

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abdelhamid Ibn  
Badis-Mostaganem  
Faculté des Sciences de la  
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس  
مستغانم  
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AQUACULTURE

## MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

**BELARBI BASSEM**

Pour l'obtention du diplôme de

### **MASTER EN HYDROBIOLOGIE MARINE ET CONTINENTALE**

**Spécialité : Bioressources Marines**

**THÈME**

**Évaluation de la qualité nutritionnelle de la sardine *Sardina pilchardus*  
(Walbaum, 1792) débarquée dans le port de la Salamandre de Mostaganem.**

Soutenue le 07/07/2025

DEVANT LE JURY

Président	BELBACHIR Nor Eddine	MCA	U. Mostaganem
Encadreur	BEKADA Djamel Eddine	MCA	U. Mostaganem
Examineur	BENMESSAOUD Nadjat	MAA	U. Mostaganem

*Année universitaire 2024/2025*

# *Remerciements*

Ce travail a été réalisé au sein du département des Sciences de la mer et de l'Aquaculture de la faculté de la science de la nature et de vie

Je tiens avant tout à exprimer ma profonde gratitude à **M. BEKADA DJAMAL EDDINE** Maître de Conference A à l'Université de Mostaganem, pour avoir accepté de diriger ce modeste travail et pour ses conseils précieux tout au long de sa réalisation.

J'adresse également mes sincères remerciements à **Monsieur BELBACHIR NOR EDDINE** Maître de Conference A à l'Université de Mostaganem, pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant de presider la commission des membres des jurys.

Mes remerciements vont également à **Madame BENMESSAOUD NADJET** Maître de Conference A à l'Université de Mostaganem, pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail en acceptant de l'évaluer.

Mes remerciements les plus sinceres a **Monsieur BENZAIT HOCINE** Chef de department des sciences de la mer et de laquaculture et a l'ensemble des enseignants.

Je souhaite également remercier chaleureusement l'ensemble du personnel du laboratoire de l'Université de Mostaganem pour leur disponibilité et leur aide tout au long de cette étude.

Enfin, je ne saurais conclure sans adresser un hommage sincère à toutes les personnes, connues ou anonymes, qui m'ont soutenu tant moralement que matériellement durant l'élaboration de ce travail.

# *Dédicaces*

*A mes chers parents, ma mère, et mon père Pour leur  
patience, leur amour, leur soutient*

*à Mon promoteur Mr. BEKADA*

*à mon ami sans mentionner son nom qui m'a soutenu dans les  
moments les plus sombres,*

*à toutes les personnes des laboratoires qui ont aidé même  
avec le plus petit*

*à mon collègue qui m'a beaucoup aidé dans ce travail*

*à tous ceux qui nous chers*

*thanks to that person whos been an emotional support without  
mentioning names cuz they know themselves*

*And last but not least a huge thanks to my colleague who  
almost got me packed up “accidentally” and you thought im  
going to forget about it, aint gon happen*

*And don't forget “weeee \*clapping\*”*

*Thnaks.*

# SOMMAIRE

<b>Introduction</b> .....	1
---------------------------	---

## **Partie. I: Revue bibliographiques**

<b>I.Généralité sur la sardine</b> .....	3
1. Présentation de l'espèce ( <i>Sardina Pilchardus</i> ) .....	3
2. Position systématique.....	3
3. Classification taxonomique de <i>Sardina pilchardus</i> .....	3
4. Morphologie de la sardine .....	4
4.1. Taille .....	5
4.2. Coloration .....	6
5. Cycle biologique .....	6
5.1 Reproduction.....	6
5.2 Nutrition.....	6
5.3 Croissance .....	7
6. Distribution géographique .....	7
7. Composition nutritionnelle .....	8
<b>II.Composition chimique de la sardine</b> .....	9
1.Teneur en eau .....	9
2. Lipides.....	9
3. Protéines.....	10
4. Les Sels minéraux et vitamines.....	11
5. Les Glucides.....	13
6. Extraits azotés .....	13
<b>III. Altération du poisson</b> .....	14
1. Causes de l'altération.....	14
2. Caractères du poisson .....	15
3.Les causes de l'altération du poisson.....	16
4. Les effets de l'altération.....	16
5. Changements intervenants après la mort du poisson .....	17
5.1 Modifications sensorielles .....	17
5.2 Modifications physico chimiques .....	17
5.3 Modifications bactériologiques.....	17
6. Contamination des produits de la mer .....	18
6.1 Contamination des eaux de pêche.....	18
6.2 Contamination après la pêche .....	18

7. Revue des germes identifiées.....	19
7.1 Flore totale aérobie mésophile .....	19
7.2 <i>Coliformes totaux</i> .....	19
7.3 <i>Coliformes fécaux</i> .....	19
7.4 <i>Escherichia coli</i> .....	20
7.5 <i>Staphylococcus aureus</i> .....	20
7.6 <i>Clostridium sulfito-réducteurs</i> .....	20

## **Partie II : Méthodologie**

Objectif de l'étude.....	21
<b>I. Evaluation de la qualité nutritionnelle</b> .....	22
1. Détermination de la Teneur en eau .....	22
2. Détermination de la teneur en matière grasse .....	23
3. Détermination du potentiel d'hydrogène (pH).....	45
<b>II. Analyse microbiologique</b> .....	26
1. Recherche et dénombrement de la FTAM (flore totale aérobie mésophile).....	28
2. Recherches et dénombrement des <i>Coliformes Totaux</i> (CT) et <i>Coliformes Fécaux</i> (CF) .....	29
3. Recherche et dénombrement d' <i>Escherichia coli</i> .....	33
4. Recherche de <i>Staphylococcus aureus</i> .....	34
5. Recherche et dénombrement du <i>Clostridium sulfito reducteur</i> .....	34
<b>III. Analyse Biochimique</b> .....	35
1. Dosage des polyphénols.....	35
2. Dosage des flavonoïdes.....	37
3. Évaluation de l'activité antioxydante par piégeage du radical DPPH .....	38

## **Partie III: Résultats et discussion**

<b>I. Résultats de évaluation de la qualité nutritionnelle</b> .....	40
1. Résultats du teneur en eau et matière sèche.....	40
2. Résultats de teneur en matière grasse .....	41
3. Détermination du potentiel d'hydrogène (pH).....	42
<b>II. Evaluation de la qualité microbiologique</b> .....	43
1. Résultats du dénombrement des la flore mésophile aérobie totale(FTAM) .....	43
2. Résultats du dénombrement des <i>Coliformes totaux</i> .....	45
3. Résultats du dénombrement des <i>Coliformes fécaux</i> .....	47
4. Résultats du dénombrement des <i>Staphylococcus aureus</i> .....	49
5. Résultats du dénombrement des <i>Clostridium sulfito-réducteurs</i> .....	50

<b>III.Résultats de évaluation d'analyse biochimique</b> .....	51
1.Évaluation de l'activité antioxydante par piégeage du radical DPPH .....	51
2.Résultats de dosage des polyphenols .....	54
3.Résultats de dosage des flavonoïdes .....	56
<b>Partie IV :Conclusion</b> .....	58
<b>Partie V :Références Bibliographiques</b> .....	60

## Résumé

*Sardina pilchardus* est un petit poisson osseux de la classe des Actinoptérygiens, de l'ordre des Clupéiformes et de la famille des Clupéidés. C'est une espèce pélagique présentant un intérêt économique, et une valeur nutritionnelle très importante, pêchée sur toute la côte, mais actuellement les différents débarquements de cette espèce sont en régression, alors que ces derniers étaient très élevés sur toutes les zones de pêche de la côte de Mostaganem.

L'objectif de cette étude de recherche est de mettre en œuvre d'une part certains paramètres physicochimiques comme le pH, les teneurs en polyphénols totaux et celles des flavonoïdes, et l'évaluation de l'activité antioxydante par piégeage du radical DPPH, et d'autre part de valoriser la qualité nutritionnelle de l'espèce de poisson *Sardina Pilchardus* par la présence ou absence des bactéries issues des déversements des eaux usées.

La méthodologie utilisée pour atteindre tous les objectifs, nous a conduit à l'utilisation des bandelettes réactives pour la mesure du potentiel hydrogène (pH), de la culture bactérienne en utilisant les milieux de culture spécifiques pour chaque espèce à la recherche des bactéries issues de la contamination dues au déversement des eaux usées. L'évaluation de la teneur en eau, de la matière sèche, et des lipides en utilisant les protocoles d'évaluation selon les normes AFNOR. L'évaluation des paramètres biochimiques tels que la teneur en polyphénols totaux et celle des flavonoïdes totaux, et ainsi que la concentration Inhibitrice 50% (IC50) aient été réalisés grâce à l'extraction de l'extrait brut de *Sardina Pilchardus* au Soxhlet en utilisant comme solvant l'éthanol.

Les résultats de la teneur en eau et de la matière sèche étaient satisfaisantes et étaient estimées respectivement à 76,2%, et 23,8%. L'estimation de la teneur en matière grasse de la sardine qui était évaluée à 11,5%. La détermination du potentiel d'hydrogène (pH), à température ambiante était égale à 5,80, et pendant 15 jours à température 37°C et à 55°C pendant 07 jours étaient estimés à 5.

L'évaluation du dénombrement de la flore mésophile (FTAM) qui de l'ordre  $14.10^2$  UFC/g, Le dénombrement des *coliformes totaux* est évalué à  $2.10^2$  UFC/g. Le dénombrement des *Coliformes fécaux* était nul. Le dénombrement de la flore microbienne n'a révélé aucune présence de colonies de *Staphylococcus aureus*, et de *Clostridium sulfito-réducteurs*.

Les résultats montrent que l'extrait brut de *Sardina pilchardus* présentait une concentration inhibitrice 50% (IC50) de 0,806 mg/ml, tandis que l'acide ascorbique présentait une concentration Inhibitrice 50% (IC50) de 0,469 mg/ml. La teneur en polyphénols totaux estimée à 0,033 mg EAG/g, et celle des flavonoïdes totaux estimée à 33,72 µg EQ/g.

Au terme de ces constatations *Sardina pilchardus* utilisée dans notre étude de recherche présente une qualité nutritionnelle très élevée considérée surtout par l'absence des différentes espèces bactériennes représentées comme indicateurs sanitaires, de la flore mésophile, *Coliformes fécaux*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, et de *Clostridium sulfito-réducteurs*, sauf pour les *coliformes totaux* où le nombre de colonies bactériennes était considérable mais n'influe pas sur la consommation.

D'autre part cette espèce présente une activité antioxydante par son pouvoir à atteindre 50 % d'inhibition, et par les différentes teneurs en polyphénols totaux, et en flavonoïdes.

Mots clés : *Sardina pilchardus* ; indicateurs sanitaires, Activité antioxydante ; Culture bactérienne ; Polyphénols totaux ; Flavonoïdes totaux.

# Abstract

*Sardina pilchardus* is a small bony fish belonging to the class Actinopterygii, order Clupeiformes, and family Clupeidae. It is a pelagic species of economic interest and nutritional value, fished throughout the coast. However, landings of this species are currently declining, whereas they used to be very high in all fishing areas along the Mostaganem coast.

The objective of this research study is to assess, on the one hand, certain physicochemical parameters such as pH, total polyphenol and flavonoid levels, and the evaluation of antioxidant activity by DPPH radical scavenging, and, on the other hand, to enhance the nutritional quality of the *Sardina pilchardus* fish species by assessing the presence or absence of bacteria from wastewater discharges. The methodology used to achieve all objectives included the use of reactive strips to measure hydrogen potential (pH), bacterial culture using specific culture media for each species to search for bacteria resulting from contamination due to wastewater discharge. The assessment of water content, dry matter, and lipids was carried out using evaluation protocols according to AFNOR standards. Biochemical parameters such as total polyphenol and total flavonoid content, as well as the 50% Inhibitory Concentration (IC<sub>50</sub>), were assessed using Soxhlet extraction of the crude extract of *Sardina pilchardus* using ethanol as the solvent. The results for water content and dry matter were satisfactory and were estimated at 76.2% and 23.8%, respectively. The fat content of sardines was estimated at 11.5%. The determination of the potential of hydrogen (pH) at room temperature was equal to 5.80, and for 15 days at 37°C and at 55°C for 7 days was estimated at 5.

The mesophilic flora count (FTAM) was evaluated, which was around 14.102 CFU/g. The total coliform count was estimated at 2.102 CFU/g. The fecal coliform count was zero. The microbial flora count revealed no presence of colonies of *Staphylococcus aureus* and *Clostridium sulfito-reducers*. The results show that the crude extract of *Sardina pilchardus* had a 50% inhibitory concentration (IC<sub>50</sub>) of 0.806 mg/ml, while ascorbic acid had a 50% inhibitory concentration (IC<sub>50</sub>) of 0.469 mg/ml. The total polyphenol content was estimated at 0.033 mg EAG/g, and that of total flavonoids was estimated at 33.72 µg EQ/g. Based on these findings, the *Sardina pilchardus* used in our research study exhibits very high nutritional quality, primarily due to the absence of various bacterial species represented as health indicators, including mesophilic flora, fecal coliforms, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, and sulfite-reducing *Clostridium*, except for total coliforms, where the number of bacterial colonies was considerable but did not affect consumption.

Furthermore, this species exhibits antioxidant activity, owing to its ability to achieve 50% inhibition and its varying levels of total polyphenols and flavonoids.

**Keywords:** *Sardina pilchardus*; Health indicators; Antioxidant activity; Bacterial culture; Total polyphenols; Total flavonoids..

## ملخص

هو نوع من الأسماك العظمية الصغيرة ينتمي إلى طائفة الأسماك شعاعية (*Sardina pilchardus*) السردين الأوروبي يُعد هذا النوع من الأسماك من الكائنات *Clupeidae*، وعائلة *Clupeiformes*، رتبة (*Actinopterygii*) الزعانف البحرية السطحية ذات الأهمية الاقتصادية والقيمة الغذائية، ويتم اصطياده على طول الساحل. ومع ذلك، فإن كميات الإنزال لهذا النوع تشهد حالياً انخفاضاً، على الرغم من أنها كانت مرتفعة جداً في جميع مناطق الصيد على طول ساحل مستغانم سابقاً.

، ومستوى البوليفينولات (pH) يهدف هذا البحث إلى تقييم بعض المؤشرات الفيزيائية والكيميائية مثل درجة الحموضة DPPH. والفلافونويدات الكلية، بالإضافة إلى تقييم النشاط المضاد للأوكسدة من خلال اختبار قدرة تثبيط الجذور الحرة من خلال التحقق من وجود أو غياب البكتيريا *Sardina pilchardus* كما يسعى إلى تمييز الجودة الغذائية لنوع السردين الناتجة عن تصريفات مياه الصرف الصحي.

، وزراعة (pH) شملت المنهجية المستخدمة لتحقيق أهداف الدراسة استخدام شرائط تفاعلية لقياس درجة الحموضة البكتيريا باستخدام أوساط زرع خاصة بكل نوع من البكتيريا لرصد التلوث الناتج عن مياه الصرف. كما تم تقييم محتوى وتم تحليل المعايير (AFNOR) الماء، المادة الجافة، والدهون باتباع بروتوكولات التقييم وفقاً للمعايير الفرنسية (IC50) البيوكيميائية مثل محتوى البوليفينولات الكلية والفلافونويدات الكلية، بالإضافة إلى تركيز التثبيط النصفي باستخدام الإيثانول كمذيب *Sardina pilchardus* باستخدام استخلاص سوكسلت للمستخلص الخام من

أما نسبة الدهون في السردين فقد قُدرت بـ 23.8% وقد أظهرت النتائج أن محتوى الماء بلغ 76.2%، والمادة الجافة 11.5%. وتم تحديد درجة الحموضة في درجة حرارة الغرفة عند 5.80، وبعد 15 يوماً عند 37 درجة مئوية و 7 أيام عند 55 درجة مئوية تم تقديرها بـ 5.

، وبلغت حوالي  $14.10^2$  وحدة تكوين مستعمرات/غرام (FTAM) كما تم تقييم عدد الفلورا المتوسطة الحرارة ، أما كوليفورمات البرازية فكانت غائبة تماماً. ولم تُظهر نتائج CFU/g وبلغ عدد الكوليفورمات الكلية حوالي  $2.10^2$  مختزلة *Clostridium* أو *Staphylococcus aureus* الفحص الميكروبيولوجي وجود أي مستعمرات لبكتيريا للكبريتات.

يمتلك تركيز تثبيط نصفي *Sardina pilchardus* وقد أظهرت نتائج النشاط المضاد للأوكسدة أن المستخلص الخام من ملغ/مل. وتم تقدير محتوى 0.469 يعادل 0.806 ملغ/مل، في حين بلغ هذا التركيز في حالة حمض الأسكوربيك (IC50) ، والفلافونويدات الكلية بـ 33.72 (mg EAG/g) البوليفينولات الكلية بـ 0.033 ملغ من مكافئ حمض الغاليك لكل غرام (µg EQ/g) ميكروغرام من مكافئ كيرسيتين لكل غرام.

المستخدم في هذه الدراسة يتمتع بجودة غذائية عالية جداً، ويرجع *Sardina pilchardus* بناءً على هذه النتائج، فإن نوع ذلك أساساً إلى غياب عدة أنواع بكتيرية تُعد مؤشرات صحية مهمة، مثل الفلورا المتوسطة الحرارة، الكوليفورمات مختزلة للكبريتات، باستثناء *Clostridium*، و *Staphylococcus aureus*، البرازية، الإشريكية القولونية الكوليفورمات الكلية، حيث كان عدد المستعمرات ملحوظاً، لكنه لم يكن مؤثراً على صلاحية الاستهلاك.

وعلاوة على ذلك، فإن هذا النوع يُظهر نشاطاً مضاداً للأوكسدة، بفضل قدرته على الوصول إلى 50% تثبيط، واحتوائه على نسب متباينة من البوليفينولات والفلافونويدات.

؛ مؤشرات صحية؛ النشاط المضاد للأوكسدة؛ زراعة بكتيرية؛ البوليفينولات *Sardina pilchardus*: الكلمات المفتاحية الكلية؛ الفلافونويدات الكلية.

# Liste des figures

FIGURE. 01: SARDINA PILCHARDUS (WALBAUM, 1792) .....	5
FIGURE.02 : L'AIRE DE RÉPARTITION DE SARDINA PILCHARDUS .....	7
FIGURE.03:MASSE APRES L'ÉTUVE A 105°C.....	22
FIGURE.04:REFROIDISSEMENT DANS LE DESSICATEUR .....	22
FIGURE.05: DISPOSITIF SOXHLET UTILISÉ POUR L'EXTRACTION DES LIPIDES .....	24
FIGURE.06:ROTA-VAPEUR.....	25
FIGURE.07: BANDELETTE REACTIVE DE TEST PH .....	27
FIGURE.08:PRÉPARATION D'ÉCHANTILLON POUR MÉSURE DE PH .....	27
FIGURE.09:PREPARATION DE LA SOLUTION MERE ET DES DIFFERENTES DILUTIONS DECIMALS ..	28
FIGURE. 10:CULTURE DES GERMES TOTAUX. TECHNIQUE DE DÉNOMBREMENT DE COLONIE BACTÉRIENNE. ....	30
FIGURE. 11: CULTURE DES <i>COLIFORMES TOTAUX</i> ET <i>COLIFORMES ET FECAUX</i> . ....	32
FIGURE. 12:TENEUR EN EAU ET EN MATIÈRE SÈCHE (%) .....	40
FIGURE. 13:LES COLONIES DES FTAM APRÈS 24H.....	43
FIGURE. 14:LES COLONIES DES <i>COLIFORMES TOTAUX</i> .....	45
FIGURE. 15:ABSENCE DES <i>COLIFORMES FÉCAUX</i> .....	47
FIGURE. 16:ABSENCE DES <i>STAPHYLOCOCCUS AUREUS</i> .....	49
FIGURE. 17:ABSENCE DES <i>CLOSTRIDIUM SULFITO-RÉDUCTEURS</i> .....	50
FIGURE. 18: POURCENTAGE D'INHIBITION DU RADICAL DPPH EN FONCTION DES CONCENTRATIONS DE L'EXTRAIT BRUT DE SARDINA PILCHARDUS.....	52
FIGURE. 19: COURBE D'ÉTALONAGE D'ACIDE ASCORBIQUE.....	52
FIGURE. 20: COURBE D'ÉTALONAGE DE L'ACIDE GALLIQUE.....	55
FIGURE. 21: COURBE D'ÉTALONAGE DE QUÉRCITINE .....	56

# Liste des tableaux

TABLEAU .01:COMPOSITION NUTRITIONNELLE MOYENNE DE 100G DE SARDINE.....	8
TABLEAU .02:POURCENTAGES D'ACIDES AMINES ESSENTIELS DE DIFFÉRENTES PROTÉINES.....	11
TABLEAU .03:TENEUR EN VITAMINE DE LA SARDINE .....	12
TABLEAU .04:QUELQUES MINÉRAUX PRÉSENTS DANS LES MUSCLES DU POISSON .....	12
TABLEAU .05:TENEUR EN EAU ET MATIÈRE SÈCHE.....	40
TABLEAU .06:TENEUR EN MATIÈRE GRASSE.....	41
TABLEAU .07:ÉVALUATION DES VALEURS MOYENNES EN PH .....	42
TABLEAU .08:DÉNOMBREMENT DES FTAM .....	43
TABLEAU .09:DÉNOMBREMENT DES COLIFORMES TOTAUX .....	45
TABLEAU .10:DÉNOMBREMENT DES COLIFORMES FÉCAUX .....	47
TABLEAU .11:DÉNOMBREMENT DES <i>STAPHYLOCOCCUS AUREUS</i> .....	49
TABLEAU .12:DÉNOMBREMENT DES <i>CLOSTRIDIUM SULFITO-RÉDUCTEURS</i> .....	50
TABLEAU.13: VALEURS DE L'IC50 D'EXTRAITS DE <i>SARDINA PILCHARDUS</i> ET DE LA VITAMINE .....	53
TABLEAU.14 : TENEUR EN POLYPHÉNOLSTOTAUX EXPRIMÉE EN MG EAG/G. ....	54
TABLEAU. 15: TENEUR EN FLAVONOÏDES TOTAUX EXPRIMÉE EN MG EAG/G.....	56

# Liste des abréviations

%: pourcentage

°C: Degré Celsius.

AFNOR: Association Française de la Normalisation

ALCL3: Trichlorure d'aluminium.

CF: Coliformes Fécaux.

CIQUAL: Centre Informatique sur la Qualité des Aliments

CT: Coliformes Totaux.

DPPH: 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl

FAO: Food and agriculture: organisation pour l'alimentation et l'agriculture

FC: Folin-Ciocalteu.

FTAM: Flore totale aérobie mésophile

IC50: Concentration correspondante à 50% d'inhibition

mg: miligram

MS: Matière sèche.

PCA: Plate Count Agar

pH: potentiel hydrogène

SM: Solution mère

SR: sulfite reducteur

UFC: unité formant colonie

USDA: Le département de l'Agriculture des États-Unis

VF: Viande foie

VRBL: Violet Red Bile Lactose

# Introduction

## Introduction

La biodiversité marine florale et faunale représentée par ses ressources halieutiques importantes est caractérisée par une qualité nutritionnelle très élevée notamment chez les différents poissons et particulièrement la sardine avec toutes les espèces confondues. Pour certaines populations humaines le poisson est considéré comme la première source nutritionnelle par sa richesse en matières organiques et minérales, en vitamines liposolubles et les acides gras insaturés (**Mersaud, 2005; Ghaly et al., 2013**). Mais actuellement le stock halieutique et surtout en sardine est menacé par le réchauffement climatique et les différentes sources de pollutions de nature, chimiques tels que les pesticides, physiques, les hydrocarbures, et aussi microbiologiques notamment bactériologiques issues des eaux usées. L'environnement marin est exposé aussi au déversement de déchets agricoles, et de substances radioactives (**Mersaud, 2005**).

Selon **Bensahla talet, 2001**, les activités pétrolières et ses produits dérivés tels que les rejets, urbains, agricoles et autres rejets industriels de la pollution du littoral algérien avaient accentués le degré néfaste de la pollution sur l'environnement marins.

Selon **Chen et al., 2000**, les métaux qui sont transférés à travers le milieu aquatique aux poissons, aux hommes et autres animaux piscivores, peuvent avoir des impacts sur l'environnement et la santé humaine.

Par ailleurs la pêche à la sardine est une activité fortement influencée par les facteurs biotiques et abiotiques, c'est comme le cas de la température et du potentiel hydrogène (pH) qui exercent une influence directe sur la dynamique de la population migratoire et les différents cycles biologiques de certaines espèces et notamment la sardine. Ceux-ci influent négativement sur le nombre des zones de pêche de la sardine qui va retentir sur le niveau socioéconomique du pêcheur, du consommateur, et sur l'économie d'un pays. (**Forest, 2001**).

Les produits de la pêche sont hautement périssables et peuvent être facilement contaminés par des micro-organismes pathogènes ou des microflore indésirables. Ces contaminations peuvent non seulement altérer la qualité organoleptique des produits, mais aussi poser des risques significatifs pour la santé des consommateurs. Le potentiel hydrogène (pH) influence la stabilité et la croissance microbienne, la teneur en eau affecte la texture et la durée de conservation, la teneur en lipides indique la valeur nutritionnelle et énergétique, et la matière sèche représente la portion solide du produit (**Lemoine, A., et Carpentier, S. 2019**).

## Introduction

L'objectif de notre étude de recherche est reparti en deux volets, le premier se penchera sur la valeur nutritionnelle considérée par l'évaluation des paramètres biologiques telles que la teneur en eau, le pourcentage de la matière sèche, et la teneur en lipide, l'évaluation biochimique sera cadrée par le dosage des polyphénols totaux, des flavonoïdes totaux, et la concentration d'inhibition 50% (IC50%).

Le deuxième volet s'orientera sur la recherche de la flore mésophiles issues des eaux usées par le biais des cultures bactériologiques à partir de la solution mère et des différentes dilutions décimales issues à partir des fragments de la sardine (*Sardina Pilchardus*).

Cette recherche vise à valoriser, la qualité des paramètres organoleptique de la sécurité alimentaire, et son intégration et durabilité dans l'économie.

# **Partie I: Revue bibliographique**

# Généralité sur la sardine

## I. Généralité sur la sardine

### 1. Présentation de l'espèce *Sardina Pilchardus* (Walbaum, 1792)

La sardine européenne (*Sardina pilchardus*) est un petit poisson osseux de la classe des Actinoptérygiens, de l'ordre des Clupéiformes et de la famille des Clupéidés. Elle se caractérise par son corps fusiforme argenté et sa mobilité en bancs compacts. Elle habite principalement les eaux côtières peu profondes de l'Atlantique Est, de la mer du Nord au Sénégal, ainsi que la mer Méditerranée et la mer Noire (FAO, 2002).

Proche cousine du hareng, de l'alose et de la sardinelle, est un petit poisson pélagique très prisé pour sa chair savoureuse. Elle est consommée sous diverses formes: fraîche, salée, fumée ou en conserve. Espèce emblématique des côtes atlantiques et méditerranéennes, la sardine a contribué au développement de véritables économies locales, notamment à travers l'industrie de la pêche et des conserveries. Deux sous-espèces sont reconnues: *Sardina pilchardus*, présente dans l'Atlantique, et *Sardina pilchardus sardina*, que l'on trouve en Méditerranée (Lasserre & Petit, 2003).

### 2. Position systématique

La sardine (*Sardina pilchardus*) appartient à un ensemble de poissons pélagiques marins ou d'eau douce, au même titre que les harengs et les aloses, auxquels elle est étroitement apparentée. Elle est la seule espèce du genre *Sardina*, considéré comme monospécifique. Toutefois, le terme « sardines » désigne également plusieurs espèces similaires, réparties dans différents genres, totalisant près d'une vingtaine d'espèces à l'échelle mondiale (Whitehead, 1985).

### 3. Classification taxonomique de *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792)

- Règne : Animalia
- Embranchement : Chordata
- Sous-embranchement : Vertebrata
- Classe : Actinopterygii
- Ordre : Clupeiformes
- Famille : Clupeidae
- Genre : *Sardina*
- Espèce : *Sardina pilchardus*

## Dénomination vernaculaire de *Sardina pilchardus*

- **En Algérie :**
  - **Sardine** (généralement)
  - Aussi appelée localement *Zerdina* ou *Sardinette* selon les régions côtières.
- **Au Maroc :**
  - **Sardine** (terme le plus courant)
  - En arabe dialectal : *Sardina*
  - Parfois appelée *Hout azraq* (poisson bleu) dans certaines régions.
- **En France :**
  - **Sardine** (nom commun officiel)

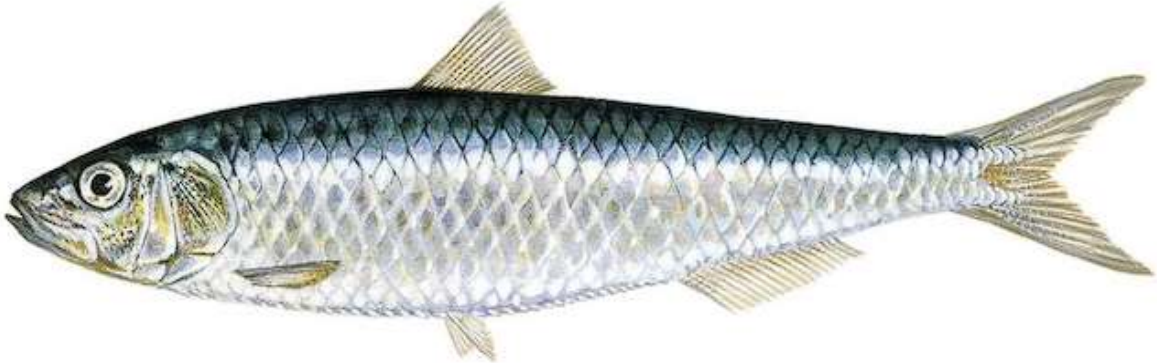
## 4. Morphologie de la sardine

*Sardina pilchardus* est un poisson pélagique migrateur, caractéristique des mers tempérées, notamment de l'Atlantique Nord-Est et de la Méditerranée (**Pawson, 1990**).

Son corps présente une section transversale ovale, avec une carène ventrale visible s'étendant de la gorge à la région anale. La nageoire dorsale débute approximativement à la hauteur de l'origine des nageoires pelviennes. L'opercule porte une tache noire caractéristique, souvent suivie de plusieurs taches plus petites sur les flancs. Les opercules sont lisses, mais ornés de stries radiales en éventail, une particularité qui permet de distinguer cette espèce des autres clupéidés (**Whitehead et al., 1988**).

La mâchoire supérieure ne présente pas d'échancrure médiane, tandis que la mâchoire inférieure reste courte, sans atteindre le bord postérieur de l'œil. L'espèce se distingue également par la présence de 70 à 100 branchiospines sur les arcs branchiaux et de paupières adipeuses situées à l'avant et à l'arrière des yeux (**Tortonese, 1975**).

Environ 80 grandes écailles argentées, minces, caduques et fragiles, recouvrent le corps; elles sont superposées à une couche d'écailles plus petites. À l'extrémité du pédoncule caudal, deux ailettes sont visibles, et une écaille modifiée est présente sur chaque lobe de la nageoire caudale (**Quéro & Vayne, 1997**).



**Figure. 01:** *Sardina pilchardus* (WALBAUM, 1792)

### 4.1. Taille

La taille maximale de *Sardina pilchardus* varie selon les régions: jusqu'à 28 cm dans l'Atlantique Nord-Est, environ 25 cm en Méditerranée, et autour de 17 cm en mer Noire (FAO, 1983).

La taille moyenne des individus capturés se situe généralement entre 10 et 25 cm en Méditerranée, et entre 6 et 8 cm en mer noire.

Des études menées sur les côtes algériennes ont montré que la croissance en taille des sardines de la région d'Alger est comparable à celle d'autres régions méditerranéennes, aucun individu n'excédant la taille de 20 cm (Mouhoub, 1986).

## 4.2. Coloration

La sardine européenne (*Sardina pilchardus*) se distingue par un dos bleu-vert, des flancs brillants et argentés, souvent marqués d'une bande longitudinale aux reflets dorés, et un ventre caréné d'un blanc argenté. Il est courant d'observer quelques points noirs à l'arrière de l'opercule, mais aucune ligne latérale ne marque les flancs (**Cry, 2006**).

## 5. Cycle biologique

### 5.1 Reproduction

Chaque femelle peut pondre entre 50 000 et 60 000 œufs, mesurant environ 1,5 mm de diamètre (**Musset et al., 1988**).

Les œufs éclosent après deux à quatre jours, donnant naissance à des larves de 4 mm de longueur (**Pedro, 1986**).

Les juvéniles migrent vers les zones côtières au printemps et y demeurent jusqu'au début de l'hiver. La sardine peut vivre jusqu'à 15 ans, atteignant une taille maximale d'environ 26 cm (**Morales et al., 1980**).

### 5.2 Nutrition

La sardine (*Sardina pilchardus*) est une espèce planctophage dont le régime alimentaire varie selon le stade de développement, la saison et la disponibilité des ressources. Les juvéniles se nourrissent principalement de phytoplancton, notamment de diatomées, ainsi que d'œufs et de larves de petits crustacés (**Furnestin, 1959**).

Les adultes, quant à eux, consomment surtout des zooplanctons, en particulier des copépodes, mais aussi des larves de décapodes et d'autres organismes planctoniques (**Quéro, 1984**).

## 5.3 Croissance

L'espèce présente une croissance rapide durant sa phase juvénile notamment au cours des deux premières années. La longueur moyenne à 6 mois est de 10,6 cm et - devient 15,3 cm à 18 mois.

A l'âge de deux ans et demi, la sardine peut avoir une taille moyenne de l'ordre de 18 cm. Toutefois, et à partir de la troisième année, la croissance en longueur devient de plus en plus lente, et peut être estimée à quelques millimètres par an. **(Kada et al. 2010).**

## 6. Distribution géographique

L'aire de répartition géographique de la sardine (*Sardina pilchardus*) s'étend de la partie centrale de la mer du Nord jusqu'au cap Blanc en Mauritanie. L'espèce est également abondante en Méditerranée jusqu'à la mer Noire **(Svétovidov, 1964).**

La sardine se trouve sur le plateau continental au-dessus des fonds 20 à 100 m de profondeur, des bancs isolés sont enregistrés au-dessus des fonds allant jusqu'à 200 m. Elle est associée aux masses d'eau de température 13,8-18,2°C et de salinité 35,67 - 36,60 pour mille en hiver; en été la température et la salinité des eaux où on rencontre la sardine sont égales à 16,7-18,7°C et à 35,95-36,65 pour mille. (Figure,02) **(Domanévski, L.N. & Barkova, N.A. 1964).**



Figure. 02 : l'aire de répartition de *Sardina pilchardus* (depuis FAO 2025)

## 7. Composition nutritionnelle

La sardine est une source exceptionnelle de protéines de haute qualité, représentant environ 20% de sa composition.

Ces protéines sont riches en acides aminés essentiels, indispensables au bon fonctionnement de l'organisme, ce qui confère à la sardine une valeur nutritionnelle remarquable (FAO, 2007).

La sardine est un aliment hypocalorique (170 kcal pour 100g) pouvant être intégrée dans la plupart des régimes alimentaire (Koning et Mol, 1991). Elle a ainsi été classée parmi les espèces de poissons possédant les meilleures recommandations nutritionnelles (Sidhu, 2003). (Tableau,01)

**Tableau.01:Composition nutritionnelle moyenne de 100g de sardine (Ciqual, 2012).**

<b>Energie</b>	<b>163 Kcals</b>	<b>% des AJR*</b>
<b>Protéines</b>	23 g	46%
<b>Lipides</b>	13,7 g	20%
Acides gras/saturés -	5,8	-
Acide mono/insaturés	2,4 g -	-
Acide poly/insaturés	2,6 g -	-
Cholestérol	100 mg -	-
<b>Minéraux</b>		
Phosphore	270 mg	33%
Magnésium	28 mg	9%
Calcium	85 mg	10%
Sodium	400 mg	17%
Fer	1,4 mg	10%
<b>Vitamines</b>		
Vitamines A	16 µg	2%
Vitamines D	11 µg	220 %
Vitamines B2	0.25 mg	15 %
Vitamines PP	2 mg	45%
Vitamine B12	6 µg	600%

**Composition  
chimique de la  
sardine**

### II. Composition chimique de la sardine

La sardine constitue également une excellente source de protéines de haute qualité, de calcium, de phosphore, ainsi que de vitamines D et B12, éléments essentiels à de nombreuses fonctions physiologiques (**Cahu et Zambonino-Infante, 2001**).

La composition chimique de la sardine varie considérablement d'une espèce et d'un individu à l'autre selon l'âge, la maturation sexuelle, les changements de saison, les cycles alimentaires, le comportement migratoire (**Corraze et al., 1999**).

#### 1. Teneur en eau

La chair de poisson se distingue généralement par une faible teneur en lipides comparée à celle des animaux terrestres, ce qui se traduit par une teneur en eau plus élevée, avoisinant en moyenne les 80 %. Toutefois, chez les espèces grasses, cette teneur en eau diminue pour se situer entre 70 et 75 %. Cette forte proportion en eau joue un rôle déterminant, notamment en matière de conservation, car elle influence directement la texture du muscle ainsi que sa susceptibilité à l'altération (**Amanatidou et al., 2000**).

#### 2. Lipides

La sardine (*Sardina pilchardus*) est considérée comme un poisson gras, avec une teneur en lipides qui peut varier considérablement selon la saison, l'âge et l'alimentation. En général, la proportion de lipides dans la chair de sardine se situe entre 5 % et 12 %, atteignant son maximum avant la période de reproduction (**FAO, 1995**).

Selon **Love (1970)**, les sardines capturées en été peuvent présenter une teneur lipidique supérieure à 10 %, tandis qu'en hiver, cette teneur peut chuter à moins de 5 %, en raison de la mobilisation des réserves énergétiques. Les lipides de la sardine sont principalement composés d'acides gras polyinsaturés oméga-3, notamment l'EPA (acide eicosapentaénoïque) et le DHA (acide docosahexaénoïque), reconnus pour leurs effets positifs sur la santé cardiovasculaire (**Ackman, 1989**).

### 3. Protéines

La sardine, *Sardina pilchardus*, est une espèce d'importance majeure, car elle est l'une des rares espèces de poisson à avoir une grande concentration de protéines de haute qualité nutritionnelle, entre 18 % –21 % de sa masse fraîche. Cela entre dans la catégorie des protéines de haute valeur biologique et une forte teneur en acides aminés essentiels que la sardine est classée avec les meilleures sources animales telles que le poisson, la viande ou le lait. La digestibilité des protéines de sardine est également excellente, ce qui atteint 90 % en fonction des analyses biochimiques de la chair. Cette composition en protéines est appropriée pour les régimes pileux et méditerranéens car, pour les régimes paleobiologiques, des quantités suffisantes sont limitées. (Tableau, 02)

Tous les poissons renferment entre 18 et 25 % de protéines, ce qui en fait une excellente alternative à la viande rouge. Ces protéines contiennent l'ensemble des acides aminés essentiels, leur conférant ainsi une très haute valeur biologique (**Neurat, 2001**).

## Composition chimique de la sardine

Tableau.02: Pourcentages d'acides aminés essentiels de différentes protéines (NJAA, 1983).

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

#### 4. Les Sels minéraux et vitamines

La teneur en vitamines et en sels minéraux chez la sardine, comme chez d'autres espèces de poissons, dépend à la fois de l'espèce, de la saison, et du régime alimentaire. De manière générale, la chair des poissons constitue une excellente source de vitamines du groupe B, et pour les espèces grasses, de vitamines A et D (Tableau,03) (Maage et Julshamn, 1991).

La chair des poissons constitue une source nutritionnelle précieuse, notamment en vitamines. La teneur en ces micronutriments varie sensiblement selon plusieurs facteurs biologiques et environnementaux. En effet, la composition vitaminique dépend de l'espèce, de la saison ainsi que de la zone géographique d'habitat (Tableau, 04) (Southgate et Greenfield, 2007).

## Composition chimique de la sardine

Tableau.03: Teneur en vitamine de la sardine (MURRAY et BURT, 1969).

Vitamines	Chair de la sardine
<b>A</b> (UI /g)	20-400
<b>D</b> (UI /g)	100-300
<b>B1</b> : Thiamine (mg /g)	0,4
<b>B2</b> : Riboflavine (mg /g)	3,0
<b>Niacine</b>	40
<b>Acide pantothéniques</b>	10
<b>B6</b> (mg /g)	4,5

Tableau.04: Quelques minéraux présents dans les muscles du poisson (MURRAY ET BRUT, 1969)

Elément	Moyenne	Intervalle
<b>Sodium</b>	72	30-134
<b>Potassium</b>	278	19-502
<b>Calcium</b>	79	19-881
<b>Magnésium</b>	38	405-452
<b>Phosphore</b>	790	68-550

### 5. Les Glucides

La chair de poisson contient une quantité négligeable de glucides, représentant environ 0,1 % du poids frais (**Comlade, 1993**).

On y retrouve de faibles traces de glucose libre ainsi que de ribose. L'acide lactique, produit final stable de la glycolyse, est présent à hauteur de 10 à 20 mg/100 g dans le sang, et de 300 à 600 mg/100 g dans les muscles de l'animal au repos, selon les espèces (**Passeport Santé Net, 2006**).

### 6. Extraits azotés

Les extraits azotés désignent des composés non protéiques, solubles dans l'eau, de faible poids moléculaire, contenant de l'azote. Chez les téléostéens, cette fraction d'azote non protéique (ANP) représente entre 9 % et 18 % de l'azote total.

Elle est principalement constituée de bases volatiles comme l'ammoniaque et l'oxyde de triméthylamine (OTMA), ainsi que de créatine, d'acides aminés libres, de bases nucléotidiques et puriques. Chez les poissons cartilagineux, l'urée en fait également partie (**Shewan, 1974**).

# **L'altération du poisson**

### III. Altération du poisson

La sardine, parmi les poissons frais qui tous sont sujets à des processus enzymatiques dégradants, se dégrade plus rapidement en raison de sa délicatesse musculaire; même la plus petite pression peut l'endommager et la rendre non comestible (**FAO, 2000**).

De plus, ce poisson bleu possède une activité métabolique rapide. C'est pourquoi il est crucial de le maintenir au frais dès que possible (**Hansen et Jensen, 1982**).

Une fois le poisson mort, un processus de décomposition s'amorce, impliquant principalement l'autolyse. Les enzymes digestives présentes dans le poisson dégradent la barrière intestinale, ce qui facilite la propagation des germes présents (**Bourgeois et al. 1980**).

D'après **Parigi (1996)**, plusieurs éléments expliquent pourquoi la chair du poisson se décompose plus vite que celle des mammifères: une humidité élevée, une cohésion moindre du tissu conjonctif, une riche présence de composés azotés extractibles et un pourcentage significatif de lipides fortement insaturés.

On sait clairement que la détérioration du poisson est due à deux processus principaux: l'un est enzymatique, tandis que l'autre est bactérien (**Huss, 1999**).

#### 1. Causes de l'altération

La majorité des micro-organismes, principalement des psychrotrophes (préfèrent des températures très basses, optimales à environ 15°C) et Les Psychrophile, (se développer à des températures plus élevées, proche de celui des bactéries mésophiles 20-30°C) génèrent fréquemment des enzymes protéolytiques qui contribuent de manière significative à la décomposition de la chair. Cela provoque l'émission d'odeurs indésirables, des saveurs désagréables, des signes de décomposition, une altération de la coloration ou encore l'oxydation des lipides (**Bourgeois et al., 1980; Guiraud, 1998**). La composition de la communauté microbienne change en fonction de divers facteurs tels que l'habitat de pêche, la saison, la chaleur et les conditions de manipulation après la capture. On identifie trois sources majeures de contamination notamment, les zones de pêche, les méthodes à bord (manipulation et conditions de conservation), et les actions après le déchargement (**Guthman, 1991**).

## 2. Caractères du poisson

Les caractéristiques du poisson frais ou altéré dépendent de l'espèce, la taille, le mode de capture, les conditions de manutention et transport (**Boury, 1985**)

### **Poisson frais:**

- Odeur marine légère
- Corps rigide, musculature élastique
- Peau brillante, écailles adhérentes
- Paroi abdominale ferme, anus rentré
- Yeux bombés, pupilles noires, cornée transparente

### **Poisson altéré:**

- Odeur putride aux ouïes et viscères
- Chair molle, corps souple
- Peau terne, écailles détachables
- Paroi abdominale décolorée, anus ouvert
- Yeux enfoncés, pupilles grisâtres

### 3. Les causes de l'altération du poisson

#### 3.1 L'autolyse aseptique des muscles

Elle due à l'activité des enzymes propres au poisson, notamment les enzymes digestifs: Pancréatine, pepsine, cathepsine, trypsine. Ces enzymes dégradent facilement les viscères, puis les muscles de la paroi abdominale, c'est pourquoi une éviscération rapide set indispensable pour réussir notre transformation. L'abaissement de la température et l'acidification de milieu contribuent à prolonger la période de latence, c'est-à-dire avant la raideur du corps, améliorant ainsi les chances de conservation (Nciri, Nader2006).

#### 3.2 La dégradation bactérienne

Le mucus, les branchies, les intestins sont tous des milieux favorables aux développement des bactéries. Ces derniers sont inoffensifs tant que le poisson est vivant mais, dés sa mort, ils se multiplient et envahissent tous le corps pars les branchies à partir de la cavité abdominale. Ainsi, ils provoquent la lyse des tissus du poisson. (Nciri, Nader2006).

#### 3.3 L'oxydation des lipides

La chair du poisson contient des lipides qui- après la mort entrent avec l'oxygène de l'air produisant ainsi des odeurs déplaisantes suite à la décomposition de la chair (Nciri, Nader2006).

### 4. Les effets de l'altération

#### Sur l'odeur

Bon nombre de produits de dégradation bactérienne ont une odeur. Son intensité traduit celle de la contamination. L'odeur serait constituée à la base par les 1-1 bis pipéridine éthane, l'ammoniac et les acides gras inférieurs. (Nciri, Nader2006).

#### Sur le goût

L'altération du goût se traduit par une atténuation de la saveur spécifique qui sera remplacée par celle des autres produits lactiques, acétiques, ammoniacale...ect.(Nciri, Nader 2006).

#### Sur l'aspect extérieur

La couleur de peau se ternit, les branchies se décolorent, la chair se gélifie ...ect. En même temps, la consistance change et devient plus fibreuse.(Nciri, Nader 2006).

## 5. Changements intervenants après la mort du poisson

### 5.1 Modifications sensorielles

Les modifications sensorielles correspondent aux altérations perçues par les sens, telles que l'apparence, l'odeur, la texture et le goût (**FAO,2000**).

Parmi ces paramètres, l'apparition d'odeurs désagréables constitue souvent un indicateur précoce et fiable d'une dégradation biochimique du produit (**Jacoben, 1999**).

### 5.2 Modifications physico chimiques

Les altérations chimiques les plus significatives chez les poissons concernent principalement les transformations des lipides. Ces processus incluent la formation d'amines biogènes volatiles totales (ABVT) et la production de sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S), qui sont des indicateurs de dégradation (**Huss, 1999**).

### Variation du pH

Le pH de la chair du poisson constitue un paramètre utile pour évaluer son état de fraîcheur (**Huss, 1999**).

Initialement proche de la neutralité, il tend à diminuer au cours des premières 24 heures suivant la mort, en raison de l'accumulation d'acide lactique en conditions anaérobies. Par la suite, une légère remontée peut s'observer, liée à la formation de composés basiques résultant des processus de décomposition (**Huss, 1988**).

### 5.3 Modifications bactériologiques

#### Avant la capture

La contamination des organismes aquatiques avant leur capture implique généralement un nombre limité de micro-organismes, rarement pathogènes pour l'homme. Ces microflores sont principalement composées de bactéries à Gram négatif, parfois légèrement sporulées (**Ghiraud, 1998**).

Dans leur environnement naturel, les muscles des poissons sont considérés comme stériles, les germes étant localisés essentiellement à la surface externe (peau) ou au niveau des viscères (**Montassier, 1998**).

### Après la capture

La mort du poisson entraîne la perte de l'intégrité des barrières internes, favorisant les échanges entre l'extérieur et l'intérieur de l'organisme. Cette rupture de stabilité permet la migration des micro-organismes, amplifiée par l'élévation de la température ambiante. En climat chaud ou sous l'effet d'une exposition prolongée au soleil, cette prolifération est accentuée, notamment en cas de présence résiduelle de sang dans les cavités circulatoires (Jouve, 1996).

### 6. Contamination des produits de la mer

La contamination microbienne des produits de la mer peut provenir de deux sources principaux

#### 6.1 Contamination des eaux de pêche

La flore microbienne du milieu aquatique influence directement celle des poissons. Les eaux de rivières, lacs ou mares peuvent contenir une flore abondante, parfois polluée par des rejets humains ou animaux, introduisant ainsi des germes pathogènes tels que *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrio* ou *Clostridium* (Bourgeois et Leveau, 1991).

Les zones côtières, souvent exposées à des pollutions fécales, sont particulièrement sensibles à ce type de contamination. Chez les poissons, les germes se retrouvent majoritairement dans les branchies, les intestins et sur la peau.

#### 6.2 Contamination après la pêche

Même un poisson initialement sain peut être contaminé au cours des étapes post-capture (Bourgeois et Leveau, 1991).

Cette contamination peut survenir à bord, par contact avec du matériel souillé (caisses, glace de mauvaise qualité) ou lors de lavages avec de l'eau contaminée.

L'un des facteurs les plus critiques reste la rupture de la chaîne du froid: le déglacage au débarquement suivi d'un délai avant re-glacage compromet sérieusement la qualité microbiologique du produit.

## 7. Revue des germes identifiés

### 7.1 Flore totale aérobie mésophile

Les flore totale aérobie mésophile regroupent un ensemble de microorganismes capables de croître en présence d'oxygène, avec des températures de croissance optimales comprises entre 20 °C et 45 °C. Ils incluent à la fois des microorganismes responsables d'altérations alimentaires ainsi que certaines bactéries pathogènes d'intérêt pour la santé publique (**Jay et al., 2005**). Ce groupe est fréquemment utilisé comme indicateur général de la qualité microbiologique des denrées alimentaires.

### 7.2 Coliformes totaux

Les *coliformes totaux* sont un groupe de bactéries Gram négatif, en forme de bâtonnet, non sporulées, oxydase négatives, facultativement anaérobies, capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48 heures à 35–37 °C. Ce groupe comprend notamment les genres *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella* et *Citrobacter* (**Rompré et al., 2002**). Bien qu'ils ne soient pas nécessairement d'origine fécale, leur présence dans les aliments ou l'eau est traditionnellement utilisée comme indicateur de contamination d'origine environnementale ou hygiénique, reflétant une possible défaillance dans les pratiques de nettoyage ou de traitement.

### 7.3 Coliformes fécaux

Les *coliformes fécaux*, également appelés coliformes thermotolérants, sont un sous-ensemble des coliformes totaux. Ce sont des bactéries Gram négatif, en forme de bâtonnet, non sporulées, capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz à 44 °C en 24 à 48 heures (**APHA, 2017**). Ils sont considérés comme indicateurs de contamination fécale, bien que le groupe soit taxonomiquement diversifié et comprenne des espèces issues de sources fécales et non fécales (**Leclerc et al., 2001**).

### 7.4 *Escherichia coli*

*Escherichia coli* (*E. coli*) est une bactérie à Gram négatif, en forme de bâtonnet, non sporulée, oxydase négative, appartenant à la famille des Enterobacteriaceae. Elle est généralement anaérobie facultative et capable de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz à 44 °C. Bien que la majorité des souches d'*E. coli* fassent partie de la flore intestinale normale de l'homme et des animaux à sang chaud, certaines souches pathogènes peuvent causer des infections graves, notamment gastro-intestinales, urinaires ou systémiques. La présence d'*E. coli* dans les aliments est reconnue comme un indicateur spécifique de contamination fécale récente (Nataro & Kaper, 1998). Sa détection est donc essentielle dans l'évaluation de l'hygiène des denrées alimentaires et de l'eau.

### 7.5 *Staphylococcus aureus*

*Staphylococcus aureus* est une bactérie à Gram positif, en forme de cocci, immobile, catalase positive et coagulase positive. Elle est capable de se développer dans des conditions variées, y compris à des concentrations élevées de sel, et peut produire des entérotoxines responsables d'intoxications alimentaires. Ces toxines sont thermostables et peuvent persister dans les aliments même après traitement thermique. *S. aureus* est considéré comme un indicateur d'hygiène, notamment en lien avec une contamination d'origine humaine (manipulateurs) (Argudín et al., 2010). Sa détection dans les produits alimentaires est un critère de sécurité important dans les réglementations sanitaires.

### 7.6 *Clostridium sulfito-réducteurs*

Les *clostridium sulfito-réducteurs* regroupent des bactéries anaérobies strictes, sporulées, à Gram positif, capables de réduire les sulfites en sulfures dans un milieu de culture spécifique. Parmi eux, *Clostridium perfringens* est l'espèce la plus souvent recherchée en raison de son potentiel pathogène. Ces bactéries sont résistantes à des conditions environnementales défavorables grâce à leur forme sporulée et sont fréquemment utilisées comme indicateurs de contamination fécale ancienne et de traitement thermique insuffisant (McClane et al., 2006). Leur présence dans les aliments, en particulier ceux d'origine animale, est rigoureusement surveillée.

# **Partie II : Méthodologie**

### Objectif de l'étude

Cette étude vise à évaluer la qualité nutritionnelle de la sardine notamment *Sardina pilchardus* à travers des analyses biochimiques et microbiologiques effectuées sur des échantillons prélevés au marché couvert de la wilaya de Mostaganem.

L'échantillon frais, avait été collecté vers 8 h 30, prélevé dans des conditions appropriées afin de garantir qu'il reste intact et non altéré pendant le transport et lors du stockage.

Les analyses ont été réalisées dans les laboratoires de microbiologie n°02 et de biochimie n°03 de la faculté Science de la Nature et de la Vie de l'Université de Mostaganem.

Le choix de la sardine s'explique par son importance dans l'alimentation de la population algérienne, sa prédominance dans le commerce halieutique national, sa fréquence de capture dans les ports algériens, ainsi que sa disponibilité abondante et son prix généralement accessible durant la période allant de juillet à décembre, bien que ce dernier puisse varier selon les saisons.

## I. Evaluation de la qualité nutritionnelle

### 1. Détermination de la Teneur en eau (AFNOR 1985)

La Teneur en eau est déterminée par déshydratation. On place des échantillons de 5g dans des creusets en porcelaine puis laissés déshydrater pendant 24heures dans une étuve à 105°C (Figure 03). Après refroidissement des récipients dans le dessiccateur pendant 45min la matière sèche restante est alors pesée par différence avec la masse initiale, la quantité d'eau évaporée est ainsi déduite (Figure 04).

La teneur en eau et la matière sèche(MS) des échantillons sont exprimée en g/100g de tissu, et le calcul et expression des résultats seront exprimés en rapport avec les formules:

$$MS (\%) = \frac{\text{Masse}(MS) (g)}{\text{Masse (d'échantillon) (g)}} \cdot 100$$

$$\text{Teneur en eau (g/100g d'échantillon)} = 100 - MS (\%)$$



Figure. 04:

Masse apres l'étuve a 105°C (Belarbi 2025)



Figure. 03:

refroidissement dans le dessiccateur (Belarbi 2025)

### 2. Détermination de la teneur en matière grasse

Dans cette étude, les matières grasses sont extraites selon la méthode de Soxhlet. Cette technique permet d'isoler uniquement les lipides libres, excluant certains lipides liés comme les phospholipides.

#### Objectif

Déterminer la teneur en matières grasses de l'échantillon de *Sardina pilchardus*, les résultats étant exprimés en pourcentage (%).

#### Principe

L'extraction des lipides repose sur l'utilisation de l'éthanol comme solvant, porté à reflux. Une fois l'extraction terminée, le solvant est éliminé à l'aide d'un évaporateur rotatif. Le résidu obtenu, correspondant à la matière grasse, est ensuite pesé après refroidissement. Il s'agit d'une méthode gravimétrique, basée sur la pesée de l'échantillon initial et de la matière grasse extraite en fin de processus. (Salghi, 2005)

#### Présentation de l'extracteur de Soxhlet

L'extracteur de Soxhlet, du nom de son inventeur Franz Von Soxhlet, est un dispositif en verre couramment utilisé en chimie analytique. Il permet d'effectuer efficacement l'extraction à chaud des composants solubles contenus dans un solide, à l'aide d'un solvant.

#### Présentation de l'évaporateur rotatif sous vide

Cet appareil est conçu pour éliminer rapidement un solvant volatil par évaporation. Il repose sur le principe de la réduction du point d'ébullition du solvant grâce à une diminution de la pression, facilitant ainsi une évaporation plus rapide et à basse température.

#### Mode opératoire

Broyer soigneusement l'échantillon à analyser dans un mortier avec pilon puis prélever une prise d'essai (m1) de 20 g et placer l'échantillon dans un cartouche cellulosique.

Verser 250 ml de l'éthanol dans un ballon de pyrex.

### Extraction

Introduire directement la prise d'essai dans la cartouche d'extraction, puis préparer et monter l'appareil de Soxhlet. Placer l'ensemble sur une plaque chauffante et démarrer l'extraction 7 cycle.(Figure 05)

Ouvrir le robinet d'eau pour alimenter le réfrigérant. À la fin de l'extraction, récupérer un maximum de solvant, puis procéder au démontage de l'appareil.



**Figure. 05: Dispositif Soxhlet utilisé pour l'extraction des lipides (Belarbi 2025)**

### Evaporation

Évaporer le solvant résiduel contenu dans le ballon, à l'aide d'un évaporateur rotatif (rota-vapeur), à une température de 45 °C.(Figure.6)



Figure. 06: Rota-vapeur (Belarbi 2025)

### Expression des résultats

La teneur en lipides totaux, exprimée en pourcentage, est déterminée à l'aide de la formule suivante:

$$\text{MG \%} = \frac{\text{P1} - \text{P2}}{\text{ME}} \times 100 \text{ (Hamsi, 2013)}$$

**P2:** poids du ballon vide.

**P1:** poids du ballon après évaporation.

**ME:** masse de la prise d'essai ou la masse de l'échantillon mise dans la cartouche.

### 3. Détermination du potentiel d'hydrogène (pH)

La mesure du pH du poisson à l'aide de bandelette de test permet d'obtenir des indications précieuses sur son état post-mortem.

L'objectif de ce test est d'évaluer la stabilité de cette espèce qui déterminera le degré de consommation.

#### Mode opératoire

La mesure du pH consiste en 3 tests dans une suspension de chair de poisson dans 10 ml de l'eau distillée:

**1er test (témoin):** ajout dans un tube à essais 10ml d'eau distillée et 2g à 3g de chair de poisson

**2ème test:** Mettre l'échantillon dans une boîte pétri et le soumettre à une incubation dans un étuve à 55 °C pendant 7 jours.(Figure .7)

**3ème test:** Mettre l'échantillon dans une boîte pétri et le mettre dans un étuve pour une incubation à 37°C pendant 15 jours.(Figure .8)

Après avoir arrivé à terme des différentes incubations, on a ajouté 2g à 3g de la chair de poisson dans un tube à essais et contenant 10 ml de l'eau distillée en utilisant les bandelettes réactives pour la lecture du test de pH.(Figure .9)



Figure. 07: Bandelette reactive de test pH (Belarbi 2025)



Figure.08: Préparation d'échantillon pour mesure de pH (Belarbi 2025)

## II. Analyse microbiologique

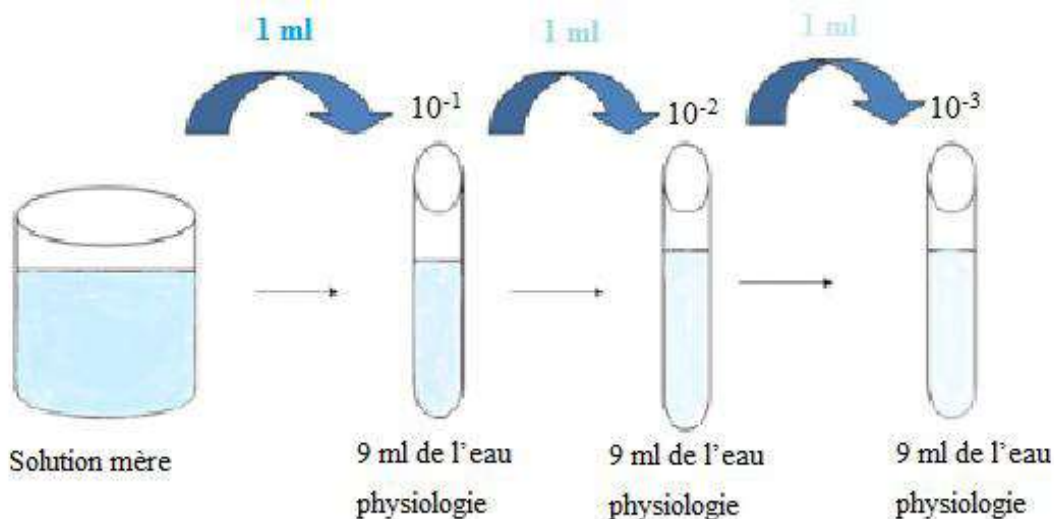
Les analyses réalisées au laboratoire de microbiologie comprennent les examens suivants:

- La recherche et le dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM),
- La recherche et le dénombrement des *Coliformes totaux*
- La recherche et le dénombrement des *Coliformes fécaux*
- La recherche des *Staphylococcus aureus*
- La recherche de la *Clostridium sulfito-réducteurs*

### Préparation des dilution a partir de solution mère

On pèse 5g de la chairde *Sardina pilchardus* éviscéré eau préalable dans un tube a essais contenant 9 ml de diluant soit l'eau physiologique puis homogénéiser pour obtenir une suspension qui constitue alors la solution mère (SM). **ISO 6887-1: 2017.**

À l'aide d'une pipette Pasteur stérile, 1 ml de la solution mère est transféré dans un tube à vis contenant 9 ml d'eau physiologique, ce qui correspond à une dilution au  $10^{-1}$ . Le même procédé est ensuite répété successivement pour obtenir les dilutions suivantes. (Figure 9).



**Figure.09: Préparation de la solution mere et des differentes dilutions décimals**

### **1. Recherche et dénombrement de la FTAM (flore totale aérobie mésophile) (ISO 4833-1 :2013).**

Un volume de 1 ml de chaque dilution (S.M,  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$ ) est prélevé et transféré de manière aseptique dans des boîtes de Pétri à usage unique.

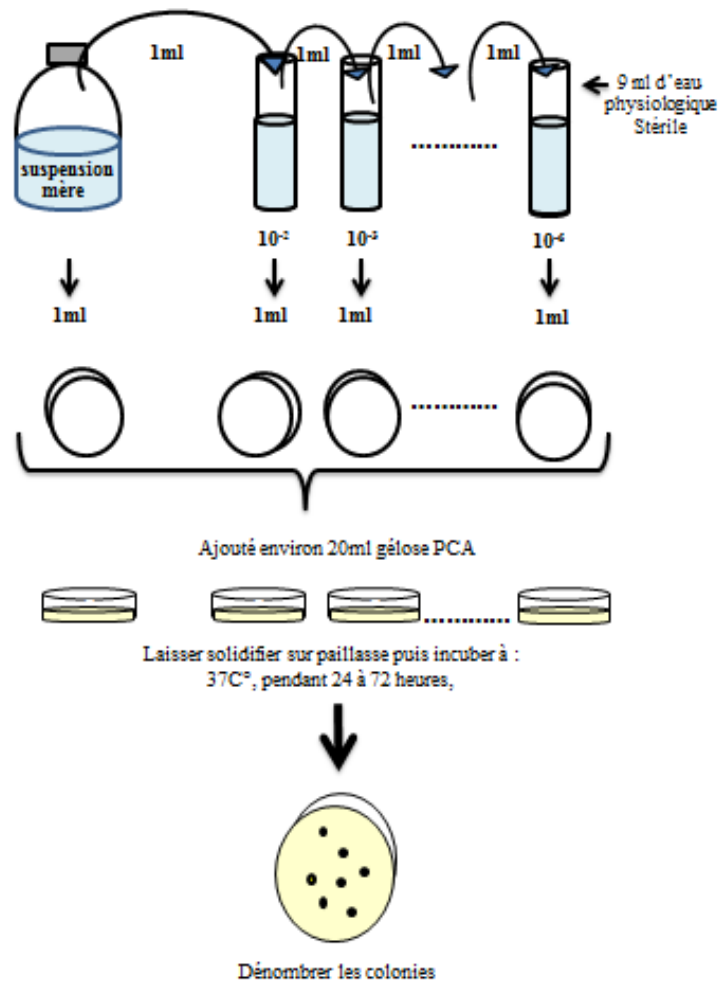
Ensuite, 15 ml de: Plate Count Agar (PCA) gélosé fondue et tempérée au bain-marie y sont ajoutés (Figure. 10).

Le dénombrement est réalisé par la culture prise de dilution sur le milieu PCA à 37°C Pendant 24 à 72 heures.

#### **Lecture des résultats**

Le dénombrement consiste à compter toutes les colonies développées sur les boîtes, puis à multiplier ce nombre par l'inverse du facteur de dilution correspondant.

## Partie II : Méthodologie



**Figure. 10: Culture des germes totaux. Technique de dénombrement de colonie bactérienne. (Labres *et al.*, 2006).**

## **2. Recherches et dénombrement des Coliformes Totaux (CT) et Coliformes Fécaux (CF)**

### ***Coliformes Totaux (CT) (ISO 4832 :1991)***

À partir des dilutions décimales, prélever 1 ml des dilutions, puis les transférer dans des boîtes de Pétri stériles. Ajouter ensuite 20 ml de milieu VRBL, puis homogénéiser délicatement par des mouvements circulaires (Figure. 11)

Le dénombrement des *Coliformes Totaux* est effectué après incubation des boîtes à 37 °C pendant 24 à 72 heures.

### ***Coliformes Fécaux (CF) (NF V08-60 :1996)***

Dans chaque boîte de Pétri, on dépose 1 ml des dilutions, puis on ajoute 20 ml de milieu VRBL, préalablement fondu et tempéré. Le mélange est ensuite homogénéisé soigneusement par des mouvements circulaires.

Le dénombrement est effectué en cultivant les dilutions de l'échantillon sur le milieu VRBL, puis en incubant les boîtes à 44 °C pendant 24 heures après solidification du milieu.

Après l'incubation, respectivement à 37 °C et 44 °C les colonies de coliformes totaux et fécaux apparaissent rouge foncé.

## Partie II : Méthodologie

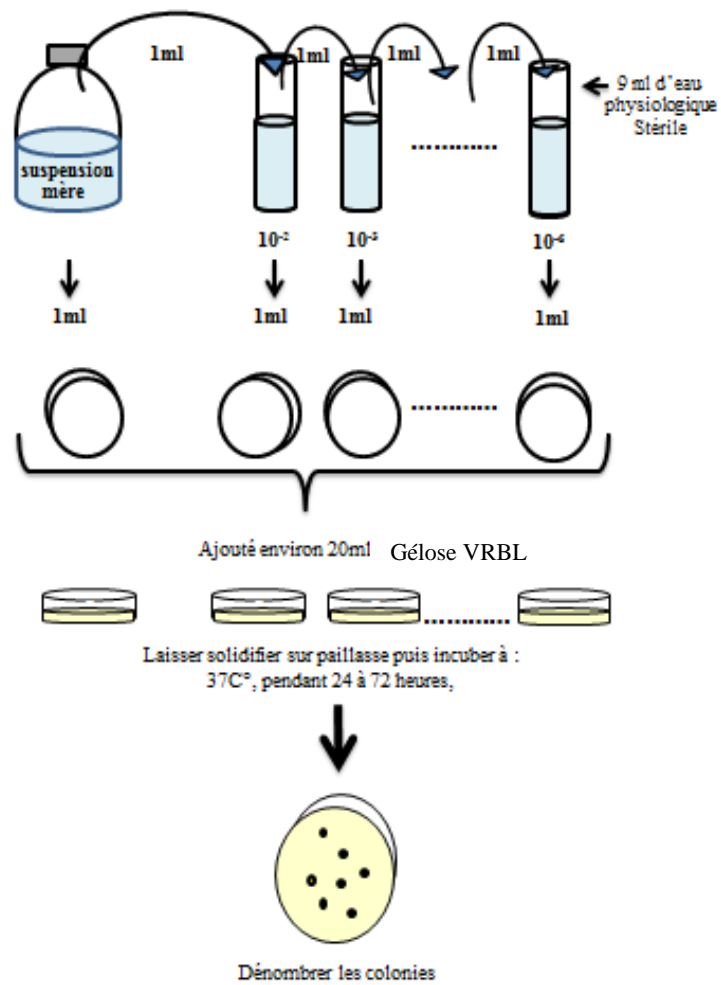


Figure. 11: Culture des *Coliformes Totaux* et *Coliformes et Fecaux*. (Labres *et al.*, 2006).

### 3- Recherche et dénombrement d'*Escherichia coli*

Un millilitre (1 mL) de la solution mère a été introduit dans un tube contenant 10 mL de bouillon lactosé bilié au vert brillant (VBL), muni d'une cloche de Durham. Les tubes ont ensuite été incubés à 44 °C pendant 24 à 48 heures.

Le test confirmatif repose sur l'observation des tubes de VBL positifs, caractérisés par une turbidité (croissance bactérienne) accompagnée d'une production de gaz visible dans la cloche de Durham.

À partir de ces tubes positifs, une anse pleine de culture est prélevée pour ensemercer un tube contenant du bouillon de Schubert, également équipé d'une cloche de Durham. Ces tubes sont ensuite incubés à 44 °C pendant 24 heures.

Après incubation, la présence de gaz dans la cloche de Durham constitue un premier critère de confirmation de la présence d'*Escherichia coli*. Un second critère est nécessaire pour valider cette présence: on ajoute 1 mL (soit 5 à 6 gouttes) du réactif d'Erlich Kovacs dans les tubes positifs. Après agitation et un temps de repos de 10 minutes, l'apparition d'un anneau rouge en surface indique une réaction positive.

### 4. Recherche de *Staphylococcus aureus*

En bactériologie alimentaire, le dénombrement des *Staphylococcus* se fait le plus souvent sur les milieux sélectifs Chapman (Mannitol Salt Agar) ou Baird-Parker (ETGPA). (Chapman, 1945). (Baird-Parker, 1962).

Prélever 1 ml de chaque dilution puis les transférer dans des boîtes de Pétri contenant de la gélose CHAPMAN.

Incuber les boîtes à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

#### Lecture des résultats

Rechercher les colonies typiques de *Staphylococcus aureus*, qui apparaissent généralement jaune doré

Compter les colonies caractéristiques sur les boîtes présentant entre 15 et 300 colonies, puis multiplier par l'inverse de la dilution pour obtenir le nombre de staphylocoques par ml (ou g) d'échantillon.

### 5. Recherche et dénombrement du *Clostridium sulfito reducteur*

Après avoir laissé fondre de la gélose VF dans un bain mari à 90°C, on l'avait refroidie dans un bain d'eau à 45°C, puis on a ajouté 02 ml de sulfate de Sodium, et 03 ml d'Alun de fer ammoniacal, puis mélangé soigneusement le milieu, en le maintenant à 45°C jusqu'au moment de l'utilisation. Les tubes contenant les dilutions  $10^{-1}$  et  $10^{-2}$  issus de la solution mère, sont soumis d'abord à un chauffage à 80°C pendant 10 min, puis suivi à un choc thermique c'est-à-dire à un refroidissement sous l'eau de robinet. À partir de ces dilutions on porte aseptiquement 1ml de chaque dilution dans deux tubes stériles, puis on ajoute de la gélose VF prête à l'emploi dans chaque tube jusqu'à ce que le tube soit complètement rempli, et puis on a laissé solidifier sur paille pendant 30 min. Apes incubation à 46°C pendant 06, 12, 24, et 48 heures, on a constaté l'apparition de vésicules grises avec tendance noirâtres. (ISO 15213: 2003).

### III. Analyse Biochimique

#### 1. Dosage des polyphénols

Selon **Slinkard et Singleton (1977)**, la méthode de Folin-Ciocalteu (FC) constitue l'approche la plus appropriée pour estimer la teneur totale en composés phénoliques. Elle permet une caractérisation rapide, un dépistage efficace et une quantification fiable d'un large éventail de composés phénoliques présents dans les extraits végétaux (**Chapuis-Lardy et al., 2002; Derkyi et al., 2011**).

#### Principe

Le choix méthode de Folin-Ciocalteu (FC) repose sur l'oxydation sélective de composés facilement oxydables, contribuant ainsi à l'évaluation de la teneur apparente en phénols totaux (**Chen et al., 2015**). Elle est fondée sur une réaction de réduction chimique du réactif Folin-Ciocalteu (**Rover & Brown, 2013**).

Ce réactif est un mélange d'acide phosphotungstique ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et d'acide phosphomolybdique ( $H_3PMo_{12}O_{40}$ ). En présence de composés phénoliques, ces acides sont réduits en oxydes de tungstène ( $W_8O_{23}$ ) et de molybdène ( $Mo_8O_{23}$ ), de couleur bleue. L'intensité de cette coloration bleue est proportionnelle à la concentration des phénols totaux dans le milieu réactionnel (**Singleton et al., 1999**).

#### Préparation d extraits

L'échantillon de sardine a été soumis à une extraction par Soxhlet à l'aide d'un solvant alcoolique de type ethanol. Après évaporation du solvant, l'extrait obtenu a été conservé à l'abri de la lumière jusqu'à son utilisation pour les différentes analyses.

#### Mode opératoire

Dans des tubes à essai, 0,5 mL de l'extrait de sardine a été mélangé avec du réactif de Folin-Ciocalteu préalablement dilué au 1/10. Après agitation, le mélange a été incubé pendant 6 minutes à température ambiante. Une solution de carbonate de sodium à 7,5 % a ensuite été ajoutée, puis l'ensemble a été incubé à l'obscurité pendant deux heures.

L'absorbance a été mesurée à 765 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible, avec l'éthanol utilisé comme blanc. (*Lit et al., 2007*).

### **Courbe d'étalonnage**

La teneur en polyphénols totaux a été déterminée à l'aide d'une courbe d'étalonnage élaborée à partir d'une solution mère d'acide gallique 10 mg dissous dans 100 mL d'eau distillée. À partir de cette solution, des solutions étalons ont été préparées aux concentrations suivantes : 0,00 ; 0,01 ; 0,02 ; 0,03 ; 0,04 et 0,05 mg/mL. L'absorbance de chaque solution a été mesurée, puis utilisée pour établir la droite d'étalonnage de type  $y=ax+b$ . Les résultats sont exprimés en milligrammes d'équivalents acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/g MS).

### 2. Dosage des flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes a été réalisé selon la méthode colorimétrique utilisant le trichlorure d'aluminium ( $\text{AlCl}_3$ ) et la soude ( $\text{NaNO}_2$ ), telle que décrite par **(Kim et al. 2003)**.

Cette méthode repose sur la capacité des flavonoïdes à former des complexes colorés avec  $\text{AlCl}_3$ , induisant une coloration jaunâtre caractéristique.

Parallèlement, les complexes formés avec le nitrite de sodium conservent une teinte rosée. Ces complexes présentent une absorption maximale dans le domaine visible à 510 nm. *(Ardestani et Yazdanparast, 2007)*.

### Mode opératoire

Un volume de 0,5 mL d'extrait dilué a été ajouté à une solution contenant du trichlorure d'aluminium à 10 % ( $\text{AlCl}_3$ ) et de l'acétate d'ammonium à 1 M ( $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ ). Le mélange a été incubé pendant 30 minutes à température ambiante, à l'abri de la lumière. L'absorbance a ensuite été mesurée à 430 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible, en utilisant une solution témoin comme blanc.

### Courbe d'étalonnage

Pour quantifier les flavonoïdes totaux, une courbe d'étalonnage a été établie à partir de solutions standards de quercétine aux concentrations suivantes: 0, 20, 40, 60, 80 et 100  $\mu\text{g/mL}$ . L'absorbance de chaque solution a été mesurée à 430 nm, et les valeurs obtenues ont

permis de tracer la droite d'étalonnage de type  $y=ax+b$ . Les résultats ont été exprimés en équivalents quercétine (EQ) à partir de cette courbe

### 3. Évaluation de l'activité antioxydante par piégeage du radical DPPH

Cette méthode repose sur la capacité des composés antioxydants à neutraliser le radical libre DPPH· (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle).

Lorsqu'un antioxydant est présent, il cède un atome d'hydrogène au radical DPPH·, entraînant sa réduction en 2,2-diphényl-1-picrylhydrazine, une forme non radicalaire de couleur jaune.

Ce changement de couleur, mesurable par spectrophotométrie, traduit le pouvoir antioxydant de l'échantillon (**Brand-Williams et al., 1995**).

#### Mode préparatoire

Des dilutions de l'extrait de sardin ont été préparées à différentes concentrations: 0 µg/mL, 100 µg/mL, ... jusqu'à 1000 µg/mL. Pour chaque dilution, un volume fixe de la solution de DPPH, préalablement préparée dans de l'éthanol, a été ajouté. Les mélanges ont ensuite été agités doucement afin d'assurer une homogénéisation optimale.

L'absorbance de chaque solution a été mesurée à 517 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible. Cette mesure permet d'évaluer la décoloration de la solution, reflétant la capacité de l'extrait à neutraliser les radicaux libres DPPH grâce à ses composés antioxydants.

Un contrôle positif a été réalisé en parallèle à l'aide de dilutions standards d'acide ascorbique (vitamine C) aux concentrations suivantes: 40 µg/mL, 80 µg/mL, ... jusqu'à 200 µg/mL, selon le même protocole.

Les mesures ont été effectuées en présence des témoins suivants:

- Un blanc, utilisé pour le calibrage du spectrophotomètre
- Un contrôle négatif, représentant l'absorbance maximale sans antioxydant
- Un contrôle positif, servant de référence antioxydante.

### Expression des résultats

L'activité antiradicalaire obtenue à partir de la poudre de dattes a été exprimée en pourcentage d'inhibition (I) du radical DPPH suivant l'équation:

$$I \% = \left( \frac{Abs0 - Abs1}{Abs0} \right) \times 100$$

où:

- Abs0 = absorbance du témoin (DPPH seul)
- Abs1 = absorbance de l'échantillon à une concentration donnée

À partir de ces valeurs, une courbe de régression représentant le % d'inhibition en fonction de la concentration de l'échantillon est tracée.

La concentration inhibitrice 50 % (IC<sub>50</sub>), c'est-à-dire la concentration nécessaire pour réduire 50 % des radicaux DPPH, est ensuite déterminée à partir de cette courbe.

La concentration qui permet d'inhiber 50% des radicaux libre est exprimée en mg/mL et peut être comparée à celle d'un antioxydant de référence tel que l'acide ascorbique (**Andzi Barhé & Feuya Tchouya, 2015**).

# **Partie III : Résultats et discussion**

## Partie III : Résultats et discussion

### I. Résultats d'évaluation de la qualité nutritionnelle

#### 1. Résultats du teneur en eau et matière sèche

Nous caractérisons le profil nutritionnel de la chair de la sardine « *Sardina Pilchardus* » et ceci en faisant des comparaisons par des analyses statistique. Les résultats sont représentés par pourcentage (%)

Les resultats de teneur en eau et celle de la matiere seche sont representees dans le tableau,05.

Tableau.05: Teneur en eau et matière sèche.

Paramètres Espèces	Teneur en eau%	Teneur en matière sèche%
<i>Sardina. pilchardus</i>	76,2	23,8
USDA (sardine) 2021	65 - 75	25 - 35

la figure,11 nous montre que le pourcentage de la teneur en eau depasse largement

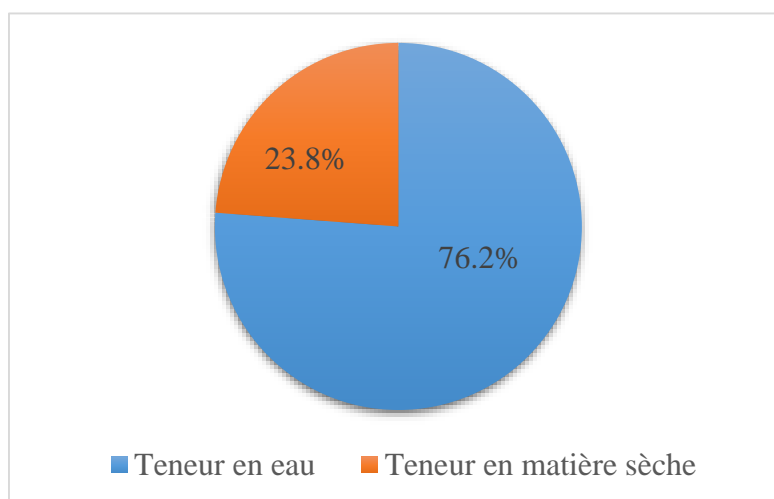


Figure 10: Teneur en eau et en matière sèche (%) de la chair de (*Sardina pilchardus*)

D'après les résultats obtenus, la teneur moyenne en eau (humidité %) de la sardine est supérieure à ceux de l'USDA, légèrement élevé mais normal (l'USDA.2021).

### 2. Résultats de teneur en matière grasse

Les résultats de la teneur en matière grasses de la sardine qui était évaluée à 11,5% sont représentés dans le tableau.06.

Les lipides constituent la source primaire d'énergie pour les poissons (VIERLING, 2008), leur concentration varie d'une espèce à l'autre et même au sein d'un même individu. Les fluctuations de la teneur en graisses chez les poissons sont principalement liées à l'alimentation, à l'âge, à la saison et aux conditions biologiques (PRATO et BIANCOLINO, 2012).

Tableau.06: Teneur en matière grasse

Paramètres Espèces	Teneur en matière grasse%
<i>Sardina. pilcardus</i>	11,5
USDA (sardine) 2021	10 – 13

Cette estimation est parfaitement conforme aux valeurs rapportées par la base de données USDA, qui indique une teneur en lipides comprise entre 10 % et 13 % pour les sardines fraîches.

Cette concordance suggère que l'échantillon analysé présente une composition lipidique typique des sardines crues. L'évolution de la quantité totale de matières grasses dépend du type d'aliment présent dans l'environnement, de l'âge et du stade de croissance ou de reproduction. (Ackman, R. G. 1989)

### 3. Détermination du potentiel d'hydrogène (pH)

Les résultats du potentiel d'hydrogène obtenus sont mentionnés dans le tableau.07.

Tableau.07: Evaluation des valeurs moyennes en pH

	Témoin Temperature ambiante	Après 7 jours 55 °C	Après 15 jours 37 °C
pH	5,80	5	5

La mesure du pH à l'aide de bandelettes dans une suspension de chair de sardine avait permis d'évaluer indirectement l'état de fraîcheur du poisson et l'évolution de sa qualité lors du stockage.

Le pH initial de 5,80 observé dans l'échantillon témoin à température ambiante était légèrement inférieur à celui généralement mesuré dans le poisson très frais (habituellement autour de 6,2 à 6,5), ce qui pourrait s'expliquer par une acidification post-mortem naturelle liée à la glycolyse et à la production d'acide lactique (**Huss, H. H. 1995**).

Après incubation à 55 °C pendant 7 jours, une diminution significative du pH était retrouvée à 5,00. Cette baisse pourrait être attribuée à une dégradation avancée des composés azotés et glucidiques sous l'effet de la chaleur, favorisant la croissance microbienne et la formation d'acides organiques. La température élevée agit comme un catalyseur des réactions enzymatiques, intensifiant l'altération. (**Gram, L., & Huss, H. H. 1996**).

L'échantillon incubé à 37 °C pendant 15 jours avait présenté également un pH de 5,00. La température plus modérée ralentit les processus d'altération par rapport à 55 °C, mais la durée prolongée de l'incubation permet d'atteindre un niveau d'acidification similaire. Cela suggère que les processus de dégradation enzymatique et microbienne sont bien enclenchés, indépendamment de la température, dès lors que le temps est suffisant. (**Ghaly et al., 2010**).

## **II. Résultats d'évaluation de la qualité microbiologique**

### **1. Résultats du dénombrement des la flore mésophile aérobie totale(FTAM)**

L'observation macroscopique avait révélé après culture bactérienne dans les boites de petris dans le milieu PCA la presence de colonies rondes isolees, de taille moyenne, et de couleur blanc. (Figure,12).



**Figure.11:Les colonies des FTAM après 24h.**

Le tableau,08 revele la valeur du dénombrement des germe FTAM qui de lordre  $14.10^2$ UFC/g

**Tableau.08: Dénombrement des FTAM**

<b>Germe recherché</b>	<b>Dénombrement (UFC/g)</b>
<b>FTAM</b>	$14.10^2$

En ce qui concerne la flore mésophile totale, la contamination microbienne des poissons destinés à l'alimentation humaine est exprimée en unités formant colonies par gramme.

### Partie III : Résultats et discussion

de contenu (UFC/g). La FTAM inclut tous les micro-organismes ayant un optimum de croissance situé entre 18 et 30 °C, comprenant les mésophiles, et les psychrophiles. (ICMSF, 1986)

Une flore aérobie mésophile totale de l'ordre de 40.102 UFC/g a été dénombrée dans les sardines conservées par congélation. Elle s'avère en dessous du seuil d'acceptabilité de 106UFC/g (Journal officiel Algérien N°35/1998).

Dans le cas présent, les sardines analysées présentent une charge microbienne de  $14 \times 10^2$  UFC/g.(Tableau,08) Ce niveau de contamination est considérablement inférieur au seuil maximal acceptable de  $10^6$  UFC/g fixé par les normes algériennes (Journal Officiel Algérien N°35/1998). Cela indique que le produit est microbiologiquement sain et qu'il n'y a pas de risque immédiat pour la santé du consommateur.

## Partie III : Résultats et discussion

### 2. Résultats du dénombrement des *Coliformes totaux*

L'observation macroscopique avait révélé après culture bactérienne dans les boîtes de petris dans le milieu VRBL la présence de colonies rondes isolées, de taille moyenne, et de couleur rouge. (Figure,13).

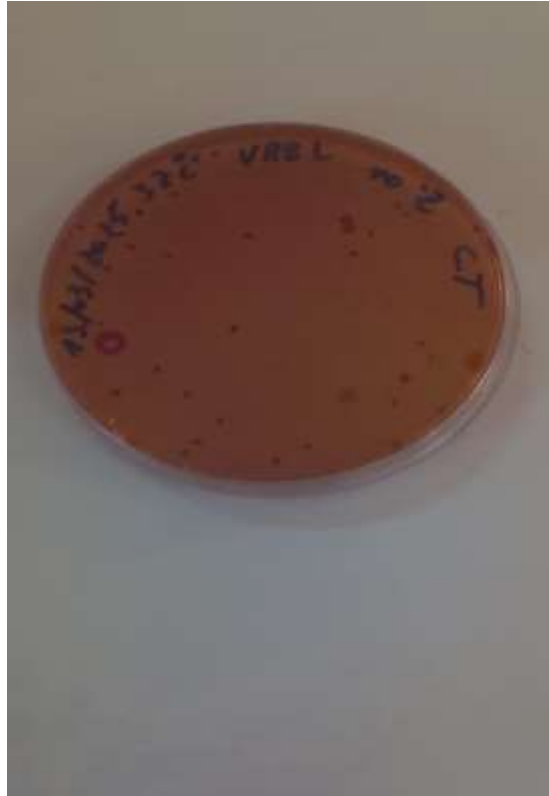


Figure 12: Les colonies des *Coliformes totaux*

Le tableau,09 revele que le dénombrement des *coliformes totaux* est evalue a  $2.10^2$ UFC/g

Tableau.09: Dénombrement des Coliformes totaux

Germes recherchés	Dénombrement (UFC/g)
<i>Coliformes totaux</i>	$2.10^2$

### Partie III : Résultats et discussion

Les *coliformes totaux* sont considérés comme des indicateurs indirects d'une contamination d'origine fécale. Il s'agit de bactéries en forme de bâtonnets, Gram négatif, aérobies ou anaérobies facultatives, caractérisées par la présence de l'enzyme  $\beta$ -galactosidase. Cette enzyme leur permet d'hydrolyser le lactose à 37 °C, produisant ainsi de l'acide lactique et du gaz en milieu approprié. (Madigan et al., 2018).

## Partie III : Résultats et discussion

### 3. Résultats du dénombrement des *Coliformes fécaux*

L'observation sur la figure 14 avait revele l'absence totale de colonie bacterienne sur le boite de petris dont la culture avait ete effectue dans le milieu de culture VRBL.



Figure.13: Absence des *coliformes fécaux*

Le tableau 10 revele que le dénombrement des *coliforms fécaux* etait nulle.

Tableau.10: Dénombrement des *Coliformes fécaux*

Germes recherchés	Dénombrement (UFC/g)
<i>Coliformes fécaux</i>	00

### Partie III : Résultats et discussion

Cette absence témoigne d'une bonne qualité hygiénique du produit et indique que les conditions de manipulation, de traitement et de conservation ont été respectées notamment la chaîne de froid et aussi témoigne que la zone de pêche n'est pas affectée par une pollution bactérienne caractérisée par les coliformes fécaux.

Les *coliformes fécaux* sont généralement utilisés comme indicateurs de contamination d'origine fécale et, par conséquent, de la présence potentielle d'agents pathogènes. Leur absence suggère que le poisson n'a pas été exposé à une contamination d'origine fécale, que ce soit lors de la pêche, du transport ou de la transformation. Cela reflète également une efficacité satisfaisante des pratiques d'hygiène et de contrôle sanitaire appliquées. (**Tortora et al., 2018**).

### 4. Résultats du dénombrement des *Staphylococcus aureus*

L'absence de colonies noires entourées d'un halo clair sur les milieux de culture, dans les échantillons de sardine, (Figure,15) indique que le dénombrement de la flore microbienne n'a révélé aucune présence de *Staphylococcus aureus*. (tableau,11).



Figure.14: Absence des *Staphylococcus aureus*

Tableau .11: Dénombrement des *Staphylococcus aureus*

Germes recherchés	Denombrement (UFC/g)
<i>Staphylococcus aureus</i>	00

*Staphylococcus aureus* est un microorganisme pathogène reconnu pour provoquer diverses manifestations cliniques chez l'homme. Il est fréquemment impliqué dans les toxico-infections alimentaires, en raison de sa capacité à produire des entérotoxines thermostables responsables de gastro-entérites (Argudín et al., 2010). Par ailleurs, *Staphylococcus aureus* est également un agent commun d'infections rhinopharyngées et cutanées, qui sont plus fréquentes que les atteintes gastro-intestinales. (Lowy, 1998).

## Partie III : Résultats et discussion

### 5. Résultats du dénombrement des *Clostridium sulfito-réducteurs*

Sur la figure,16 on avait constaté une absence totale de colonies bacterienne dans les boite de petris dont la culture etait faite dans le milieu viande de foi (V.F) préparé.



Figure.17: Absence des *Clostridium SR*

le tableau,12 a revele que le dénombrement des *Clostridium sulfito-réducteurs* etait nulle.

Tableau .12: Dénombrement des *Clostridium SR*

Germes recherchés	Denombrement (UFC/g)
<i>Clostridium SR</i>	00

Selon **Joffin, (1992)**, la présence de *Clostridium SR* est un indice de contamination fécale ancienne à cause de leurs spores résistant dans l'environnement.

### III. Résultats d'évaluation d'analyse biochimique

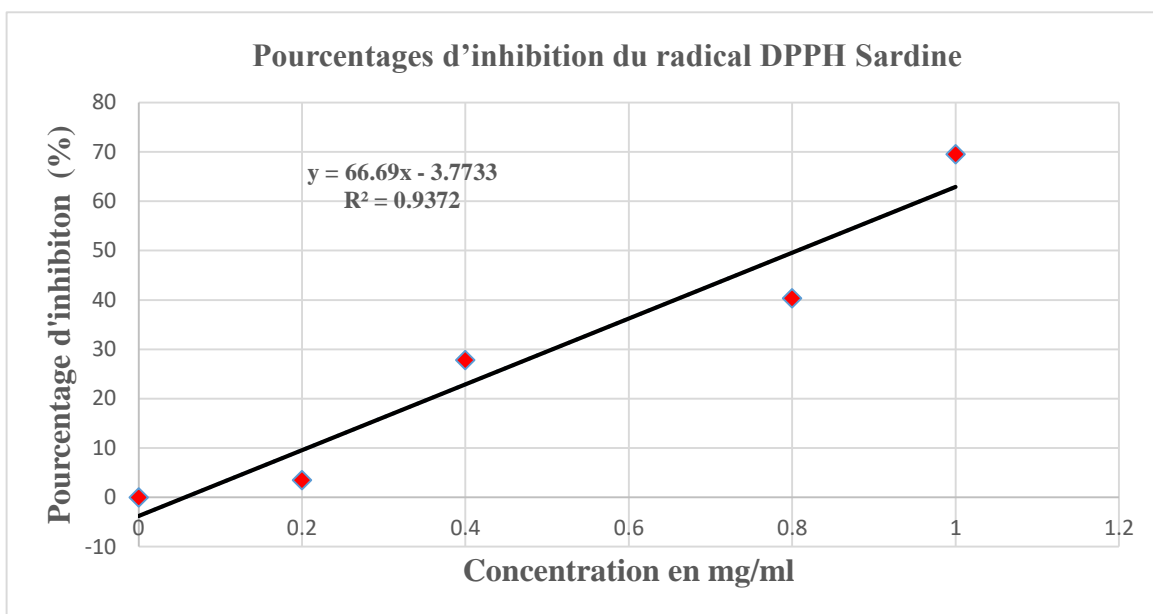
#### 1. Évaluation de l'activité antioxydante par piégeage du radical DPPH

L'évaluation de l'activité antioxydante de *Sardina pilchardus* et de l'acide ascorbique a été réalisée à l'aide du test au radical libre DPPH. Une méthode largement utilisée pour mesurer la capacité de piégeage des radicaux libres des composés antioxydants.

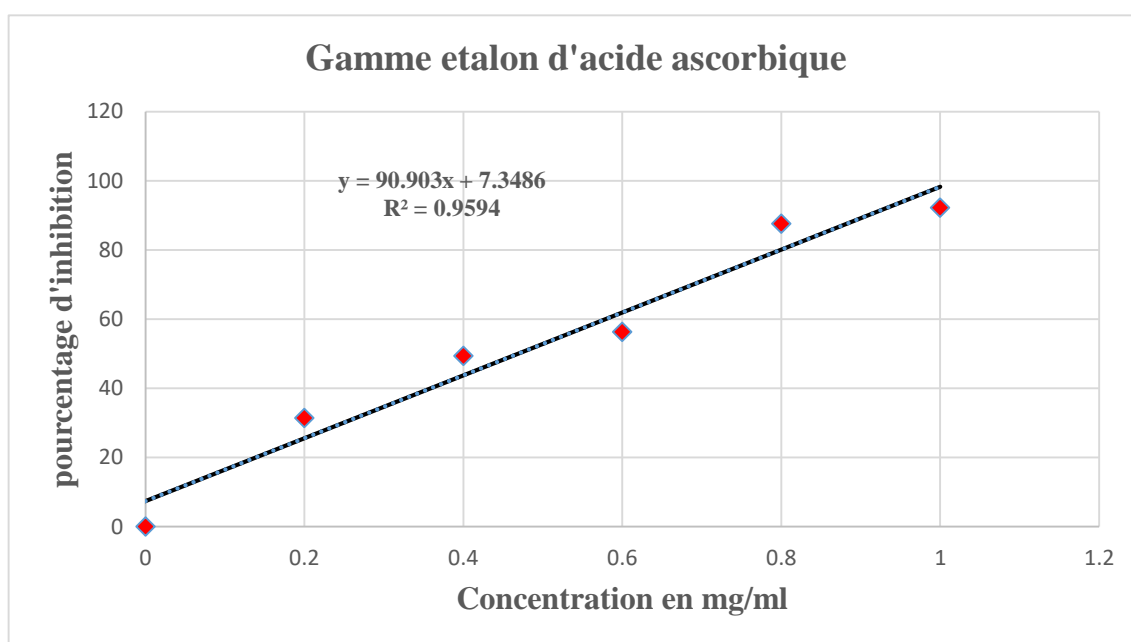
Les mesures de l'absorbance au spectrophotomètre pour chaque dilution ont été effectuées en triplicat, puis la moyenne de ces trois valeurs a été utilisée pour calculer les pourcentages d'inhibition. Les écarts types observés étaient très faibles, ce qui témoigne d'une excellente reproductibilité du test. (**Brand-Williams et al, 1995**).

Les pourcentages d'inhibitions de l'acide ascorbique et de l'extrait brut ont été calculés à partir des valeurs de densité optique mesurées à 517 nm, en utilisant le DPPH éthanolique en tant que témoin blanc. Les courbes d'inhibition de l'activité anti radicalaire sont présentées dans les figures, 18 et 19.

### Partie III : Résultats et discussion



**Figure.18: Pourcentage d'inhibition du radical DPPH en fonction des concentrations de l'extrait brut de *Sardina pilchardus***



**Figure.19: Courbe d'étalonnage d'acide ascorbique**

### Évaluation de Concentration Inhibitrice 50% (IC50)

Le tableau, 13, interprète les valeurs de la Concentration Inhibitrice 50% (IC50) qui est estimée à 0,806mg/ml.

L'IC50 est inversement liée au pouvoir antioxydant, plus la valeur de l'IC50 est faible, plus l'échantillon est efficace pour neutraliser les radicaux libres. Elle correspond à la concentration de l'échantillon nécessaire pour inhiber 50 % des radicaux DPPH. Cette valeur est déterminée par régression linéaire des pourcentages d'inhibition obtenus en fonction des différentes concentrations testées de l'extrait. (**Brand-Williams et al. 1995**) (Tableau, 13).

**Tableau.13: Valeurs de l'IC50 d'extraits de *Sardina pilchardus* et de la vitamine C**

Extrait	IC50 (mg/ml)
<i>Sardina pilchardus</i>	0.806
Acide ascorbique	0.469

Les résultats montrent que l'extrait brut de *Sardina pilchardus* présente une IC50 de 0,806 mg/ml, tandis que l'acide ascorbique présente une IC50 de 0,469 mg/ml. Ces valeurs indiquent que l'acide ascorbique possède une activité antioxydante plus élevée, puisqu'une concentration plus faible est suffisante pour atteindre 50 % d'inhibition.

L'extrait de sardine montre une activité antioxydante modérée, ce qui reste cohérent avec les résultats observés dans la littérature pour les produits d'origine marine riches en peptides bioactifs ou en composés lipidiques à potentiel antioxydant (**Bougatef et al. 2010**).

Cette activité peut s'expliquer par la richesse de *Sardina pilchardus* en composés bioactifs tels que les acides gras oméga-3 (EPA et DHA), les peptides issus de l'hydrolyse des protéines ainsi que certains micronutriments comme le sélénium, la vitamine E et les coenzymes. Plusieurs études ont montré que les hydrolysats de protéines de poissons bleus possèdent une activité antioxydante mesurable, notamment en raison de la présence de peptides à faible poids moléculaire capables de piéger les radicaux libres ou de chélater les ions métalliques pro-oxydants (**Halim, et al, 2016**).

### 2. Résultats de dosage des polyphénols

Le tableau, 14 interprete le resultat de la Teneur en polyphénols totaux estimée à 0,033 mg EAG/g.

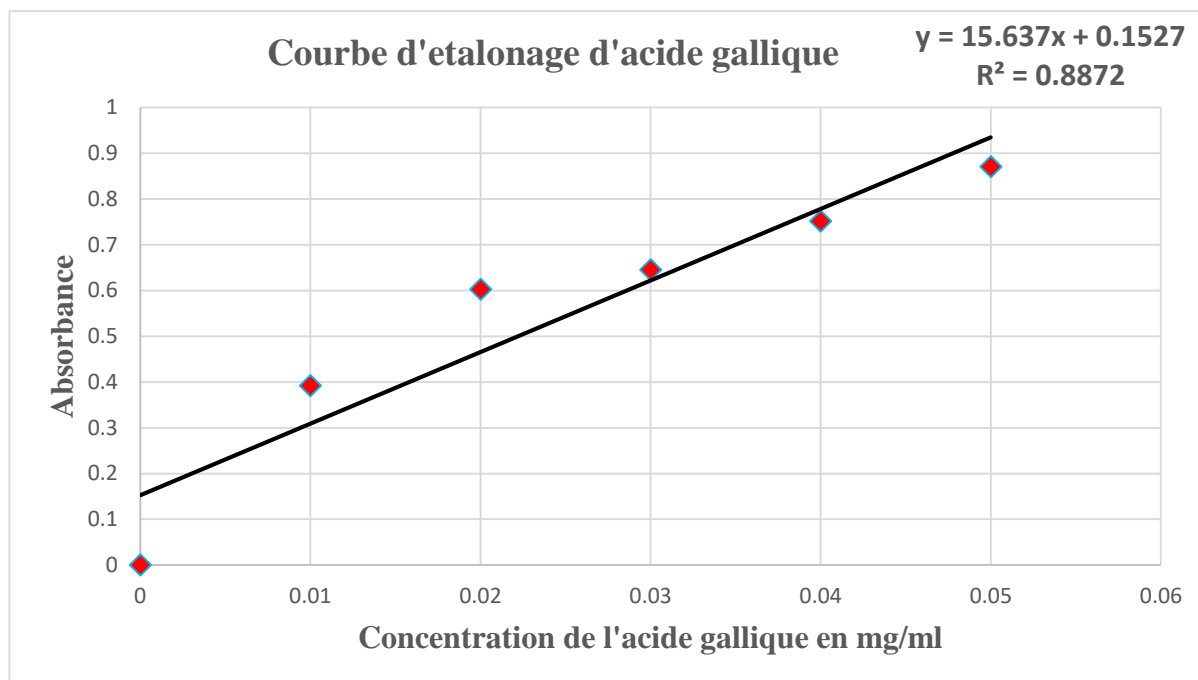
**Tableau.14: Teneur en polyphénolstotaux exprimée en mg EAG/g.**

Echantillon	Teneur en polyphénols totaux mg EAG/g
<i>Sardina pilchardus</i>	0.033

La teneur en polyphénols totaux de l'extrait brut de *Sardina pilchardus* a été déterminée par la méthode colorimétrique de Folin-Ciocalteu, en utilisant l'acide gallique comme standard. Les absorbances des extraits ont été mesurées par spectrophotométrie, chaque analyse ayant été réalisée en triplicat afin d'assurer la fiabilité et la reproductibilité des résultats.

Les données obtenues sont illustrées dans la figure, 18. La concentration en équivalent acide gallique (EAG) a été calculée à partir de l'équation de la courbe d'étalonnage.

Les résultats obtenus montrent que l'extrait brut de *Sardina pilchardus* contient une quantité notable de polyphénols totaux, estimée à 0.033 mg EAG/g d'extrait sec. Cette teneur, bien que relativement modeste comparée à certaines sources végétales riches en composés phénoliques, reste significative compte tenu de l'origine marine de l'échantillon. (Singleton, et al 1999).



**Figure.20: Courbe d'étalonnage de l'acide Gallique.**

La méthode colorimétrique de Folin-Ciocalteu utilisée pour cette analyse est couramment employée pour l'évaluation globale des composés phénoliques, bien qu'elle ne soit pas spécifique aux seuls polyphénols, ce qui pourrait entraîner une légère surestimation. Cependant, la bonne linéarité de la courbe d'étalonnage atteste de la fiabilité de la méthode dans les conditions expérimentales adoptées. (Dai, et al. 2010), ce qui est le cas pour notre

La présence de polyphénols dans un extrait marin comme celui de *Sardina pilchardus* peut être attribuée à la fois aux composés phénoliques naturels présents dans les tissus du poisson, mais aussi potentiellement à des métabolites secondaires issus de son régime alimentaire ou de son environnement. Ces composés sont connus pour leurs propriétés antioxydantes, et leur présence pourrait contribuer à l'activité antioxydante globale de l'extrait, ce qui justifie pleinement leur dosage en tant qu'indicateur de l'intérêt biologique potentiel de l'échantillon. (Shahidi, et al, 2015).

## Partie III : Résultats et discussion

### 3. Résultats de dosage des flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes totaux a été déterminée par une méthode colorimétrique, en utilisant la quercétine comme standard de référence. Les absorbances mesurées ont permis d'établir la courbe d'étalonnage présentée à la figure 19.

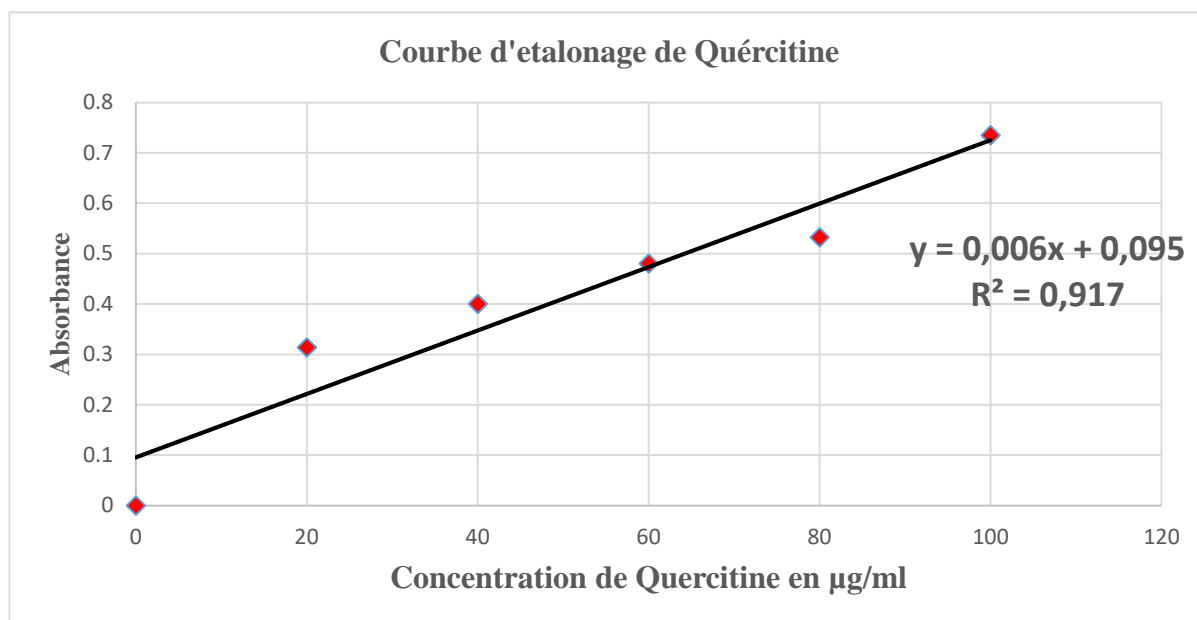


Figure.21: Courbe d'étalonnage de quercétine

Le tableau 15 interprète la valeur de la teneur en flavonoïdes totaux estimée à 33.67 µg EQ/g.

Tableau. 15: Teneur en flavonoïdes totaux exprimée en µg EQ/g

Echantillon	Teneur en flavonoides totaux (µg EQ/g)
<i>Sardina pilchardus</i>	33.67

L'analyse des flavonoïdes totaux de l'extrait de *Sardinella pilchardus* a révélé une teneur de 33.67 µg EQ/g, exprimée en équivalents de quercétine. Ce résultat met en évidence la présence non négligeable de flavonoïdes dans l'extrait marin, des composés largement reconnus pour leurs propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et protectrices contre le stress oxydatif.

### Partie III : Résultats et discussion

La courbe d'étalonnage obtenue à partir de la quercétine, utilisée comme standard de référence, présente une bonne linéarité ( $R^2 = 0,9685$ ), attestant de la fiabilité de la méthode colorimétrique employée. Cette méthode, bien qu'elle puisse être influencée par la présence d'autres composés phénoliques, demeure l'un des outils les plus répandus pour l'estimation rapide et globale des flavonoïdes. **(Chang, et al 2002).**

La présence de flavonoïdes dans *Sardinella pilchardus* pourrait s'expliquer par l'accumulation de métabolites bioactifs d'origine alimentaire ou environnementale. Ces composés, généralement abondants dans les végétaux, peuvent être transférés aux organismes marins via la chaîne alimentaire. Leur détection dans l'extrait suggère que *Sardina pilchardus* pourrait être une source potentielle de substances antioxydantes naturelles. **(Kumar, S., & Pandey, A. K. 2013).**

# **Partie IV: Conclusion**

## Partie IV : Conclusion

*Sardina Pilchardus* est une espèce pélagique présentant un intérêt économique, et une valeur nutritionnelle très importante, pêchée sur toute la côte, mais actuellement les différents débarquements de cette espèce sont en régression, alors que ces derniers étaient très élevés sur toutes les zones de pêche de la côte de Mostaganem.

L'objectif de cette étude de recherche est de mettre en œuvre d'une part certains paramètres physicochimiques comme le pH, les teneurs en polyphénols totaux et celles des flavonoïdes, et l'évaluation de l'activité antioxydante par piégeage du radical DPPH, et d'autre part de valoriser la qualité nutritionnelle de l'espèce de poisson *Sardina Pilchardus* par la présence ou non des bactéries issues des déversements des eaux usées.

Les résultats de la teneur en eau et matière sèche étaient satisfaisantes et en corrélation avec d'autres travaux. L'estimation de la teneur en matière grasses de la sardine sont dans les normes en comparaison avec d'autres résultats.

La détermination du potentiel d'hydrogène (pH), à différentes températures, ambiante, pendant 15 jours à température 37°C, et à 55°C pendant 07 jours étaient légèrement inférieures à la normale.

L'évaluation du dénombrement de la flore mésophile (FTAM) s'avère en dessous du seuil d'acceptabilité de 10<sup>6</sup>UFC/g. Le dénombrement des *coliformes totaux* est évalué dépasse les normes fixées à 10 UFC/g ou 10 UFC/100 ml. Le dénombrement des *Coliforms fécaux* était nul. Suite à la non culture des *Coliforms fécaux*, la culture bactérienne d'*Escherichia coli* a été abandonnée. Le dénombrement de la flore microbienne n'a révélé aucune présence de colonies de *Staphylococcus aureus*, et de *Clostridium sulfito-réducteurs*.

Concernant les résultats des paramètres biochimiques testés sur *Sardina Pilchardus* étaient satisfaisantes. Les résultats montrent que l'extrait brut de *Sardina pilchardus* présente une IC50 satisfaisante, par contre l'acide ascorbique présente une Concentration Inhibitrice 50% (IC50) de 0,469 mg/ml qui lui donne une activité antioxydante plus élevée, puisqu'une concentration plus faible est suffisante pour atteindre 50 % d'inhibition. La teneur en polyphénols et celle des flavonoïdes totaux estimées étaient satisfaisantes.

## Partie IV : Conclusion

Au terme de ces constatations *Sardina pilchardus* utilisée dans notre étude de recherche présente une qualité nutritionnelle très élevée considérée surtout par l'absence des différents espèces bactériennes de la flore mesophiles, et les autres espèces faisant parties de la flore bactérienne suite au déversement des eaux usées dans les zones de pêches et qui sont représentées comme indicateurs sanitaires. D'autre part cette espèce présente une activité antioxydante par son pouvoir à atteindre 50 % d'inhibition, et par les différentes teneurs en polyphénols totaux, et en flavonoïdes.

# **Partie V : références bibliographiques**

## Partie V : références bibliographiques

- **Ackman, R. G. (1989).** Marine biogenic lipids, fats, and oils. Boca Raton: CRC Press.
- **Ackman, R. G. (1989).** Nutritional composition of fats in seafoods. *Progress in Food & Nutrition Science*, 13(3-4), 161–289.
- **AFNOR V08-408 (1990).** Détermination de l'activité antioxydante - Méthode par piégeage du radical libre DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle). Association Française de Normalisation (AFNOR), Paris, France.
- **AFNOR, 1985 ;** association Française de normalisation Aliments des animaux, méthodes d'analyse françaises et communautaires. 2eme Edition, 200p.
- **AFNOR, 1985 ;** association Française de normalisation Aliments des animaux, méthodes d'analyse françaises et communautaires. 2eme Edition, 200p.
- **Amanatidou, A., Slump, R. A., Gorris, L. G. M., & Smid, E. J. (2000).** High oxygen and high carbon dioxide modified atmospheres for shelf-life extension of trout: the effect on microbial growth and organoleptic quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(5), 755–760.
- **Andzi Barhé, T., Feuya Tchouya, G.R. (2015).** Comparative study of the anti-oxidant activity of the total polyphenols extracted from Hibiscus Sabdariffa L., Glycine max L. Merr., yellow tea and red wine through reaction with DPPH free radicals. *Arabian Journal of Chemestr*, 2-8.
- **APHA (American Public Health Association). (2017).** Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition.
- **Ardestani, A., & Yazdanparast, R. (2007).** Antioxidant and free radical scavenging potential of Achillea santolina extracts. *Food Chemistry*, 104(1), 21–29.
- **Argudín, M. Á., Mendoza, M. C., & Rodicio, M. R. (2010).** Food poisoning and Staphylococcus aureus enterotoxins. *Toxins*, 2(7), 1751–1773.  
<https://doi.org/10.3390/toxins2071751>
- **Argudín, M. Á., Mendoza, M. C., & Rodicio, M. R. (2010).** Food poisoning and Staphylococcus aureus enterotoxins. *Toxins*, 2(7), 1751–1773.
- **Baird Parker, A. C. (1962).** An improved diagnostic and selective medium for isolating coagulase-positive Staphylococci. *Journal of Applied Bacteriology*, 25(1), 12–19
- **Bensahla Talet L., (2001).** Contamination du rouget de vase (*Mullus barbatus* L., 1758) par
- **Bougatef, A., Nedjar-Arroume, N., Ravallec, R., Barkia, A., Guillochon, D., & Nasri, M. (2010).** Angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibitory and antioxidant activities

## Partie V : références bibliographiques

- of sardinelle (*Sardinella aurita*) by-products protein hydrolysates. *Food Chemistry*, 118(3), 559–565
- **Bourgeois et Leveau, 1991.** Technique d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaires. Vol 3.
  - **Bourgoise, C. M et Lerou, J. Y.1980-1981.** Techniques d'analyses et de contrôle dans les industries agroalimentaires. Vol 3.
  - **Boury, 1985.** L'altération du poisson Rév,Trav,Ins, Peche, Marie.8(3),31,p :282-332
  - **Brand-Williams, W., M. Cuvelier & C. Berset (1995).** Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 28, 25-30.
  - **Cahu, C. L., & Zambonino-Infante, J. L. (2001).** La nutrition des larves de poissons : mise en évidence d'une fenêtre de sensibilité pour l'adaptation au régime alimentaire exogène. *INRA Productions Animales*, 14(3), 177–185.
  - **Chang, C., Yang, M., Wen, H., & Chern, J. (2002).** Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10(3), 178–182.
  - **chapman, G. H. (1945).** The significance of sodium chloride in studies of staphylococci. *Journal of Microbiology*, 50(2), 201–203. [fr.wikipedia.org](http://fr.wikipedia.org)
  - **Chapuis-Lardy, L., Contour-Ansel, D., et Bernhard-Reversat, F. (2002).** Highperformance liquid chromatography of water-soluble phenolics in leaf litter of three *Eucalyptus* hybrids (Congo). *Plant Science*, 163 (2), 217-222.
  - **Chen C.Y., Stemberger R.S., Klaueb., Blum J.D., Pichardt C., Folt C.L., (2000).**Accumulation of heavy metals in food web components across a gradient of lakes. *limnol oceanorg.*,45(7):1525-1536.
  - **Chen, L. Y., Cheng, C. W. & liang, J.Y. (2015).** Effect of esterification condensation on the Folin–Ciocalteu method for the quantitative measurement of total phenols. *Chimie alimentaire*, 170, 10-15
  - **CIQUAL (2012).** [http:// informationnutritionnelles.fr/filets-de-sardinesnature-petit-navire](http://informationnutritionnelles.fr/filets-de-sardinesnature-petit-navire).
  - **Comlade, 1993.** Les produits de la pêche dans la technologie des aliments et hygiène alimentaire, 2éme. Cahier. EdsJ. Lanore, ISBN 286268 : 71-85.  
connaissances et analyse de scénarios d'évolution de la gestion. Ifremer Eds, tome 2: 215 pp.

## Partie V : références bibliographiques

- **Corraze, G., Métailler, R., & Kaushik, S. J. (1999).** Nutrition et alimentation des poissons et crustacés. In Guillaume, J., Kaushik, S., Bergot, P., & Métailler, R. (Eds.), Nutrition et alimentation des poissons et crustacés (pp. 1–46). INRA Editions.
- **Dai, J., & Mumper, R. J. (2010).**
- **Domanévski, L.N. & Barkova, N.A. (1964).** Particularités de la répartition et état des stocks de sardine (*Sardina pilchardus*) au large de l'Afrique nord-occidentale. FAO.
- **Domanévski, L.N. & Barkova, N.A. (1980).** Particularités de la répartition et état des stocks de sardine (*Sardina pilchardus*) au large de l'Afrique nord-occidentale. In FAO, Rapport du Groupe de travail sur l'évaluation des stocks de sardine et d'anchois au large de l'Afrique nord-occidentale, Casablanca, Maroc, 1-5 décembre 1980. FAO Fisheries Report No. 234, Suppl. 1, p. 8.
- **FAO, 1983.** Codex alimentaires, code d'usage international recommandé pour le poisson frais. FAO/OMS.CAC/RCP/1976, Rome :45p.
- **FAO, 2000.** Département de la pêche de la FAO. Profil de pêche par pays Maroccol ; 6p.
- **FAO. (1995).** Quality and quality changes in fresh fish (FAO Fisheries Technical Paper No. 348). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- **FAO. (2002).** Fisheries Synopsis No. 170, Rev. 2: *Sardina pilchardus*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- **FAO. 2025.** *Sardina pilchardus* Walbaum, 1792. In: Fisheries and Aquaculture.
- **Forest, A., (2001).** Ressources halieutiques hors quotas du Nord Est Atlantique : bilan des
- **Furnestin, M.-L. (1959).** Le régime alimentaire des poissons pélagiques en Méditerranée occidentale. Rapports et Procès-verbaux des Réunions, Conseil International pour l'Exploration de la Mer, 14, 23–39.
- **Ghaly, A. E., Dave, D., Budge, S., & Brooks, M. (2010).** Fish Spoilage Mechanisms and Preservation Techniques: Review. *American Journal of Applied Sciences*, 7(7), 859–877.
- **Ghaly, A.E., Ramakrishnan, V.V., Brooks, M.S., Budge, S.M. and Dave, D., (2013).** Fish processing wastes as a potential source of proteins, amino acids and oils: A critical review.
- **Gram, L., & Huss, H. H. (1996).** Microbiological spoilage of fish and fish products. *International Journal of Food Microbiology*, 33(1), 121–137.
- **Guiraud, 1998.** Microbiologie alimentaire, edDunod, paris : PP : 149- 150.
- **Guthman, 1991.** Techniques d'analyses et de contrôle dans les industries agroalimentaire, volume III, ed. Lavoisier, paris : pp 256

## Partie V : références bibliographiques

- **Halim, N. R. A., Yusof, H. M., & Sarbon, N. M. (2016).** Functional and bioactive properties of fish protein hydrolysates and peptides: A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*, 51, 24–33.
- **Huss, 1999.** La qualité et son évolution dans le poisson frais, organisation des notions unis de l'alimentation de l'agriculture Rome.
- **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.
- **Huss, H. H. 1998.** Assurance de qualité des produits de la mer. FAO Document technique sur les pêches. N°334, Rome, FAO.1995.186P.
- **ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods). (1986).** Microorganisms in Foods 2: Sampling for Microbiological Analysis: Principles and Specific Applications (2nd ed.). University of Toronto Press, Toronto.
- **ISO 15213:2003.** Microbiology of food and animal feeding stuffs — Horizontal method for the enumeration of sulfite-reducing bacteria growing under anaerobic conditions. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- **ISO 4832:1991.** Microbiology — General guidance for the enumeration of coliforms — Colony-count technique. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- **ISO 4833-1:2013.** Microbiology of the food chain — Horizontal method for the enumeration of microorganisms — Part 1: Colony count at 30 °C by the pour plate technique. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- **Jay, J. M., Loessner, M. J., & Golden, D. A. (2005).** *Modern Food Microbiology*. Springer.
- **Joffin, C. (1992).** *Microbiologie alimentaire : hygiène et sécurité des aliments*. Paris : Tec & Doc – Lavoisier.
- **Josiane Cry, 2006.** Attention de la nutrition-Article- Institut des nutraceutique et des nutraceutique et des aliments fonctionnels (INAF). *Journal of Microbial and Biochemical Technology*, 5, 4.
- **Jouve J. L, 1996.** La qualité microbiologique des aliments. CNERNA.2éme édition, ISBN, 2-84054-040-1, paris : 563p.
- **Kada, O., Abdellaoui, S., Najih, M., & Nachite, D. (2010).** Estimation de la croissance de la sardine (*Sardina pilchardus* Walb., 1792) de la région centro-orientale de la Méditerranée marocaine à l'aide de l'étude des otolithes. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie*, 32(1), 13–15.

## Partie V : références bibliographiques

- **Kim, H. P., Son, K. H., Chang, H. W., & Kang, S. S. (2004).** Anti-inflammatory Plant Flavonoids and Cellular Action Mechanisms. *Journal of Pharmacological Sciences*, 96(3), 229–245.
- **Koning et Mol, 1991.** Intérêt nutritionnel de la sardine fraîche pêchée en mer méditerranée. *Cahiers de Nutrition et de la Diététique*, 6 :12pp
- **Kumar, S., & Pandey, A. K. (2013).** Chemistry and biological activities of flavonoids: An overview. *The Scientific World Journal*, 2013, Article ID 162750.
- **Lasserre, G., & Petit, M. (2003).** Les poissons des mers européennes: Biologie, écologie, exploitation. Paris: Éditions Belin.
- **Leclerc, H., Mossel, D. A. A., Edberg, S. C., & Struijk, C. B. (2001).** Advances in the bacteriology of the coliform group: their suitability as markers of microbial water safety. *Rev. Environ. Health*, 16(2), 105–117.
- **Lemoine, A., & Carpentier, S. (2019).** *Sécurité et qualité des produits de la mer : impacts des facteurs physico-chimiques*. *Journal des Sciences Alimentaires*, 22(3), 245-258.
- **Lit, M., Houghton, P. J., Hylands, P. J., & Doughton, P. J. (2007).** The evaluation of the antioxidant activity of African medicinal plants. *Phytotherapy Research*, 21(5), 481–485.
- **Love, R. M. (1970).** The chemical biology of fishes (Vol. 1). London: Academic Press.
- **Lowy, F. D. (1998).** Staphylococcus aureus infections. *New England Journal of Medicine*, 339(8), 520–532.
- **Madigan, M. T., Bender, K. S., Buckley, D. H., Sattley, W. M., & Stahl, D. A. (2018).** Brock – Biologie des micro-organismes (15e édition). Pearson Éducation.
- **McClane, B. A., Uzal, F. A., Miyakawa, M. F., Lyerly, D., & Wilkins, T. D. (2006).** The enterotoxigenic clostridia. In *The Prokaryotes* (pp. 698–752). Springer.
- **Mersaud O., (2005).** La méditerranée malade de la pollution, Revue de presse du 18 avril. *El Watan*.
- **Montassier, C. 1998.** Les poissons et le milieu marin, *Arti*. Paris, 8p.
- **Morales, A., Pérez, J., & García, L. (1980).** Croissance et longévité de la sardine (*Sardina pilchardus*) dans l'Atlantique Nord-Est. *Cahiers de Biologie Marine*, 21(4), 305-312.
- **Mouhoub, 1986.** Contribution à l'étude de la biologie et de la dynamique de la population exploitée de la sardine *Sardina Pilchardus* (Walbaum, 1792) des côtes algéroises. Thèse de Magistère, USTHB. Alger. 163p
- **MURAY, C ET BURT. 1969.** An investigation of the method of determination TMA in fish muscle extract by the formation of its picrate salts. *ED. Technol.*, 35-46.

## Partie V : références bibliographiques

- **Musset, B., Dupont, J., & Lefèvre, P. (1988).** Biologie de la reproduction de la sardine (*Sardina pilchardus*) : fécondité et développement embryonnaire. *Annales de l'Institut National de la Recherche Halieutique*, 45(2), 67-78.
- **Nader Nciri , 2006.** Fabrication des Conserves de Sardine; 5-6
- **Nataro, J. P., & Kaper, J. B. (1998).** Diarrheagenic *Escherichia coli*. *Clinical Microbiology Reviews*, 11(1), 142–201.
- **NEURAT, 2001.** Poisson coquillage et crustacés. Article de santé 1 4p.
- **NF V08-060:1996.** Microbiologie des aliments — Dénombrement des coliformes présumés par comptage des colonies à 30 °C — Technique par ensemencement en profondeur. Association Française de Normalisation, Paris, France.
- **NJAA, LR ET UTNE, F.1982.**A comparison of the amino acid composition of fifteen species of whole fish
- **Passeport santé.net, 2006.**
- **Pawson, M. G. (1990).** Using otolith weight to age fish. *Fishery Bulletin*, 88(1), 165–170.
- **Pedro, J.M. (1984).** Étude de la reproduction de la sardine (*Sardina pilchardus*) en Méditerranée occidentale. *Revue des Sciences de la Vie*, 12(3), 45-58.
- **Pedro, J.M. (1986).** Développement larvaire de la sardine (*Sardina pilchardus*) : observations en laboratoire. *Journal de Biologie Marine*, 14(2), 101-110.
- Plant phenolics: Extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 15(10), 7313–7352.
- **Prato, E., & Biandolino, F. (2012).** Total lipid content and fatty acid composition of muscle tissue of *Parablennius sanguinolentus* (Pallas, 1814) from the Mediterranean Sea (South of Italy): Nutritional values and seasonal variations. *Journal of Applied Ichthyology*, 28(6), 955–961
- quatre métaux lourds (Cd, Pb, Cu et Zn) pêché dans la baie d'Arzew, Mémoire de master,
- **Quéro, J.C. (1984).** Les poissons de mer des pêches françaises. Paris : Éditions de l'IFREMER.
- **Quéro, J.-C., & Vayne, J.-J. (1997).** Les poissons de mer des pêches françaises. Delachaux et Niestlé.
- **Rompré, A., Servais, P., Baudart, J., de-Roubin, M. R., & Laurent, P. (2002).** Detection and enumeration of coliforms in drinking water: Current methods and emerging approaches. *Journal of Microbiological Methods*, 49(1), 31–54.
- **Rover, M. R., Brown, R. C. (2013).** Quantification of total phenols in bio-oil using the Folin-Ciocalteu method. *Analytical and Applied Pyrolysis*, 104,366-371.

## Partie V : références bibliographiques

- **Salghi, R. (2005).** Analyses physicochimiques des denrées alimentaires. Génie des Procédés, Énergie et Environnement. École Nationale des Sciences Appliquées d'Agadir. 33p
- **Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2015).** Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *Journal of Functional Foods*, 18, 820–897.
- **Shewan, 1974.** Manuscript du 20 juin 1990 biochemical characteristics of tropicale fish p.17-117.
- **Sidhu. 2003.** Health benefits and potential risks related to consumption of fish or fish oil. *Rgul Toxicol Pharmacol*.38(3) :336-344
- **Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999).** Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin–Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152–178.
- **Singleton, V. L., Orthofer, R., Lamuela-Raventos, R. M. (1999).** Analysis of total phenols and otheroxidant substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymologie*, Vol. (299), page: 152-178.
- **Slinkard, K., Singleton, V. L. (1977).** Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enol. Vitic.* 2,8, 49-55.
- **Tortonese, E. (1975).** Osteichthyes (Pesci Ossei). Parte Seconda. In: *Fauna d'Italia*, Vol. XI. Bologna: Calderini.
- **Tortora, G. J., Funke, B. R., & Case, C. L. (2018).** *Microbiologie*. 12e édition, Pearson Éducation France. Université d'Oran,105P.
- **USDA (United States Department of Agriculture). (2021).** FoodData Central: Raw sardine, Atlantic. U.S.
- **Vierling, E. (2008).** *Physiologie des poissons*. Éditions Quae.
- **Whitehead, P. J. P. (1985).** *FAO Species Catalogue*. Vol. 7: Clupeoid fishes of the world (Suborder Clupeioidi), Part 1: Chirocentridae, Clupeidae and Pristigasteridae. *FAO Fisheries Synopsis* No. 125, Vol. 7(1). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- **Whitehead, P. J. P., Nelson, G. J., & Wongratana, T. (1988).** *FAO species catalogue*. Vol. 7: Clupeoid fishes of the world (Suborder Clupeioidi). Part 2 - Engraulididae. *FAO Fisheries Synopsis* No. 125, Vol. 7(2). Rome: FAO.