

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجل-

Université Mohammed Seddik Benyahia -Jijel-

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Microbiologie Appliquée

et Sciences Alimentaires



كلية علوم الطبيعة و الحياة

قسم الميكروبيولوجيا التطبيقية

و علوم التغذية

## Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme : **Master Académique en Sciences de**

**La Nature et de la Vie**

**Filière** : Sciences Alimentaires

**Option** : Agroalimentaire et Contrôle de qualité

## Thème

**Évaluation de la qualité physicochimique et microbiologique  
des filets de la sardine Européenne « *Sardina pilchardus* » salés,  
fumés et stockés à 4°C.**

### Membres de Jury

**Président** : Pr IDOUI T.

**Examinatrice** : Dr DJABALI S.

**Encadrant** : Dr AYAD R.



### Présenté par

M<sup>elle</sup>: AISSANI Roumaissa

M<sup>elle</sup> : ATOUB Selma

**Année Universitaire : 2021-2022**

**Numéro d'ordre (bibliothèque) :**

## ***Remerciements***

Tout d'abord nous remercions « Allah » le tout puissant, de nous avoir accordé santé, courage, volonté et patience pour l'accomplissement de ce travail à terme.

Nos remerciements et profonde gratitude à notre encadreur « **Dr AYAD. R** » pour nous avoir proposé ce sujet si intéressant et nous avoir orienté tout au long de notre travail avec leur judicieux conseils, c'est grâce à sa compétence et indulgence que ce travail a pu être réalisé.

Nous remercions également « **Pr IDOUI. T** » d'avoir accepté la présidence du jury, qu'il trouve ici toutes nos expressions respectueuses.

Nous tenons à remercier « **Dr DJABALLIS** » d'avoir accepté d'examiner notre travail, nous lui exprimons notre profonde reconnaissance.

Nous remercions nos familles qui nous ont encouragé et soutenu physiquement et moralement tout au long de nos études.

Nous remercions également nos amis qui ont partagé avec nous les moments les plus difficiles et les plus beaux.

Sans oublier de remercier les ingénieurs de laboratoire de contrôle de qualité : « **Asma** », « **Imane** », « **Badra** » et « **Mokhtar** » pour leur gentillesse et leur aide.

Enfin, Nos remerciements vont également à nos enseignants qui nous ont accompagné pendant notre cursus universitaire.

***Roumaissa et Selma***

## Dédicaces

À ce moment de bonheur, j'ai le grand plaisir de dédier ce modeste travail :

À

Celui qui m'a toujours encouragé et soutenu durant toutes mes années d'études. Merci pour ton amour et ta confiance totale...À toi très

Cher papa.

À

Ma chère maman, la lumière de mes yeux, grâce à ses prières et son soutien, j'ai réalisé ce que je suis aujourd'hui que Dieu te garde une couronne sur ma tête

À

Mon cher seul frère Okba

À

Mes chères sœurs Chafika, Amira, Meriem et ses enfants

À

Mon binôme Selma qui lui partagé avec moi les moments difficiles.

À tous mes amis proches et surtout Dalila

À tous mes amis de promotion

Enfin à tous ceux qui aiment Roumaïssa

*Roumaïssa*

## Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents, les mots ne sauraient exprimer toute la gratitude, le respect et la reconnaissance que j'ai pour eux. Je ne les remercierais jamais assez pour tout ce qu'ils ont fait pour moi, pour mon éducation, leurs sacrifices et leurs encouragements. Que Dieu vous garde et vous protège.

À

Mes sœurs pour leur gentillesse et leur soutien, que votre chemin soit plein de succès.

À

Mon cher fiancé

À

Mes nièces et neveux

À

Tous mes amis de promotion

À tous mes amis proches et à toutes les personnes que j'ai rencontré et qui ont impacté positivement ma vie.

*Selma*

## Liste des abréviations

**AJR** : Apport Journalier Recommandé

**ATP** : Adénosine Tri Phosphate

**ATT** : Acidité Titrable Totale

**a<sub>w</sub>** : Water Activity :Activité de l'eau

**DMA** : Diméthyle amine

**HR** : Humidité Relative

**SF** : Sardine Fumée

**TMA** : Tri méthyle amine

**UFC** : Unité Formant des Colonies

**GVF** : Gélose Viande Foie

**VRBL** : Violet Rouge Bile Lactose

## Liste des figures

|   | <b>Pages</b> |
|---|--------------|
| <b>Figure 1 :</b> Sardine commune « <i>Sardina pilchardus</i> » .....                       | 3            |
| <b>Figure 2 :</b> Répartition géographique de la sardine européenne .....                   | 4            |
| <b>Figure 3 :</b> Procédé de fabrication des filets de sardines salés et fumés à chaud..... | 18           |

## Liste des tableaux

|  | <b>Pages</b> |
|--|--------------|
| <b>Tableau 1 :</b> Composition nutritionnelle moyenne de 100g de sardine.....  | 5            |
| <b>Tableau 2:</b> Résultats de la détermination du pH et d'acidité titrable des échantillons fumés avant et après stockage.....                            | 25           |
| <b>Tableau 3 :</b> Résultats des teneurs en eau, en matière sèche, et en cendres des échantillons fumés avant et après stockage.....                       | 26           |
| <b>Tableau 4 :</b> Résultats de la détermination des indices de peroxyde, de saponification et d'acide des échantillons fumés avant et après stockage..... | 28           |
| <b>Tableau 5 :</b> Résultats de la teneur en matière minérale et éléments traces métalliques.....  | 29           |
| <b>Tableau 6 :</b> Résultats de l'analyse microbiologique des échantillons analysés.....   | 30           |

## Table de matière

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

**Introduction**..... 01

### Synthèse bibliographique

|   |    |
|---|----|
| 1. Notion de petits pélagiques.....                   | 03 |
| 2. Sardine Européenne <i>Sardina pilchardus</i> ..... | 03 |
| 2.1. Habitat.....                                     | 03 |
| 2.2. Répartition géographique.....                    | 04 |
| 2.3. Alimentation de l'espèce.....                    | 04 |
| 3. Composition nutritionnelle.....                    | 05 |
| 4. Technologie de conservation des sardines.....      | 05 |
| 4.1. Signes d'altération.....                         | 06 |
| 4.1.1. Changements sensoriels.....                    | 06 |
| 4.1.2. Changements microbiologiques.....              | 06 |
| 4.1.3. Changements biochimiques.....                  | 07 |
| 4.2. Techniques de conservation.....                  | 07 |
| 4.2.1. Salage.....                                    | 07 |
| 4.2.1.1. Objectifs du salage.....                     | 07 |
| 4.2.1.2. Méthodes de salage.....                      | 07 |
| 4.2.1.3. Dynamique du salage.....                     | 08 |
| 4.2.1.4. Facteurs influençant le salage.....          | 09 |
| 4.2.1.5. Action de salage.....                        | 10 |
| 4.2.2. Séchage.....                                   | 11 |
| 4.2.2.1. Principe de séchage.....                     | 11 |
| 4.2.2.2. Méthodes de séchage.....                     | 12 |
| 4.2.2.3. Facteurs influençant le séchage.....         | 12 |
| 4.2.2.4. Action de séchage.....                       | 13 |
| 4.2.3. Fumage.....                                    | 13 |
| 4.2.3.1. Principe de fumage.....                      | 13 |
| 4.2.3.2. Types de fumage.....                         | 14 |
| 4.2.3.3. Facteurs influençant le fumage .....         | 14 |
| 4.2.3.4. Action de fumage .....                       | 16 |

### Matériel et méthodes

|   |    |
|---|----|
| 1. Matériel biologique.....                       | 17 |
| 2. Echantillonnage.....                           | 17 |
| 2.1. Saumurage.....                               | 17 |
| 2.2. Dessalage et séchage.....                    | 17 |
| 2.3. Fumage.....                                  | 17 |
| 3. Analyse physicochimique des échantillons ..... | 19 |
| 3.1. Détermination du pH.....                     | 19 |



|   |    |
|---|----|
| 3.2. Détermination de l'acidité titrable totale (ATT).....                              | 19 |
| 3.3. Détermination de la teneur en eau.....   | 19 |
| 3.4. Détermination de la teneur en matière sèche (MS).....                              | 20 |
| 3.5. Détermination de la teneur en cendres.....   | 20 |
| 3.6. Détermination de l'indice de peroxyde (Ip).....                                    | 21 |
| 3.7. Détermination de l'indice de saponification (Is).....                              | 21 |
| 3.8. Détermination de l'indice d'acide (Ia).....  | 21 |
| 3.9. Détermination de la teneur en matière minérale et éléments traces métalliques..... | 22 |
| 4. Analyse microbiologique.....   | 22 |
| 4.1. Préparation de la solution mère et de ses dilutions décimales.....                 | 22 |
| 4.2. Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM).....                      | 23 |
| 4.3. Dénombrement des coliformes totaux et coliformes thermo-tolérants.....             | 23 |
| 4.4. Dénombrement des bactéries lactiques.....  | 23 |
| 4.5. Recherche et dénombrement des <i>Clostridium-sulfito-réducteurs</i> .....          | 23 |
| 4.6. Recherche et dénombrement de <i>Staphylococcus aureus</i> .....                    | 23 |
| 4.7. Dénombrement des levures et moisissures.....                                       | 24 |
| 4.8. Dénombrement de la flore halophile.....  | 24 |

### **Résultat et discussion**

|   |    |
|---|----|
| 1. Analyse physico-chimique des échantillons.....                                       | 25 |
| 1.1. Détermination du pH et de l'acidité titrable.....                                  | 25 |
| 1.2. Détermination des teneurs en eau, en matière sèche et en cendres.....              | 26 |
| 1.3. Détermination des indices.....   | 27 |
| 1.4. Détermination de la teneur en matière minérale et éléments traces métalliques..... | 29 |
| 2. Analyse microbiologique.....   | 30 |
| <b>Conclusion</b> .....   | 32 |
| <b>Références bibliographiques</b> .....  | 33 |
| <b>Annexes</b>  |    |

# *Introduction*

Depuis des milliers d'années, la consommation des produits de la mer, et plus spécifiquement le poisson, se retrouve au centre de l'actualité par rapport aux éléments ou composants bénéfiques à la santé, tels que les acides gras essentiels et principalement les acides gras polyinsaturés à longue chaîne de la famille des omégas-3, les protéines, les vitamines A, D et E et les éléments minéraux (**Chahid, 2016**).

Le poisson joue un rôle important dans la nutrition humaine en raison de ses qualités nutritionnelles mais aussi pour le vaste choix qu'il offre au niveau gustatif, de la texture ou de la forme sous laquelle il est commercialisé : entier ou en filet, frais, congelé, salé, fumé, séché ou transformé (conserves, plats préparés, surimi, etc.) (**Dumay, 2006**).

Comme la plupart de ces produits ne sont disponibles qu'à certaines saisons de l'année et se gâtent rapidement lorsqu'ils sont frais, des méthodes de conservation ont été développées (**Berkel et al., 2005**). Les techniques traditionnelles de transformation (salage, séchage et fumage) perdurent depuis des siècles, dans le but de stabiliser ces produits fragiles, d'assurer leur conservation et d'étaler leur consommation dans le temps (**Zakhia, 1992**).

Bien plus tard, ces technologies se sont combinées, toujours basées sur les mêmes principes de base : la destruction des micro-organismes, l'arrêt ou le ralentissement de la propagation des bactéries, les activités enzymatiques, et les réactions d'oxydation. Cela se fait soit en agissant directement sur ces facteurs, soit en modifiant les paramètres qui limitent leur croissance (**Nganguem, 2007**). De plus, ces technologies s'accompagnent d'une technologie de refroidissement qui ralentit les processus de destruction tissulaire provoqués par les activités enzymatique et bactérienne et prolonge la durée de vie des produits de plusieurs jours (**Tuara, 1999**).

L'objectif de notre travail est d'évaluer la qualité des filets de la sardine Européenne « *Sardina pilchardus* », salés et fumés à chaud et stockés à 4°C. Cette évaluation concerne le suivi de la qualité physicochimique et microbiologique des échantillons fumés avant et après 21 jours de stockage.

Ce présent travail s'articule sur deux parties :

- ✓ La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique permettant de saisir les différentes informations concernant l'espèce *Sardina pilchardus* ainsi que les différentes techniques de conservation appliquées lors de la partie expérimentale de ce travail.

- ✓ La deuxième partie rapporte une étude expérimentale exposant le matériel et les méthodes utilisées, ainsi que l'expression et la discussion des différents résultats obtenus.

*Synthèse  
bibliographique*

## 1. Notion de petits pélagiques

Les petits poissons pélagiques sont des espèces clés dans la chaîne trophique marine et leur présence est nécessaire pour maintenir l'équilibre des écosystèmes ; généralement, ces petits poissons passent la majeure partie sinon la quasi-totalité de leur phase adulte en surface ou en pleine eau. Ces espèces sont totalement libres à l'égard du fond et sont indépendantes de la nature du substrat. Elles vivent en pleine eau et sont caractérisées par des migrations horizontales et verticales importantes (Roos, 2011).

Ces espèces constituent la plus grande part des captures marines mondiales. En Méditerranée, les petits pélagiques exploités totalisent presque 50% des débarquements totaux annuels de pêche. La sardine (*Sardina pilchardus*), L'anchois (*Engraulis encrasicolus*), la sardinelle ronde (*Sardinella aurita*), la sardinelle plate (*Sardinella maderensis*), le hareng (*Clupea harengus*) et le chinchard Européen (*Trachurus trachurus*), sont les principales espèces de petits poissons pélagiques dans l'Atlantique nord-est (Jemaa, 2014).

## 2. Sardine Européenne (*Sardina pilchardus*)

La sardine « *Sardina pilchardus* » est un petit poisson pélagique grégaire appartenant à l'ordre des clupéiformes (Jemaa, 2014). Elle possède un ventre argenté brillant et un dos bleuté, se caractérise par des écailles sessiles qui se détachent facilement du corps, un opercule strié, et les deux derniers rayons de la nageoire anale sont plus allongés que les précédents (Figure 1). Il possède également une série de taches sombres le long des flancs supérieurs (Benguendouz et al., 2018).



Figure 1 : Sardine commune « *Sardina pilchardus* ».

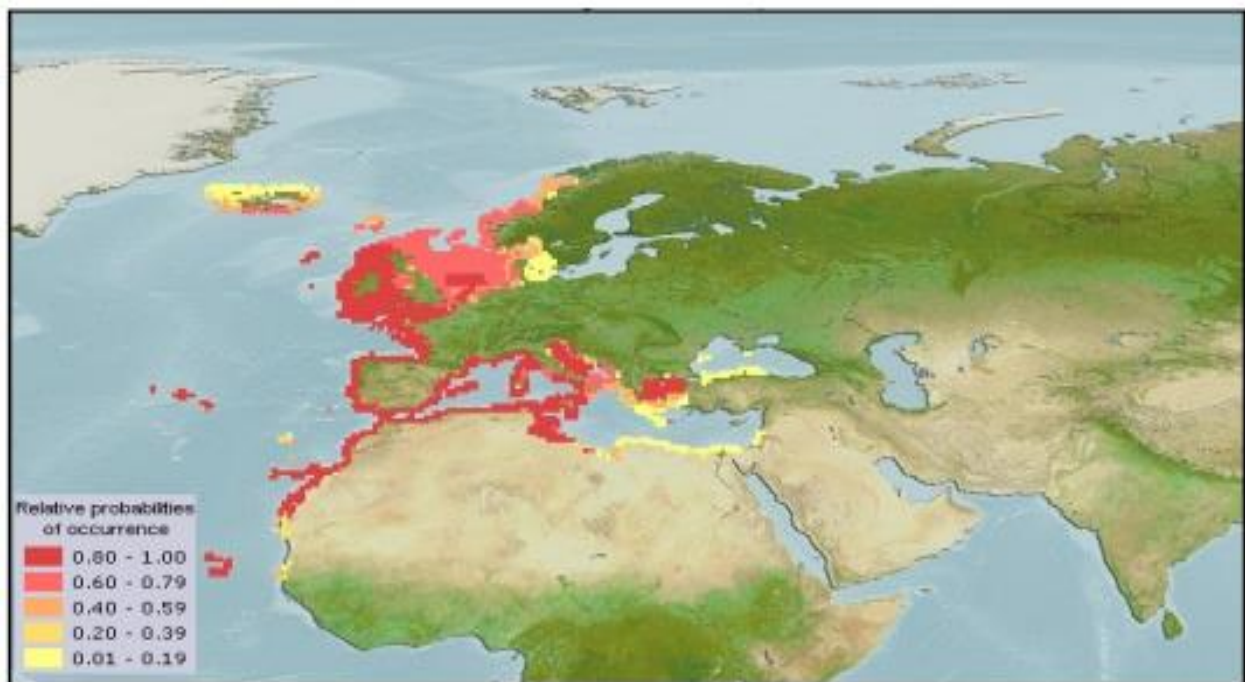
### 2.1. Habitat

La sardine Européenne vit sur le plateau continental à une profondeur maximale de 150 m (Abad et al., 1998). Pendant la journée la sardine est présente à des profondeurs de 30 à 55 m et remonte à 15 à 35 m de profondeur la nuit. Elle effectue aussi des déplacements horizontaux de

faible amplitude qui sont conditionnés par le changement de saisons où elle migre du large vers les côtes durant le printemps et des côtes vers le large à la fin de l'automne. Elle réalise aussi des déplacements le long des côtes qui sont probablement conditionnés par l'âge des individus, la disponibilité de la nourriture essentielle, la température et la reproduction (**Jemaa, 2014**).

## 2.2. Répartition géographique

La sardine Européenne, *Sardina pilchardus* est un poisson de petits pélagiques pouvant être aussi défini comme un poisson du plateau continental, également appelé poisson bleu. C'est l'espèce la plus commune des sardines ; rencontrée dans le Nord Atlantique, les mers méditerranéenne et noire, sa répartition s'étend sur les côtes Atlantiques depuis le Dogger-bank en mer du Nord jusqu'à la côte saharienne en Mauritanie (**Figure 2**), où sont très influencées par les conditions hydro-climatiques (**Benguendouz et al., 2018**).



**Figure 2** : Répartition géographique de la sardine européenne (**Jemaa, 2014**).

## 2.3. Alimentation de l'espèce

Il s'agit d'une espèce planctophage ; les jeunes se nourrissent principalement de phytoplancton, de larves de poissons et de petits crustacés. Les adultes consomment surtout les zooplanctons tels que les copépodes planctoniques et les différentes larves présentes dans le zooplancton (**Forest, 2001**).

### 3. Composition nutritionnelle

La sardine est l'un des poissons les plus riches en protéines (20%), ces dernières ont une très bonne valeur nutritionnelle (**Tableau 1**). Avec toutes ces qualités, la sardine est un aliment hypocalorique (~170 kcal pour 100 g) pouvant être intégrée dans la plupart des régimes alimentaires (**Koning et Mol, 1991**). Elle a ainsi été classée parmi les espèces de poissons possédant les meilleures recommandations nutritionnelles (**Sidhu, 2003**).

**Tableau 1** : Composition nutritionnelle moyenne de 100g de sardine (**Ciqual, 2012**).

| <b>Énergie</b>       | <b>163 Kcal</b> | <b>% des AJR*</b> |
|----------------------|-----------------|-------------------|
| Protéines            | 23 g            | 46%               |
| Lipides              | 13,7 g          | 20 %              |
| Acides gras saturés  | 5,8 g           | -                 |
| Acides monoinsaturés | 2,4 g           | -                 |
| Acides polyinsaturés | 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>     |                 |                   |
| Vitamine A           | 16 µg           | 2%                |
| Vitamine D           | 11µg            | 220%              |
| Vitamine B2          | 0,25 mg         | 15%               |
| Vitamine PP          | 8,2 mg          | 45%               |
| Vitamine B12         | 6 µg            | 600%              |

AJR\* : Apport Journalier Recommandé.

### 4. Technologies de conservation des sardines

Les poissons de mer représentent une grande part du régime alimentaire humain. Les quantités pêchées varient cependant très fortement d'un continent à l'autre. Ce sont des produits très périssables, leur durée de conservation est donc très limitée ce qui exige d'utiliser des méthodes de transformation soient traditionnelles ou non qui permettent de conserver plus longtemps de



petites ou grandes quantités. Parmi ces méthodes figurent le salage, le séchage et le fumage, qui semblent présenter des opportunités de développement dans ce sens (**Kervinio, 1998**).

#### **4.1. Signes d'altération**

L'altération peut être définie comme un changement dans le produit, ce qui le rend moins acceptable, inacceptable ou dangereux pour la consommation humaine. Les produits de la mer sont connus pour leur grande susceptibilité à la dégradation étant hautement périssable et leur durée de conservation est relativement courte. Les causes de cette dégradation rapide sont principalement dues à plusieurs caractéristiques qui font intervenir des changements biochimiques, microbiologiques et sensoriels qui affectent largement la qualité des produits (**Dib, 2014**).

##### **4.1.1. Changements sensoriels**

Les caractéristiques de sardine altérée par rapport au sardine fraîche sont les suivantes (**Berkel et al., 2005**) :

- Une odeur forte.
- Des branchies rouges foncées et visqueuses, au lieu de branchies rouges vifs.
- Une chair molle avec des traces de sang de couleur brune, au lieu de chair ferme avec un sang rouge.
- Des pupilles rouges laiteuses, au lieu de pupilles claires.

La détérioration de la sardine commence par des changements de couleur. Une odeur de pourriture se développe ensuite.

##### **4.1.2. Changements microbiologiques**

Le but des examens microbiologiques des produits de la pêche est d'évaluer la présence possible de bactéries ou d'organismes pouvant avoir des conséquences sur la santé publique (**Leduc, 2011**).

La flore microbienne des sardines est associée aux branchies, à la peau et aux intestins après la mort. La flore saprophyte commencera à envahir la surface de la chair. La contamination restera, à la surface du filet de sardine, sauf en cas d'écartement ou de séparation des blocs musculaires qui peuvent devenir un foyer de contamination en profondeur., ce qui entraîne une perte de la qualité du produit (**Fernandes, 2009**).

### 4.1.3. Changements biochimiques

Après la mort, la rigidité cadavérique ou *rigor mortis* est la première modification visible de la chair de sardine observée, le tissu musculaire va subir différents changements biochimiques liés à l'action autolytique ; La rupture de l'approvisionnement en dioxygène conduit à la fin de la régénération des molécules d'ATP par le cycle de *Krebs*. En anaérobiose, La décomposition du pyruvate suivie de la production de lactate provoque une acidification des tissus en abaissant le pH musculaire à des valeurs comprises entre 5,4 et 6,1. Ces modifications ont un effet direct sur la qualité nutritionnelle et microbiologique de la sardine (**Dehaut, 2014**).

## 4.2. Techniques de conservation

Le traitement artisanal de sardine reste la méthode de conservation du poisson la plus utilisée en Afrique. Le fumage, le séchage au soleil, le salage, la fermentation, le grillage et la friture ; diverses méthodes qui permettent de prolonger la durée de vie des produits de la mer et les conserver dans de bonnes conditions de manière à ce qu'ils gardent toutes leurs qualités et puissent être consommés ultérieurement (**Essuman, 1992**).

Le choix d'un traitement particulier dépend de différents facteurs géographiques, socio-économiques et des habitudes alimentaires de la population locale (**Tuara, 1999**).

### 4.2.1. Salage

Le salage est la méthode de conservation et de maturation la plus ancienne de différentes espèces pélagiques, pratiquée traditionnellement dans de nombreuses régions du monde. C'est une technique très simple qui n'exige que du sel et parfois de l'eau. Si le salage ne s'effectue pas correctement, notamment si le poisson est de qualité médiocre et les quantités de sel insuffisantes, les produits peuvent se dégrader et être impropres à la consommation (**Tuara, 1999**).

#### 4.2.1.1. Objectifs du salage

Le salage prolonge la durée de conservation des aliments. Au cours de cette opération, la sardine perd la plus grande partie de son eau, ce qui limitera les proliférations bactériennes et les phénomènes de détérioration naturelle. L'état de fraîcheur de la sardine est important car c'est une lutte de vitesse entre les processus de dégradation et la pénétration du sel (**GRET, 1993**).

#### 4.2.1.2. Méthodes de salage

Le salage est un procédé traditionnel séculaire pratiqué dans le monde entier sous trois formes : le salage à sec, le salage de la sardine dans sa propre saumure et le saumurage en cuve. Les deux premières méthodes donnent une sardine à une teneur en sel relativement élevée, et la troisième

s'applique surtout si l'on veut obtenir une sardine à une teneur en sel relativement basse (**Berkel et al., 2005**).

### **1) Salage à sec**

Pour le salage à sec, il est recommandé de prendre du gros sel. Le sel fin déshydrate trop rapidement la surface de sardine qui, de ce fait, durcit : l'eau contenue dans la sardine ne peut pas sortir et le sel ne peut pas pénétrer profondément. La sardine se détériore, malgré le sel. C'est ce qu'on appelle la « brûlure saline ». Le gros sel permet d'éviter ce phénomène. Cette méthode de salage est excellente, surtout pour les poissons maigres et en particulier les barracudas, les perroquets, les vivaneaux et les requins (**Berkel et al., 2005**).

### **2) Salage du poisson dans sa propre saumure**

Le salage de la sardine dans sa propre saumure est une bonne méthode de conservation du poisson gras (hareng, sardine, anchois, et maquereau). Cette méthode consiste à plonger la sardine pendant un certain temps dans une solution appelée saumure dans un grand fût propre (**Berkel et al., 2005**).

Le saumurage suppose que l'eau soit saturée de sel. Pour préparer la saumure, on mélange quatre volumes d'eau propre et un volume de sel fin qui se dissout facilement par rapport au sel à gros cristaux qui est difficile à dissoudre. Ce processus doit assurer une meilleure protection de la chair de sardine contre les insectes et les animaux (**Tuara, 1999**).

### **3) Saumurage en cuve**

Le processus de saumurage en cuve consiste à plonger la sardine dans une solution aqueuse de sel (saumure). On peut, en modifiant la force de la saumure et la durée du traitement, Ce mode est d'un usage courant dans les pays développés, il n'est pas utilisé comme méthode de conservation, mais comme un prétraitement au fumage ou au séchage (**GRET, 1993**).

L'utilisation d'une solution légèrement saumurée freine la croissance bactérienne à la surface de la sardine pendant les processus de séchage et de fumage. Elle protège aussi la sardine contre les insectes et autres parasites. Cependant, cette protection n'est pas totale (**Berkel et al., 2005**).

#### **4.2.1.3. Dynamique du salage**

Le processus de salage dépend du temps nécessaire pour que la concentration de sel à l'intérieur de la sardine atteigne le niveau minimum pour arrêter les processus d'autolyse et la croissance des micro-organismes. Ce temps est conditionné par deux facteurs (**Hassan El-Sayed, 2011**) :

- Le rapport dans lequel le sel se dissout et forme la saumure (**Tuara, 1999**) :

Pour préparer la saumure, on mélange quatre volumes d'eau propre et un volume de sel (Pour dix litres d'eau douce, on utilisera entre 2,7 et 3,6 kg de sel sec) dans un grand fût propre en plastique. On continue à ajouter du sel jusqu'à ce que l'eau soit saturée et que le sel ne puisse plus se dissoudre.

- Le pourcentage dans lequel la solution pénètre dans la sardine et en extrait l'eau.

Au cours de la pénétration du sel, on observe deux phases :

- Une première phase à coefficient de diffusion élevé, qui va augmenter pour passer par un maximum, puis ensuite décroît ; ce coefficient est en relation directe avec le degré d'hydratation du muscle,
- Une deuxième phase à coefficient de diffusion faible, qui va diminuer parce que le muscle sera saturé en sel et le degré d'hydratation de lui est au minimum. La pénétration du sel est donc rapide au début de l'opération puis est ralentie au fur et à mesure du salage.

#### **4.2.1.4. Facteurs influençant le salage**

***Matière première*** : Selon l'état de la fraîcheur de la sardine, moins la sardine est fraîche, les phénomènes d'autolyse des tissus commencent (environ 4h après la capture), la pénétration du sel est moins rapide, et l'altération microbienne augmentent au cours du temps. D'un point de vue microbiologique. Il est préférable de saler les sardines très rapidement afin de limiter ces altérations (**Knockaert, 1990**).

***Qualité et granulométrie du sel*** : Le sel doit être de bonne qualité si l'on veut contrôler correctement le salage. Il doit également être approprié au type de salage utilisé. Les principales impuretés rencontrées dans le sel sont le calcium et le magnésium, qui diminuent la perméabilité des membranes cellulaires, et la progression du sel donc est bloquée dans la chair de la sardine ce qui lui donne une saveur acre et la rend plus « salée » qu'en réalité. Il est préférable d'utiliser un sel de mer raffiné à faible teneur en impuretés. Plus le sel contient d'impuretés, plus il est hygroscopique (**Knockaert, 1990**).

La granulométrie du sel influe sur la vitesse de pénétration dans la chair de sardine. Il faut utiliser des cristaux de différentes dimensions (gros +fin) pour un aspect final de la sardine salée plus attrayant (**Hassan El-Sayed, 2011**).

***Température*** : La température est un paramètre important dans le processus du salage. Plus la température est élevée, plus la pénétration du sel est rapide mais la sardine risque de s'altérer. Il ne faut pas dépasser une température de 12 à 15 °C. Plus la température augmente, moins l'eau

est liée aux protéines et le salage en est facilité, et au niveau physique, plus la température est élevée plus la pénétration du sel est facile, et que la viscosité et la densité sont plus faibles (**Hassan El-Sayed, 2011**).

**Méthode de salage** : Le salage à sec permet une pénétration plus rapide que le salage en saumure. Plus la concentration de la saumure est élevée, plus la vitesse de pénétration du sel dans la chair de sardine est rapide (**Knockaert, 1990**).

#### **4.2.1.5. Actions du salage**

##### **1) Action physico-chimique**

L'action principale du salage est déshydratante permettant l'inhibition des réactions chimiques et enzymatiques. Les effets du sel varient selon le type de salage (à sec ou en saumure, partiel ou à saturation) et de la teneur en matières grasses de la sardine. Le processus, c'est globalement l'osmose à travers les membranes des cellules de la chair de sardine et donc l'exsudation de la phase aqueuse est maximum pour les tissus en contact avec le sel. L'addition de sel provoque dans la sardine fortement salée, une diminution de la capacité de rétention d'eau par déshydratation des protéines d'où une rétraction des tissus et une diminution du volume de la sardine (**Kervinio, 1998**).

Donc l'action chimique est essentiellement la dénaturation des protéines et il peut y avoir une lipolyse et oxydation des matières grasses. Ce phénomène, appelé plus couramment rancissement, se produit lorsque l'oxygène de l'air réagit au contact des matières grasses contenues dans la chair de sardine. Il en résulte un goût acide et une odeur forte et désagréable (**Tuara, 1999**).

##### **2) Action sur les microorganismes**

Le sel est un antiseptique faible, et limite donc les proliférations bactériennes. Cependant, certaines bactéries sont attirées par le sel et capables de se développer, formant de grandes zones roses ; une grande partie des sels utilisés en Afrique est contaminée par ce type de bactéries (**GRET, 1993**).

Sur la sardine fraîche, on trouve  $10^2$  à  $10^5$  germes par  $\text{cm}^2$  de peau. Lors de la rigor mortis, le pH acide est peu favorable à la croissance du nombre de certaines bactéries : celle-ci ne démarre qu'ensuite mais de manière logarithmique. Même à basse température la prolifération est intense. Les bactéries pénètrent plus vite dans les filets que dans les sardines entières et, dans les filets, l'activité est plus forte en surface. Pour limiter cette prolifération, on utilise le sel comme un antiseptique qui a un pouvoir bactéricide proprement faible. Il ne doit contenir aucune poussière,

sable, etc. Cependant, parfois y a des bactéries résistantes aux fortes concentrations de sel (dites bactéries halophiles) qui peuvent dégrader la sardine, se reconnaît de sa couleur légèrement rosée. Ces bactéries sont détruites par un chauffage, soit en faisant chauffer le sel sec sur une plaque métallique posée au-dessus d'un feu, soit en faisant bouillir la saumure (**Kervinio, 1998 ; Tuara, 1999**).

#### **4.2.2. Séchage**

Le séchage est un processus physique par lequel la sardine est exposée à l'air et à la lumière naturelle directe ou indirecte (**Abdollahi et al., 2018**).

Le séchage se déroule en deux phases (**Tuara, 1999**) :

- **La première phase** : L'évaporation de l'eau se produit en surface ou au voisinage de celle-ci. La vitesse de séchage dépend de : la taille de la sardine, la vitesse de déplacement de l'air au-dessus de sardine, et l'humidité relative de l'air.
- **La deuxième phase** : L'eau contenue à la surface de sardine s'est évaporée. La vitesse de séchage au cours de cette seconde phase dépend alors des facteurs suivants :
  - Nature de sardine (la présence de graisse dans la chair ralentit le déplacement de l'eau) ;
  - Forme et taille de sardine (plus il est épais, plus la durée de séchage est longue) ;
  - Température (le séchage est plus rapide si la température est élevée) ;
  - Quantité d'eau (plus il y a d'eau dans la sardine, plus la durée de séchage est longue).

##### **4.2.2.1. Principe de séchage**

Le séchage a pour but de réduire la teneur en eau afin de favoriser la conservation du produit ayant préalablement subi un salage. Cette eau est un vecteur de contaminations diverses et intervient dans les réactions de dégradation du produit (bactériologiques, chimiques et biochimiques). Il est donc nécessaire de déshydrater partiellement le produit pour le stabiliser, en ôtant une partie de l'eau dite « libre » (**GRET, 1993**).

Dans un premier temps, la vitesse de séchage est maximum car l'évaporation de l'eau se fait facilement ; puis, elle devient plus lente car l'eau interne est plus difficile à extraire. La teneur finale en eau est généralement de 25 % à 35 % selon les poissons considérés. Ce processus est ralenti car une croûte de salage obstrue les capillaires nécessaires à la sortie de l'eau ; de plus, si l'humidité de l'air est importante, le sel favorise la ré-humectation de la sardine (**Knockaert, 2002**).

#### 4.2.2.2. Méthodes de séchage

##### 1) Séchage naturel

Le séchage naturel au soleil de sardine est la méthode la plus simple et la plus économique. Elle permet d'obtenir une température de séchage plus élevée et une plus grande vitesse de séchage. La sardine préparée est exposée au soleil et séchée à l'air libre, soit directement, soit en utilisant des tentes solaires pour éviter le soleil trop fort, les insectes et autres contaminants (**Berkel et al., 2005 ; Ndrianaivo, 2016**).

##### 2) Séchage artificiel

Lorsque les conditions climatiques ne permettent pas d'avoir un séchage naturel facile on peut agir sur les deux principaux paramètres : la température et la vitesse de circulation de l'air (et aussi l'épaisseur des morceaux de sardine), pour cela on utilise deux types de séchoirs (**GRET, 1993**) :

- **Les séchoirs mécaniques**, sortes de tunnel où l'air circule à une vitesse contrôlée entre les claies entreposées à l'intérieur (ils sont parfois très importants et peuvent contenir jusqu'à une tonne de sardine).
- **Les séchoirs solaires** où l'air est chauffé par l'énergie du soleil. Dans le cas particulier de séchage solaire, il est parfois préférable de commencer le séchage à l'ombre afin d'éviter des températures trop élevées et des risques de croûtage. Il faut aussi, évidemment protéger la sardine de la pluie, soit en la protégeant par un toit imperméable amovible, soit en la transportant dans un endroit sec.

#### 4.2.2.3. Facteurs influençant le séchage

**Température de l'air de séchage** : Elle doit être la plus élevée possible afin de créer un fort gradient de chaleur qui facilite les transferts et réduit la durée de l'opération. Cependant, il existe une température limite (22 à 26 °C) qu'il ne faut pas dépasser dans le but d'éviter le risque de solubiliser la matière grasse et de durcir la chair (**Knockaërt, 1995**).

**Humidité relative de l'air de séchage (= 60%)** : Plus la chair de sardine est sèche, plus l'eau s'évapore plus rapidement et la prolifération microbienne est moins importante. Cependant, une humidité relative trop basse provoque un durcissement prématuré de sardine, qui ralentit la diffusion de l'eau (**Nciri, 2006**).

**Vitesse de l'air** : Plus la vitesse de l'air sur la sardine est grande, plus le taux de séchage est important (**Abdollahi et al., 2018**).

**Dimensions et formes des produits à sécher** : Plus cette superficie est grande plus s'accroît le taux de séchage. Pour une sardine avec une épaisseur faible, le temps de séchage sera plus rapide (**Knockaërt, 1995**).

**Teneur en matière grasse** : Une sardine riche en lipides possède une faible conductibilité thermique tout comme un faible coefficient de diffusion. Il sèche alors plus lentement (**Nciri, 2006**).

#### **4.2.2.4. Actions de séchage**

Le séchage est l'action de sécher, avec déshydratation ou parfois dessiccation. Il diminue la teneur en eau de la sardine, inhibe la croissance des microorganismes, inactive les enzymes, et réduit le poids (**Kervinio, 1998**).

##### **1) Action physicochimique**

Par la perte d'eau dans les tissus, les activités enzymatiques deviennent minimales ; la texture change, se traduisant par une rétractation des chairs d'autant plus marquée que le séchage est lent. L'élévation de la température provoque une dénaturation des protéines. On observe souvent des pertes d'arômes, une oxydation des lipides donnant un goût de rancissement et une odeur désagréable (**GRET, 1993**).

##### **2) Action sur les microorganismes**

Le séchage diminue l' $a_w$ . Cette dernière a un effet sur la croissance de plusieurs microorganismes, aucune croissance microbienne n'est enregistrée en dessous d'une  $a_w$  de 0,6. On observe, comme pour le salage, une diminution, voire un arrêt de l'activité des microorganismes par manque d'eau. Cependant, certaines bactéries pathogènes responsables de maladies résistent au séchage, et, si le poisson a préalablement été salé, il peut y avoir développement de bactéries halophiles produisant une couleur rosée et un ramollissement (**Kervinio, 1998 ; Ndrianaivo, 2016**).

#### **4.2.3. Fumage**

Le fumage de poisson est une méthode de conservation traditionnelle la plus répandue au Nigeria, représentant 70-80 % de la technique de transformation du poisson. Ces méthodes ont été utilisées pour tenter de conserver et de traiter la sardine afin d'améliorer sa stabilité pour prévenir la détérioration du poisson (**Ndife et al., 2022**).

##### **4.2.3.1. Principe de fumage**

Le fumage consiste à soumettre les sardines à l'action de la fumée provenant de la combustion lente du bois afin de réduire leur teneur en eau et à y introduire divers composants de la fumée.



Le but de la fumaison est de conserver les sardines en elle donnant une couleur et une saveur appréciable par le consommateur. La qualité des produits fumés dépend de la composition de la fumée qui dépend elle-même de la nature du bois, de sa température de combustion (**Assogba et al., 2018**).

#### **4.2.3.2. Types de fumage**

On distingue deux types de fumage :

##### **1) Fumage à froid**

C'est une technique de conservation traditionnelle pratiquée sur du poisson salé plus ou moins séché à une température inférieure à 30°C (entre 24 et 28°C). La durée varie de quelques heures à plusieurs jours selon la température et le degré de conservation désiré. Le fumage se fait en deux temps : d'abord une pyrolyse de courte durée où la température est supérieure à 30°C, mais reste inférieure à 38°C, avec un feu vif et peu fumigène. Le poisson se dessèche, la graisse exsude légèrement, puis un fumage proprement dit à 24°C maximum pendant lequel la pénétration est lente, la couleur est régulière, et la fumée est dense et abondante (**Ndrianaivo, 2016**).

##### **2) Fumage à chaud**

Le fumage à chaud est l'un des plus anciens procédés de transformation des aliments pratiqués par l'homme ayant pour principal objectif leur conservation. Ce procédé est encore mis en œuvre aujourd'hui dans de nombreuses parties de monde pour la conservation et la valorisation des produits carnés. Les produits fumés à chaud, issus de savoir-faire traditionnel, sont marqués par une forte typicité liée à leur goût et leur aspect. Ce procédé du fumage à chaud est communément pratiqué pour du saumon ou des jambons. En effet, les températures atteintes par les produits fumés à chaud dépassent les 28°C, ce qui provoque notamment des modifications associées à la cuisson de la chair (dénaturation des protéines, fonte des graisses, évaporation d'eau) (**Raffray, 2014**).

#### **4.2.3.3. Facteurs influençant le fumage**

##### ***Humidité du produit à fumer***

- Si la sardine est sèche, les phénols les plus volatils de la phase gazeuse se déposent en surface. La phase aqueuse étant faible, la quantité de phénols dissoute est peu importante.
- Si la sardine est humide, le dépôt de phénols est élevé, ceux-ci se dissolvent dans l'eau de surface jusqu'à saturation par rapport à la pression partielle de la fumée (**Knockaert, 1986**).

**Humidité relative du fumoir :** L'humidité de la fumée est un des facteurs régissant la vitesse et l'importance de l'absorption de la fumée par le produit. L'humidité de la surface de la sardine influe également sur le processus du dépôt de fumée : le taux d'absorption augmente avec l'humidité. En effet, la fumée est absorbée par la chair par l'intermédiaire de l'eau interstitielle (eau libre) surtout dans le cas de poissons maigres mais aussi partiellement par la phase lipidique. Aussi, les poissons gras auraient tendance à être mieux fumés que les poissons maigres car les lipides, qui migreraient vers la surface du poisson, permettraient une plus grande absorption des phénols (**Knockaert, 1995**).

**Circulation et température de l'air :** Si on introduit de l'air, il se mélange à la fumée et dilue les composés qui y sont présents. Si cet air fait baisser la température de la cellule de telle sorte qu'elle devienne inférieure au point d'ébullition de certains composés, ceux-ci vont se condenser (**Knockaert, 1986**) :

- Air et fumée à la même température : dilution et diminution proportionnelle des phénols ;
- Air à température inférieure à celle de la fumée :
  - Température supérieure au point d'ébullition : la concentration en phénols de la phase gazeuse diminue de façon linéaire ;
  - Température voisine du point d'ébullition : les phénols passent dans la phase particulaire par condensation/dilution.

**Durée de l'exposition :** Ce facteur ne doit pas être négligé dans l'industrie. Un gain de temps entraîne souvent une perte de qualité du produit. Après le fumage, il faut laisser le temps aux composés de la fumée de se déposer et de pénétrer dans le produit. L'absorption de la fumée est un processus du premier ordre, sa vitesse décline avec le temps lorsque la saturation approche, la diffusion interne des composés étant relativement lente (**Knockaert, 1995**).

**Densité de la fumée :** La densité est un facteur important déterminant le taux de dépôt de fumée. Empiriquement, une fumée opaque (de forte densité) donnait aux filets de sardine une coloration marquée et lui conférait une plus longue conservation vraisemblablement en raison d'un pouvoir bactéricide élevé. C'était donc en fonction de l'opacité que l'on réglait le fumage (**Knockaert, 1986**).

Les particules de fumée sont souvent suffisamment petites (tout au moins dans la fumée jeune) pour rester en suspension ; elles ne sont pas elles-mêmes déposées mais finalement elles se retrouvent sur la sardine soit via la phase gaz lors des rééquilibres, soit directement après coalescence. Ceci explique donc la relation entre opacité et efficacité du fumage mis en évidence (**Knockaert, 1995**).

**Hygrométrie de la fumée** : La fumée, pour être efficace, doit avoir une hygrométrie de 60%. En dessous de cette valeur, elle provoque un croûtage sur lequel des traces de ruissellement par condensation peuvent apparaître (**Knockaert, 1986**).

#### **4.2.3.4. Actions de fumage**

##### **1) Action organoleptique**

**Sur l'arôme et la saveur** : Les arômes typiques semblent dus aux phénols, mais les carbonyles et les acides sont à l'origine de différence dans les saveurs (**Knockaert, 1990**).

**Sur la couleur** : La coloration varie avec les bois utilisés et peut s'expliquer par la couleur des composés carbonyles et phénoliques. Les composés carbonylés apportent une couleur variant du jaune doré au brun foncé résultant de réactions dites « Réaction de Maillard » (fumage à chaud). Les produits obtenus sont durs et secs dans le cas de fumage à froid et la texture de la sardine est plus molle et tendre (**Bodin, 2017**).

##### **2) Action physico-chimique**

La fumée est composée de particules solides et liquides en suspension dans une phase gazeuse. Ces particules proviennent de la pyrolyse des constituants du bois, absorbées à la surface des poissons, puis migrées en profondeur dans la chair : la vitesse de pénétration de ces particules dépend du taux de matières grasses et de l'humidité de la chair (**Joelson, 2020**).

##### **3) Action sur les microorganismes**

La fumée peut avoir un rôle antiseptique grâce à la fraction phénolique à bas point d'ébullition qui prolonge la phase de latence des microorganismes. Mais cette action faible et l'humidité réduite des filets de la sardine fumée peut permettre le développement de moisissures (**Knockaert, 1990**).

##### **4) Action antioxydante**

Les phénols sont parmi les composés antioxydants de la fumée qui inhibent les réactions d'oxydation (**Benguendouz et al., 2018**), par contre, certains composés tels que les hydrocarbures ont une activité pro-oxydante (**Knockaert, 1990**).

# *Matériel et Méthodes*

Ce travail a été réalisé au niveau du laboratoire de contrôle de qualité et analyses à l'Université Mohammed Seddik Benyahia-Jijel afin de comparer la qualité physicochimique et microbiologique des filets de sardines fraîches et de sardines salées fumées et stockées à 4°C pendant une période de 21 jours.

## 1. Matériel biologique

Nous avons utilisé des sardines fraîches de l'espèce *Sardina pilchardus* (sardine commune ou Européenne).

## 2. Echantillonnage

3 kg de sardine fraîche (poids moyen de (25) g et longueur moyenne de (14,4) cm/pièce) ont été achetés de la pêcherie de poissons de la ville de Jijel. Ils ont été soigneusement, emballées dans une glacière et transportés à la maison, dans les 2 heures qui suivent. À la maison (cuisine), les échantillons ont été relavés soigneusement à l'eau potable, écaillés, décapités, éviscérés, filetés, relavés immédiatement et égouttés (**Figure 3**).

### 2.1. Saumurage

Un mélange du sel commercial à poids équitable de gros sel [NaCl 98% minimum] et sel fin [NaCl 98% minimum + KIO<sub>3</sub> 50,55-84,25 mg/kg] de marque « enasel » a été utilisé pour la préparation des saumures (**Annexe 2**). Les sardines ont été divisés en deux groupes dans des boîtes en verre fermées hermétiquement: le premier groupe a été saumuré dans une solution de NaCl à 12% pendant 3 heures à température ambiante, tandis que le second a été saumuré dans une solution de NaCl à 20% dans les mêmes conditions. Le poids de sardine (594 g) et le volume de la saumure (500 mL) étaient égaux pour les deux méthodes de saumurage.

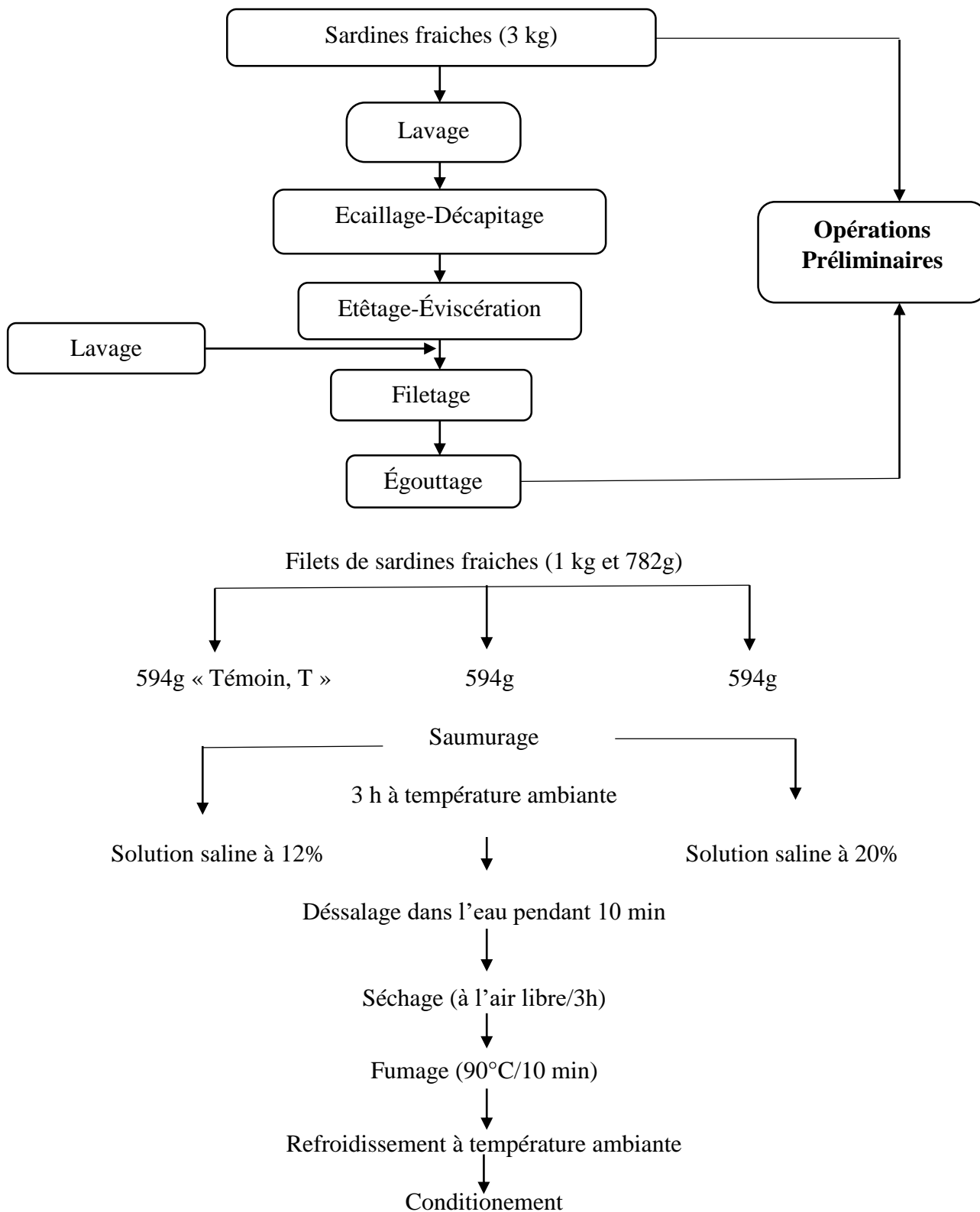
### 2.2. Déssalage et séchage

Le processus de déssalage a été effectué en immergeant les filets de sardine saumurés dans l'eau pendant 10 min ont été soumis à un séchage partiel au soleil à l'air libre pendant 3 heures.

### 2.3. Fumage

Les échantillons de sardine ont été soumis à un fumage à chaud en utilisant un fumoir traditionnel au charbon. Les filets de sardine ont été accrochés au-dessus (15 cm) de la source de fumée. Le processus de fumage à chaud a été poursuivi à 90°C pendant 10 minutes. La durée du fumage, et la température ont été surveillées à l'aide d'un thermomètre. Après le fumage, les échantillons ont pu refroidir à température ambiante et ont été emballés dans des sacs en polyéthylène étanches à l'air et conservés dans des carafes en verre perforés et stockée au réfrigérateur à 4°C. L'effet conservateur du fumage couplé au salage a été déterminé en

comparant les critères de qualité physicochimique et microbiologique des filets de sardines fraîches et ceux de sardines salés fumés avant et après 21 jours de conservation.



**Figure 3 :** Procédé de fabrication des filets de sardines salés et fumés à chaud.

### 3. Analyse physicochimique des échantillons

#### 3.1. Détermination du pH

La détermination du pH est faite à l'aide d'un pH-mètre ( Hanna Hi 2210 ) Hanna Glass Works, Medfield, MA). La mesure s'effectue en introduisant l'électrode dans une solution contenant 10g de chaque échantillon (filets de sardine fraîche et sardine salée-fumée) homogénéisés avec 10 mL d'eau distillée pendant 5 min par l'utilisation d'un agitateur afin de former une bouillie épaisse (AOAC, 2000).

#### 3.2. Détermination de l'acidité titrable totale (ATT)

Un poids de 25 g de chaque échantillon broyé est placé dans une fiole conique avec 50 mL d'eau distillée chaude récemment bouillie et refroidie. Ce mélange est agité jusqu'à obtention d'un liquide homogène. Un réfrigérant à reflux est adapté à la fiole conique, puis le contenu est porté à ébullition pendant 30 min. Après refroidissement, il est transvasé dans une fiole jaugée de 250 mL puis complété jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée récemment bouillie et refroidie. Après filtration, 25 mL est prélevé et versé dans un bécher où quelques gouttes de phénolphthaléine sont ajoutées sous agitation constante, la titration est effectuée par une solution NaOH 0.1 M jusqu'à apparition d'une couleur rose persistante pendant 30 secondes (AOAC, 1995).

L'acidité est déterminée par la formule suivante :

$$ATT (\%) = (250 \times V1 \times 100 / m \times V \times 10) \times 1.99$$

**Avec :**

**m :** masse de la prise d'essai (g),

**V :** Volume du filtrat utilisé en titrage (mL),

**V1 :** Volume consommé de la solution d'hydroxyde de sodium à 0.1 M (mL),

**1.99 :** Facteur de conversion de l'acidité titrable en équivalent d'acide oléique.

#### 3.3. Détermination de la teneur en eau

Une quantité de 5g de chaque échantillon est mise dans une capsule préalablement tarée et séchée à  $105 \pm 1$  °C pendant 4 h, par la suite la pesée est faite après refroidissement dans un dessiccateur. Ces échantillons ont été gardés dans le four fermé afin de continuer le processus du séchage le lendemain où l'obtention d'un poids constant est enregistrée après 3 h. La perte de poids au cours du processus est exprimée en pourcentage d'humidité dans l'échantillon (AOAC, 1990).

La teneur en eau est exprimée en pourcentage du poids sec de l'échantillon selon la formule suivante :

$$H (\%) = (P - P_1) / m \times 100$$

Avec:

**P** : Poids en g de la prise d'essai avant séchage (g),

**P<sub>1</sub>**: Poids en g de la prise d'essai après séchage (g),

**m**: masse de l'échantillon (g).

### 3.4. Détermination de la teneur en matière sèche (MS)

2.5 g de chaque échantillon broyé est pesé dans un creuset en porcelaine préalablement taré. Il est ensuite mis à l'étuve à  $105 \pm 1$  °C pendant 3 h, par la suite la pesée est faite après refroidissement dans un dessiccateur. Ces échantillons ont été gardés dans le four fermé afin de continuer l'opération de séchage le lendemain où l'obtention d'un poids constant est enregistrée après 1 h (AOAC, 1996). Le pourcentage en matière sèche est déterminé par la relation suivante:

$$MS (\%) = m_{\text{sec}} / m_i \times 100$$

Avec :

**m<sub>i</sub>** : masse de l'échantillon initial (g),

**m<sub>sec</sub>** : masse de l'échantillon sec (g) après étuvage.

### 3.5. Détermination de la teneur en cendres

Pour déterminer ce paramètre, Des creusets d'incinération vides sont pesés. 5 g d'échantillon sont ajoutés et la masse de l'ensemble est notée. La fraction de cendres brutes a été obtenue en incinérant la matière organique à 550 °C dans un four à moufle pendant environ 5 h jusqu'à ce que l'échantillon soit exempt de particules de carbone. Après refroidissement dans un dessiccateur, les creusets contenant les cendres sont pesées à nouveau (AOAC, 1990).

La teneur en cendres des échantillons est calculée suivant la formule ci-après :

$$C (\%) = (m_1 - m_2 / m_1 - m_0) \times 100$$

Avec :

**m<sub>0</sub>** : masse du creuset vide (g),

**m<sub>1</sub>** : masse du creuset et les échantillons avant incinération (g),

**m<sub>2</sub>** : masse du creuset avec les cendres (après incinération) (g).



### 3.6. Détermination de l'indice de peroxyde (Ip)

Pour réaliser ce test, 0,5 g de chaque échantillon broyé a été dissout dans 10 mL du mélange acide acétique-chloroforme (3/2) dans un Erlenmeyer de 250 mL, ensuite 0,5 mL d'une solution d'iodure de potassium (KI) a été ajouté. L'Erlenmeyer a été fermé hermétiquement et placé à l'obscurité pendant 5 min. Après, 37,5 mL d'eau distillée ont été ajoutés sous agitation. L'iode libéré est enfin titré par le thiosulfate de sodium (0,01N) en présence d'empois d'amidon (**Annexe 2**) comme indicateur. Un blanc est réalisé en parallèle dans les mêmes conditions (**AOAC, 2000**).

L'indice de peroxyde est exprimé en suivant l'équation suivante:

$$I_p \text{ (mEq / g)} = (V_2 - V_1) \times 10 / P$$

Avec :

**V<sub>2</sub>** : Volume de thiosulfate consommé par l'échantillon lors de la titration (mL),

**V<sub>1</sub>** : Volume de thiosulfate consommé lors de la titration du blanc (mL),

**P** : Poids de l'échantillon (g).

### 3.7. Détermination de l'indice de saponification (Is)

Cet indice a été mesuré selon la méthode de la société des chimistes américains des huiles « American Oil Chemists' Society » (**AOCS, 1993**), où 0,5g de chaque échantillon broyé a été dissous dans 5 mL de KOH alcoolique 1 M et bouilli doucement dans un bain-marie pendant 15 min pour une saponification complète. La solution a ensuite été titrée avec du HCl 0.5 M en utilisant de la phénolphthaléine comme indicateur. Parallèlement une réaction à blanc a été effectuée.

L'indice de saponification est donné par la formule suivante :

$$I_s \text{ (mg de KOH / g)} = (V_{\text{HCl témoin}} - V_{\text{HCl essai}}) \times M \times 56.1 / P$$

Avec :

**V<sub>HCl témoin</sub>**: Volume d'HCl titrant le blanc (mL),

**V<sub>HCl essai</sub>**: Volume d'HCl titrant l'échantillon (mL),

**M**: Molarité d'acide chlorhydrique (mol/L),

**P**: Poids de l'échantillon en (mg).

### 3.8. Détermination de l'indice d'acide (Ia)

Une prise d'essai de 5 g de chaque échantillon est dissoute dans un mélange constitué de 5 mL d'isobutanol-éthanol et 5 mL de potasse alcoolique. 2 gouttes de la solution de phénol phtaléine

sont ajoutées. La titration est faite sous agitation en versant goutte à goutte une solution d'acide chlorhydrique 0.5 M jusqu'à décoloration. Parallèlement, une réaction à blanc dans les mêmes conditions a été effectuée (Perrier et al., 1997).

L'indice d'acide est calculé comme suit :

$$I_a \text{ (mg de KOH / g)} = (V_{\text{HCl témoin}} - V_{\text{HCl essai}}) \times M \times 56.1 / P$$

Où :

$V_{\text{HCl témoin}}$ : Volume d'HCl titrant le blanc (mL),

$V_{\text{HCl essai}}$ : Volume d'HCl titrant l'échantillon (mL),

**M**: Molarité d'acide chlorhydrique (mol/L),

**P**: Poids de l'échantillon en (mg).

### 3.9. Détermination de la teneur en matière minérale et éléments traces métalliques

Afin de déterminer la teneur en éléments minéraux, une solution de cendres de chaque échantillon (10 mL) a été hydrolysée avec 1 mL d'HCl puis portée à ébullition jusqu'à dissolution complète des cendres. La solution obtenue a été ensuite transférée dans une fiole jaugée de 100 mL dont le volume est complété à 100 mL par l'ajout de l'eau distillée (NF V04-404: 2001). À partir de cette solution finale, les teneurs en plomb (Pb), zinc (Zn) et cadmium (Cd) ont été analysées par spectrométrie d'absorption atomique (Shimadzu AA-6200).

## 4. Analyse microbiologique

### 4.1. Préparation de la solution mère et de ses dilutions décimales

La chair des filets de sardines fraîches et salées-fumées a été hachée et broyée pendant 1 min à l'aide d'un mélangeur commercial Waring (USA). Chaque échantillon (2g) a été prélevé aseptiquement et homogénéisé mécaniquement dans 18 mL de bouillon salé stérile (Annexe 2) [extrait de viande (3 g/L) ; peptone de viande (5 g/L) ; NaCl (150 g/L)] (ICMSF, 1983). Comme étape d'enrichissement, l'homogénat a été incubé à 37 °C pendant 30 min pour récupérer les cellules vivantes stressées. Ensuite, des dilutions décimales  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$  et  $10^{-5}$  ont été préparées à partir de la solution mère et étalées dans les milieux de croissance. Le dénombrement des micro-organismes a été effectué en double et la valeur moyenne de chaque comptage a été exprimée en nombre d'unités formant des colonies/g (UFC/g) suivant la formule donnée ci-dessous :

$$N = \Sigma C / (N_1 + 0.1N_2) \times FD$$

Avec :

$\Sigma C$  : Somme des colonies comptées sur toutes les boîtes retenues,

**N1** : Nombre des boîtes retenues dans la 1<sup>ère</sup> dilution,

**N2** : Nombre des boîtes retenues dans la 2<sup>ème</sup> dilution,

**FD** : Facteur de dilution correspondant à la 1<sup>ère</sup> dilution.

#### **4.2. Dénombrement de la flore totale aérobie mésophile (FTAM)**

Le dénombrement de la FTAM est effectué sur gélose PCA (*Plate Count Agar*) en ensemençant 1 mL des dilutions  $10^{-4}$  et  $10^{-5}$  et en incubant à 30°C pendant 48 h. Les boîtes contenant 30 à 300 colonies ont été retenues (AOAC, 1995).

#### **4.3. Dénombrement des coliformes totaux et coliformes thermo-tolérants**

La gélose VRBL (*Violet, Red Bile Lactose agar*) préalablement fondue et refroidie estensemencée par 1 mL des dilutions  $10^{-1}$  et  $10^{-2}$  puis les boîtes sont incubées à 37°C pendant 24 h. Après incubation, les boîtes contenant entre 15 et 150 colonies rouges et ayant au moins 0.5 mm de diamètre sont retenues pour la lecture (NF ISO 4832: 2006).

Le dénombrement des coliformes thermotolérants est effectué selon la même technique du dénombrement des coliformes totaux en milieu solide VRBL mais avec une incubation à 44°C (NF ISO 4832 : 2006).

#### **4.4. Dénombrement des bactéries lactiques**

Le dénombrement est effectué par étalement de 1 mL des dilutions  $10^{-3}$  et  $10^{-4}$  en surface de la gélose MRS (*Man Rogosa-Sharpe agar*). L'incubation est faite à 37°C pendant 24-48 h. Les colonies à dénombrer sont de petites tailles, de couleur blanchâtre et brillante, et à pourtour régulier. Elles peuvent apparaître en forme circulaire ou lenticulaire (Larpent, 1997).

#### **4.5. Recherche et dénombrement des *Clostridium-sulfito-réducteurs***

La recherche des *Clostridium-sulfito-réducteurs* est effectuée dans un tube contenant la gélose Viande-Foie (VF) avec additifs Alun de fer et sulfite de sodium. Le milieu de culture estensemencé après destruction des formes végétatives, en passant l'échantillon au bain-Marie à  $80 \pm 2^\circ\text{C}$  pendant 10 min et en le refroidissant à  $45^\circ\text{C}$ . L'incubation est réalisée à  $46^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$  pendant 24-48 h (ISO 15213: 2003).

#### **4.6. Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus***

L'ensemencement de *Staphylococcus aureus* est effectué par étalement de 0.1 mL de la solution mère sur gélose Baird-Parker préalablement fondue et refroidie. Les colonies caractéristiques sont noires, brillantes et convexes (1 à 1.5 mm de diamètre après 24 h d'incubation et 1.5 à 2.5 mm de diamètre après 48 h d'incubation) et entourées d'une zone claire qui peut être

partiellement opaque. Après 24 h d'incubation, peut apparaître dans cette zone claire un anneau opalescent immédiatement au contact des colonies (Guiraud, 2003).

#### 4.7. Dénombrement des levures et moisissures

L'ensemencement est effectué par étalement de 0.1 mL de la dilution  $10^{-1}$  sur gélose OGA (*Oxytetracycline Glucose Agar*) préalablement fondue et refroidie. L'incubation est faite à 25°C pendant 5 jours (Larpent, 1997). Les moisissures présentent un aspect cotonneux et filamenteux alors que les levures se présentant sous forme de colonies pigmentées, rondes plus au moins bombés ou plates.

#### 4.8. Dénombrement de la flore halophile

Le nombre de bactéries halophiles a été déterminé en utilisant le milieu halophile (HM : *Halophilic Medium*) de Torreblanca et al. (1986) contenant (par litre d'eau distillée): 5 g peptone, 5 g extrait de levure, 22 g agar à des concentrations finales de sel total de 5%, 10% et 15% (p/v) (Annexe 2). La solution mère ou le stock de sels totaux à 30% (p/v) a été préparée comme décrit par Subov (1931): (NaCl, 234 g;  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ , 42 g;  $MgSO_4 \cdot 7 H_2O$ , 60 g; KCl, 6 g;  $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ , 1 g; NaBr, 0.7 g;  $NaHCO_3$ , 0.2 g;  $FeCl_3$ , 0.005 g). Le pH du milieu est ajusté à 7.2 à l'aide d'une solution de NaOH 4 M.

0.1 mL de la solution mère ou de ses dilutions ( $10^{-1}$  et  $10^{-2}$ ) est étalé sur le milieu solide, ensuite les boîtes de Pétri sont incubées à 37°C jusqu'à apparition de colonies.



# *Résultats et Discussion*

## 1. Analyse physico-chimique des échantillons

### 1.1. Détermination du pH et de l'acidité titrable totale

Les résultats relatifs à la mesure de pH et celle de l'acidité titrable des cinq échantillons analysés sont enregistrés dans le tableau 2.

**Tableau 2:** Résultats de la détermination du pH et d'acidité titrable des échantillons fumés avant et après stockage.

| Durée de stockage    | J <sub>0</sub> |                   |                   | J <sub>21</sub>   |                   |
|----------------------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Echantillon          | T              | SF <sub>12%</sub> | SF <sub>20%</sub> | SF <sub>12%</sub> | SF <sub>20%</sub> |
| pH                   | 6,66           | 6,90              | 6,72              | 6,27              | 6,12              |
| Acidité titrable (%) | 0,62           | 3,15              | 2,10              | 2,62              | 2,18              |

J : Jour, T : Témoin, SF : Sardine Fumée.

Le pH est un paramètre important pour démontrer l'épuisement dans le tissu et la qualité de la chair au cours du stockage. D'après les résultats obtenus, la valeur du pH observée de la sardine fraîche est 6,66 par contre la valeur du pH enregistrée chez les autres échantillons est 6,90 et 6,72 pour les échantillons SF<sub>12%</sub> et SF<sub>20%</sub> avant stockage et 6,27 et 6,12 pour les échantillons SF<sub>12%</sub> et SF<sub>20%</sub> après 21 jours de stockage, respectivement. La variation du pH a connu des diminutions et des augmentations.

Le pH du poisson frais est proche du pH neutre, et elle varie de 5.5 à 7.1 en fonction de la saison, des espèces et d'autres facteurs (Dib, 2014). Selon Linden et Lorient (1994), La chute du pH reste modérée pendant l'apparition de la rigor-mortis. Cet abaissement de pH est généralement de 6.0 à 5.6 dans le cas des poissons gras.

Pour le pH des échantillons codés SF<sub>12%</sub> et SF<sub>20%</sub> avant stockage, on remarque une augmentation des valeurs de pH par rapport au pH de la sardine fraîche, cette augmentation indique une production et une dégradation des composés azotés NH<sub>3</sub>, TMA et DMA et une accumulation des peptides et des amines, due à une activité microbienne et aux métabolismes auto-lytiques des bactéries de détérioration (Assogba et al., 2018). La différence entre les deux valeurs (6,90 et 6,72) de même échantillon est à cause de la quantité du sel utilisée, le salage conduit à une diminution du pH du poisson (Ndrianaivo et al., 2016).

Après 21 jours de stockage à 4°C, les valeurs de pH des échantillons SF<sub>12%</sub> et SF<sub>20%</sub>, ont connu un abaissement léger de 6,9 à 6,27 et de 6,72 à 6,12, respectivement. Cette diminution

est principalement due aux microorganismes protéolytiques qui produisent des hydrates de carbones qui sont ensuite fermentés en acides au cours de stockage (Ndrianaivo et al., 2016).

Une diminution similaire de pH a été constatée dans une autre étude de Bilgin et Değirmenci (2019), où la valeur initiale du pH était de 6,61 et passait à 6,29 après 21 jours de stockage à 4°C.

En ce qui concerne l'acidité titrable, une différence remarquable a été observée entre les valeurs des différents échantillons étudiés (tableau 2), où sa valeur en sardine fraîche était inférieure à celle des sardines fumées avant et après stockage à 4°C. Selon Knockaert (2000), les composés de la fumée qui sont principalement des phénols et des acides organiques sont responsables de l'augmentation de l'acidité du produit fini.

### 1.2. Détermination des teneurs en eau, en matière sèche et en cendres

Les résultats de la détermination des teneurs en eau, en matière sèche, en cendres et en protéines sont illustrés dans le tableau 3.

**Tableau 3** : Résultats des teneurs en eau, en matière sèche, et en cendres des échantillons fumés avant et après stockage.

| Durée de stockage           | J <sub>0</sub> |                   |                   | J <sub>21</sub>   |                   |
|-----------------------------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Échantillon                 | T              | SF <sub>12%</sub> | SF <sub>20%</sub> | SF <sub>12%</sub> | SF <sub>20%</sub> |
| Teneur en eau (%)           | 75,40          | 44,80             | 38,40             | 44,60             | 38,60             |
| Teneur en matière sèche (%) | 24,60          | 55,20             | 61,60             | 55,40             | 61,40             |
| Teneur en cendres (%)       | 13,2           | 90,9              | 99,5              | 88,6              | 90,7              |

J : Jour, T : Témoin, SF : Sardine Fumée.

Selon les résultats obtenus, on constate que la teneur en eau dans la sardine fraîche est égale à 75,4 %, par contre que sa teneur dans les échantillons de sardines fumées avant stockage est de 44.8 % et 38.4 % aux concentrations de 12% et 20% de sel, respectivement.

Concernant la teneur en matière sèche, la valeur obtenue pour la sardine fraîche est de 24,6%, ce résultat est en accord avec celui rapporté par Caponio et al. (2004). Par contre que les échantillons de sardines fumées avant stockage ont enregistré des teneurs de 55,2% et 61,6 % aux concentrations de 12% et 20% de sel, respectivement. Ces teneurs sont inversement proportionnelles à la teneur en eau.

La chair du poisson contient une teneur moyenne en eau fixée entre 65% à 80% (Nciri, 2006). Gómez-Estaca et al. (2010), ont révélé une teneur en eau de l'ordre de 71,1%.

Lorsque le poisson est exposé pendant une certaine période au processus de séchage, salage et de fumage, l'humidité relative optimale atteint 60% ou moins (Knockaert, 1990).

La différence de la teneur en eau entre les deux échantillons salés fumés avant stockage est principalement due à la différence de la quantité du sel utilisée. En effet, nous constatons que plus les quantités de sel apportées pour le salage sont importantes, plus considérable est la variation de la teneur en eau (Nganguem, 2007).

Après 21 jours de stockage à 4°C, la teneur en eau n'a pas changé de façon marquée, elle passe de 44.8 % à 44.6 % et de 38.4 % à 38.6 % avant et après stockage, respectivement. La même remarque est constatée pour la teneur en matière sèche qui a passé de 55.2% à 55.4 % et de 61.6 à 61.4 % pour les échantillons SF<sub>12%</sub> et SF<sub>20%</sub>, respectivement. Nos résultats sont tout à fait logiques car il y a une nette relation entre le salage, le séchage, le fumage, et les pourcentages en eau et en matière sèche (relation inversement proportionnelle).

La teneur en cendres des cinq échantillons variait entre 13,2 % et 99,5% (Tableau 3). Où on a enregistré une valeur de 13,2% pour les sardines fraîches, des teneurs de 90,9 % et 99,5 % pour les échantillons de filets salés et fumés avant stockage, SF<sub>12%</sub> et SF<sub>20%</sub>, respectivement, et des valeurs égales à 88,6%, 90,7% pour les filets de sardine fumés et salés à 12% et 20% après 21 jours de stockage à 4 °C, respectivement.

D'après ces résultats, on peut remarquer que le pourcentage des cendres pour les échantillons de filets salés et fumés avant stockage augmente par rapport à celui des filets frais. Ceci pourrait être expliqué par l'effet combiné de la présence du sel, la perte d'eau et la formation de la fumée résultante du charbon pendant le fumage. Plus la quantité de sel ajoutée est grande, plus est considérable la variation de la teneur en cendres (Koral et al., 2010; Shehata et al., 2018).

Après 21 jours de stockage à 4°C, une diminution relative de la teneur en cendres a été observée, et cela peut être dû à l'effet du froid sur la matière minérale des filets de sardine salés et fumés pendant la période de stockage.

### **1.3. Détermination des indices**

Les résultats des indices des échantillons analysés sont rassemblés dans le tableau 4.



En se basant sur les résultats obtenus, nous remarquons une augmentation de l'indice de peroxyde dans les échantillons après fumage. **Dib (2014)**, a signalé que les lipides sont oxydés en peroxydes par des nombreux facteurs intrinsèques tels que la composition en acides gras des lipides (nombre et position des insaturations) et la présence de pro-oxydants (hème, ions métalliques, enzymes) et des facteurs externes tels que la température élevée, la lumière solaire, et les conditions de stockage et de transformation. De plus, le sel favorise l'oxydation et le rancissement des lipides (**Nciri, 2006**).

Après 21 jours de stockage à 4°C, une diminution des valeurs de cet indice est remarquée. Cette diminution est la conséquence soit de la décomposition des peroxydes en produits secondaires tels que les aldéhydes, les cétones et les composés carbonylés, soit la phase de l'oxydation est développée, où les hydro-péroxydes sont déjà décomposés et transformés (**Zerai et al., 2006**).

**Tableau 4** : Résultats de la détermination des indices de peroxyde, de saponification et d'acide des échantillons fumés avant et après stockage.

| Durée de stockage                         | J <sub>0</sub> |                   |                   | J <sub>21</sub>   |                   |
|---|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Échantillon                               | T              | SF <sub>12%</sub> | SF <sub>20%</sub> | SF <sub>12%</sub> | SF <sub>20%</sub> |
| Indice peroxyde (meq d'O <sub>2</sub> /g) | 2              | 90                | 54                | 54                | 4                 |
| Indice d'acide (mg de KOH/g)              | 6,17           | 16,26             | 17,13             | 3,81              | 8,97              |
| Indice de saponification (mg de KOH /g)   | 39,27          | 129,03            | 148,66            | 64,51             | 28,05             |

J : Jour, T : Témoin, SF : Sardine Fumée.

Sur la lumière des résultats obtenus de l'indice d'acide, nous avons remarqué une variabilité de valeurs entre 3,81 mg de KOH/g et 17,39 mg de KOH/g pour les cinq échantillons analysés. Sa valeur dans les filets de la sardine fraîche, 6.17 mg de KOH/g, a connu une augmentation après fumage à 16.26 mg de KOH/g et 17.13 mg de KOH/g pour les échantillons salés à 12% et 20% de NaCl, respectivement. Lors du rancissement des lipides, les triglycérides sont convertis en acides gras et en glycérol, ce qui provoque une augmentation de cet indice (**Sadoudi, 2014**).

Pour les résultats des échantillons fumés après 21 jours de stockage à 4°C, une diminution remarquable de cet indice est relevée. La lipolyse intervient au sein des muscles de poisson

pendant la phase post mortem et est associée à la dégradation du muscle de poisson au cours de la transformation et de la conservation (Eymard, 2003).

L'indice de saponification nous informe sur la longueur de la chaîne carbonée des acides gras qui constituent les triglycérides ; il est d'autant plus élevé que la chaîne des acides gras est courte (Novidzro et al., 2019). Ses résultats avant stockage ont révélé son augmentation après fumage par rapport sa valeur dans l'échantillon frais. Ceci est peut-être dû à l'effet du couplage des trois processus de préparation appliqués, salage, séchage et fumage.

Après 21 jours de stockage ses valeurs sont remarquablement diminuées. D'après la norme NF ISO 3657 (2013), la valeur de l'indice de saponification est entre 190 et 196 mg de KOH/g de matière. Nos résultats sont inférieurs à cette norme.

#### 1.4. Détermination de la teneur en matière minérale et éléments traces métalliques

Les résultats de la détermination de la teneur en matière minérale et éléments traces métalliques sont illustrés dans le tableau 5.

**Tableau 5** : Résultats de la teneur en matière minérale et éléments traces métalliques.

| Echantillon<br>Éléments (ppm) | J <sub>0</sub> |                   |                   | J <sub>21</sub>   |                   |
|-------------------------------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                               | T              | SF <sub>12%</sub> | SF <sub>20%</sub> | SF <sub>12%</sub> | SF <sub>20%</sub> |
| Zinc (Zn)                     | 0,0623         | 0,3018            | 0,3288            | 0,9071            | 0,2992            |
| Plomb (Pb)                    | 0,0758         | 0,3370            | 0,1685            | 0,1095            | 0,0674            |
| Cadmium (Cd)                  | 0,0424         | 0,0940            | 0,0652            | 0,0955            | 0,1015            |

J : Jour, T : Témoin, SF : Sardine Fumée.

D'après les résultats obtenus, la concentration en zinc varie entre 0.06 et 0.90 ppm pour les cinq échantillons analysés. Selon Pagadi (2017), la teneur du zinc dans la chair du poisson est de 5,6 mg/kg (1ppm = 1 mg/kg du poids frais).

La concentration en plomb varie entre 0.0685 et 0.3370 pour les cinq échantillons analysés. Selon le journal officiel algérien (2011) et Bengendouz et al. (2018), la teneur maximale en plomb dans la chair de poisson est de 0.3 mg/kg et 0,50 mg/kg, respectivement.

La concentration en cadmium varie entre 0.0424 et 0.1015 ppm pour les cinq échantillons analysés. Selon le journal officiel algérien (2011) et Chahid (2016), la teneur maximale en Cadmium dans la chair de poisson est de 0,10 mg/kg et 0,25 mg/kg, respectivement.

## 2. Analyse microbiologique

Le contrôle microbiologique des produits finis porte sur leur qualité hygiénique et leur qualité marchande. Ce contrôle consiste à la recherche et au dénombrement des microorganismes potentiellement dangereux (germes aérobies, levures et moisissures, *Clostridium* spp., *Staphylococcus aureus*, coliformes totaux, coliformes fécaux, etc.) et porte pour conclure la conformité de produit vis-vis des normes (critères ou spécifications microbiologiques) (Naimi, 2018).

L'analyse microbiologique des filets de la sardine fraîche et ceux salés, séchés et fumés avant et après 21 jours de stockage à 4°C a montré la présence de la flore totale aérobie mésophile (Tableau 6) et dont le nombre dans chaque échantillon ne dépasse pas la valeur limite ( $10^6$  UFC/g).

**Tableau 6 :** Résultats de l'analyse microbiologique des échantillons analysés.

| Flore recherchée et /ou dénombrée (UFC/g)    | J <sub>0</sub>    |                    |                   | J <sub>21</sub>   |                   |
|--|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|  | T                 | SF <sub>12%</sub>  | SF <sub>20%</sub> | SF <sub>12%</sub> | SF <sub>20%</sub> |
| <b>Échantillon</b>                           |                   |                    |                   |                   |                   |
| <b>Flore totale aérobie mésophile (FTAM)</b> | $3,3 \times 10^5$ | $2,7 \times 10^5$  | $1,9 \times 10^4$ | Nd                | Nd                |
| <b>Coliformes totaux</b>                     | 00                | 00                 | 00                | 00                | 00                |
| <b>Coliformes thermo-tolérants</b>           | 00                | 00                 | 00                | 00                | 00                |
| <b>Flore lactique</b>                        | $3,6 \times 10^5$ | In                 | $2,9 \times 10^5$ | 00                | 00                |
| <i>Clostridium sulfito-réducteurs</i>        | Abs               | Abs                | Abs               | Abs               | Abs               |
| <i>Staphylococcus aureus</i>                 | Abs               | Abs                | Abs               | Abs               | Abs               |
| <b>Levures et moisissures</b>                | $2,2 \times 10^2$ | $1,2 \cdot 10^2$   | 7.10              | Nd                | 3.10              |
| <b>Flore halophile 5%</b>                    | $2,5 \times 10^3$ | $2,76 \times 10^4$ | $8,4 \times 10^3$ | $2,6 \times 10$   | $2,6 \times 10^2$ |
| <b>10%</b>                                   | $4,6 \times 10^2$ | $2,23 \times 10^3$ | $1,2 \times 10^3$ | $1 \times 10^2$   | $3,4 \times 10^2$ |
| <b>15%</b>                                   | $8 \times 10$     | $1,28 \times 10^3$ | $3,1 \times 10^2$ | $3 \times 10$     | $7 \times 10^3$   |

J : Jour, T : Témoin, SF : Sardine Fumée, Abs : Absence, Nd : Non-dénombrable, UFC : Unité Formant Colonie.

La flore lactique apparaît après trois jours d'incubation. Pour l'échantillon codé SF<sub>12%</sub> avant stockage, on a observé l'apparition d'un tapis microbien, ceci est probablement le résultat d'une erreur de manipulation ou d'une contamination au sein de laboratoire.

Une absence totale des coliformes totaux, thermo-tolérants, *Clostridium* sulfite-réducteurs et *Staphylococcus aureus* est relevée. Ceci témoigne d'une part l'absence d'une contamination microbienne d'origine fécale (**Bourgeois et Leveau, 1991**) et d'autre part l'effet conservateur des trois processus appliqués lors de la préparation des échantillons.

La charge en levures et moisissures des échantillons prélevés varie en fonction de la concentration saline ; la charge fongique diminue quand la salinité augmente. Selon **Knockaert (2002)**, la fumée peut avoir un rôle antiseptique grâce à la fraction phénolique à bas point d'ébullition. Mais cette action est faible et l'humidité élevée du poisson fumé peut permettre le développement des moisissures. Selon le même auteur, le poisson fumé fortement salé résiste en général aux attaques bactériennes mais pas toujours à celles des moisissures.

D'après les résultats obtenus après fumage, la charge en microorganismes halophiles sur milieu à concentration saline finale 5% varie entre  $2,76 \cdot 10^4$  UFC/g et  $2,5 \cdot 10^3$  UFC/g. Cependant sur milieu halophile à 10% de sel, le nombre était compris entre  $4,6 \cdot 10^2$  UFC/g et  $2,23 \cdot 10^3$  UFC/g, alors que sur milieu à une concentration de 15% de NaCl, était entre  $8 \times 10$  UFC/g et  $1,28 \times 10^3$  UFC/g (**Tableau 6**). Il est remarqué avant stockage que la charge de la flore halophile est diminuée quand la salinité du milieu est augmentée. Après 21 jours de stockage le développement des microorganismes halophiles est diminué sur les trois milieux. La présence de telle flore dans les échantillons fumés s'explique par son caractère thermo-tolérant.

Selon **Czerner et Yeannes (2014)**, on peut classer les microorganismes halophiles selon leur comportement vis-à-vis du sel en halophiles modérés, avec une croissance optimale entre 3 à 15% de sel ; et halophiles extrêmes, qui poussent entre 18 et 30 % de sel. On peut conclure que les microorganismes halophiles apparus sur le milieu HM aux concentrations salines finales 5%, 10% et 15% sont des halophiles modérés.

# *Conclusion*

Au cours de ce travail, nous avons effectué des analyses physicochimique et microbiologique afin de mettre en évidence l'effet de la combinaison de trois techniques de conservation, salage, séchage, et fumage à chaud sur la qualité des filets de la sardine Européenne « *Sardina pilchardus* » avant et après stockage à 4°C.

D'une manière générale, l'application de ces trois processus et le stockage à froid, a donné une qualité physicochimique acceptable et une qualité microbiologique satisfaisante. D'une part, la combinaison du salage-séchage et fumage a permis de réduire considérablement la prolifération des germes indésirables et sélectionner le développement d'une flore particulière dite « halophile ». D'autre part, la réfrigération a également joué un rôle dans l'inhibition de la propagation des bactéries pathogènes. Ainsi, le salage, le séchage, le fumage et la conservation par le froid sont des procédés qui stabilisent le produit et non le stérilisent. Cela signifie que toutes les enzymes et tous les microorganismes ne sont pas détruits mais inactivés.

La sardine est une espèce pélagique essentiellement planctonophage, sans contact direct avec les sédiments qui sont constitué le plus important réservoir des métaux et des autres polluants dans l'environnement aquatique. D'après nos résultats, les teneurs des échantillons analysés en plomb et cadmium sont inférieures aux normes.

Comme perspective, ce travail doit être complété par une étude plus approfondie en réalisant une analyse complète de la composition nutritionnelle avant et après stockage.

*Références*  
*Bibliographiques*

- Abad, R., Miquel, J., Iglesias, M., Alvarez, F. (1998).** Acoustic estimation of abundance and distribution of sardine in the Northwestern Mediterranean. *Fisheries research*, 34, 239-245.
- Abdollahi, H.O., Tapsoba, F., Guira, F., Zongo, C., Abakar, L.I., Tidjani, A., Savadogo, A. (2018).** Technologies, qualité et importance socioéconomique du poisson séché en Afrique. *Synthèse : Revue des Sciences et de la Technologie*, 37, 49-63.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists (1990).** Official methods of analysis of the Association of the Analytical Chemists. 15th Ed. Washington, DC.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists (1995).** Official methods of analysis of the Association of the Analytical Chemists. 16th Ed. Gaithersburg, M.D, USA.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists (1996).** Official methods of analysis of the Association of the Analytical Chemists. 4 th Ed. Washington D.C.
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists (2000).** Official methods of analysis of the Association of the Analytical Chemists. 17th Ed. Gaithersburg, M.D, USA.
- AOCS. (1993).** Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society, AOC Press. Washington, DC.
- Assogba, M.H.M., Aounoui, S.G., Bonou, G.A., Salifou, C.F.A., Dahouda, M., Chikou, A., Farougou, S., Karim, I.Y.A. (2018).** Qualité de la Chair des Poissons : Facteurs de Variations et Impacts des Procédés de Transformation et de Conservation. *International Journal of Sciences and High Technologies*, 10(2), 333-358.
- Benguendouz, A., Boudroua, K., Bouterfa, A., Belabes, M., Bekada, A., Sioriki, E., Zabetakis, I. (2018).** Fatty acid profile and assessment of heavy metals content of *Sardina pilchardus* captured in the Algerian coast. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 16(3), 1021-1029.
- Berkel, M.V.B., Boogaard, B.V., Heijnen, C. (2005).** La conservation du poisson et de la viande. 2ème édition. Marja de Goffau-Markusse. Pp8-9-27.
- Bilgin, Ş., Değirmenci, A. (2019).** Quality changes in reared, hot-smoked meagre (*Argyrosomus regius* Asso, 1801) during chill storage at  $4 \pm 1$  °C. *Food Science and Technology*, 39(2), 507-514.
- Bodin, R.A. (2017).** Transformation et conservation du poisson en Côte-D'ivoire : les possibilités d'amélioration des techniques de fumage du poisson et de sa commercialisation au niveau artisanal. Diplôme de Technologie Approfondie pour la Commercialisation des Produits de la Mer, Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération, Côte-D'ivoire. 99p.



- Bourgeois, C.M., Leveau, J.Y. (1991).** Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires. Vol 3 : Le contrôle microbiologique, 3<sup>ème</sup> Ed. Lavoisier. Paris, France. Tec & Doc. 454p.
- Caponio, F., Lestingi, A., Summo, C., Bilancia, M.T., Laudadio, V. (2004).** Chemical characteristics and lipid fraction quality of sardines (*Sardina pilchardus* W.) : Influence of sex and length. Journal of Applied Ichthyology, 20(6), 530-535.
- Chahid, A. (2016).** Quantification des éléments traces métalliques (cadmium, plomb et mercure total) de certains produits de la pêche débarqués dans la zone Essaouira-Dakhla : Evaluation des risques sanitaires. Thèse de doctorat en chimie fondamentale et appliquée. Université Ibn Zohr. Agadir, Maroc. 191p.
- Ciquel, (2012).** <http://informations nutritionnelles.fr/filets-de-sardines-nature-petit-navire>.
- Czerner, M., Yeannes, M.I. (2014).** Bacterial Contribution to Salted Anchovy (*Engraulis anchoita* Hubbs & Marinni, 1935) Ripening Process. Journal of Aquatic Food Product Technology, 23(2), 102-114.
- Dehaut, A. (2014).** Evaluation de la qualité-fraîcheur du poisson par des approches biochimiques (SPME-GC/MS) et moléculaires (qPCR). Université de Lille 1 -Sciences et Technologies ; Ecole doctorale SMRE, Français. 244p.
- Dib, A.L. (2014).** Évaluation de la contamination microbienne des produits de la mer. Thèse de Doctorat en Sciences en Hygiène et Sécurité Alimentaire. Université Constantine I Institut des Sciences Vétérinaires, Constantine. 280p.
- Dumay, J. (2006).** Extraction des lipides en voie aqueuse par bioréacteur enzymatique combine à l'ultrafiltration : Application à la valorisation de co-produits de poisson (*Sardina pilchardus*). Thèse de doctorat. Université de Nantes, France. 305p.
- Essuman, K.M. (1992).** Le poisson fermenté en Afrique : traitement, commercialisation et consommation FAO Document technique sur les pêches. N°329. Rome, FAO. Pp 1-80.
- Eymard, S. (2003).** Mise en évidence et suivi de l'oxydation des lipides au cours de la conservation et de la transformation du chinchard (*Trachurus trachurus*) : choix des procédés. Thèse de Doctorat en Biochimie. Université de Nantes, France. 217p.
- Fernandes, R. (2009).** Microbiology handbook fish and seafood. Leather head food international. Pp 35-270.
- Forest, A. (2001).** Ressources halieutiques hors quotas du Nord Est Atlantique : bilan des connaissances et analyse de scénarios d'évolution de la gestion. Ifremer Eds, Tome 2. 215p.

- Gómez-Estaca, J., Giménez, B., Gómez-Guillén, C., Montero, P. (2010).** Influence of frozen storage on aptitude of sardine and dolphinfish for cold-smoking process. *LWT - Food Science and Technology*, 43(8), 1246-1252.
- GRET, Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques (1993).** Conserver et Transformer le Poisson. : Deuxième partie comment mieux conserver et transformer le poisson : Chapitre 4. Connaître et diffuser les techniques traditionnelles : Le salage.
- Guiraud, J.P. (2003).** Microbiologie alimentaire. Ed. Dunod, Paris. 696p.
- Hassan El-Sayed, S. (2011).** Technologie de salage du poisson. *Revue Agricole. Hygiène alimentaire, Unité de recherche sur les poissons.* Egypte : GAFRD.
- ICMSF, International Commission on Microbiological Specifications for Foods (1983).** Microorganisms in foods 1. Techniques of microbiological analyses, Acribia, Zaragoza, Spain.
- Irishad, A., Irishad, A., Seung, B.K. (2014).** Culturable diversity of halophilic bacteria in foreshore soils. *Brazilian Journal of Microbiology*, 45(2), 563.
- ISO 15213. (2003).** Microbiologie des aliments-Méthode horizontale pour le dénombrement des bactéries sulfite-réductrices se développant en conditions anaérobies.
- Jemaa, S. (2014).** Étude de la structure des populations et du régime alimentaire de l'anchois européen (*Engraulis encrasicolus*) et de la sardine européenne (*Sardina pilchardus*) : relations avec l'environnement. Thèse de doctorat. Université du Littoral Côte d'Opale. 242p.
- Joelson, A.R. (2020).** Fiche technique : Production de poisson fumé pour réduire les pertes après capture. Blue Ventures Mahajamba, Madagascar. 17p.
- Journal Officiel de la République Algérienne. (2011).** N°25. Arrêté de 23 Joumada El Oula 1432 correspondant au 27 Avril 2011 fixant les seuils limites de présence de contamination chimique, et toxique dans les produits des pêches et de l'aquaculture. Pp 19-23.
- Kervinio, A. (1998).** Les techniques de transformation du poisson sur la Côte Atlantique africaine : le développement du salage-séchage-fumage à destination locale. Doctoral dissertation, CIRAD-EMVT. 37p.
- Knockaert, C. (1986).** LE FUMAGE DU POISSON de la théorie à la pratique. IFREMER-Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer, France.185p.
- Knockaert, C. (1990).** Le fumage du poisson. Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer.178p.
- Knockaert, C. (1995).** Fumage électrostatique : Application aux produits de la mer. Ifremer : Laboratoire Génie Alimentaire. 110p.
- Knockaert, C. (2000).** Le fumage par atomisation du poisson : étude de faisabilité en couplage avec la Déshydratation Imprégnation Immersion.51p.

- Knockaert, C. (2002).** Le fumage du poisson(Vol.3). Edition Quae. 115p.
- Koning, A.J., Mol, H.T. (1991).** Intérêt nutritionnel de la sardine fraîche pêchée en mer méditerranée. Cahiers de la Nutrition et de la Diététique, N°6. 12p.
- Koral, S., Köse, S., Tufan, B. (2009).** Investigating the Quality Changes of Raw and Hot Smoked Garfish (*Belone belone euxini*, Günther, 1866) at Ambient and Refrigerated Temperatures. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 9, 53-58.
- Larpen, J.P. (1997).** Microbiologie alimentaire : Techniques de laboratoire. Ed. Lavoisier Tec & Doc, 1072p.
- Leduc, F. (2011).** Evaluation de la qualité du poisson frais par des approches chimiques. Thèse- N° Ordre : 40769. Université sciences et technologies. Lille 1, France. 184p.
- Linden, G., Lorient, D. (1994).** Biochimie agro-industrielle, valorisation alimentaire de la production agricole, éd. Masson, Paris, France. Pp 161-162.
- Naimi, M. (2018).** Cahier technique-2 : Techniques de contrôle microbiologiques. Centre Universitaire Nour Bachir El-Bayadh. 51p.
- Nciri, N. (2006).** Fabrication des Conserves de Sardine. Korea University of Technology and Education. 24p.
- Ndife, J., Onyeiwu, S.C., Ubbor, S.C., Ukor, I.C. (2022).** Effects of curing methods on quality of hot smoked fish (*Sardina pilchardus*). Science World Journal, 17(2), 281-285.
- Ndrianaivo, E., Cornet, J., Cardinal, M., Razanamparany, L., Berge, J.P. (2016).** Stockage des poissons fumés et ou séchés : cas de *Oreochromis niloticus* « Fiha saly » malgache. Afrique Science, 12(2), 254-265.
- Ndrianaivo, E.N. (2016).** Optimisation de la production des poissons fumés/séchés de Madagascar. Thèse de doctorat en Sciences de l’Alimentation et Nutrition. Université D’Antananarivo, France. 188p.
- NF ISO 3657. (2013).** Corps gras d'origine animale et végétale-Détermination de l'indice de saponification.
- NF ISO 4832. (2006).** Microbiology of Food And Animal Feeding Stuffs - Horizontal Method For The Enumeration Of Coliforms-Colony Count Technique. Association Française de Normalisation, AFNOR.
- NF V04-404. (2001).** Meat, meat products and fishery products - Determination of total ash Viandes, produits à base de viandes et produits de la pêche. Association Française de Normalisation, AFNOR.

- Nganguem, M. (2007).** Approche physico-chimique du pouvoir conservateur du sel : Cas du salage de *Pseudotolithus senegalensis*. Université d'Abomey-Calavi - Maîtrise Professionnelle de Biotechnologie dans IAA. Pp 1,42-55.
- Novidzro, K.M., Wokpor, K., Fagla, B.A., Koudouvo, K., Dotse, K., Osseyi, E., Koumaglo, K.H. (2019).** Etude de quelques paramètres physicochimiques et analyse des éléments minéraux, des pigments chlorophylliens et caroténoïdes de l'huile de graines de *Griffonia simplicifolia*. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 13(4), 2360-2373.
- Pagadi, S. (2017).** Valeur nutritive des produits de la pêche. In : L'assurance qualité et sécurité, éléments essentiels pour la promotion de la commercialisation et de la consommation des produits de la pêche. Casablanca : Expert Assurance Qualité. 10p.
- Perrier, R., Auffret van der Kemp, T., & Zonszain, F. (1997).** Expériences faciles et moins faciles en sciences microbiologique collection : Biosciences et techniques. Ed. Doin, Paris, France. 476p.
- Raffray, G. (2014).** Outils d'aide à la décision pour la conception de procédés agroalimentaires au Sud : application au procédé combiné de séchage, cuisson et fumage de produits carnés. Thèse de doctorat. Montpellier, SupAgro.164p.
- Roos, D. (2011).** Les populations ichtyologiques de petits pélagiques de la sous-région marine Méditerranée occidentale DCSMM/EI/MO. Laboratoire Halieutique Méditerranée, Station de Sète.12p.
- Sadoudi, R. (2014).** Conséquences métaboliques de la consommation de l'huile de tournesol thermo-oxydée chez le rat blanc. Doctoral dissertation.164p.
- Shehata, S.M.A., Talab, A.S.A., Ghanem, M.H.M., Abbas, M.M.M. (2018).** Production and quality evaluation of hot smoked grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) fillets stored at 4±1°C. Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries, 22(5), 351-361.
- Sidhu, K.S. (2003).** Health benefits and potential risks related to consumption of fish or fish oil. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 38, 336-344.
- Subov, N.N. (1931).** Oceanographical Tables. Moscow: USSR Oceanographic Institute Hydrometeorological Commission.
- Tarhouni, A., Ben Zida, M., Talbi, O., Elbour, M., Sadok, S., Mihoubi Boudhrioua, N. (2019).** New integrated process for production of edible and fishmeal powders from sardines : Drying kinetics and quality attributes. Process Safety and Environmental Protection, 122, 352-365.
- Torreblanca, M., Rodriguez Valera, F., Juez, G., Ventosa, A., Kamekura, M., & Kates, M. (1986).** Classification of non halophilic halobacteria based on numerical taxonomy and polar

lipid composition and description of Haloarcula gen.nov. and Halopherax gen.nov. Systematic and Applied Microbiology, 8(1-2), 89-99.

**Tuara, P. (1999).** Méthodes pratiques de conservation des produits de la mer Salage et séchage. Manuel de formation. France.42p.

**Zakhia, N. (1992).** Le séchage des poissons (*Tillapia* spp.). Etude de la relation procédé qualité de produits application de terrain au Mali. Thèse de doctorat. Université de Paris VII, France. Pp18-109-173-175-192.

**Zerai, T., Mestiri, F., Romdhane, M.S., Merji, S. (2006).** Effet de l'addition du thym, du laurier et du romarin sur la conservation de l'anguille fumée. Pp107-116.

# *Annexes*

### **Annexe 1 : Fiche technique des sardines fraîches**

-Le nom de l'espèce utilisée : *Sardina pilchardus*

-Le lieu de la pêche : le port de Jijel

-Le lieu d'achète des sardines fraîches : la poissonnerie " THALASSA " de la ville de -Jijel-

-Le poids de sardine fraîche achetés : 3 kg

-Le type de sel utilisé : sel fin et gros sel de marque « enasel »

-Le lieu de préparation des filets de sardines salés et fumés à chaud : Artisanalement à la maison

### **Annexe 2 : Préparation des solutions**

- ***Préparation de l'empois d'amidon***

Mettre 1g d'amidon dans un bécher, ajouter 100 mL de l'eau distillée, mélanger bien et chauffer sur la plaque chauffante.

- ***Préparation de deux saumures***

-Pour la solution de NaCl à 12% : On utilise 6 g de sel fin et 6 g de gros sel dans 100 mL de l'eau distillée.

-Pour la solution de NaCl à 20% : On utilise 10 g de sel fin et 10 g de gros sel dans 100 mL de l'eau distillée.

- ***Préparation du bouillon salé stérile***

On mélange 3 g d'extrait de viande et 5 g de peptone de viande et 150 g de NaCl dans 1000 ml d'eau distillée. Après mélange et homogénéisation, le bouillon obtenu est autoclavé.

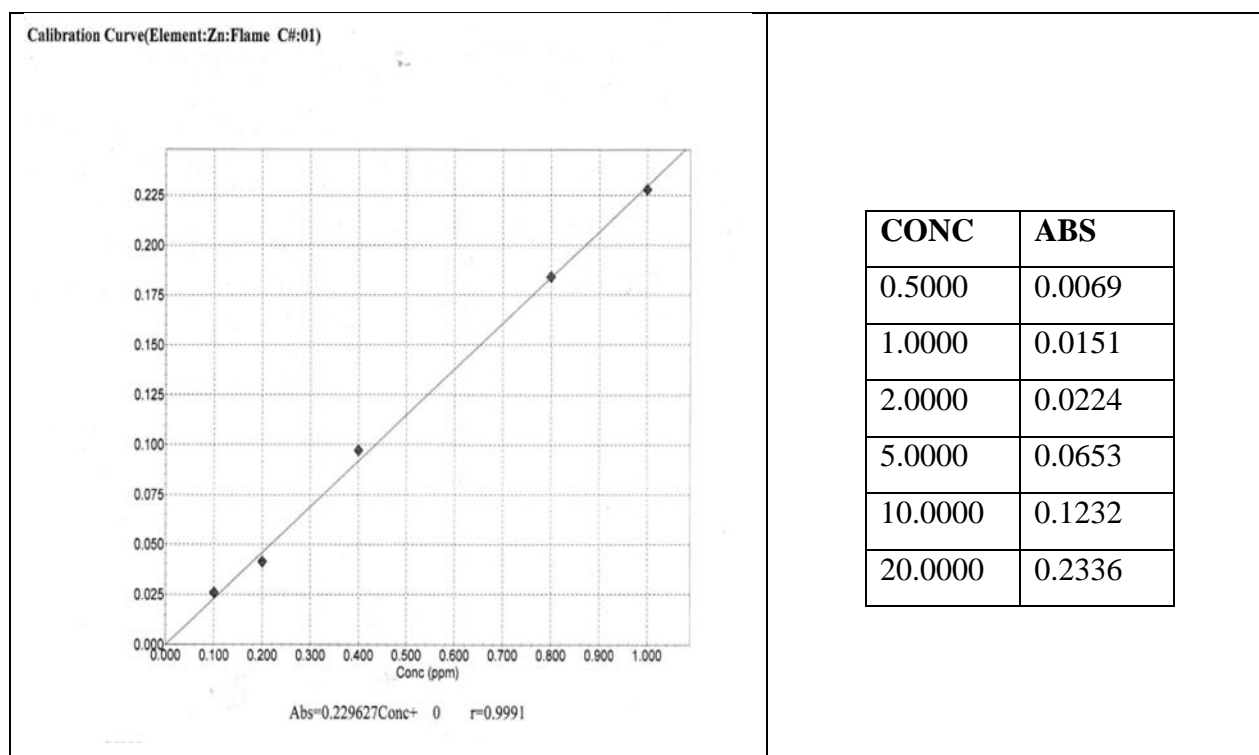
- ***Préparation des solutions salines***

-Pour la solution à 5% : On utilise 83,33 mL de stock préalablement préparé et on complète le volume avec 416,66 mL de l'eau distillée.

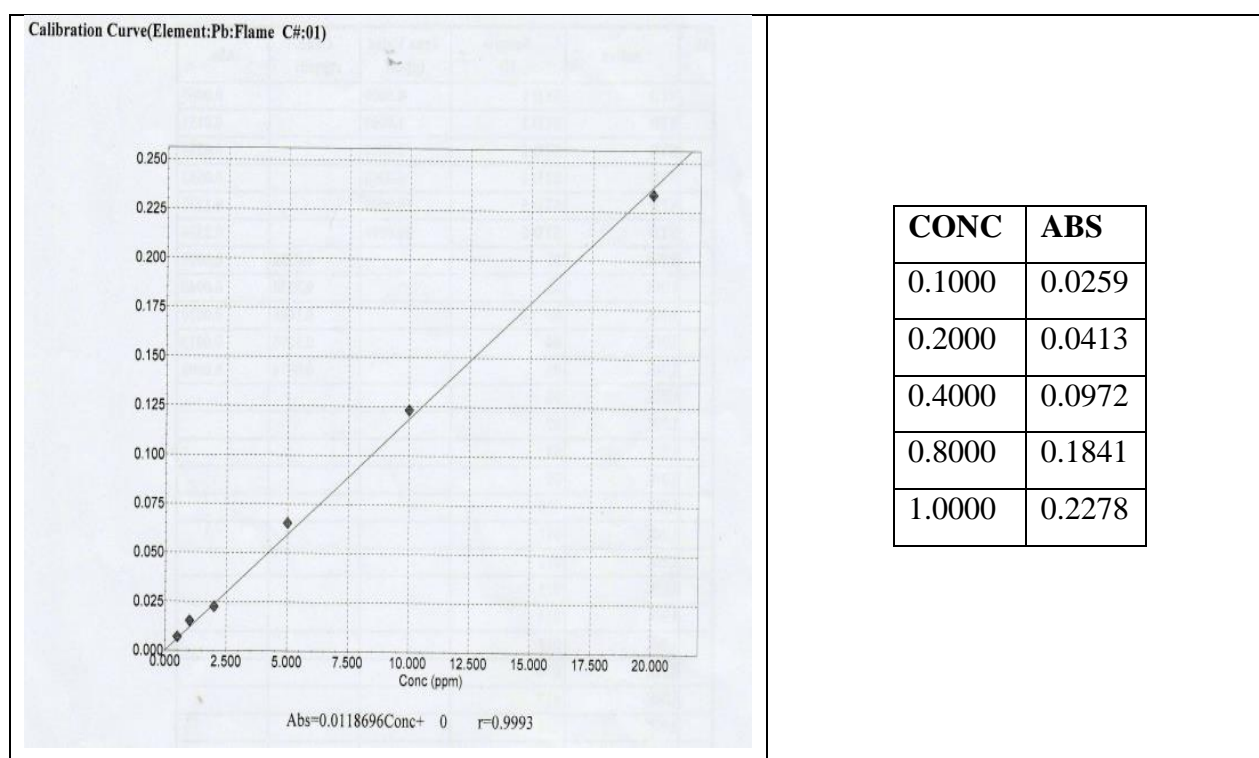
-Pour la solution à 10% : On utilise 166,66 mL de stock préalablement préparé et on complète le volume avec 333,34 mL de l'eau distillée.

-Pour la solution à 15% : On utilise 250 mL de stock préalablement préparé et on complète le volume avec 250 mL de l'eau distillée.

## Annexe 3 : Courbes d'étalonnage des métaux lourds et sels minéraux

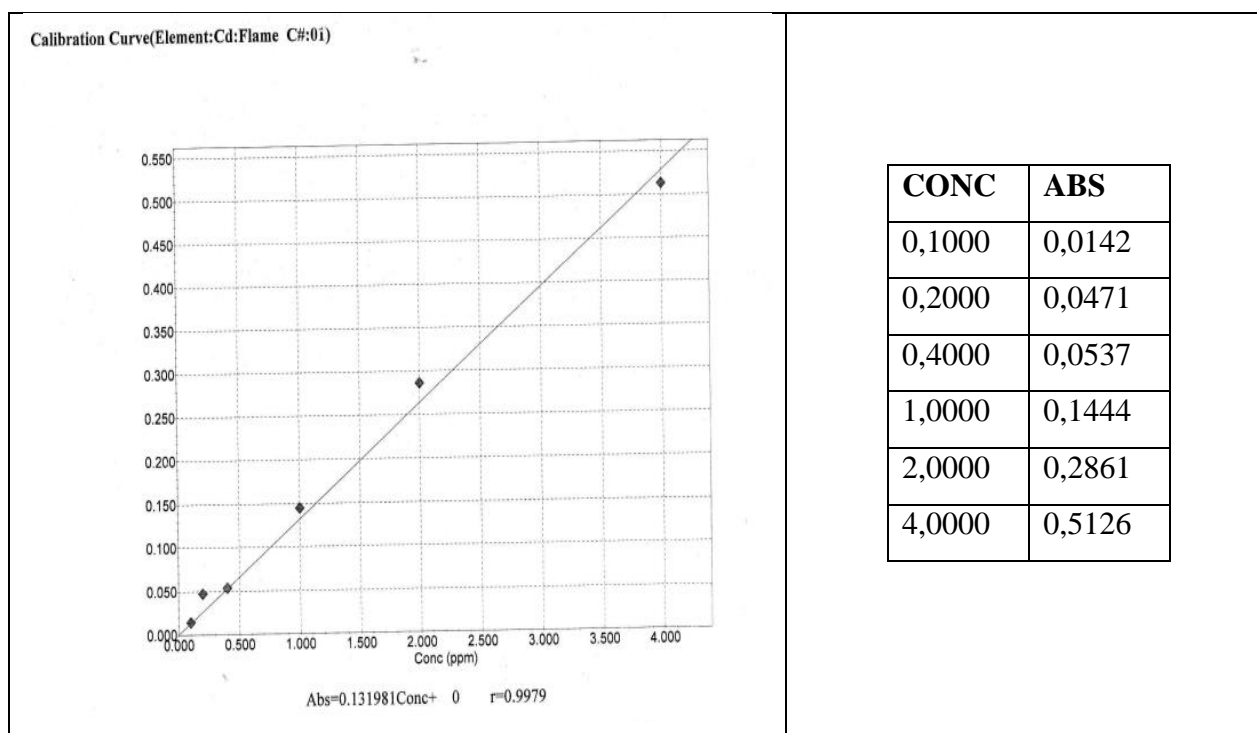


**Figure 4 :** Courbe de référence expérimentale de l'absorbance en fonction de la quantité (ppm) de Zn ( $r=0.9991$ ).



**Figure 5 :** Courbe de référence expérimentale de l'absorbance en fonction de la quantité (ppm) de Pb ( $r=0.9993$ ).





**Figure 6 :** Courbe de référence expérimentale de l'absorbance en fonction de la quantité (ppm) de Cd ( $r=0.9979$ ).



|  |   |
|--|---|
| <b>Présenté par :</b> AISSANI Roumaissa<br>ATOUB Selma   | <b>Encadreur :</b> Dr AYAD. R<br><b>Date de soutenance :</b> 08/09/2022 |
| <b>Thème:</b> Évaluation de la qualité physicochimique et microbiologique des filets de la sardine Européenne « <i>Sardina pilchardus</i> » salés, fumés et stockés à 4°C.   |   |
| <b>Nature du Diplôme:</b> Master Académique en Agroalimentaire et Contrôle de Qualité.   |   |
| <b>Résumé</b>  |   |
| L'objectif de notre travail est d'évaluer la qualité des filets de la sardine Européenne « <i>Sardina pilchardus</i> », salés et fumés à chaud et stockés à 4°C. D'une manière générale, les résultats des analyses physicochimique et microbiologique ont montré que la combinaison des trois techniques de conservation salage, séchage et fumage à chaud ont permis d'obtenir d'une part une qualité physico-chimique satisfaisante et microbiologique acceptable sans risque de bactéries pathogènes et d'autre part la sélection d'une flore halophile modérée. |   |
| <b>Mots clés :</b> <i>Sardina pilchardus</i> , salage, séchage, fumage à chaud, qualité, flore halophile.  |   |
| <b>Abstract</b>  |   |
| The objective of our work is to evaluate the quality of European sardine fillets « <i>Sardina pilchardus</i> », salted and smoked under heat and stored at 4°C. In general, the results of the physicochemical and microbiological analyses showed that the combination of the three conservation techniques salting, drying and hot smoking allowed to obtain on the one hand a satisfactory physicochemical and acceptable microbiological quality without risk of pathogenic bacteria and on the other hand the selection of a moderate halophilic flora.         |   |
| <b>Keywords :</b> <i>Sardina pilchardus</i> , salting, drying, hot smoking, quality, halophilic flora.   |   |
| <b>ملخص</b>  |   |
| الهدف من عملنا هو تقييم جودة شرائح السردين الأوروبية « <i>Sardina pilchardus</i> » المملحة والمجففة والمدخنة على الساخن والمخزنة عند 4 درجات مئوية. بشكل عام أظهرت نتائج التحليلات الفيزيوكيميائية والميكروبيولوجية ان الجمع بين تقنيات الحفظ الثلاثة التمليح والتجفيف والتدخين الساخن جعل من الممكن الحصول من ناحية على جودة فيزيوكيميائية وميكروبيولوجية مقبولة دون مخاطر من البكتيريا المسببة للأمراض ومن ناحية أخرى اختيار مجموعة بكتيرية معتدلة محبة للملح.   |   |
| <b>الكلمات المفتاح:</b> <i>Sardina pilchardus</i> ، التمليح، التجفيف، التدخين الساخن، الجودة، بكتيريا محبة للملح.  |   |