisation du stage. Avec un seul échantillon, il n'est pas possible de calculer un écart-type ni d'évaluer la variabilité inter-individuelle ou saisonnière des teneurs métalliques.

Par conséquent, les résultats obtenus doivent être interprétés avec prudence et considérés comme une première indication sur le profil métallique de la chair de loup de mer provenant de cette zone de pêche, et non comme représentatifs d'une population. Des études ultérieures intégrant un plus grand nombre d'individus, couvrant différentes saisons et différents sites de prélèvement, seraient nécessaires pour conclure de manière statistiquement fiable.

discussion

L'analyse des métaux lourds réalisée sur la chair de loup de mer (*Dicentrarchus labrax*) a permis de quantifier trois éléments : le zinc, le cuivre et le cadmium. Le zinc est l'élément le plus abondant (23,54 µg/g MS), suivi du cuivre (7,41 µg/g MS) ; ces deux oligoéléments essentiels présentent des teneurs comparables aux valeurs rapportées dans la littérature pour cette espèce en Méditerranée.

Le cadmium, élément non essentiel et potentiellement toxique, a été détecté à une très faible concentration (0,0317 µg/g MS, soit environ 0,0079 mg/kg PF). Cette valeur est largement inférieure à la limite maximale fixée par le Règlement (CE) n° 1881/2006 (0,050 mg/kg PF), ce

qui indique que la chair de loup de mer analysée est conforme aux normes réglementaires européennes en vigueur pour cet élément.

Ces résultats constituent une contribution préliminaire à l'évaluation de la qualité sanitaire des produits de la pêche en Algérie et soulignent l'intérêt du suivi des métaux traces dans les espèces marines commercialisées.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce travail a porté sur l'appréciation de la qualité de la chair du loup de mer, ou bar européen (*Dicentrarchus labrax*), à travers l'évaluation de sa composition nutritionnelle, de sa qualité microbiologique et de son niveau de contamination par certains métaux lourds. L'objectif principal était de déterminer la valeur nutritionnelle de cette espèce aquacole destinée à la consommation humaine, tout en vérifiant sa qualité hygiénique et toxicologique.

Les résultats obtenus ont montré que la chair du loup de mer présente une composition nutritionnelle intéressante. La teneur moyenne en eau est de 76,13 %, ce qui confirme le caractère fortement hydraté du tissu musculaire du poisson. Le taux moyen de cendres était de 1,40 %, traduisant la présence d'une fraction minérale normale dans la chair. La teneur en protéines a atteint 17,25 %, indiquant que cette espèce constitue une bonne source de protéines animales. La teneur en lipides, estimée à $4,35 \pm 0,09$ %, montre que le loup de mer étudié présente une teneur lipidique modérée, ce qui renforce son intérêt nutritionnel.

Sur le plan microbiologique, les analyses réalisées sur le poisson frais ont révélé une charge en flore mésophile aérobie totale de $4,4 \times 10^4$ UFC/g, une valeur inférieure aux limites réglementaires, indiquant une qualité globale acceptable.

Les coliformes thermotolérants ont été estimés à $1,5 \times 10^2$ NPP/g, ce qui traduit une contamination modérée nécessitant une attention particulière aux conditions d'hygiène lors de la manipulation, du transport et de la conservation. Les staphylocoques à coagulase positive ont été dénombrés à $7,3 \times 10^2$ UFC/g, une valeur qui reste dans une zone acceptable mais qui impose également une vigilance vis-à-vis des bonnes pratiques d'hygiène. Par ailleurs, l'absence de *Salmonella* dans 25 g constitue un résultat favorable du point de vue sanitaire.

La comparaison entre le poisson frais et le poisson cuit a montré une nette amélioration de la qualité microbiologique après cuisson. En effet, les coliformes thermotolérants n'ont pas été détectés après traitement thermique, avec une charge estimée à < 3 NPP/g. De même, les staphylocoques à coagulase positive n'ont pas été confirmés dans l'échantillon cuit, avec un résultat retenu de 0 UFC/g.

L'absence de *Salmonella* dans 25 g a également été maintenue après cuisson. Ces résultats montrent l'importance du traitement thermique dans la réduction de la contamination microbienne et confirment son rôle dans l'amélioration de la qualité hygiénique du produit destiné à la consommation.

Concernant les métaux lourds, les résultats ont montré que le zinc était l'élément le plus abondant, avec une concentration de 23,54 µg/g MS, suivi du cuivre avec 7,41 µg/g MS. Ces deux éléments sont considérés comme des oligoéléments essentiels, mais leur présence doit rester contrôlée. Le cadmium, métal toxique non essentiel, a été détecté à une très faible concentration de 0,0317 µg/g MS, ce qui indique un faible risque toxicologique dans les conditions de cette étude.

D'une manière générale, les résultats obtenus montrent que le loup de mer étudié présente une bonne qualité nutritionnelle, caractérisée par une teneur appréciable en protéines, une teneur lipidique modérée et une composition minérale conforme aux valeurs attendues pour les poissons marins. Sur le plan sanitaire, la qualité du poisson frais reste acceptable, mais elle dépend fortement du respect de la chaîne du froid et des bonnes pratiques d'hygiène. La cuisson améliore nettement la qualité microbiologique du produit. Enfin, les concentrations en métaux lourds, notamment celle du cadmium, ne révèlent pas de risque toxicologique préoccupant.

En conclusion, le loup de mer (*Dicentrarchus labrax*) analysé peut être considéré comme une espèce aquacole d'intérêt nutritionnel et sanitaire, à condition que les conditions de manipulation, de conservation et de cuisson soient correctement respectées.

Perspectives

- élargir l'étude à un nombre plus important d'échantillons et à différentes zones d'approvisionnement ;
- analyser d'autres contaminants métalliques tels que le plomb, le mercure et l'arsenic ;
- étudier le profil en acides gras de la chair afin de mieux apprécier sa valeur nutritionnelle ;
- comparer l'effet de différents modes de cuisson sur la qualité nutritionnelle et microbiologique du loup de mer ;

- suivre l'évolution de la qualité du poisson au cours du stockage afin d'évaluer l'effet de la durée de conservation.

Bibliographie

Références bibliographiques

- **AOAC International. (2005).** AOAC official method 999.10: Lead, cadmium, zinc, copper, and iron in foods: Atomic absorption spectrophotometry after microwave digestion. AOAC International.
- **AOAC International. (2019).** Official methods of analysis of AOAC International (21st ed.). AOAC International.
- **Bagni, M. (2009).** *Dicentrarchus labrax*. In V. Crespi & M. New (Eds.), Cultured aquatic species fact sheets. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/aquaculture/I1129m/file/en/en_europeanseabass.htm
- **Belitz, H.-D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009).** Food chemistry (4th ed.). Springer.
- **Codex Alimentarius Commission. (1995).** General standard for contaminants and toxins in food and feed (CXS 193-1995). FAO/WHO.
- **Canli, M., & Atli, G. (2003).** The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. *Environmental pollution*, 121(1), P, P, 129-136.
- **Commission européenne. (2023).** Règlement (UE) 2023/915 de la Commission du 25 avril 2023 concernant les teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires et abrogeant le règlement (CE) n° 1881/2006. *Journal officiel de l'Union européenne*, L, P, P, 119, 103–157.[en ligne] .[consulté le 18/03/2026] Disponible sur web: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/915/oj>
- **Darias, M. (2007).** Développement morphologique et fonctionnel du système digestif du bar européen (*Dicentrarchus labrax*) : Effet de la composition nutritionnelle du régime alimentaire. Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale, France. Récupéré via ResearchGate (Publication ID: 332464654).
- **Djedjibegovic, J., Marjanovic, A., Tahirovic, D., Caklovica, K., Turalic, A., Lugusic, A., ... & Caklovica, F. (2020).** Heavy metals in commercial fish and seafood products and risk assessment in adult population in Bosnia and Herzegovina. *Scientific Reports*, 10(1), 13238.

- **EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain. (2009).** Cadmium in food: Scientific opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. *EFSA Journal*, 7(10), 980. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2009.980>
- **FAO. (2024).** The State of World Fisheries and Aquaculture 2024: Blue Transformation in action. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/cd0683en>
- **Fellows, P. J. (2017).** Food processing technology: Principles and practice (4th ed.). Woodhead Publishing.
- **Gram, L., & Huss, H. H. (1996).** Microbiological spoilage of fish and fish products. *International journal of food microbiology*, 33(1), 121-137.
- **Horwitz, W., & Latimer, G. W. (Eds.). (2005).** Official methods of analysis of AOAC International (18th ed.). AOAC International.
- **Hosomi, R., Yoshida, M., & Fukunaga, K. (2012).** Seafood consumption and components for health. *Global Journal of Health Science*, 4(3), P, P, 72–86. <https://doi.org/10.5539/gjhs.v4n3p72>
- **Huss, H. H. (1995).** Quality and quality changes in fresh fish (FAO Fisheries Technical Paper No. 348). Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- **International Organization for Standardization. (1973).** ISO 1443:1973: Meat and meat products — Determination of total fat content. ISO.
- **International Organization for Standardization. (1998).** ISO 936:1998: Meat and meat products — Determination of total ash. ISO.
- **International Organization for Standardization. (2023).** ISO 937:2023: Meat and meat products — Determination of nitrogen content — Reference method. ISO.
- **International Organization for Standardization. (2023b).** ISO 1442:2023: Meat and meat products — Determination of moisture content — Reference method. ISO.
- **Jorhem, L., & Engman, J. (2000).** Determination of lead, cadmium, zinc, copper, and iron in foods by atomic absorption spectrometry after microwave digestion: NMKL collaborative study. *Journal of AOAC International*, 83(5), P, P, 1189–1203. <https://doi.org/10.1093/jaoac/83.5.1189>
- **Journal officiel de la République algérienne démocratique et populaire. (2017).** Arrêté interministériel du 2 Moharram 1438 correspondant au 4 octobre 2016 fixant les critères

microbiologiques des denrées alimentaires. Journal officiel de la République algérienne démocratique et populaire, 39, P, P, 11–32. [en ligne] .[consulté le 10/03/2026] Disponible sur web: <https://www.joradp.dz/FTP/JO-FRANCAIS/2017/F2017039.pdf>

- **Nielsen, S. S. (Ed.). (2017).** Food analysis (5th ed.). London: Springer.
- **Organisation mondiale de la Santé, & Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. (2004).** Vitamin and mineral requirements in human nutrition (2nd ed.). World Health Organization.
- **Storelli, M. M., Giacomini-Stuffler, R., Storelli, A., & Marcotrigiano, G. O. (2005).** Accumulation of mercury, cadmium, lead and arsenic in swordfish and bluefin tuna from the Mediterranean Sea: a comparative study. Marine pollution bulletin, 50(9), 1004-1007.
- **Shahidi, F., & Botta, J. R. (Eds.). (1994).** Seafoods: Chemistry, processing technology and quality. Blackie Academic & Professional.
- **Soxhlet, F. (1879).** Die gewichtsanalytische Bestimmung des MilCHFettes. Polytechnisches Journal, 232, P, P, 461–465.
- **United States Environmental Protection Agency. (2007).** *Method 7000B: Flame atomic absorption spectrophotometry*. Test Methods for Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods, SW-846.
- **Vandeputte, M., Gagnaire, P.-A., & Allal, F. (2019).** The European sea bass: A key marine fish model in the wild and in aquaculture. Animal Genetics, 50(3), 195–206. <https://doi.org/10.1111/age.12779>
- **Yılmaz, A. B., Sangün, M. K., Yağlıoğlu, D., & Turan, C. (2010).** Metals (major, essential to non-essential) composition of the different tissues of three demersal fish species from Iskenderun Bay, Turkey. Food chemistry, 123(2), P, P, 410-415.
- **Zhang, X., Ning, X., He, X., Sun, X., Yu, X., Cheng, Y., Yu, R., & Wu, Y. (2020).** Fatty acid composition analyses of commercially important fish species from the Pearl River Estuary, China. *PLoS ONE*, 15(1), e0228276.

ANNEXES

Annexe I : Milieux de culture**Bouillon SFB :**

Le bouillon SFB au sélénite-cystine est recommandé pour la recherche et l'enrichissement sélectif des salmonelles dans les produits alimentaires.

➤ Composition (g/L):

- ✓ Peptone.....5
- ✓ Tryptone.....5
- ✓ Mannitol.....4
- ✓ Disodique....4
- ✓ L.cystine.....0.2

Agar PCA :

Milieu nutritif exempt d'inhibiteurs et d'indicateurs, surtout pour la détermination du nombre total de germes.

➤ Composition (g/L) :

- ✓ Peptone de caséine
.....5
- ✓ Extrait de
levure.....2.5
- ✓ Glucose.....
1
- ✓ Agar.....18

Milieu de BAIRD-PARKER :

Milieu sélectif pour la recherche et le dénombrement des Staphylococcus aureus dans les prélèvements biologiques, produits pharmaceutiques, les produits cosmétiques et alimentaires

➤ Composition (g/L) :

- ✓ Extrait de viande
.....5
- ✓ Extrait de levure
.....1
- ✓ Peptone de caséine
.....10
- ✓ Pyruvate de
sodium.....10
- ✓ Glycine.....1
2
- ✓ Chlorure de
lithium.....5
- ✓ Agar.....1
8

Bouillon B.L.B.V.B :

Bouillon Lactosé Bilié au Vert Brillant est utilisé pour la recherche et le dénombrement des **coliformes**, notamment par la méthode du **NPP**, grâce à la fermentation du lactose avec production de gaz dans les cloches de Durham.

► Composition (g/L) :

- ✓ Peptone 10
- ✓ Lactose 10
- ✓ Bile de bœuf / sels
biliaires... 20
- ✓ Vert brillant 0,013
- ✓ Eau distillée 1000 ml

Gélose S-S (Salmonella-Shigella):

Milieu sélectif et différentiel utilisé pour l'isolement des **Salmonella** et **Shigella**, grâce à la présence d'inhibiteurs qui limitent la flore accompagnatrice et d'indicateurs permettant la différenciation des colonies.

► Composition moyenne (g/L) :

- ✓ Peptone 5
- ✓ Extrait de viande ... 5
- ✓ Lactose 10
- ✓ Sels biliaires 8,5
- ✓ Citrate de sodium ... 8,5
- ✓ Thiosulfate de sodium... 8,5
- ✓ Citrate ferrique ... 1
- ✓ Vert brillant ... 0,00033
- ✓ Rouge neutre ... 0,025
- ✓ Agar 13,5

Nombre de tubes positifs au niveau des 3 taux de dilution retenus	NPP	Nombre de tubes positifs au niveau des 3 taux de dilution retenus	NPP
000	< 0,3	230	2,9
001	0,3	300	2,3
010	0,3	301	4
020	0,6	302	6
100	0,4	310	4
101	0,7	311	7
110	0,7	322	12
111	1,1	320	9
120	1,1	321	15
121	1,5	322	21
200	0,9	323	29
201	1,4	330	20
210	1,5	331	50
211	2,0	332	110
220	2,1	333	>110
221	2,8		

Figure 21: Table de Mac

18

JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 39

8 Chaoual 1438
2 juillet 2017

5- Produits de la pêche et de l'aquaculture

Catégories des denrées alimentaires	Micro-organismes/ métabolites	Plan d'échantillonnage		Limites microbiologiques (ufc/g)	
		n	c	m	M
Poissons, céphalopodes et mollusques crus (sauf mollusques bivalves vivants) ⁽³⁾	Germes aérobies à 30 °C	5	2	10 ⁶	10 ⁷
	Coliformes thermotolérants	5	2	10	10 ²
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 ²	10 ³
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g	
Charcuteries à base de produits de la pêche et de l'aquaculture cuites à consommer en l'état	Germes aérobies à 30 °C	5	2	10 ⁶	10 ⁷
	Coliformes thermotolérants	5	2	10	10 ²
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 ²	10 ³
	<i>Bacillus cereus</i> ⁽⁶⁾	5	2	10 ²	10 ³
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g	
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100	

Figure 22: Journal Officiel de la République Algérienne (JORADP, 2017)

(2003), DERGAL (2015), et selon les principes généraux de la méthode QIM décrits par la FAO (Huss, 1995)

Paramètre de qualité	Description	Score
Apparence générale		
Peau	Pigmentation vive et iridescente	0
	Pigmentation vive mais sans éclat	1
	Pigmentation terne en voie de décoloration	2
	Pigmentation terne	3
Consistance de la chair	Très ferme, rigide	0
	Assez rigide, ferme	1
	Un peu molle	2
	Molle (flasque)	3
Mucus cutané	Aqueux, transparent	0
	Légèrement trouble	1
	Laiteux	2
	Gris jaunâtre, mucus opaque	3
Yeux		
Cornée	Transparente	0
	Légèrement opalescente	1
	Opalescente	2
	Laiteuse	3
Pupille	Noire brillante	0
	Noire terne	1
	Opaque	2
	Grise	3
Forme	Convexe	0
	Convexe et légèrement affaissée	1
	Plate	2
	Concave au centre	3
Branchies		
Couleur	Vive ; pas de mucus	0
	Moins colorée ; mucus transparent	1
	Brune / grise se décolorant ; mucus opaque et épais	2
	Jaunâtre ; mucus laiteux	3
Odeur	D'algues marines fraîches ; âcre ; iodée	0
	Absence d'odeur ou odeur d'algues marines, odeur neutre	1
	Odeur grasse un peu sulfureuse, odeur rance ou de fruit pourri	2
	Odeur algue de putrefaction	3
Fourchette du score total du rejet sensoriel (points de démerite) : 0-24		

Matériel / réactif	Utilisation dans la manipulation
Balance analytique	Pesée précise de l'échantillon et des ballons.

Béchers et spatula	Préparation et transfert de la chair de poisson broyée.
Papier filtre / cartouche	Contenir l'échantillon pendant l'extraction.
Extracteur Soxhlet	Extraction continue des lipides par le solvant.
Ballons à fond rond	Récupération du solvant et des lipides extraits.
Chauffe-ballons / bloc chauffant	Chauffage régulier du solvant pendant l'extraction.
Réfrigérants	Condensation des vapeurs du solvant.
n-hexane	Solvant d'extraction des matières grasses.
Papier aluminium	Protection des récipients et limitation des contaminations.

Liste du matériel et des réactifs utilisés pour l'extraction des lipides par la méthode de Soxhlet

Résumé

Le but de ce travail est d'évaluer la qualité du bar européen (*Dicentrarchus labrax*) à travers sa composition nutritionnelle et sa sécurité sanitaire (microbiologie et toxicité des métaux lourds par SAA).

Les analyses sur le poisson frais révèlent un taux d'humidité de **76,13%**, de cendres de **1,40%**, une richesse en protéines de **17,25%** et **4,35%** de lipides. Sur le plan microbiologique, la FMAT du frais est de **$4,4 \times 10^4$ UFC/g** et la recherche de *Salmonella* (en surface) est négative. L'efficacité de la cuisson à la vapeur est confirmée par la réduction drastique des coliformes de **150 NPP/g** à **<3 NPP/g**. En conclusion, le bar présente un excellent profil nutritionnel et une conformité toxicologique optimale, idéal pour la consommation et l'industrie de transformation.

Mots-clés :

Dicentrarchus labrax, profil nutritionnel, microbiologie, métaux lourds, SAA, cuisson.

Abstract

The purpose of this work is to evaluate the quality of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) through its nutritional composition and safety (microbiology and heavy metal toxicity via AAS). Analysis of fresh fish shows a moisture content of **76.13%**, ash of **1.40%**, high protein of **17.25%**, and **4.35%** lipids.

Microbiologically, the fresh TVC is **4.4×10^4 CFU/g** and *Salmonella* detection (surface plating) is negative. Steam cooking efficiency is confirmed by a drastic reduction in coliforms from **150 MPN/g** to **<3 MPN/g**. In conclusion, sea bass exhibits an excellent nutritional profile and optimal toxicological compliance, ideal for consumption and processing.

Keywords:

Dicentrarchus labrax, nutritional profile, microbiology, heavy metals, AAS, cooking.

الملخص

من خلال تركيبته الغذائية وسلامته الصحية (*Dicentrarchus labrax*) الهدف من هذه الدراسة هو تقييم جودة سمك القاروص ، محتوى 1.40% رماد ، 76.13% أظهرت تحاليل السمك الطازج نسبة رطوبة (SAA) (المكروبيولوجيا وسمية المعادن الثقيلة بواسطة مع 4.4×10^4 UFC/g للطازج (FMAT) ميكروبيولوجياً، بلغت البكتيريا الهوائية الكلية من الدهون 4.35% و 17.25% بروتيني إلى أقل من 3 NPP/g غياب السالمونيلا (بذر سطحي). كما تم تأكيد فعالية الطهي على البخار من خلال انخفاض بكتيريا القولون من ختاماً، يمتلك سمك القاروص قيمة غذائية ممتازة ومطابقة صحية مثالية للاستهلاك والصناعات التحويلية. NPP/g.

الكلمات المفتاحية:

، الطهي SAA، التركيبة الغذائية، المكروبيولوجيا، المعادن الثقيلة، (*Dicentrarchus labrax*)