





## Dédicaces

---

Je dédie ce travail :

*À ma très chère mère : OUBADOUN Fatima,*

Affable, honorable, Source de la vie, d'amour et d'affection : Tu m'as comblé avec ta tendresse et affection tout au long de mon parcours. Tu n'as cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études, tu as toujours été présente à mes côtés pour me consoler quand il fallait. En ce jour mémorable, pour moi ainsi que pour toi, reçoit ce travail en signe de ma vive reconnaissance et ma profonde estime.

*À mes sœurs : Naïma, Khadija, Samira et Asma*

Source de joie et de bonheur, Mes anges gardiens et mes fidèles compagnons dans les moments les plus délicats de cette vie mystérieuse.

*À mes petits : Sara, Oussamae, Zakariae, Issame, Abdessamad, Souhaïl, Anir et Youssef*

Source d'espoir et de la motivation, je vous souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité, avec mes sentiments d'amour.

*À notre chère et dynamique professeur GHARBY Saïd*

Un remerciement particulier et sincère pour tous vos efforts fournis. Vous avez toujours été présent. Que ce travail soit un témoignage de ma gratitude et mon profond respect.

*À tous mes professeurs depuis primaire jusqu'à mon cursus universitaire.*

Vous avez toujours été présents pour les bons conseils. Votre affection et votre soutien m'ont été d'un grand secours au long de ma vie professionnelle et personnelle. Veuillez trouver dans ce modeste travail ma reconnaissance pour tous vos efforts.

*À mes chers amis Amina, Nadia, Aicha*

En souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble. Veuillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère.

*À tous mes collègues du master Procédés d'Analyses et Contrôle Qualité (PACQ).*

*À tous ceux qui de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.*

*A vous cher lecteur.*

---

---

**En hommage à notre chère regrettée *Jihane SAYAD* qui nous a quittés trop tôt**

Je dédie ce modeste travail à son âme qui demeurera parmi nous aussi longtemps que nous vivrons. Qu'elle repose en paix auprès de l'Eternel. Nous ne l'oublierons jamais. Elle a toujours eu le sens du travail et de la responsabilité, de l'esprit d'équipe et de la compétitivité. Son sourire radieux nous accompagnera tout au long de notre existence. Elle nous manque et nous manquera toujours.

*Que Dieu vous avoir en sa sainte miséricorde*

---

## Remerciements

---

Tout d'abord, je remercie Dieu, notre créateur de m'avoir donné les forces, la volonté et le courage afin d'accomplir ce travail modeste.

En préambule, je veux adresser tous mes remerciements aux personnes avec lesquelles j'ai pu échanger et qui m'ont aidé pour la rédaction de ce mémoire.

Ce travail ne serait pas riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'encadrement et l'aide de **Mr Said GhARBY** (professeur à la faculté polydisciplinaire de Taroudant), Je tiens à vous exprimer toute mes remerciement pour la qualité de votre encadrement exceptionnel, pour votre patience et votre disponibilité durant la préparation de ce mémoire.

Je tiens à exprimer toute ma gratitude à **Mr Lahcen BAMMOU** (professeur à l'école supérieure de l'éducation et de la formation), qui m'a suivi tout le long de ce mémoire et qui m'a conseillé, guider et encadrer pour la réalisation de ce travail.

Je remercie chaleureusement **Mr Belkassem EL AMRAOUI** (professeur à la faculté polydisciplinaire de Taroudant) d'avoir accepté d'être président du jury.

Un grand merci aux **Mrs Khalid MAJOURHAT, Jamal KOUBACHI et Mohammed HASSI** (professeurs à la faculté polydisciplinaire de Taroudant) d'avoir acceptés d'examiner ce travail.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance envers, **Mme Meryem CHTAIRI**, la responsable qualité de la conserverie «**CIBEL IV**», d'avoir mis à ma disposition tous les moyens nécessaire pour le bon déroulement des étapes de mon travail.

J'exprime également mes sincères remerciements à **Mr Omar DAMOURANE**, le responsable du laboratoire de la conserverie «**CIBEL IV**», de m'avoir ouvert les porte du laboratoire, de m'avoir suivi, orienter et mis à ma disposition les moyens nécessaire pour le bon déroulement des étapes de mon travail.

J'aimerais également remercier **Mme Soukaina BEN HNANE et Hicham EL AZRAG (Techniciens de laboratoire à CIBEL IV)** pour leur disponibilité, orientation indispensable et pour avoir me facilité le travail au cours des manipulations.

Mes plus vifs remerciements à **Mr. Mohamed IBOURKI**, le responsable laboratoire de la société **COPAG** pour le temps qu'il m'a consacré et pour son aide dans les analyses des échantillons étudié. Ses précieux conseils m'ont été d'une grande utilité.

---

## Remerciements

---

Je remercie très sincèrement **Mr. Samir CHARFI**, le responsable laboratoire contrôle qualité **CIBEL II**, pour son précieuse aide, son encouragement et pour le temps qu'ils me consacraient tout au long de cette période, sachant répondre à toutes mes interrogations, sans oublier leurs participations au cheminement de ce rapport.

Je tiens à remercier chaleureusement tout le personnel de **CIBEL IV** pour leur soutien, leurs initiatives et leurs informations qui ont d'un grand intérêt pour l'étude.

Je remercie également mes collègues de l'équipe de recherche pour leurs aides précieuses : **Mlle Fadma AZOUGUIGH, Fadwa EL HAIDEG, Zahira LAZAAR, Moussa NID AHMED, Hanan GOUMGHAR, Imane AMMAYEN et BIJLA Laila.**

---

## Avant-Propos

Ce travail a été réalisé au Laboratoire de Biotechnologie, Matériaux & Environnement (LBME) de la faculté polydisciplinaire de Taroudant en étroite collaboration avec la société CIBEL IV (Complexe Industriel Belhassan)

Les résultats obtenus ont fait l'objet de la communication suivante :

**Communication orale :** Participation au premier Symposium International de Khénifra « Pharmacologie, Phytothérapie et Phytochimie des Plantes Aromatiques et Médicinales » par une communication orale « Formulation et évaluation de la qualité physicochimique, biologique et sensorielle des sardines en conserve de l'huile d'argane ». Latifa ID BOUBKER, Meryem CHTAÏRĪ, Lahcen BAMMOU, Mohamed IBOURKĪ, Said GHARBY



## Résumé

---

Le Maroc dispose d'une industrie de conserve de bonne réputation à l'échelle internationale grâce à sa richesse en petits pélagiques et la qualité de ses produits. La formulation des produits de mer a fortement évolué afin d'inclure une part de plus en plus importante de matières végétales.

Dans ce contexte, nous nous sommes intéressés à combiner entre la conserve de sardine, en tant que pionnier des produits de l'industrie de conserverie au Maroc, et l'huile d'argane. Cette huile a connu récemment une évolution économique croissante grâce à ses vertus nutritionnelles.

L'objectif de ce travail est la valorisation de cette huile proprement Marocaine d'une part, Et de l'autre la contribution à améliorer l'industrie de conserverie tout en intégrant des nouveaux produits au marché international.

Pour ce faire, nous avons suivi la méthodologie suivante. En premier lieu, nous avons mené une étude comparative de la qualité physicochimique et la composition nutritionnelle de certaines huiles végétales (Argane, Olive et Tournesol) pour en déterminer la richesse avant leurs utilisations comme milieu de couverture pendant la mise en conserve.

En second lieu, nous avons préparé 150 boîtes de conserve de sardine à huile d'argane suivant un processus validé, et nous avons réalisé des analyses physicochimiques et bactériologiques pour en évaluer la qualité. En parallèle, une évaluation sensorielle a été réalisée pour évaluer la qualité organoleptique de produit.

Enfin, nous avons évalué par l'indice de peroxyde, l'acidité, l'extinction spécifique ultra-violet 270 nm (K270) et la composition en acides gras l'évolution de l'état d'oxydation de la partie lipidique dans la chair de la sardine et de l'huile de couverture.

Les résultats montrent que la sardine à huile d'argane est un produit de qualité nutritionnelle par excellence. En effet, il a enregistré des indices de qualité conformes aux normes internationale, ainsi que des teneurs importantes en protéines et en fer, Zn, Mg et d'autres éléments minéraux, aussi il est très riche en acides gras polyinsaturés d'origine végétale et animale.

**Mots clés :** Argane, Olive, Tournesol, Sardine, Conserve, Milieu de couverture, Lipide...

---

## Abstract

---

Morocco has a canning industry with an international reputation for its richness in small pelagic and the quality of its products. The formulation of seafood products has greatly evolved to include an increasing share of vegetable matter.

In this specific context, we have been interested in combining sardine canning, as a pioneer of products in the canning industry in Morocco, with argan oil.

The objective of this work is the valorization of this endemic oil of Morocco on the one hand. On the other hand, the contribution to improve the canning industry by integrating this new product to the market.

Firstly, a comparative study of the physicochemical quality and nutritional composition was conducted to determine the richness of certain vegetable oils (Argan, Olive and Sunflower) before their use as a covering medium in canning.

Secondly, 150 cans of sardine in oil were produced following a validated process. An experimental survey was conducted to evaluate the physicochemical and bacteriological quality of sardine in argan oil. A tasting survey was also conducted to evaluate the organoleptic quality of the product.

Finally and in order to evaluate the level of lipid degradation in the sardine meat and cover oil. For this purpose we carried out analyses to determine some quality indices (acidity, peroxide value), as well as the fatty acid profile.

The results obtained showed that sardine with argan oil is a product of excellent nutritional value. It is a very important source of protein and iron, Zn, Mg and other mineral elements. It is also too rich in unsaturated and polyunsaturated fatty acids of plant and animal origin.

**Key words:** Argan, Olive, Sunflower, Sardine, Can, Covering medium, Lipid...

---

## Liste des tableaux

---

<b>Tableau 1:</b> Evolution de la production nationale de poisson pélagique (pêche côtière et artisanale) de 2013 à 2018.....	22
<b>Tableau 2:</b> Principaux composants des poissons.....	23
<b>Tableau 3:</b> Principaux acides aminés dans 100g de poisson. ....	25
<b>Tableau 4:</b> Elément minéraux du poisson.....	26
<b>Tableau 5:</b> Position systématique de la sardine commune. ....	28
<b>Tableau 6:</b> Composition en triglycérides des huiles de tournesol, d'olive et d'argane.....	30
<b>Tableau 7:</b> Composition en acides gras des huiles de tournesol, d'olive et d'argane.....	32
<b>Tableau 8:</b> Composition en tocophérols des huiles de tournesol, d'olive et d'argane. ....	35
<b>Tableau 9:</b> Composition stérolique des huiles de tournesol, d'olive et d'argane. ....	36
<b>Tableau 10:</b> Teneur en triterpène des huiles de tournesol, d'olive et d'argane .....	37
<b>Tableau 11:</b> Teneur en composés phénoliques des huiles de tournesol, d'olive et d'argane .....	38
<b>Tableau 12:</b> Teneur en hydrocarbures et caroténoïdes des huiles de tournesol, d'olive et d'argane.....	39
<b>Tableau 13:</b> Composition en phospholipides des huiles de tournesol, d'olive et d'argane.....	40
<b>Tableau 14:</b> Barème de cuisson des différents articles. ....	53
<b>Tableau 15:</b> Résumé des échantillons d'huile de couverture.....	58
<b>Tableau 16:</b> Indices de la qualité des huiles de tournesol, d'olive et d'argane.....	79
<b>Tableau 17:</b> Composition en acides gras d des huiles de tournesol, d'olive et d'argane.....	83
<b>Tableau 18:</b> Composition en stérols des huiles de tournesol, d'olive et d'argane.....	85
<b>Tableau 19:</b> Composition en tocophérols des huiles de tournesol, d'olive et d'argane .....	86
<b>Tableau 20:</b> Teneur en histamine dans la sardine en conserve.....	89
<b>Tableau 21:</b> résultats du contrôle de la stabilité biologique de la sardine en conserve. ....	90
<b>Tableau 22:</b> Résultats de la teneur en protéines dans la sardine en conserve à l'huile de tournesol, d'olive et d'argane.....	91
<b>Tableau 23:</b> Teneur en lipides dans la chair de la sardine en conserve à l'huile de tournesol, d'olive et d'argane.....	92
<b>Tableau 24:</b> Humidité dans la sardine en conserve dans l'huile de tournesol, d'olive et d'argane.....	93
<b>Tableau 25:</b> Teneur en éléments minéraux dans la sardine à l'huile de tournesol, d'olive et d'argane. ....	100
<b>Tableau 26:</b> Teneur en sel dans la sardine en conserve à l'huile de tournesol, d'olive et d'argane.....	103
<b>Tableau 27:</b> Evaluation sensorielle de la sardine en conserve à l'huile de tournesol, d'olive et d'argane. ....	104

---

## Liste des tableaux

---

<b>Tableau 28:</b> Evaluation de la dégradation lipidique des huiles après le processus de la mise en conserve. .....	108
<b>Tableau 29:</b> Evaluation la dégradation lipidique dans la chair de la sardine pendant la mise en conserve. .....	110
<b>Tableau 30:</b> Evaluation de l'effet sur le profil des acides gras dans le muscle de la sardine pendant la mise en conserve.....	111
<b>Tableau 31:</b> Effet du processus de mise en conserve sur le profil des acides gras dans les huiles de remplissage (tournesol, d'olive et d'argane) .....	112

---

## Liste des figures

---

<b>Figure 1:</b> Evolution de la production halieutique nationale de 2013 à 2018. ....	21
<b>Figure 2:</b> Structures chimiques des quatre formes des tocophérols. ....	33
<b>Figure 3:</b> Structure chimique de Tocophérol et de Tocotriénol. ....	34
<b>Figure 4:</b> Procédés d'obtentions des huiles de tournesol, d'olive et d'argane .....	43
<b>Figure 5:</b> Procédé de conservation des aliments par appertisation. ....	46
<b>Figure 6:</b> Volume de la production des industries de transformation au Maroc en 2018. ....	48
<b>Figure 7:</b> Boite de conserve de la sardine à l'huile d'ardane alimentaire .....	58
<b>Figure 8:</b> Boite de conserve de la sardine à l'huile d'ardane cosmétique .....	58
<b>Figure 9:</b> Procédé de fabrication de la sardine en conserve.....	59
<b>Figure 10:</b> Séparation du milieu de couverture et de la chair de la sardine.....	60
<b>Figure 11:</b> Milieux de couverture conservés après filtration.....	60
<b>Figure 12:</b> Chairs de la sardine en conserve déshuilées. ....	60
<b>Figure 13:</b> Spectrophotomètre UV pour la détermination de l'absorbance E270.....	63
<b>Figure 14:</b> Chromatographe en phase gazeuse Agilent Technologies 7890 B GC système .....	64
<b>Figure 15:</b> Chromatographie en phase liquide haute performance. ....	67
<b>Figure 16:</b> Spectromètre ICP OES Perkin Elmer Optima 8000. ....	72
<b>Figure 17:</b> Dessiccateur pour la détermination d'humidité de la chair du poisson.....	74
<b>Figure 18:</b> Dégustation de la sardine en conserve à l'huile (Argane, Olive et Tournesol).....	76
<b>Figure 19:</b> Classification hiérarchique (3D) des acides gras dans les huiles. ....	82
<b>Figure 20:</b> Répartition des échantillons des huiles. ....	84
<b>Figure 21:</b> Cercle de corrélation des éléments minéraux.....	101
<b>Figure 22:</b> Répartition des échantillons de la sardine en conserve. ....	101
<b>Figure 23:</b> Classification hiérarchique (3D) des échantillons de la sardine en conserve.....	102
<b>Figure 24:</b> Classification hiérarchique des échantillons de la sardine en conserve.....	102
<b>Figure 25:</b> Radar d'évaluation sensorielle de la sardine en conserve dans différents milieux de remplissage.....	105

---

## Liste des abréviations

---

**FAO** : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

**MAPM** : Ministère de l'agriculture et de pêche maritime.

**AGL** : Acide gras libre

**AG** : Acide gras

**AGS** : Acide gras saturé

**AGMI** : Acide gras mono insaturé

**AGPI** : Acide gras polyinsaturé

**SNIMA** : Service de Normalisation Industrielle Marocaine.

**ISO** : Organisation internationale de normalisation.

**COI** : Conseil oléicole international.

**EFSA** : Autorité européenne de sécurité des aliments.

**FDA** : Administration des aliments et drogues des États-Unis.

**HSB** : huilerie du souss belhassan.

**HACCP** : Système d'analyse des dangers et les points critiques pour la maîtrise.

**CPG**: Chromatographie en phase gazeuse.

**FID**: Détecteur à ionisation de flamme.

**FLD**: Détecteur à fluorescence.

**HPLC**: Chromatographie liquide à haute performance.

**CCP**: point critique de contrôle.

**A(%)** : Acidité libre.

**IP** : Indice de peroxyde.

**UV** : Ultraviolet.

**ICP** : Spectrométrie à plasma à couplage inductif

**ACP** : Analyse en composante principale.

**HFP** : Empoisonnement du poisson à l'histamine

**HAT** : Huile d'argane torréfiée.

**HANT** : Huile d'argane non torréfiée.

**HOEV** : Huile d'olive extra vierge.

**HTR** : Huile de Tournesol raffinée.

**SHAT** : Sardine à l'huile d'argane torréfiée.

**SHANT** : Sardine à l'huile d'argane non torréfiée.

**SHOEV** : Sardine à l'huile d'Olive extra vierge.

**SHTR** : Sardine à l'huile de Tournesol raffinée.

**SF** : Sardine fraîche.

**pH** : Potentiel hydrogène.

**EPA** : Acide eicosapentaénoïque

**DHA** : Acide docosahexaénoïque

**CCM** : Chromatographie sur couche mince.

---

# Sommaire

---

Dédicaces .....	3
Remerciements .....	5
Résumé.....	6
<b>Introduction Générale .....</b>	<b>17</b>
<b>1<sup>ère</sup> partie : Synthèse Bibliographique .....</b>	<b>19</b>
<b>Chapitre I : Secteur halieutique .....</b>	<b>20</b>
I. Situation mondiale de la pêche .....	20
II. Situation nationale de la pêche maritime .....	20
III. Généralité sur le poisson .....	22
1- Définition .....	22
2- Principaux composants des poissons .....	22
3- Espèce ciblée dans l'étude .....	27
<b>Chapitre II : Généralités sur les huiles végétales .....</b>	<b>28</b>
I. Généralités .....	28
II. Composition des huiles végétales .....	29
1- Fraction majoritaire des huiles végétales .....	29
2- Composés minoritaires des huiles végétales .....	32
III. Procédés d'obtention des huiles .....	40
IV. Bienfaits des huiles végétales .....	44
<b>Chapitre III : Industrie de conserverie .....</b>	<b>45</b>
I. Introduction.....	45
II. Historique.....	45
III. Procédé de conservation des aliments .....	45
IV. Familles des aliments en conserves .....	47
V. Conserves de poisson au Maroc .....	48
VI. Famille des produits de la pêche en conserve.....	48
VII. Procédé de fabrication de conserve de la Sardine.....	50
<b>2<sup>ème</sup> Partie : Matériel &amp; Méthodes .....</b>	<b>57</b>
<b>I. Matière première .....</b>	<b>58</b>
1- Matière végétale .....	58
2- Produit de mer (Sardine) .....	58
3- Production des boîtes de la sardine en conserve .....	58
4- Préparation des échantillons .....	59

---

# Sommaire

---

<b>II. Protocole des analyses physicochimiques des huiles</b> .....	<b>61</b>
1- Acidité libre de l'huile .....	61
2- L'indice de peroxyde .....	62
3- Détermination de l'absorbance E270 .....	63
4- Détermination de la composition des acides gras par CPG.....	64
5- Détermination de la composition stérolique par CPG .....	66
6- Détermination de la composition en tocophérols par HPLC .....	67
<b>III. Analyses physico-chimiques et bactériologiques de la sardine en conserve</b> .....	<b>68</b>
1- Dosage d'histamine .....	68
2- Contrôle de la stabilité bactériologique .....	69
3- Détermination de la teneur en sel .....	70
4- Détermination des éléments minéraux par l'ICP-AES .....	71
5- Teneur en protéines.....	73
6- Teneur en eau (Humidité) .....	73
7- Teneur en matière grasse .....	74
<b>V. Analyses sensorielles</b> .....	<b>75</b>
<b>VI. Analyses statistiques</b> .....	<b>76</b>
1- Traitement des résultats .....	76
2- Analyse en composante principale(ACP) .....	76
<b>3<sup>ème</sup> partie : Résultats &amp; Discussion</b> .....	<b>77</b>
<b>Chapitre 1 : Caractérisation physicochimique initiale des huiles végétales</b> .....	<b>78</b>
1- Indices de qualité .....	78
2- Composition en Acides gras .....	82
3- Composition stérolique .....	85
4- Composition en tocophérols .....	86
<b>Chapitre 2 : Etude de la qualité de la sardine en conserve à différents milieux de couverture</b> .....	<b>88</b>
I- Analyses physicochimiques et microbiologiques .....	88
1- Teneur en histamine .....	88
2- Stabilité bactériologique .....	89
3- Teneur en protéines .....	90
4- Teneur en matière grasse .....	92
5- Teneur en eau (Humidité) .....	92

---

# Sommaire

---

6- Teneur en élément minéraux .....	93
7- Teneur en sel .....	103
II- Analyses sensorielles .....	104
<b>Chapitre 3 : Effet de processus de la mise en conserve (stérilisation) sur la qualité des huiles.....</b>	<b>107</b>
1- Dégradation lipidique des huiles de couverture :.....	107
2- Dégradation lipidique de la chair de la sardine en conserve à l'huile : .....	109
3- Composition en acide gras :.....	110
<b>Conclusion Générale .....</b>	<b>114</b>
<b>Références Bibliographiques .....</b>	<b>117</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>117</b>

---

# Introduction générale



## Introduction Générale

---

Sur le plan alimentaire, les produits de la pêche contribuent de manière déterminante à la satisfaction des besoins alimentaires de la majorité de population mondiale (FAO, 2018). Au Maroc l'industrie de la pêche est une ressource économique très importante après le secteur de l'agriculture et le secteur de tourisme. Elle reste toujours un agent qui augmente la richesse et l'économie marocaines, avec plus de 3000 km de côtes (atlantiques et méditerranéennes) (De mello Lazarini *et al.*, 2019; Doukkali and Kamili, 2018).

Lorsque les quantités des produits de la pêche dépassent celles demandées dans le marché, les industriels doivent impérativement chercher d'autres voies de valorisation du produit (Fao, 2018). La congélation est la principale méthode de conservation du poisson avant la transformation pour la consommation humaine. En effet, la mise en conserve du poisson est l'un des procédés les plus adoptés dans le monde (De mello Lazarini *et al.*, 2019; Doukkali and Kamili, 2018; FAO, 2018).

A maintes reprises, le Maroc se trouve le premier dans le monde en capture de la sardine (MAPM, 2020; Marie, 2015). L'industrie de conserve au Maroc est dotée d'une bonne réputation internationale grâce à la qualité de ses produits qui porte le Maroc au premier rang mondial des exportateurs de conserves de sardine (Doukkali and Kamili, 2018).

Cette position a poussé une grande partie des entreprises à se doter de la nouvelle technologie, et innover des nouveaux produits pour trouver des utilisations industrielles à leur richesse en sardine.

C'est dans ce contexte que nous sommes intéressés plus précisément à développer un nouveau produit de conserve de sardine à base d'huile d'argane. Ainsi notre projet s'intitule : Formulation et évaluation de la qualité physicochimique, bactériologique et sensorielle de la sardine conservée en huile d'argane.

Cette huile est un produit marocain par excellence, elle était la principale source de matières grasses dans le régime alimentaire chez la population amazigh jusqu'aux années 1990. Elle est bien connue pour ses effets bénéfiques sur la santé humaine. Si l'huile d'argane est un produit intéressant de point de vue nutritionnel, c'est tout d'abord pour sa composition riche en insaponifiable et en acides gras (elle renferme 80 % d'acides gras instaurés (oméga 9 et oméga 6)). Outre cette composition en acides gras, l'huile d'argane est surtout intéressante grâce à ses composés minoritaires tels que les tocophérols (deux fois plus que l'huile d'olive), les phytostérols, le squalène et les triterpènes (Gharby, 2012; Boukyoud, 2019).

---

## Introduction Générale

---

Cette étude se focalise sur trois aspects. Le premier concerne une étude comparative de la qualité des différentes huiles utilisées (Argane torréfiée et non torréfiée, Olive extra vierge et Tournesol raffinée) pour les conserves.

Le deuxième, concerne une étude de l'influence des différentes huiles utilisées comme liquide de remplissage sur la qualité de la sardine. Pour se faire, nous avons réalisés des analyses physicochimiques (Dosage d'histamine, Teneur en sel, Humidité, Teneur en éléments minéraux, Teneur en protéines et la teneur en matière grasse), des analyses bactériologiques (la stabilité bactériologique) et également des analyses sensorielles.

Dans le troisième aspect, nous avons mis le focus sur l'effet du processus de la mise en conserve sur la dégradation lipidique de la chair de la sardine et des huiles utilisées.

Pour cela, ce mémoire de master est réparti en trois grandes parties : Dans la première, nous initions par la synthèse bibliographique dans laquelle nous présentons des généralités sur le secteur halieutique, le procédé de conserverie ainsi que les huiles végétales.

Dans la deuxième partie, nous présentons le matériel et les méthodes des analyses physicochimiques, bactériologiques et sensorielles utilisés au cours de ce travail.

Quant à la troisième partie, elle est consacrée à la présentation et à la discussion des résultats obtenus.

# 1<sup>ère</sup> partie : Synthèse Bibliographique



## Chapitre I : Secteur halieutique

### I. Situation mondiale de la pêche

Depuis 1961, la croissance annuelle mondiale de la consommation de poisson est le double de la croissance démographique (FAO, 2018). Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), le secteur des poissons est considéré comme l'un des segments les plus prometteurs pour la génération de travail et de revenus (Doukkali and Kamili, 2018; FAO, 2018; Güz et al., 2019; Kamili and Doukkali, 2019; Li et al., 2020; Pornchaloempong et al., 2016). Vu que la consommation mondiale de poisson par habitant a dépassé les 20 kilos par an ; l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) appelle dans son nouveau rapport à redoubler d'efforts pour freiner la surpêche (FAO, 2018).

La production des produits de mer destinée à la consommation humaine directe est la plus grande partie commercialisée soit sous forme de poisson vivant, frais ou réfrigéré (FAO, 2018; Kamili and Doukkali, 2019). Selon le rapport de la situation mondiale de la pêche en 2016, la consommation directe représente 45 % de la production totale ; suivie du poisson congelé et du poisson préparé et mis en conserve (FAO, 2018).

Les produits de la pêche sont exportés par le Maroc pratiquement vers tous les continents. La dominance du continent européen représente 62% en volume. Le marché de l'Afrique occupe la deuxième place avec 20% en volume. Vient en troisième position le marché asiatique avec 9% en volume. En dernier lieu le marché américain représente 8% des volumes exportés (Kamili and Doukkali, 2019).

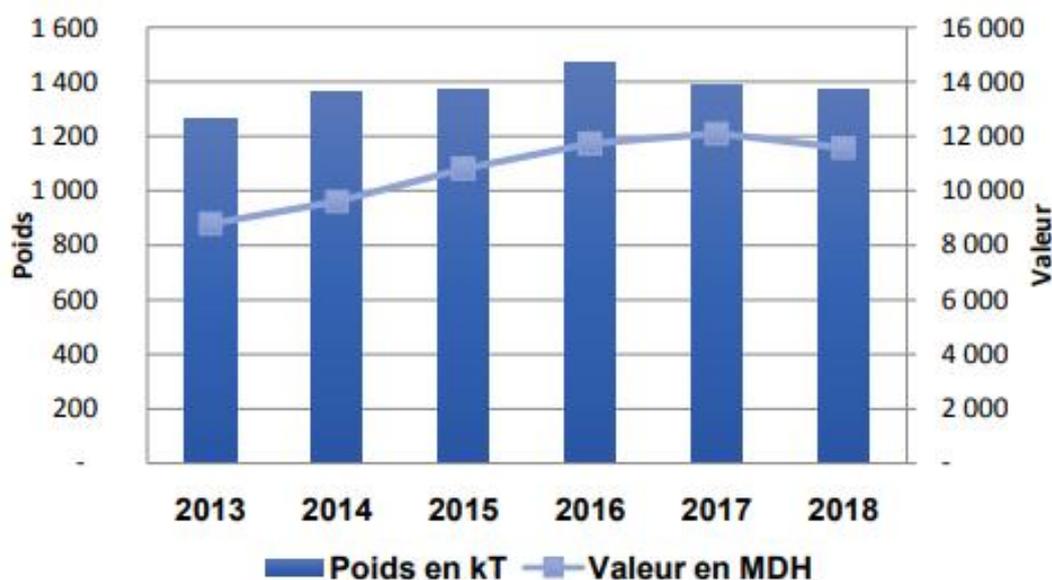
En effet, sur le marché européen les espèces des produits de mer les plus fréquemment demandées sont : le poulpe, la seiche, la sole commune et le denté. Alors que le marché Japonais se limite à la demande du poulpe. Au contraire, le marché africain est intéressé par les catégories commerciales les moins chères telles que le pagre, la sole commune, les petits pélagiques et la courbine (Doukkali and Kamili, 2018; Kamili and Doukkali, 2019).

### II. Situation nationale de la pêche maritime

Trois principales catégories du poisson dans les eaux marocaines : les ressources pélagiques, les espèces démersales chalutables et non chalutable (MAPM, 2020).

## Synthèse Bibliographique

Au terme de l'année 2018, la production halieutique nationale de toutes les espèces confondues a totalisé un volume d'un million et 372 mille tonnes pour un chiffre d'affaires de 11,6 MDH, soit une baisse de 1% en volume et de 4% en valeur par rapport à l'année 2017. Cependant malgré cette baisse enregistrée en volume la tendance reste positive sur toute la période 2010 - 2018 avec une hausse annuelle.



**Figure 1:** Evolution de la production halieutique nationale de 2013 à 2018 (MAPM, 2020).

Malgré cette richesse halieutique, la consommation de produits de la pêche en général par les Marocains reste limitée à des niveaux inférieurs à la moyenne mondiale (13,3 kg / habitant contre 19,3 kg / habitant à l'échelle mondiale en 2012) (Doukkali and Kamili, 2018).

Au niveau mondial, le Maroc se classe au 17<sup>ème</sup> rang avec une production halieutique dépassant 10,8 milliards de dirhams en valeur (FAO, 2018; Kamili and Doukkali, 2019).

Sur l'Afrique, le Maroc est le premier exportateur de produits de la mer. Ces exportations sont dominées par les produits de pêche congelés (Doukkali and Kamili, 2018). L'exportation des crustacés et des poissons en conserve selon l'Office des Changes présente 6430 MDH en 2016, 6769 MDH en 2017 et 7452 MDH en 2018 en valeur ("Office des Changes Maroc," 2018).

Les petits pélagiques représentent le principal potentiel halieutique du Maroc. Ils groupant les stocks de sardine, de maquereau et d'anchois. Cette richesse contribue avec près de 80 % de la production halieutique nationale et assure l'approvisionnement des unités de transformation ainsi que le marché de consommation intérieur et extérieur (MAPM, 2020).

## Synthèse Bibliographique

**Tableau 1:** Evolution de la production nationale de poisson pélagique (pêche côtière et artisanale) de 2013 à 2018 (KT) (MAPM, 2020).

Type de pêche / Année	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Pêche côtière et artisanale	1 159 738	1 277 611	1 269 970	1 357 829	1 285 787	1 296 757
Poisson pélagique	1 033 893	1 153 015	1 132 236	1 225 055	1 165 003	1 189 229
Céphalopodes	46 056	37 602	47 290	45 859	6 491	38 354
Poisson blanc	71 982	78 539	83 899	80 008	68 563	63 789
Crustacés	7 241	7 380	5 716	5 383	766	4 515
Coquillages	567	1 074	829	523	964	869

### III. Généralité sur le poisson

#### 1- Définition

Le poisson est une denrée alimentaire périssable (Dahouda *et al.*, 2018). ils sont des êtres vivants aquatiques, à respiration branchiale, se mouvant à l'aide de nageoires paires ou impaires, multi-radiées, à cœur pourvu d'une seule oreillette et d'un seul ventricule, leur peau est le plus souvent couverte d'écailles minces, enchâssées dans des replis du derme (Aoudia *et al.*, 2013).

#### 2- Principaux composants du poisson

Les produits de la pêche sont depuis longtemps reconnus comme des aliments sains avec une excellente valeur nutritive (El-Sherif and El-Ghafour, 2015; Popovic *et al.*, 2018; Pornchaloempong *et al.*, 2016; Rieu, 2012; Vafaei *et al.*, 2020, 2020). Ils fournissent des protéines, des acides aminés essentiels (lysine, méthionine, cystine, thréonine et tryptophane), des minéraux, de calcium, de phosphore, de fluor, d'iode, des vitamines, des acides gras essentiels et des oligo-éléments de haute qualité (El-Sherif and El-Ghafour, 2015; El Lahamy *et al.*, 2018; Rieu, 2012; Popovic *et al.*, 2018; Vafaei *et al.*, 2020; Rieu, 2012; Li *et al.*, 2020; Schlienger and Monnier, 2020; Njinkoue *et al.*, 2016; Bost *et al.*, 2016; ElShehawy and Farag, 2019). Ils contiennent une variété de nutriments essentiels qui peuvent contribuer à de multiples bienfaits pour la santé humaine (Li *et al.*, 2020; Rieu, 2012; Vafaei *et al.*, 2020). Egalement d'autres

## Synthèse Bibliographique

nutriments vitaux pour le maintien d'un corps sain (Ihie et al., 2018; Popovic et al., 2018; Vafaei et al., 2020). Cette composition chimique varie considérablement d'une espèce et d'un individu à l'autre selon l'âge, le sexe, l'environnement et la saison (Aoudia et al., 2013; Popovic et al., 2018; Vafaei et al., 2020; Yeannes and Almandos, 2003). En effet les avantages pour la santé humaine de leurs consommations sont liés principalement à la teneur en acides gras polyinsaturés (EPA et DHA) de longue chaîne avec  $n \geq 20$  de carbone et  $\geq 3$  des doubles liaisons et la richesse en éléments minéraux (Baloi et al., 2016, 2017; De Souza et al., 2020; ElShehawy and Farag, 2019; Lecerf, 2007; Popovic et al., 2018; Rieu, 2012; Ruiz-Roso et al., 1998).

**Tableau 2:** Principaux composants du poisson (Aoudia et al., 2013; Rieu, 2012).

Constituants	Poisson		
	Minimum	Intervalle normal	Maximum
Protéines [g/100g]	6	16-25	70
Lipides [g/100g]	0,1	0,2-25	50
Glucides [g/100g]	Nd	< 1	nd*
Cendres [g/100g]	0,4	1,2-1,5	1,5
Éléments minéraux [g/100g]	Nd	0,9-10	nd
Eau [g/100g]	28	66-81	96

\* nd : Non déterminé

### a) Lipides du poisson

Les lipides sont un ensemble très hétérogène et très vaste de composants qui diffèrent à la fois dans leur nature et dans leur organisation. Ils sont considérés comme l'une des réserves alimentaires les plus importantes dans les poissons (Baloi et al., 2016, 2017; Ihie et al., 2018; Rieu, 2012; Rodrigues et al., 2014).

La teneur des lipides dans la chair de poisson est très variable ; elle varie plus fortement selon les saisons, l'alimentation, l'espèce et le cycle de reproduction (De Souza et al., 2020; Nader, 2006; Rieu, 2012). Ils constituent 0,2 à 18 % de la chair des poissons gras. Les lipides de la chair de poisson contiennent moins d'acides gras saturés (AGS) et mono insaturés (AGMI) ; cependant, Ils contiennent une teneur très élevée

## Synthèse Bibliographique

---

en acides gras insaturés (Baloi *et al.*, 2016, 2017; Nader, 2006; Naseri and Rezaei, 2012; Rieu, 2012; Ruiz-Roso *et al.*, 1998; Schlienger and Monnier, 2020). Ces acides gras sont liquides à température ordinaire. Ils appartiennent principalement à la série des W3 dont le précurseur est l'acide  $\alpha$ -linoléique et les dérivés à longue chaîne les acides eicosapentaénoïque (EPA) et docosahexaénoïque (DHA) (Baloi *et al.*, 2016, 2017; Schlienger and Monnier, 2020).

Généralement, il existe plusieurs sites de dépôts lipidiques dont les principaux sont le foie, les muscles et le tissu adipeux péri viscéral, sous cutané sous forme de triglycérides (poissons gras) ou incorporés dans les phospholipides des membranes cellulaires (poissons maigres) et dans la cellule membranaire pour maintenir la bonne fluidité sur les plages (Rieu, 2012; Truzzi *et al.*, 2018). La peau également peut contenir de fortes quantités de graisses selon les espèces. Jusqu'à 50 g de lipides pour 100 g de peau chez le maquereau (Truzzi *et al.*, 2018). Cette teneur lipidique des poissons varient avec l'âge, le cycle sexuel, et les facteurs environnementaux tels que la température et la salinité de l'eau (Aoudia *et al.*, 2013; De Souza *et al.*, 2020; Rieu, 2012).

En effet les poissons sont les principales sources des acides gras polyinsaturés à longue chaîne sains pour les humains (Monroig *et al.*, 2018; Schlienger and Monnier, 2020), tels que l'acide arachidonique (ARA, 20: 4n-6), l'acide eicosapentaénoïque (EPA, 20: 5n-3), l'acide docosahexaénoïque (DHA, 22: 6n-3) et d'autres acides gras clés, comme l'acide docosapentaénoïque (DPA, 22: 5n-3) (De Souza *et al.*, 2020; Rieu, 2012). Ce pourcentage d'acides gras ayant quatre, cinq ou six doubles liaisons est une source de valorisation avec des enjeux économiques intéressants (Nader, 2006). Ils sont antithrombotiques (Li *et al.*, 2020), anti-inflammatoire et essentiels au développement normal des systèmes cardiovasculaire, nerveux et immunitaire (Baloi *et al.*, 2016; Caponio *et al.*, 2011; Li *et al.*, 2020; Makhutova *et al.*, 2016; Monroig *et al.*, 2018; Njinkoue *et al.*, 2016; Rieu, 2012; Schlienger and Monnier, 2020; Truzzi *et al.*, 2018).

### b) Protéines du poisson

Les protéines sont des macromolécules composées des chaînes d'acides aminés (Hermier and Mariotti, 2018; Popovic *et al.*, 2018). Dans de nombreux pays le grand pourcentage de l'apport en protéines pour répondre aux besoins alimentaire en protéines animales provient du poisson (Dale *et al.*, 2019; ElShehawy and Farag, 2019; Hermier and Mariotti, 2018; Ihie *et al.*, 2018; Popovic *et al.*, 2018; Rieu, 2012; Rodrigues *et al.*, 2014). Selon les espèces, la teneur en protéines de la chair de poisson varie de 15 à 25 g/100 g (Rieu, 2012). Elle n'est pas significativement affectée par l'alimentation (Baloi *et al.*,

---

## Synthèse Bibliographique

**2016, 2017).** Les protéines ont plusieurs effets métaboliques bénéfiques sur la santé humaine (**Dale et al., 2019**). Les protéines des tissus musculaires du poisson peuvent être divisées en trois groupes : 1) Les protéines structurelles (actine, myosine, tropomyosine et actomyosine). 2) Les protéines sarcoplasmiques (myoalbumine, globuline et enzymes) et 3 les protéines du tissu conjonctif (collagène) (**Aoudia et al., 2013**).

Plusieurs études scientifiques portent sur les activités biologiques des protéines et des séquences d'acides aminés dans les voies impliquées dans la composition corporelle, le maintien de bon fonctionnement de l'organisme, l'influence du profil lipidique et la régulation du métabolisme du glucose (**Dale et al., 2019; Hermier and Mariotti, 2018; Langevin et al., 2019; Le Poncin-Séac'h and Le Poncin-Lafitte, 2010; Rieu, 2012**). Ainsi que des effets sanitaires bénéfiques, genre les effets antihypertenseurs, anti-thrombotiques, immunomodulateurs, antioxydants, anticoagulants et régulateurs de cancer et des maladies infectieuses (**Dale et al., 2019; Hermier and Mariotti, 2018; Langevin et al., 2019**).

**Tableau 3:** Principaux acides aminés dans 100 g du poisson (**Aoudia et al., 2013**).

Acide aminé	Pourcentage dans le Poisson [g/100g]
Lysine	8,8
Tryptophane	1,0
Histidine	2,0
Phénylalanine	3,9
Leucine	8,4
Isoleucine	6,0
Thréonine	4,6
Méthionine-cystéine	4,0
Valine	6,0

## Synthèse Bibliographique

### c) Éléments minéraux des poissons

Les poissons constituent une excellente réserve d'éléments minéraux (Bocca et al., 2020; EIShehawy and Farag, 2019; Ihie et al., 2018; Popovic et al., 2018; Pornchaloempong et al., 2016; Rieu, 2012; Vafaei et al., 2020, 2018). Ils sont stockés dans le squelette et essentiellement dans la vertèbre avec environ 65 g/100g. Cette richesse est due à leur vie dans un milieu où se trouvent tous les éléments minéraux (Nader, 2006). Les éléments les plus abondants sont le potassium et le phosphore dans les parties comestibles et le calcium dans les os (Njinkoue et al., 2016; Rieu, 2012). Il est une source importante de phosphore, iode et du fluor (Borgstrom, 2012).

En effet l'alimentation et plusieurs autres facteurs régissent la variabilité quantitative des éléments minéraux chez les poissons. Cependant, ils ne sont pas suffisamment connus (Aoudia et al., 2013; Baloi et al., 2016; Borgstrom, 2012). Les éléments minéraux jouent un rôle important dans le maintien des fonctions corporelles par le maintien d'équilibre acide-base et la contribution à la formation d'hémoglobine (Boufleur et al., 2013; Ihie et al., 2018, 2018; Mohammed et al., 2013; Njinkoue et al., 2016; Olmedo et al., 2013; Park et al., 2019; Vafaei et al., 2018). Ils contrôlent également l'équilibre hydrique de l'organisme, aident à la formation des os et à la structure des dents et catalysent de nombreuses réactions métaboliques (Njinkoue et al., 2016; Popovic et al., 2018; Vafaei et al., 2018).

**Tableau 4:** Élément minéraux du poisson (Aoudia et al., 2013; Ikem and Egiebor, 2005; Popovic et al., 2018).

Éléments minéraux	Moyenne (mg/100g)
Potassium	278
Phosphore	190
Calcium	79
Sodium	72
Magnésium	38
Fer	100
Cuivre	12,8
Zinc	75

### d) Eau

L'eau présente dans le poisson peut être libre, de constitution ou d'absorption (Gauza and Kubisz, 2011; Yeannes and Almandos, 2003). Selon divers recherches il existe une relation linéaire entre l'eau et les lipides pour diverses espèces de poisson (Yeannes and Almandos, 2003). A cette raison la mesure de la teneur en eau (l'humidité dans la chair de poisson) permet d'estimer la teneur en lipides pour certaines espèces grasses et la teneur en protéines de la chair pour d'autres espèces (Yeannes and Almandos, 2003).

L'eau structurale est liée de façon permanente par la chaîne polypeptidique (Gauza and Kubisz, 2011). Elle est retenue par les protéines myofibrillaires (actine et myosine) contenant des acides aminés tels que l'acide glutamique et la lysine qui représentent respectivement des groupes à charges négatives et à charge positive. Toute modification de pH des protéines affecte leurs retentions d'eau (Nader, 2006).

### e) Glucides

Les glucides sont stockés dans le poisson sous la forme de glycogène. La teneur en glucides dans le poisson varie selon plusieurs facteurs ; genre l'alimentation, l'Age, la nature du muscle (blanc et rouge) et selon l'espèce (Nader, 2006; Rieu, 2012). Ils représentent environ 1% des muscles des poissons (Aoudia et al., 2013; Rieu, 2012).

### f) Vitamines

le poisson est considéré comme d'importantes sources alimentaires naturelles de vitamine D, vitamines B6 et B12 et de vitamine D3 en particulier (Rieu, 2012; Scurria et al., 2019). En effet l'huile de poisson contient les vitamines E et F, alors que sa chair contient surtout les vitamines A et D (Nader, 2006). Ce dernier est un régulateur de l'inflammation jouant un rôle important dans le système immunitaire (Scurria et al., 2019).

### 3- Espèce ciblée dans l'étude

Dans cette étude, l'espèce du poisson ciblée est la sardine commune (*Sardina pilchardus*). La sardine est l'une des principales ressources halieutique dans le Maroc ainsi que d'autres pays (Doukkali and Kamili, 2018; Marie, 2015; Rodrigues et al., 2014; Simbolon et al., 2017). C'est un petit pélagique de couleur argentée caractérisée par un corps fuselé recouvert des écailles et un ventre blanc (Nader, 2006).

---

## Synthèse Bibliographique

C'est une espèce très connue et appréciée des consommateurs marocains et africains en raison de sa forte abondance au large des côtes du Royaume et son prix (Doukkali and Kamili, 2018; MAPM, 2020; Rodrigues *et al.*, 2014). Elle forme de grands bancs près des côtes, aux alentours de 100 m de profondeur. Sa maturité sexuelle est atteinte lorsque le poisson mesure entre 10 et 20 cm, et sa période de reproduction est très étalée dans le temps, et atteint le maximum au printemps (Chahid, 2016). Elle est riche en protéines et en lipides (Baloi *et al.*, 2016, 2017; Hermier and Mariotti, 2018; Ihie *et al.*, 2018; Rieu, 2012; Rodrigues *et al.*, 2014). Elle est une excellente source des acides gras à longue chaîne polyinsaturée en particulier l'EPA (20 : 5n-3) et le DHA (22 : 6n-3) (Hazrati *et al.*, 2020; Rodrigues *et al.*, 2014; Truzzi *et al.*, 2018). Ses muscles sont riches en myoglobine, en mitochondries et surtout en lipide (Nader, 2006).

**Nom FAO :** Français : sardine européenne ; Anglais : Pilchard.

**La position systématique :**

**Tableau 5:** Position systématique de la sardine commune (Baali, 2016 ; Nader, 2006).

Embranchement	Vertébrés	Super ordre	Téléostéens
<b>Sous embranchement</b>	Gnatostomes	<b>Ordre</b>	Clupéiformes.
<b>Super classe</b>	Poisson	<b>Famille</b>	Clupéidés
<b>Classe</b>	Ostéichtyens	<b>Genre</b>	Sardina
<b>Sous classe</b>	Actinoptérygiens	<b>Espèce</b>	Sardina pilchardus

## Chapitre II : Généralités sur les huiles végétales

### I- Généralités

Les huiles alimentaires d'origine végétale sont des huiles obtenues par extraction des graines oléagineuses (soja, colza, tournesol, argan, arachide, Sésame, Lin, Nigelle, etc...) ou de fruits oléagineux comme l'huile de coprah, olive, palme, obtenue respectivement de la noix de coco, l'olivier, le palmier à huile (Gharby, 2012; Gharby *et al.*, 2017; Konuskan *et al.*, 2018). Elles fournissent l'essentiel de l'apport alimentaire des lipides indispensables à la vie quotidienne, qui fournissent de l'énergie, des acides gras essentiels et des vitamines liposolubles (Charrouf and Guillaume, 2018; Cherki *et al.*, 2006; Konuskan *et*

## Synthèse Bibliographique

---

*al.*, 2018; Lizard *et al.*, 2017). Au cours des dernières décennies, la consommation des huiles végétales constitue une part importante de l'alimentation dans le monde (Durán Agüero *et al.*, 2015). Cette forte demande de consommation d'huiles comestibles, pousse les scientifiques à évaluer les plantes sauvages comme une nouvelle source d'huiles de graines (Hazrati *et al.*, 2020).

### II- Composition des huiles végétales :

Les huiles de tournesol et d'olive sont parmi les huiles végétales les plus consommées dans le monde (Konuskan *et al.*, 2018). L'huile d'olive est l'une des plus anciennes huiles végétales, connues avec une position exceptionnelle dans le régime méditerranéen grâce à son goût, son odeur agréables et sa valeur nutritive (Gharby *et al.*, 2016b). Au Maroc, l'huile d'argane est reconnue comme une huile végétale précieuse avec des avantages nutritionnels trop élevées (Aithammou *et al.*, 2019). Ses valeurs thérapeutiques ont été rapportées depuis 1219 par l'éminent médecin arabe Ibn Baytar qui fut le premier à écrire sur l'arganier (Khallouki *et al.*, 2017). D'autres données scientifiques ont été réalisées approfondissant considérablement l'intérêt sur la composition phytochimique des fruits d'argan. Ceci est due bien évidemment à sa composition chimique unique (Aithammou *et al.*, 2019; Atifi *et al.*, 2017; Badreddine, 2016a; Charrouf and Guillaume, 2014; El Monfalouti, 2013; Gharby *et al.*, 2011; Saïd Gharby *et al.*, 2011; Gharby *et al.*, 2012b, 2013a; Harhar *et al.*, 2019; Khallouki *et al.*, 2017).

Chaque huile est caractérisée par sa composition en acides gras de l'espèce végétale dont elle est extraite. Mais, d'une manière générale la composition des huiles végétales peut être divisée en deux fractions : une fraction majoritaire, qui constitue principalement des composées de triglycérides (95–99g/100g) et une fraction minoritaire, avec des constituants mineurs naturels (1–5 g/100g) (Gharby *et al.*, 2011, 2012b). Cette dernière fraction regroupe des composés naturels de structure variées tels que les stérols, les tocophérols, les caroténoïdes ou les phospholipides (0,1 à 0,2 %), des contaminants genre, les pesticides, les huiles minérales, les métaux lourdes. Ainsi que des composés de dégradation tels que les peroxydes, les acides gras Trans... etc. (Aithammou *et al.*, 2019; Atifi *et al.*, 2017; Gharby *et al.*, 2011, 2012b, 2013a, 2014, 2016b, 2016a, 2017; Harhar *et al.*, 2019, 2019; Khallouki *et al.*, 2003, 2017; Konuskan *et al.*, 2018).

#### 1- Fraction majoritaire des huiles végétales

##### a- Triglycérides

Cette fraction saponifiable renferme 95–99 g/100g des huiles dont les triglycérides sont majoritaires avec 95 % (Badreddine, 2016). les diglycérides et acides gras libres (1,53 %) et 0,27 % de monoglycérides (El

---

## Synthèse Bibliographique

**Monfalouti, 2013**). Elles sont composées d'une molécule de glycérol dont les 3 fonctions alcool sont estérifiées par 3 acides gras homogènes ou hétérogènes (**Gharby, 2012**).

L'huile d'olive contient les triglycérides avec des proportions différentes: OOO (40-59%), POO (12-20%), OOL (12,5-20%), POL (5,5-7%) et SOO (3- 7%) (**Selaimia, 2018**). Pour l'huile d'argane les triglycérides les plus fréquemment rencontrés sont : OOO en 12% ; LLO en 13,6% ; POL en 13,6% ; POO en 11,42%; OOL... (**Boukyoud et al., 2019**). L'analyse stéréospécifique déterminé par (**Khallouki et al., 2017**) à l'aide de la méthode de Brockerhoff, montre que les acides gras saturés (palmitiques ou stéariques) occupent des positions externes du glycérol (Sn-1 et Sn-3). Cependant, l'acide linoléique occupait la position de l'alcool secondaire de glycérol (Sn-2). En revanche L'acide oléique peut être trouvé dans les trois positions (**Khallouki et al., 2017**).

**Tableau 6:** Composition en triglycérides des huiles de tournesol, d'olive et d'argane (**boukyoud, 2019 ; Gharby et al., 2013b; Khallouki et al., 2017; Selmi et al., 2008**).

<u>Triglycérides</u>	<u>Argane</u>	<u>Olive</u>	<u>Tournesol</u>
OOO <u>[g/100g]</u>	12	40-59	nd
POO <u>[g/100g]</u>	11,42	12-20	nd
OOL <u>[g/100g]</u>	Nd	12,5-20	nd
POL <u>[g/100g]</u>	13,6	5,5-7	nd
LLO <u>[g/100g]</u>	13,6	nd	nd
LOO <u>[g/100g]</u>	13,7-16,3	nd	nd
LOP <u>[g/100g]</u>	12,4-14,6	nd	nd
LLL <u>[g/100g]</u>	5,8-8,1	nd	nd
LLP <u>[g/100g]</u>	5,8-6,6	nd	nd

nd : Non déterminé

### **b- Acides gras**

La composition en acides gras (AG) est un indicateur essentiel de la valeur nutritionnelle des huiles végétales (**Gharby et al., 2014**). Ces acides gras sont des molécules organiques constituent d'un

## Synthèse Bibliographique

---

groupement carboxyle avec une chaîne carbonée. Cette dernière peut contenir une ou plusieurs insaturations ou doubles liaisons (acides gras mono-insaturés (AGMI) ou acides gras polyinsaturés (AGPI)) ([Gharby et al., 2011](#)).

Les huiles végétales n'ont cependant pas une composition fixe, car elles varient selon les arrivages, la génétique et la culture des plantes, les saisons...([Lecerf, 2011](#)). L'huile de tournesol en raison de sa teneur élevée en acides gras polyinsaturés : acide linoléique (65,7%) et acide oléique (19,5%), est sensible à l'oxydation et au rancissement beaucoup plus par rapport à d'autres huiles végétales ([Nawel et al., 2020](#)). Sa teneur en acides gras saturés (SFA) est d'environ 13,0 g/100g d'huile, est considéré comme faible par rapport à l'huile d'olive et d'argane ([Brady et al., 2014](#)).

Quant à l'huile d'olive, les principaux composants d'acide gras présents sont l'acide oléique (C18 : 1), l'acide linoléique (C18 : 2) et l'acide palmitique (C16 : 0). D'autre acide genre l'acide palmitoléique (C16 : 1), l'acide stéarique (C18 : 0) et les acides linoléiques (18: 3) sont présents en quantité mineure ([Harhar et al., 2018](#)).

Cependant, la composition en acides gras de l'huile d'argane est très différente de celle de l'huile d'olive contenant 75% d'acide oléique ([Atifi et al., 2017](#)). Son profil des acides gras n'est pas significativement bien influencer par la durée de la torréfaction des graines ([Gharby et al., 2012b](#); [Harhar et al., 2011, 2011](#)).

A plusieurs reprises, des études démontrent que l'huile d'argane alimentaire est plus stable par rapport à l'huile d'argane cosmétique ([Gharby et al., 2012b](#)). Ses niveaux d'acide oléique et linoléique sont généralement compris entre 42 et 47%, et entre 31 et 35%, respectivement ([Atifi et al., 2017](#)). De plus, d'autres types d'acides gras saturés à longue chaîne sont présents, parmi lesquelles : l'acide stéarique (C18 : 0) et l'acide palmitique (C16-0) représentant respectivement (12-16g/100g) et (5-7g/100g) des acides gras totaux ([Khallouki et al., 2017](#)).

Le profil d'acide gras dans l'huile d'argane cosmétique et alimentaire est semblable ([Gharby et al., 2012b](#)). Ces acides gras confèrent à l'huile d'argane un intérêt nutritionnelle et diététique très important et permettant par son utilisation, la prévention des maladies cardiovasculaires ainsi que le vieillissement physiologique de la peau ([Atifi et al., 2017](#)).

## Synthèse Bibliographique

**Tableau 7:** Composition en acides gras des huiles de tournesol, d'olive et d'argane.

<u>Acides gras [g/100g]</u>	<u>Tournesol CODEX,</u> <b>2009</b>	<u>Olive COI, 2019</u>	<u>Argane</u> <b>SNIMA, 2003)</b>
Ac .Gras Saturés	11-15	13-22	14-24
Ac .Palmitique C 16 :0	5,6-7,6	7,50 - 20,00	11,5–15
Ac .Margarique C 17 :0	≤0,1	< 0,30	Trace (<0,1)
Ac .Stéarique C18 :0	2,7-6,5	0,50 - 5,00	4,3-7,2
Ac .Arachidique C20 :0	0,2-0,4	< 0,60	<0,5
Ac .Béhénique C22 :0	<1	<0,9	<0,2
Ac .Gras Monoinsaturés	16-26	62-81	43-51
Ac .Palmitoléique C16 :1 n-7	≤0,3	0,30 - 3,50	≤ 0,2
Ac .Oléique C18 :1 n-9	14-39,4	55,00 - 83,00	43-49,1
Ac .Gadoléique C20 :1 n-11	<0,5	< 0,40	≤ 0,5
Ac .Gras Polinsaturés	62-70	4-15	28-37
Ac .Linoléique C18 :2 n-6	48,3-74	2,50 - 21,00	29,3-36
Ac .Linoléique C18 :2 n-3	≤0,2	< 1,00	<0,3

### 2- Composés minoritaires des huiles végétales

La fraction minoritaire des huiles constitue à la fois : des composés naturels de structure variées tels que les stérols, les tocophérols, les caroténoïdes ou les phospholipides ; des composés de dégradation tels que les peroxydes, les acides oxydés et les acides gras Trans ; des contaminant comme les bonzo [a] pyrène (B[a]P), les huiles minérales, les pesticides et les métaux lourds... ([Gharby et al., 2011, 2012b](#); [Harhar et al., 2011](#)).

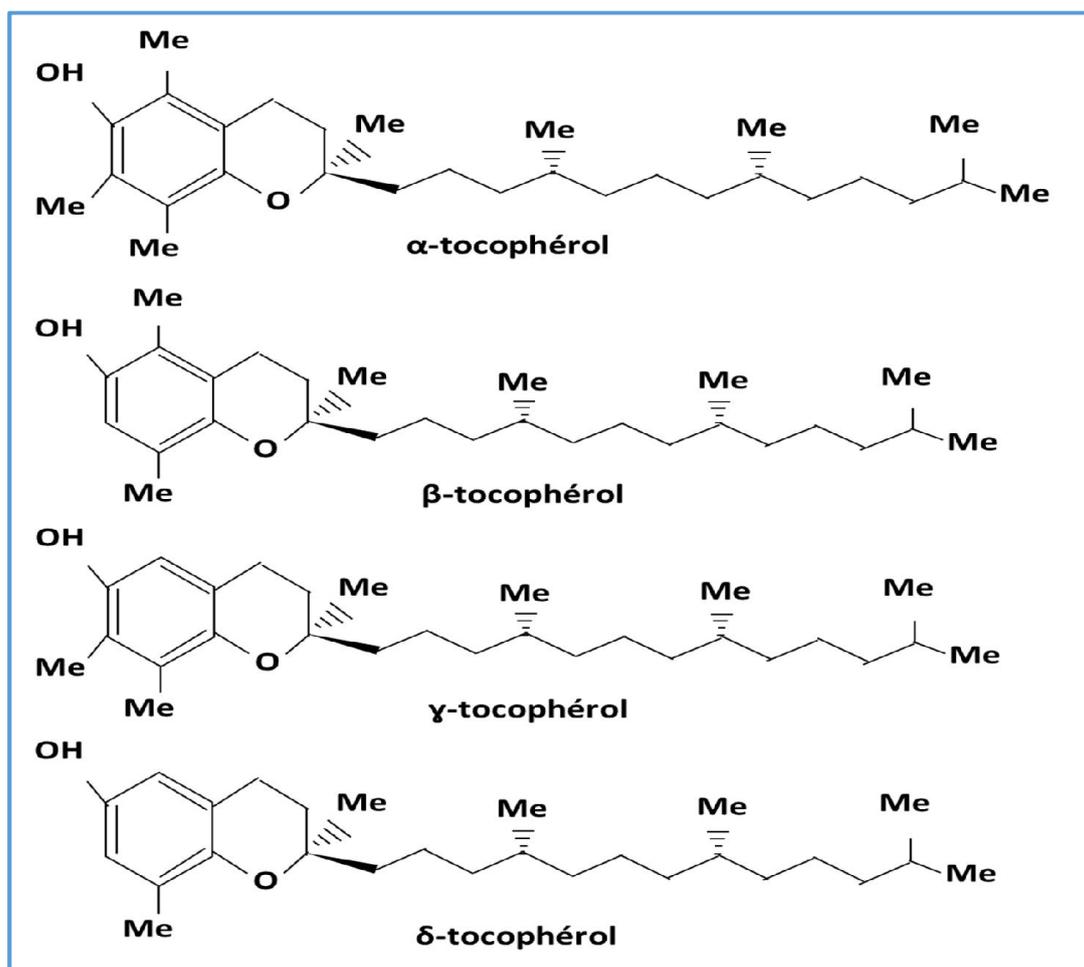
Dans le présent paragraphe, nous allons concentrer sur la fraction naturelle des composés mineurs. Cette fraction elle-même constitue de deux fractions : la fraction insaponifiable qui constitue des tocophérols, stérols et caroténoïdes, et la fraction soluble qui constitue des composants solubles responsables de gout, d'aspect trouble des huiles.

## Synthèse Bibliographique

La richesse de l'huile d'argane est justifiée par son niveau élevé d'acide linoléique et oléique. Sa puissance réside dans sa richesse en polyphénols, tocophérols, stérols, les caroténoïdes, les xanthophylles et le squalène (Charrouf and Guillaume, 2018). Ces composés mineurs contribuent à ses propriétés diététiques, nutritionnelles et organoleptiques (Atifi et al., 2017; Harhar et al., 2019; Khallouki et al., 2017; Lizard et al., 2017).

### a- Tocophérols

C'est un ensemble de molécules composées d'une chaîne latérale à 16 atomes de carbone, d'un noyau 6-OH chromane, et d'une structure isoprénique (Gharby, 2012). Ils sont présents dans les huiles végétales en quantité variable sous leurs différentes formes isométriques  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$ ,  $\gamma$  (Figure-2) (Selaimia, 2018; Azouguigh, 2019). ils agissent essentiellement comme des antioxydants et participant à la conservation des huiles (Charrouf and Guillaume, 2018; Harhar et al., 2011). Ils possèdent à la fois un pouvoir vitaminique et antioxydant renforçant l'intérêt des huiles à la prévention de plusieurs maladies (Atifi et al., 2017; El Monfalouti, 2013; Gharby et al., 2011; Gharby et al., 2012b; Khallouki et al., 2017).



## Synthèse Bibliographique

En parallèle, il existe aussi dans la nature des composés voisins des tocophérols, c'est les tocotriénols ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , et  $\delta$ ). Ils sont de nombre de quatre et comprennent dans leur chaîne carbonée trois insaturations (Figure-3) (EL Ghailassi, 2019).

En effet le pouvoir vitaminique des tocophérols est lié à la teneur en  $\alpha$ -tocophérol (vitamine E). Le  $\beta$  et  $\gamma$  tocophérols ont une activité vitaminique réduite (respectivement 30 et 15 % environ de l'activité de la forme alpha). Il est connu que le  $\gamma$  tocophérol a l'activité antioxydante la plus élevée (Gharby *et al.*, 2011).

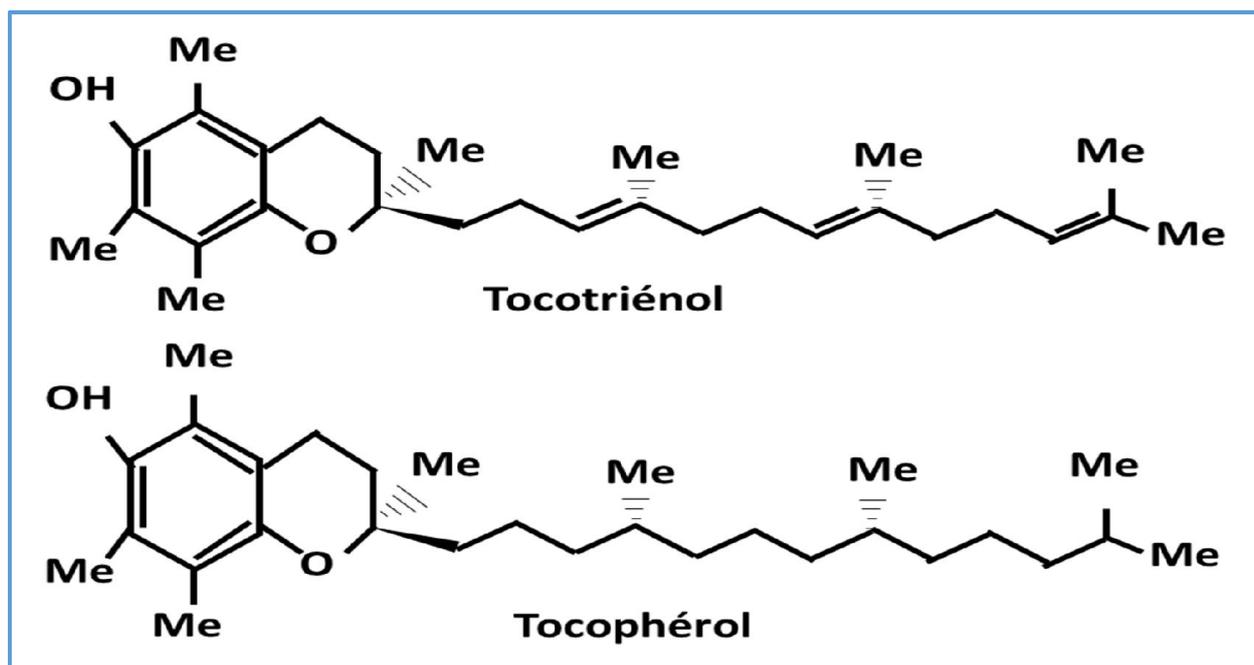


Figure 3: Structure chimique de Tocophérol et de Tocotriénol.

En ce qui concerne la teneur des tocophérols totaux, l'huile d'argane contient une quantité (600–900 mg/Kg) deux fois plus supérieure à celle de l'huile d'olive (68-320mg/Kg) (Charrouf and Guillaume, 2018). Selon le conseil oléicole international, la teneur en tocophérol totaux doit être inférieure à 15 g/Kg l'huile d'olive (COI, 2019). Egalement l'huile de tournesol est très riche en Tocophérol (400-1600 mg /kg). Cependant une partie importante de ses molécules bioactives est perdue lors du raffinage (Ortega-García *et al.*, 2006)

Pour les tocophérols individuels (Tableau-8), le  $\gamma$ -tocophérol représente l'élément majeur dans l'huile d'argane. Alors que le  $\alpha$ -tocophérol est le plus important dans l'huile d'olive et dans l'huile de tournesol (Atifi *et al.*, 2017; Gharby *et al.*, 2011; Gharby *et al.*, 2013a; Harhar *et al.*, 2011, 2018; Khallouki *et al.*, 2017; Konuskan *et al.*, 2018).

## Synthèse Bibliographique

**Tableau 8:** Composition en tocophérols des huiles de tournesol, d'olive et d'argane.

<u>Tocophérols</u>	<u>Tournesol</u> CODEX, 2009	<u>Olive</u> COI, 2019	<u>Argane</u> (SNIMA, 2003)
$\alpha$ - tocophérols [mg/kg]	403-935	63-227	18–75
$\beta$ - tocophérols [mg/kg]	0-45	0-2	1–5
$\gamma$ - tocophérols [mg/kg]	5-34	5-15	640–810
$\delta$ - tocophérols [mg/kg]	<7	0	54–110
Tocophérols totaux	400-1600	68-320	600–900

### b- Phytostérols

Les phytostérols sont des alcools triterpéniques tétracycliques regroupant de multiples composés différents (Régis *et al.*, 2016). Ils sont parmi les micronutriments importants dans les huiles végétales (Harhar *et al.*, 2018). Ils pourraient contribuer à la prévention, l'abaisse le taux de cholestérol, l'amélioration de l'immunité et la réduction des maladies cardiovasculaires et neurodégénératives (Atifi *et al.*, 2017; Lizard *et al.*, 2017).

Les huiles végétales contiennent des phytostérols en faible quantité (en moyenne de 0,1 à 0,5%) (Atifi *et al.*, 2017; Bennani *et al.*, 2007; El Monfalouti, 2013; Gharby *et al.*, 2011; Khallouki *et al.*, 2003). Ils sont très utiliser pour vérifier l'authenticité et détecter les adultérations (Badreddine, 2016b; Gharby *et al.*, 2017, 2013b).

Pour les stérols totaux, l'huile de tournesol contient la teneur la plus élevée 325,15 mg/100g suivie par l'huile d'argane (220 mg/100g) et en dernier l'huile d'olive (Charrouf and Guillaume, 2018). Cependant le raffinage de l'huile de tournesol élimine un grand pourcentage allant de 19–38 % pour l'huile de tournesol des stérols (Régis *et al.*, 2016).

L'huile d'olive se caractérise par une teneur élevée en  $\beta$ -sitostérol, comprenant plus de 93% du total des stérols (Gharby, 2012; Harhar *et al.*, 2018). L'huile d'argane comprend jusqu'à 220 mg / 100 g de phytostérols; les deux principaux étant le schottenol (44–49g/100g) et le spinastérol (34–44g/100g). Ils appartiennent à la famille  $\Delta$ -7 et sont rarement rencontrés dans les huiles végétales (Charrouf and Guillaume, 2018; Gharby *et al.*, 2020).

## Synthèse Bibliographique

La composition d'argane en stérols dépend beaucoup plus de la maturité des fruits et peu de l'origine géographique (Atifi *et al.*, 2017; Badreddine, 2016b; Gharby *et al.*, 2011, 2017). Le spinastérol et de schottenol sont les stérols les plus abondamment présents dans l'huile d'argane (Atifi *et al.*, 2017; Bennani *et al.*, 2007; Charrouf and Guillaume, 2018; Gharby *et al.*, 2011; Saïd Gharby *et al.*, 2011; Gharby *et al.*, 2017; Khallouki *et al.*, 2017). Cependant d'autres stérols sont toujours trouvés en très faible concentration comme le stigma-8,22-dien-3 $\beta$ -ol et le campestérol (Atifi *et al.*, 2017; Gharby *et al.*, 2011; Khallouki *et al.*, 2003).

La détermination de la teneur en stérols dans l'huile constitue un marqueur pour détecter la falsification de l'huile d'argane avec d'autres huiles végétales courantes (Badreddine, 2016b; Gharby *et al.*, 2013b; SNIMA, 2003).

**Tableau 9:** Composition stérolique des huiles de tournesol, d'olive et d'argane.

<u>Huiles</u>	<u>Tournesol</u> (CODEX, 2009)	<u>Olive</u> (COI, 2019)	<u>Argane</u> (SNIMA, 2003)
Teneur en stérols [mg/100g]	325,15	> 1 00	170-250
La composition stérolique [%]			
Cholestérol	< 0,1	<0.5	<0,4
Brassicastérol	<0,3	<0,1	<0,1
Campestérol	6,5-13	<4	<0,4
Stigmastérol	7,8-11,7	<Camp	nd
Stigma-8-22-dien-3bol	nd	nd	3.2–5.7
Delta 5-24-stigmastadiénol	nd	> 93,0	nd
Schottenol	nd	nd	44–49
$\beta$ -sitostérol	50-70	nd	nd
Spinasterol	nd	nd	34–44
$\Delta$ 5-avénastérol	2-7	nd	nd
$\Delta$ 7-stigmastérol	6,5-24	< 0,5	nd
$\Delta$ 7-avénastérol	3-7,5	nd	nd

## Synthèse Bibliographique

### c- Alcools triterpéniques

Les alcools triterpéniques sont un groupe complexe de constituants végétaux. Ils représentent environ 20% de la fraction insaponifiable d'huile d'argane (Khallouki *et al.*, 2017). Ils sont particulièrement importants du point de vue biologique (Gharby, 2012). Il s'agit des composés de quatre ou cinq cycles cyclohexane avec 27 à 30 atomes de carbone (Khallouki *et al.*, 2017).

Les dialcools terpeniques sont facilement séparés des stérols par chromatographie. L'huile d'olive contient les triterpènes en faible concentration variant de 100 à 150 mg/100g d'huile ((Benrachou, 2012; Gharby *et al.*, 2011) ; EL Ghailassi, 2019). Erythrodiol et Uvaol : les deux principaux dialcools présents dans l'huile d'olive. Cette teneur représente moins de 4,5% des stérols totaux (COI, 2019).

Dans l'huile d'argan, ils sont cinq dont le tirucallol (27,9%), le butyrospermol (18,1%) et le b-amyrine (27,3%) sont les plus abondamment présents (El Monfalouti, 2013). En outre, d'autres sont présents en faible quantité (Badreddine, 2016). Le 24-méthylène cycloartanol (4,5%), le lupéol (7,1%) et le citrostadiénol (4- $\alpha$  méthylstigma-7,24-28-diène-3 $\beta$ -ol) (3,9%) (Gharby, 2012; Khallouki *et al.*, 2017).

**Tableau 10:** Teneur en triterpène des huiles de tournesol, d'olive et d'argane (Badreddine, 2016 ; Benrachou, 2012; El Monfalouti, 2013).

<u>Alcools triterpéniques</u>	<u>Tournesol</u>	<u>Olive</u>	<u>Argane</u>
<b>Triterpène [mg/100g]</b>	100	100-150	170-200
Composition [%]			
Lupéol	nd	nd	7,1 %
Butyrospermol	nd	nd	18,1 %
Tirucallol	nd	nd	27,9 %
Alpha / béta amyrine	nd	nd	27,3 %
24-méthylène cycloartanol	nd	nd	4,5- 6 %
Erythrodiol	nd	< 4,5%	nd
Uvaol	nd	< 4,5	nd

nd : Non déterminé

## Synthèse Bibliographique

### d- Composés phénoliques

Les composés phénoliques sont des substances naturelles qui regroupent plus de 8000 molécules différentes (Régis *et al.*, 2016). Ils attirent l'attention des industriels en raison de leur intérêt au niveau nutritionnel et pour la santé (Gharby *et al.*, 2013b, 2012a; Lizard *et al.*, 2017; Merouane *et al.*, 2014). Ils sont responsables de la couleur, l'odeur (composé volatil), du goût (amertume) et de l'activité antioxydante de certaines huiles (Harhar *et al.*, 2018; Merouane *et al.*, 2014; Régis *et al.*, 2016).

Ils sont des produits chimiques aromatiques comprenant des groupes hydroxyle (Khallouki *et al.*, 2017). Ils sont présents en grande quantité dans les grains de tournesol (4143–9158 mg/kg) (Régis *et al.*, 2016).

Pour l'huile d'olive, l'importance nutritionnelle et les bénéfices sur la santé humaine de l'huile est attribué à sa richesse en acides gras insaturés (AGI) ainsi qu'en polyphénols (Harhar *et al.*, 2018; Khallouki *et al.*, 2017; Lizard *et al.*, 2017; Roselli *et al.*, 2020). La teneur total des polyphénols dans l'huile d'olive varie Selon plusieurs facteurs tels que l'altitude, la variété, le climat, l'irrigation et les conditions technologiques d'extraction (Harhar *et al.*, 2018).

**Tableau 11:** Teneur en composés phénoliques des huiles de tournesol, d'olive et d'argane.

<u>Composés phénoliques en</u> <u>(<math>\mu\text{g}/\text{kg}</math>)</u>	<u>Tournesol</u>	<u>Olive</u> <sup>a</sup>	<u>Argane</u> <sup>b</sup>
Acide vanillique	nd	nd	67
Acide syringique	nd	nd	37
Acide ferulique	nd	nd	3147
Tyrosol	nd	nd	12
<b>Total</b>	nd	167,29	3263

a : (Merouane *et al.*, 2014) ; b : (Ould Mohamedou *et al.*, 2011), nd : Non déterminé

Malgré leurs faibles concentrations dans l'huile d'argane alimentaire. La contribution des composés phénolique dans les propriétés pharmaceutiques d'huile d'argane est importante. Ainsi, leurs importance pour la prévention du cancer et la cardio-protection a été démontré dans plusieurs études (Bennani *et al.*, 2007; Harhar *et al.*, 2018; Khallouki *et al.*, 2017; Lizard *et al.*, 2017; Seiquer *et al.*, 2015). Ces composés ne dépassant pas 5 mg / kg d'huile dans l'huile d'argane (Khallouki *et al.*, 2017).

## Synthèse Bibliographique

Cette faible concentration est représentée par l'acide férulique glycosylé avec une teneur de 3147  $\mu\text{g} / \text{kg}$  d'huile (environ 3 mg / kg seul). Ce composé est associé à l'acide syringique, l'acide vanillique, le tyrosol, la vanilline et p-hydroxybenzaldéhyde (Badreddine, 2016b; Khallouki *et al.*, 2017).

### e- Hydrocarbures et caroténoïdes

Les hydrocarbures sont quantitativement les principaux composants de la fraction insaponifiable, constituant d'un composant majeur dit le squalène qui constitue 30 à 50 g/100g de cette fraction (Selaimia, 2018). Ces composés sont nettement élevés dans l'huile d'argane par rapport à l'huile de tournesol et inférieure à celle de l'huile d'olive (Badreddine, 2016).

La noblesse d'huile d'argane réside dans sa richesse en acides gras polyinsaturés. De plus, l'abondance de certains composés mineurs actifs (genre : stérols, caroténoïdes, xanthophylles et antioxydants puissants) dans la fraction insaponifiable justifient des avantages nutritionnels potentiels importants pour la prévention des maladies cardiovasculaires et du cancer (Harhar *et al.*, 2019; Lizard *et al.*, 2017).

Le bêta-carotène est une molécule très lipophile connue pour présenter des propriétés antioxydantes en synergie avec l' $\alpha$ -tocophérol (Gharby *et al.*, 2012b). Il participe activement à la protection de l'huile riche en oléique dans le cadre de processus autooxydant et photooxydant (Gharby *et al.*, 2011). C'est le pigment caroténoïde le plus présent dans l'huile d'olive (provitamine A). ils varient de 0,3 à 3,7 mg / kg d'huile, avec 2 mg se transformant en 1mg de vitamine A (Addou, 2017; Benrachou, 2012).

Dans l'huile d'argane les xanthophylles qui sont les plus trouvés avec une teneur de (500 mg/kg), contribuant à la coloration de l'huile (Gharby *et al.*, 2012b).

**Tableau 12:** Teneur en hydrocarbures et caroténoïdes des huiles de tournesol, d'olive et d'argane (Badreddine, 2016 ; El Monfalouti, 2013 ; Gharby, 2012).

<u>Huiles</u>	<u>Tournesol</u>	<u>Olive</u>	<u>Argane</u>
<b>Hydrocarbure [mg/100g]</b>	15-20	400-450	320
<b>Squalène [mg/100g]</b>	6	499	321
<b>Xanthophylles [mg/100g]</b>	nd	nd	500

nd : Non déterminé

## Synthèse Bibliographique

### f- Phospholipides

Les phospholipides sont des composés solubles constitués des molécules de glycérol estérifiées en position 1 et 2 par des acides gras et en position 3 par un acide phosphorique. Ce dernier peut être associé soit à un sucre formant un phosphatidylinositol (inositol) ou une amine formant par exemple un phosphatidyléthanolamine, phosphatidylsérine ou phosphatidylcholine (lécithine) (Gharby, 2012).

D'après la littérature, les phospholipides sont un facteur d'impact contribuant à la haute stabilité oxydative d'huile lors de stockage (Gharby *et al.*, 2011; Gharby *et al.*, 2012b, 2013b). Ils font partie intégrante de la structure des membranes cellulaires (Gharby *et al.*, 2012b). Leur activité antioxydante est bien connue empiriquement en synergie avec les tocophérols (Gharby *et al.*, 2011, 2012b).

La torréfaction des graines permet d'augmenter la teneur en phospholipides de l'huile d'argane de la plupart des huiles de graines. C'est à cette raison que la teneur en phospholipides de l'huile d'argane alimentaire (torréfiée) est dix fois supérieure à celle de l'huile cosmétique (non torréfiée) (0,27 vs 0,02 mg / 100 mg, respectivement) (Gharby *et al.*, 2011; Gharby *et al.*, 2012b).

La teneur en phospholipides diminue par l'extraction artisanale d'huile d'argane assistée par eau (Gharby *et al.*, 2012b). Le processus de raffinage également élimine ces composés pour améliorer la qualité organoleptique des huiles raffinées (Pages *et al.*, 2010).

**Tableau 13:** Composition en phospholipides des huiles de tournesol, d'olive et d'argane (Gharby, 2012).

Phospholipides [mg/100g]	Tournesol	Olive	Argane
Phosphatidylcholine	25,4	nd	40,2
Phosphatidyléthanolamine	11	nd	30,5
Phosphatidylsérine	nd	nd	44,5
Teneur	1,5	4-13,5	141,4

nd : Non déterminé

### III- Procédés d'obtention des huiles

Les huiles d'origine végétale peuvent être obtenues par différentes technologies et différentes étapes d'extraction. Certaines huiles sont extraites à partir des graines oléagineuses (huile de tournesol, de colza,

## Synthèse Bibliographique

---

arachide, soja et sésame.....), ou à partir des fruits oléagineux (huile de palme, d'olive et de coco...) (CODEX, 2009 ; COI, 2019 ; Gharby, 2012).

En générale, l'objectif optimal de tout processus de production de l'huile est d'extraire la plus grande quantité possible d'huile sans altérer sa qualité d'origine (Gharby *et al.*, 2013b; Harhar *et al.*, 2018).

L'huile de tournesol est parmi les huiles les plus utilisées dans le monde entier comme moyen de friture (Gharby *et al.*, 2013b). Elle est préparée à partir des graines de tournesol (CODEX, 2009). Toutefois, ces graines contiennent une grande teneur en acide gras insaturé ainsi que des micronutriments en quantité faible mais connus par leurs intérêts sur la santé (Alicia *et al.*, 2008; Fine *et al.*, 2013; Gharby *et al.*, 2014; Régis *et al.*, 2016).

De la graine à l'huile, différentes étapes industrielles se succèdent (Figure-4), commençant par la préparation des graines, puis, la trituration pour obtenir une huile brute et finalement un raffinage (Evrard *et al.*, 2007; Pages *et al.*, 2010; Régis *et al.*, 2016). La trituration est une opération qui consiste à broyer les graines et à extraire l'huile à partir des graines oléagineuses ; elle permet d'assurer un rendement d'extraction de l'ordre de 97 % par recours à l'hexane comme solvant d'extraction (Fine *et al.*, 2013; Régis *et al.*, 2016).

Au cours de ce procédé de trituration, une teneur importante des micronutriments de grand intérêt dans les huiles brutes est perdue (Fine *et al.*, 2013; Gharby *et al.*, 2014; Régis *et al.*, 2016); les polyphénols, les stérols et les tocophérols sont très majoritairement piégés dans le tourteau et ne sont pas disponibles pour la consommation humaine (Régis *et al.*, 2016).

L'huile de tournesol brute n'est pas consommable directement après la trituration ; elle doit subir un raffinage afin d'améliorer sa qualité organoleptique (aspect trouble, couleur prononcée, saveurs typées) et répondant aux souhaits du consommateur (Evrard *et al.*, 2007; Pages *et al.*, 2010).

Ce procédé de raffinage met en œuvre plusieurs étapes pour éliminer des composés indésirables genre ; les acides gras libres, les pigments, les traces métalliques, les gommes et les cires...) et les contaminants potentiellement présents dans les matières premières, tout en maîtrisant la formation de nouveaux composés indésirables par hydrolyse, oxydation ou isomérisation (Pages *et al.*, 2010).

L'huile d'olive est l'une des plus anciennes huiles végétales les plus consommées. Sa position est très connue ; par sa forte odeur, Agréable au goût et sa haute valeur nutritive (Gharby *et al.*, 2016b). Le Conseil Oléicole International (COI) définit l'huile d'olive comme huile provenant uniquement du fruit d'olivier

---

## Synthèse Bibliographique

---

**(COI, 2019)** ; L'huile d'olive vierge est considérée comme étant huile obtenue uniquement par des moyens mécaniques ou physiques dans des conditions thermiques notamment, qui n'entraînent pas d'altération de l'huile, et n'ayant pas subi aucun autre traitement que le lavage, la décantation, la centrifugation ou la filtration **(COI, 2019; Harhar et al., 2018)**.

La qualité d'huile d'olive extraite est significativement affectée par la qualité des olives, le procédé d'extraction, le degré de la maturité, la durée et les conditions de stockage **(Tanouti et al., 2011)**.

Le processus d'extraction de l'huile d'olive vierge a très peu changé au cours des 20 dernières années **(Amirante et al., 2017)**. A partir de tous les articles consultés à propos du processus de production d'huile d'olive. Celui-ci peut se résumer à quatre opérations unitaires principales **(Bennai et al., 2019; El Ghailassi et al., 2019; Halli and Khaldi, 2019; Selmi et al., 2008)**. Les activités préliminaire sont la récolte, le lavage et le triage, ensuite le broyage, le malaxage et la séparation des phases **( El Ghailassi et al., 2019 ; Bennai et al., 2019; Halli and Khaldi, 2019; Selmi et al., 2008)**.

L'huile d'argane est une huile vierge préparée par pressage à froid des grains du fruit de l'arganier {*Argania spinosa* (L.)} ; arbre exclusivement endémique du Maroc **(Charrouf and Guillaume, 2018, 2014; Gharby et al., 2012b; Mohammed et al., 2013; SNIMA, 2003)**. L'huile d'argane alimentaire est préparée à partir des grains torréfiés, tandis que l'huile d'argane cosmétique est préparée à partir des grains d'Argane non torréfiés **(Charrouf and Guillaume, 2018, 2014; Gharby et al., 2011, 2012b; Harhar et al., 2019, 2014, 2011, 2010; Matthäus et al., 2010; Mohammed et al., 2013; Zaanoun et al., 2014)**.

Pendant des années, l'huile d'argane a été préparée seulement par des femmes Amazigh en plusieurs étapes selon un processus traditionnel **(Charrouf and Guillaume, 2018, 2014; Matthäus et al., 2010; Mohammed et al., 2013)**. Cette méthode à plusieurs inconvénients relatifs à la quantité et à la qualité d'huile **(Boukyoud, 2019)**. Récemment, la majorité des coopératives marocaines extraient l'huile d'argane à l'aide des presses mécaniques produisant à grande échelle une huile de haute qualité **(Charrouf and Guillaume, 2018, 2014; Matthäus et al., 2010; Zaanoun et al., 2014)**.

Le procédé d'extraction d'huile d'argane vierge nécessite au moins sept étapes **(Charrouf and Guillaume, 2018; Gharby et al., 2012b; Harhar et al., 2010; Matthäus et al., 2010; Mohammed et al., 2013; Zaanoun et al., 2014)**: la cueillette des fruits, le séchage au soleil, le décorticage, la casse des noix (ou cueillette des grains), la torréfaction des grains (pour l'huile comestible), le pressage à froid et la filtration d'huile en vue d'éliminer de grandes quantités de gommés et de cires. **(Charrouf and Guillaume, 2018; Gharby et al., 2012b; Harhar et al., 2011)**

---

## Synthèse Bibliographique

La récolte des fruits mûrs dans la forêt d'arganiers s'effectue entre mai et août (Harhar *et al.*, 2011; Matthäus *et al.*, 2010). Ensuite, les fruits sont séchés au soleil pendant quelques semaines, puis, un décorticage mécanique s'effectue pour retirer leur pelure. Les noix d'argane produits doivent être ensuite cassées manuellement. Pour produire une huile comestible une torréfaction des grains est nécessaire pendant quelques minutes (sauter cette étape pour préparer une huile de beauté). L'extraction après est réalisée à l'aide de presses mécaniques ; ce qui permet de extraire de grande quantité d'huile et évitant l'utilisation d'eau dans l'extraction. L'huile obtenue est très chargée en matière solide en suspension. Une décantation pendant quelques jours est nécessaire avant la filtration sur un filtre presse (Gharby *et al.*, 2012b; Matthäus *et al.*, 2010).

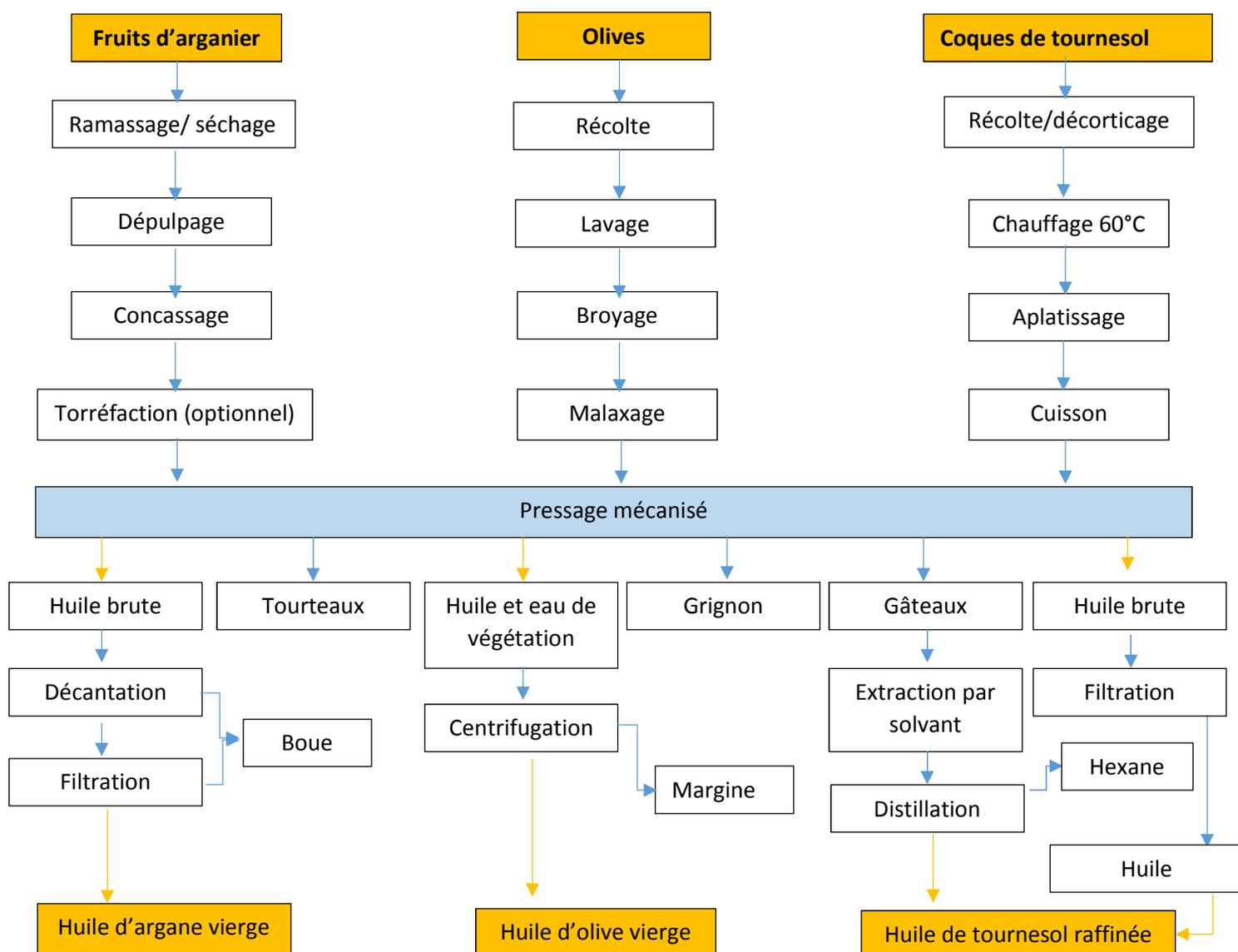


Figure 4: Procédés d'obtentions des huiles de tournesol, d'olive et d'argane.

## Synthèse Bibliographique

---

La qualité et le rendement de l'huile d'argane sont très influencées par plusieurs facteurs bien documentés (Charrouf and Guillaume, 2014; Gharby *et al.*, 2012b; Harhar *et al.*, 2019). Le séchage des fruits (Harhar *et al.*, 2010), la durée et la température de la torréfaction (Gharby *et al.*, 2012b; Harhar *et al.*, 2011, 2011), la forme, la qualité et le degré de maturité des fruits (Atifi *et al.*, 2017; Gharby *et al.*, 2013b; Harhar *et al.*, 2019, 2014) et les conditions de stockage d'huile etc... (Harhar *et al.*, 2010)

### IV- Bienfaits des huiles végétales

Les huiles végétales ont certes des propriétés nutritionnelles et thérapeutiques remarquables. Ceci grâce à leurs composition chimique (Césaire *et al.*, 2019). Elles ont une place importante dans l'alimentation, utilisées à des fins très diverses depuis des temps immémoriaux à usage alimentaire ou cosmétique. Nutritionnellement les huiles végétales représentent une source intéressante d'acides gras essentiels et de vitamines liposolubles. En effet, l'huile d'argane et de tournesol sont riches en acides linoléiques (C18 : 2 W 6), dits essentiels. Cet acide gras est indispensable pour le bon fonctionnement du corps humain. Il ne peut pas être synthétisés par l'organisme (Gharby, 2012). Egalement la forte teneur de l'huile d'olive en acide oléique constitue un réel atout d'un point de vue intérêt nutritionnel (Veillet, 2010).

D'autres acides gras comme l'acide arachidonique, l'acide eicosapentaénoïque et l'acide docosahexaénoïque jouent un rôle essentiel pour l'agrégation plaquettaire, inflammation, etc.... (Atifi *et al.*, 2017; Khallouki *et al.*, 2003; Lizard *et al.*, 2017). À usage interne les huiles méritent une meilleure valorisation dans les domaines pharmacologiques, et agro-alimentaires en raison de leurs propriétés antioxydantes (Benaouf *et al.*, 2020). Ils permettent de prévenir le moindre risque de maladies cardiovasculaires (Hazrati *et al.*, 2020).

L'huile d'argane grâce à son niveau élevé des composés antioxydants, a un impact positif sur les maladies antiproliférative sur des lignées cancéreuses humaines de prostate (Bennani *et al.*, 2007; Lizard *et al.*, 2017). Son effet antidiabétique est depuis longtemps revendiqué en médecine traditionnelle, permettant une stimulation de la circulation vasculaire (Hachem *et al.*, 2016). Ses composés mineurs, tels que les stérols, peuvent être impliqués dans son effet hypocholestérolémiant (Benaouf *et al.*, 2020). Egalement sa teneur importante en polyphénols, tocopherols et en flavonoïdes favorise son activité antioxydante grâce à son activité réductrice de phosphomolybdate (Bouamara *et al.*, 2016; Lizard *et al.*, 2017).

En plus, les effets bénéfiques pour la santé de l'huile d'olive vierge ont été officiellement reconnus par l'Autorité européenne de sécurité des aliments (Gino and Biagi, 2020). En outre, l'administration des aliments et drogues des États-Unis a récemment déterminé qu'il existe des preuves crédibles à l'appui

---

## Synthèse Bibliographique

---

d'une allégation de santé qualifiée que la consommation d'acide oléique dans les huiles comestibles, telles que l'huile d'olive peut réduire les risque de maladie coronarienne (Gino and Biagi, 2020).

Autrement, le rôle nutritionnel des huiles végétales est lié à leur apport énergétique (un gramme de lipides apporte 9 kcal). Ce rôle énergétique est principalement assuré surtout par des acides gras insaturés (AGI), grâce à leurs potentiel d'oxydation biologique qui génère de l'ATP (Gharby, 2012).

Les lipides sous la forme de phospholipides, constituent l'ossature des membranes cellulaires, d'où leurs intérêt dans l'industrie cosmétique (Ennoukh et al., 2017). Les AGI apportés par les huiles et leurs dérivés métaboliques contribuent à la structure des membranaires cellulaires (Gharby, 2012), ils sont extrêmement populaires comme hydratants par les gens du commun dans l'Inde (Sarkar et al., 2017).

### Chapitre III : Industrie de conserverie

#### I. Introduction

C'est une industrie qui fabrique des aliments appertisés, pasteurisés (des poissons, viandes et/ou fruits, légumes). La conservation des mets constitue un enjeu économique majeur, et ce bien avant l'époque industrielle (Piar and Lanoisellé, 2015). La sécurité et la qualité des aliments est le principal problème qui survient souvent dans ce processus de mise en conserve (Anwar et al., 2020; Vafaei et al., 2020), d'où la nécessité des traitements thermiques (préchauffage et stérilisation) inclus en vue d'inhiber les facteurs d'altération (enzymes et bactéries) (ElShehawy and Farag, 2019; Vafaei et al., 2020).

#### II. Historique

Le procédé d'appertisation tient son nom du français Nicolas Appert (1750-1841), confiseur-traiteur, qui, après 14 ans d'expérimentations commencées en 1795, a décrit la méthode de préservation des aliments. Son livre « L'art de conserver, pendant plusieurs années, toutes les substances animales et végétales », constitue la première référence bibliographique du domaine (Piar and Lanoisellé, 2015).

Au premier, le procédé consiste à porter les produits à haute température, et avec l'apparition des travaux de Louis Pasteur sur la stérilisation. Il a évolué vers des traitements thermiques haute température/temps court permettant une bonne préservation des vitamines thermosensibles (Piar and Lanoisellé, 2015).

#### III. Procédé de conservation des aliments

La mise en conserve a été un moyen classique de fournir un approvisionnement continu en nourriture indépendamment de la disponibilité saisonnière des matières premières (Ahmed et al., 2012; Bell et al.,

---

## Synthèse Bibliographique

2019). C'est l'une des techniques les plus connues qui permettent de retarder la consommation des aliments périssables (Dominguez-Vidal *et al.*, 2016a; Vafaei *et al.*, 2020). En général le procédé est associé à un traitement thermique (en général la stérilisation) suivi d'un conditionnement dans un récipient étanche (ElShehawy and Farag, 2019).

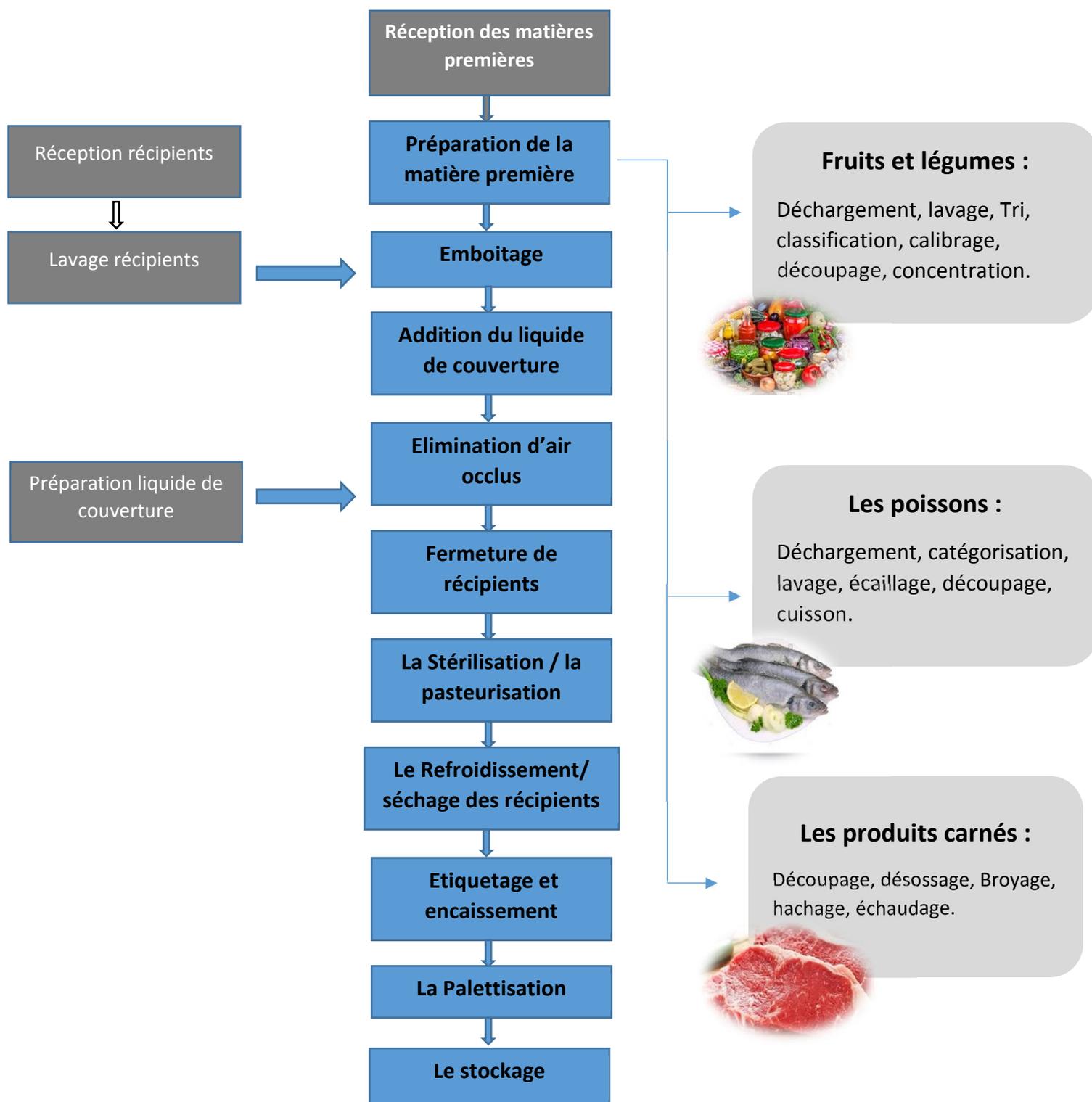


Figure 5: Procédé de conservation des aliments par appertisation (Piar and Lanoisellé, 2015).

### IV. Familles des aliments en conserves

Les conserves appertisées sont des produits de grande consommation couvrant une grande gamme de denrées, elles sont pratiques d'emploi et faciles à conserver (pas de contraintes de température) (Chikhaoui, 2018). Plusieurs familles de produits touchant : Les conserves de fruits et légumes (tomates, piments, petits pois, haricots, pommes et fraises). Les conserves de viandes et de poissons, les plats cuisinés ... Les boîtes de conserve pour aliments ou des boîtes métalliques sont un type d'emballage largement utilisé. Elles sont recouvertes à l'intérieur pour empêcher les aliments d'entrer en contact direct avec le métal et la corrosion de la boîte (El-Kosasy *et al.*, 2018).

#### 1- Conserve des fruits et Légumes

La consommation de fruits et légumes en conserve a été liée à une meilleure qualité alimentaire et à des résultats de santé souhaitables, et pourrait donc contribuer à atteindre les objectifs de consommation non atteints (Perez-Cueto *et al.*, 2017). Les légumes en conserve représentent une fraction importante (environ 10%) de la consommation totale de légumes (Serrano *et al.*, 2017). Quant aux fruits en conserve représentent environ 7% de la consommation totale de fruits (García-Prieto *et al.*, 2008).

Ces conserves des fruits ou légumes sont les préparations obtenues par stérilisation des végétaux, avec ou sans liquide de couverture. Ils sont des produits très courants, en plus de conserver toutes leurs propriétés nutritives, ils permettent d'éviter le travail de préparation.

#### Conserve de Tomate

L'activité de transformation de la tomate connue une évolution importante au début du 20ème siècle avec l'apparition des techniques de conservation des légumes par le processus de l'appertisation (Chikhaoui, 2018). Ce sont des ingrédients importants dans la soupe, le ketchup, le jus de tomate, la sauce à pizza, la sauce à spaghetti, les sauces pour les haricots et le poisson. Les variétés les plus souhaitables pour la mise en conserve devraient produire des fruits, de taille moyenne, à contour lisse et à petites graines, Elles sont riches en lycopène antioxydant et reconnues comme une meilleure source de la vitamine C (Featherstone, 2016).

#### 2- Conserve des produits carnés

Les excédents de bétail sur pied et de viande obtenue, ont augmenté la nécessité de traiter les viandes afin d'optimiser leur utilisation et de réduire la génération des déchets. Les conserves de cette famille sont obtenues grâce au mélange de viandes bovines, porcines ou volaille, avec ou sans addition d'autres substances autorisées (sel, épices, etc.) (Perez-Martinez *et al.*, 2018).

---

### 3- Conserve des poissons

Le poisson en conserve est l'un des produits les plus adoptés au monde (De mello Lazarini *et al.*, 2019; Mol, 2011; Vafaei *et al.*, 2020). C'est une alternative saine aux aliments transformés de mauvaise qualité impliqués dans la montée des maladies non transmissibles (Bell *et al.*, 2019). C'est une source de protéines, riches en acides aminés essentiels, micro et macroéléments (calcium, phosphore, fluor, iode), des graisses qui sont de précieuses sources d'énergie, des vitamines liposolubles et des acides gras insaturés qui, entre autres avantages, ont un effet hypocholestérolémique (anti-artériosclérose) (ElShehawy and Farag, 2019; Popovic *et al.*, 2018; Pornchaloempong *et al.*, 2016; Usyodus *et al.*, 2008; Vafaei *et al.*, 2020).

La première conserverie de poisson est installée en 1824 à Nantes à l'ouest de la France par Pierre-Joseph Colin fils du confiseur Joseph Colin (Celton and Oulhen, 2019). Elle reste longtemps confidentielle jusqu'à l'invention de l'autoclave (Brioist and Fichou, 2012).

### V. Conserve du poisson au Maroc

Au Maroc, la croissance de l'industrie de transformation des petits pélagiques est le résultat d'un long processus de capitalisation des savoir-faire. Elle a été mise en place au Maroc depuis le début des années vingt par des entrepreneurs français, portugais et espagnols (Domingo, 1972). À la veille de l'installation du protectorat français au Maroc, la population marocaine mange peu de poisson et l'industrie de la pêche n'est pas développée.

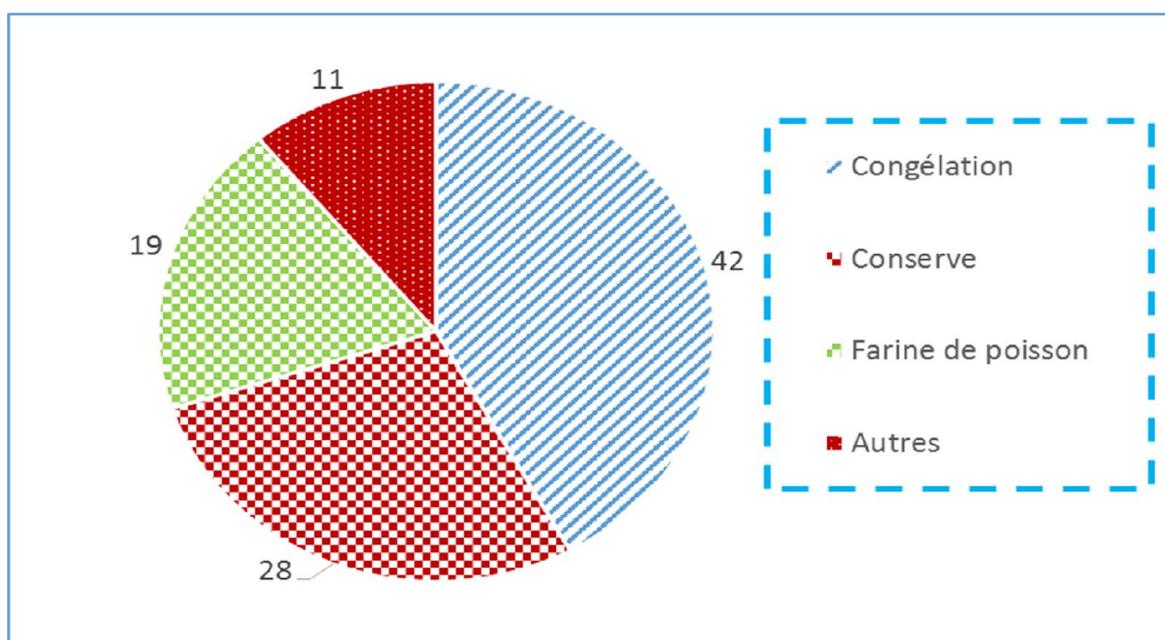


Figure 6: Volume de la production des industries de transformation au Maroc en 2018.

En 2015 la capture marocaine d'espèces pélagiques était de 758 441 tonnes, avec 599 682 tonnes de sardines (Mkadem and Kaanane, 2019), leurs mise en conserve se concentre principalement sur la sardine (86%), suivie du maquereau (13%) (Naji et al., 2015).

Aujourd'hui, le Maroc est le premier exportateur mondial de sardines en conserve (Marie, 2015). Avec un volume de 723 KT pour un chiffre d'affaires de 20 Milliards de DH. La production totale des industries de transformation des produits de la pêche, durant l'année 2018, a enregistré une hausse aussi bien en poids (+3%) qu'en valeur (+6%) par rapport à 2017.

Cette hausse est due à l'amélioration de ces deux principales activités : la congélation (42%) dont la production a progressé de 14% en poids et 11% en valeur, ainsi que l'industrie de conserve (28%) qui a enregistré une hausse de 7% en poids et 11% en valeur (MAPM, 2020).

### VI. Famille des produits de la pêche en conserve

#### 1- Conserves de thonidés

Le thon en conserve fait partie des produits de la pêche en conserve les plus consommés en Europe, Il provient principalement du muscle blanc, mais il peut également être commercialisé à partir du muscle noir (Vieira et al., 2017).

Ce sont des produits obtenus à partir de leurs espèces correspondantes, pratiquement sans écailles, sang, peau ou arêtes, mis en conserve dans des récipients métalliques au vinaigre, à l'huile, ou être accompagnées de différents types de sauces. Ils présentent une bonne source d'acides gras oméga-3 à longue chaîne, essentiels au développement du cerveau du nourrisson, d'où leurs importance pour les femmes enceintes (Bell et al., 2019).

#### 2- Conserves de maquereau et de sardine

Au Maroc, les conserves de sardines sont un produit de poisson prêt à l'emploi avec d'excellentes propriétés nutritionnelles (Rodrigues et al., 2014). La sardine représente plus de 80 % des captures nationales. Ces derniers temps, la conserve de la sardine sans peau ni arête a commencé à gagner du terrain suite à l'augmentation de la demande de la part de certains clients étrangers (MAPM, 2020). Ces conserves sont obtenues à partir des espèces comme, la sardina pilchardus ou le Scomber scombrus, qui sont décapitées et éviscérées. Ils sont préférable par les marocains non seulement parce qu'ils sont moins chers. Mais, ils sont également plus riches en acides gras oméga-3, leur petite taille et leur durée de vie

---

plus courte qui empêche apparemment leur capacité de concentrer les niveaux élevés des contaminants comme le mercure que font les gros poissons (Rodrigues *et al.*, 2014; Shiber, 2011).

### VII. Procédé de fabrication de conserve de la Sardine

#### 1- Réception

##### Matière première

La réception est la première étape de la chaîne de fabrication de conserve de la sardine. C'est le premier point critique (CCP) dans le système d'analyse des dangers et les points critiques pour la maîtrise (HACCP). La conformité de la matière avant de lancer le processus de transformation est indispensable car toute non-conformité à cette étape peut entraîner l'arrêt de la chaîne de production.

Les camions qui transportent la matière première devront obligatoirement disposer des systèmes de congélation, des réfrigérateurs ou de la glace afin de préserver au maximum les propriétés du poisson frais. Si la matière est congelée une décongélation doit être effectuée au moyen d'un décongélateur pour éviter les conditions qui favorisent l'apparition de la flore microbienne.

Lors de la réception de la matière des échantillons subissent des examens pour évaluer la qualité de la matière, notamment :

##### **Contrôle de la température**

À différents niveaux de la caisse température du poisson est prise à l'aide d'un thermomètre. Pour être conforme la température ne doit pas dépasser 5°C.

##### **Détermination du moule de poisson**

Le moule est équivalent au nombre des pièces du poisson par kg du poids. Sa détermination permet de déduire le nombre de pièces par boîte et le rendement de fabrication (le nombre de boîtes fabriquées par camion).

##### **Evaluation sensorielle**

C'est un examen de l'aspect extérieur des échantillons du poisson. C'est un indice déterminant de l'état et de degré de fraîcheur des poissons en se basant sur l'observation de son état avec nos cinq sens :

- L'aspect des yeux, la peau et les branchies, l'état de la chair, la couleur de la colonne vertébrale et l'odeur des branchies, de la peau et de la cavité abdominale.
  - La présence de coupure au niveau de l'abdomen.
-

- L'adhérence de la colonne vertébrale et le péritoine.

Chacun de ses caractères est noté de 0 à 3 dans la fiche de réception (**annexe 1**), par la suite le degré de fraîcheur est attribué au poisson à l'aide du tableau de la cotation de l'union européenne. Le degré de fraîcheur globale est obtenu en faisant la moyenne arithmétique des notes partielles et ce degré déterminera la catégorie de poisson :

- Si le degré de fraîcheur  $\geq 2.7$  alors le poisson est appelé Extra.
- Si  $2.0 < \text{le degré de fraîcheur} < 2.7$  alors le poisson est noté A.
- Si  $1.0 < \text{le degré de fraîcheur} < 2.0$  alors le poisson est noté B.
- Si le degré de fraîcheur  $< 1.0$  alors le poisson est noté C. le lot est refusé dans ce cas.

### ❖ Analyse d'histamine

L'histamine est une molécule qui appartient aux amines biogènes. Ces derniers sont des molécules biologiquement actives sur le système nerveux central et sur le système vasculaire. Pour les poissons riches en histidine la maîtrise de la chaîne du froid et des temps d'attente notamment avant cuisson permet une bonne maîtrise de l'histamine. L'ingestion d'aliments à fortes teneurs en histamine est à l'origine de l'intoxication histaminique. Donc, une attention toute particulière est apportée à la maîtrise du danger d'histamine dans la matière première : (la teneur en histamine doit être  $\leq 50$  ppm selon l'union européen et de préférence  $\leq 25$  ppm).

### 🔗 Réception des boîtes et couvercles

À la réception des boîtes et des couvercles un échantillon est prélevé pour réaliser un ensemble de vérifications visuelles sur la boîte, sa hauteur, la largeur rebord corps, épaisseur fer-blanc, épaisseur couvercle et la distribution du joint...

### 🔗 Réception des huiles

Lors de la réception des huiles (olive extra vierge, huile de soya et huile de tournesol), un agent de laboratoire doit s'assurer de la conformité d'huile par des analyses sensorielles : couleur, odeur, goût..., ainsi que des contrôles chimiques : acidité, indice de peroxyde et la pureté... (Selon les exigences du client).

### ☞ Réception du sel

Le sel fin utilisé pour le jutage doit être conforme aux spécifications lors du contrôle organoleptique et le contrôle d'humidité.

### **2- Opérations préparatoires**

Ces opérations consistent à enlever les parties non comestibles (la tête, les viscères et la queue) qui contiennent une grande charge microbienne qui peut entraîner une contamination de la chair du poisson. Elles sont effectuées manuellement à l'aide des ciseaux ou mécaniquement.

### **3- Rinçage**

Après les opérations préparatoires les poissons sont lavés à l'eau. Cette opération élimine à la fois une grande partie des micro-organismes présents en surface et une source de contamination importante constituée par des résidus de sang, mucus et viscères qui adhèrent à la surface.

### **4- Emboitage**

C'est une opération qui consiste à mettre un nombre des sardines préalablement préparées et lavées dans les boîtes avant la cuisson continue. L'emboitage s'effectue manuellement au niveau de chaque poste d'étêtage et d'équeutage par les ouvrières en remplissant des boîtes en aluminium ou en fer blanc.

### **5- Mise en grille**

Les boîtes rincées sont rangées dans des grilles en plastique thermorésistant et renversées pour égoutter le poisson avant la cuisson. Les grilles sont placées dans des chariots étagés pour les diriger vers les cuiseurs continus.

### **6- Cuisson continue**

Il s'agit d'un traitement thermique rapide qui consiste à soumettre les poissons à la vapeur chaude, pour éliminer une partie d'eau. Le cuiseur utilisé est un cuiseur à chaîne dont la température et la fréquence sont réglables selon le moule de poisson traité. Ce cuiseur comporte deux compartiments le 1er est pour la cuisson et le 2ème est pour le séchage.

Les grilles remplies des boîtes sont acheminées vers les cuiseurs continus dont la durée de cuisson est réglée en fonction du moule de la sardine traitée (**Tableau-14**).

Après la cuisson le poisson cuit est laissé s'égoutter à l'air libre (température ambiante entre 0 et 1 heure).

---

## Synthèse Bibliographique

**Tableau 14:** Barème de cuisson des différents articles.

Article	Cuiseur statique			Cuiseur continu		Refroidissement
	T°C	P (Bar)	La durée	T°	Temps	Durée
<b>Sardine traditionnelle</b>	-	-	-	95-100°C	40 min	15 min
<b>Sardine SPSA</b>	95-100 °C	P <1bar	10-15 min	-	-	25 min
<b>Maquereau</b>	95-100 °C	P <1bar	30min-1h30	-	-	25 min
<b>Thon</b>	95-100 °C	P <1bar	1h – 3 h	-	-	25 min

### 7- Egouttage

Les sardines cuites sont laissées s'égoutter à l'air libre. Cette opération a pour objectif d'éliminer l'eau libre résiduelle et pour empêcher le bombage des boîtes serties après la stérilisation.

### 8- Jutage

C'est une opération qui permet le remplissage des boîtes de conserves garnies des sardines par un milieu de couverture. Ce liquide peut être une huile végétale (huile d'olive vierge, extra vierge, huile de tournesol, huile de soya) ou de la sauce tomate ou d'autres préparations. Ce milieu permet de faciliter le transfert de la chaleur lors de la stérilisation et d'incorporer de façon homogène le sel et les additifs dans la chair. Le jutage se fait par débordement de liquide et l'excès des produits de couvertures est récupéré puis filtré pour être réutilisé.

### 9- Marquage

Sur les couvercles des boîtes un marquage de certaines informations se fait par jet d'encre. Ce marquage consiste à informer le client de la date et du lieu de fabrication du produit ainsi que le numéro de lot.

### 10- Sertissage

Le sertissage est une opération mécanique qui s'effectue au moyen d'une sertisseuse. Cette opération sert à rassembler un fond à un couvercle pour assurer une fermeture hermétique des boîtes métalliques. La fermeture se fait sur trois étapes :

- **Une phase de compression** : qui permet de réunir intimement le fond et le corps de la boîte par une pression vertical.
- **Une phase de première passe** : qui consiste à enrayer l'ourlet autour du rebord du corps du couvercle à l'aide des molettes présentant dans les têtes.
- **Une phase de deuxième passe** : qui permet le serrage par écrasement progressive de roulé obtenu lors de la première passe.

L'opération de sertissage représente un point critique qui nécessite la maîtrise selon la démarche HACCP. Pour assurer leurs étanchéités les boîtes fermées soumissent régulièrement à plusieurs tests :

↳ **Contrôle visuel**

C'est un examen visuel et tactile réalisé chaque 30 minute au cours de production ; pour vérifier s'il y a présence des défauts de sertissage comme : Ondulations, Serti incomplet, Faux serti, Picots, Arête vive ou fracture, Chocs ou rayures sur le corps.

↳ **Décorticage**

C'est un examen qui se fait chaque 2 h à l'aide d'une cisaille et une pince pour séparer le corps et le couvercle. Il a pour but de déterminer les défauts à l'intérieur du serti par la détermination de taux des ondulations qui ne doit pas dépasser 30%, le pied à coulisse est un matériel permet de mesurer la longueur de l'onde la plus élevée pour calculer le taux d'ondulation,  $O\% = L (\text{onde plus élevée}) / L (\text{totale du crochet}) * 100 \%$ .

↳ **Le contrôle dimensionnel**

C'est un examen de mesure des dimensions extérieures et intérieures de la sertie pour assurer que la sertisseuse fonctionne conformément aux instructions du fabricant des boîtes vides. Le contrôle dimensionnel du serti se fait par projection et se déroule en deux étapes :

↳ **La première étape** : une Coupes latérales de serti par une scie circulaire électrique : 8 coupes pour les boîtes rectangulaires (¼ club 30) et ovales et 4 coupes pour les boîtes rondes.

↳ **La deuxième étape** : chaque coupe de serti est présentée sur le projecteur de serti pour prendre un ensemble des mesures.

À la sortie de la sertisseuse les boîtes doivent être lavées avant le passage à la stérilisation ; afin d'enlever les traces d'huile, les débris de poisson qui adhèrent aux boîtes serties.

### **11- Stérilisation**

La stérilisation est une opération de destruction des micro-organismes et de leurs toxines ainsi que les enzymes de poisson afin d'éviter sa dégradation avec le temps. Elle sert également à cuir les poissons et lui fournir le gout et l'aspect finale.

Cette opération se fait dans un autoclave dit stériflow ou un stérilisateur statique discontinu horizontal dont le fonctionnement est automatique. Les boites de conserve sont chauffées par la vapeur d'eau. Les paramètres de la température, le temps et la pression sont réglés suivant un programme spécifique. Pour chaque type de boîte et chaque produit il y'a un barème spécifique à suivre. Ces paramètres sont suivis à l'aide d'un enregistreur qui marque par une courbe la durée de chaque phase de la stérilisation.

La stérilisation est considérée comme étant le stade le plus important de la chaine de fabrication (représente le 3<sup>ème</sup> point critique dans le plan HACCP). Elle s'effectue en trois phases :

#### **Phase 1 (montée en température)**

L'autoclave est fermer hermétiquement, les vannes de la vapeur sont ouverte et par échange de la chaleur la température de l'eau de stérilisation augmente jusqu'à atteindre la température de palier (124°C) pendant 15 min et sous pression de 1 bar.

#### **Palier de stérilisation**

C'est la phase la plus importante qui permet de maintenir la température stable à 122°C pendant 28 min sous pression (1 bar) pour éviter les explosions de la boîte et pour tuer les spores et les micro-organismes vivants.

#### **Refroidissement**

Les vannes de l'eau de refroidissement ouvertes rapidement pour baisser la température à l'intérieur de stériflow jusqu'à 40 °C et aussi la pression à 0 bar pour préparer l'ouverture de l'autoclave et stopper la cuisson.

### **12- Refroidissement des boîtes**

C'est le 4ème CCP du plan HACCP. Cette opération consiste à refroidir et à sécher les boîtes stérilisées d'une façon rapide. À une température ambiante le refroidissement des boîtes s'effectue pendant 20 à 40 minutes afin de la ramener à une température inférieure ou égale à 37°C, pour éviter toute contamination. Après la stérilisation le serti devient non étanche suite à la dilatation du métal, cette contamination constitue un risque redouté pour la qualité et la stabilité du produit stérilisé.

### **13- Emballage, Etiquetage, et Stockage**

Les boîtes sont isolées selon leur marque. Les ouvriers les inspectent et mettent à l'écart toutes les boîtes qui présentent des déformations au niveau du serti ou toute autre déformation de la boîte. Afin de garantir la qualité des produits finis, plusieurs contrôles sont effectués à savoir la teneur en histamine, le test de stabilité, la teneur en sel, le poids net et la teneur en eau et huile. Les boîtes rangées dans les caisses en carton sont stockées comme emballage provisoire jusqu'à l'obtention des analyses officielles du produit fini, après il vient l'opération d'emballage fini qui consiste à récupérer les boîtes de leur emballage provisoire et de les mettre dans un emballage définitif. L'emballage se fait soit en barquette ou carton.

# 2ème Partie : Matériel & méthodes



### I. Matière première

#### 1- Matière végétale

Les huiles de couverture utilisées pour la production des conserves ont été achetées auprès de différents fournisseurs. Dans chaque type d'huile un échantillon est pris et conservés au froid pour l'analyse. Une description plus détaillée des échantillons est fournie dans le **Tableau-15**.

**Tableau 15:** Résumé des échantillons d'huile de couverture.

N° d'échantillon	Liquide de couverture	Fournisseur
1	Huile d'argane torréfiée	Coopérative TARGANINE
2	Huile d'argane non torréfiée	Coopérative TARGANINE
3	Huile d'olive vierge Extra	HSB
4	Huile de tournesol raffinée	HSB

#### 2- Produit de mer (sardine)

Les sardines (*Sardina pilchardus*) destinés à la mise en conserve ont été réceptionnées et stockées à une température <4°C. Elles sont conformes aux critères de qualité (teneur en histamine <50 ppm) ainsi qu'aux critères sensorielles, selon la grille d'évaluation sensorielle de Codex Alimentarius (**CODEX STAN 119, 2013**) (annexe-1).

#### 3- Production des boîtes de la sardine en conserve

Cents cinquante boîtes de conserve à la sardine ont été produites : 45 boîtes à l'huile d'argane torréfiée (HAT), 45 boîtes à l'huile d'argane non torréfiée (HANT), 30 boîtes à l'huile d'olive vierge extra (HOEV) et 30 boîtes à l'huile de tournesol (HTR) (**Figure-7 et 8**).



**Figure 7:** Boîte de conserve de la sardine à l'huile d'argane torréfiée.



**Figure 8:** Boîte de conserve de la sardine à l'huile d'argane non torréfiée.

## Matériel & Méthodes

La préparation des boîtes de conserve de la sardine à huile d'argane (étuis en **Annexe-2**) a lieu au sein de la société **CIBEL IV**. Selon le procédé (détaillé en chapitre 3) schématisé ci-dessous :

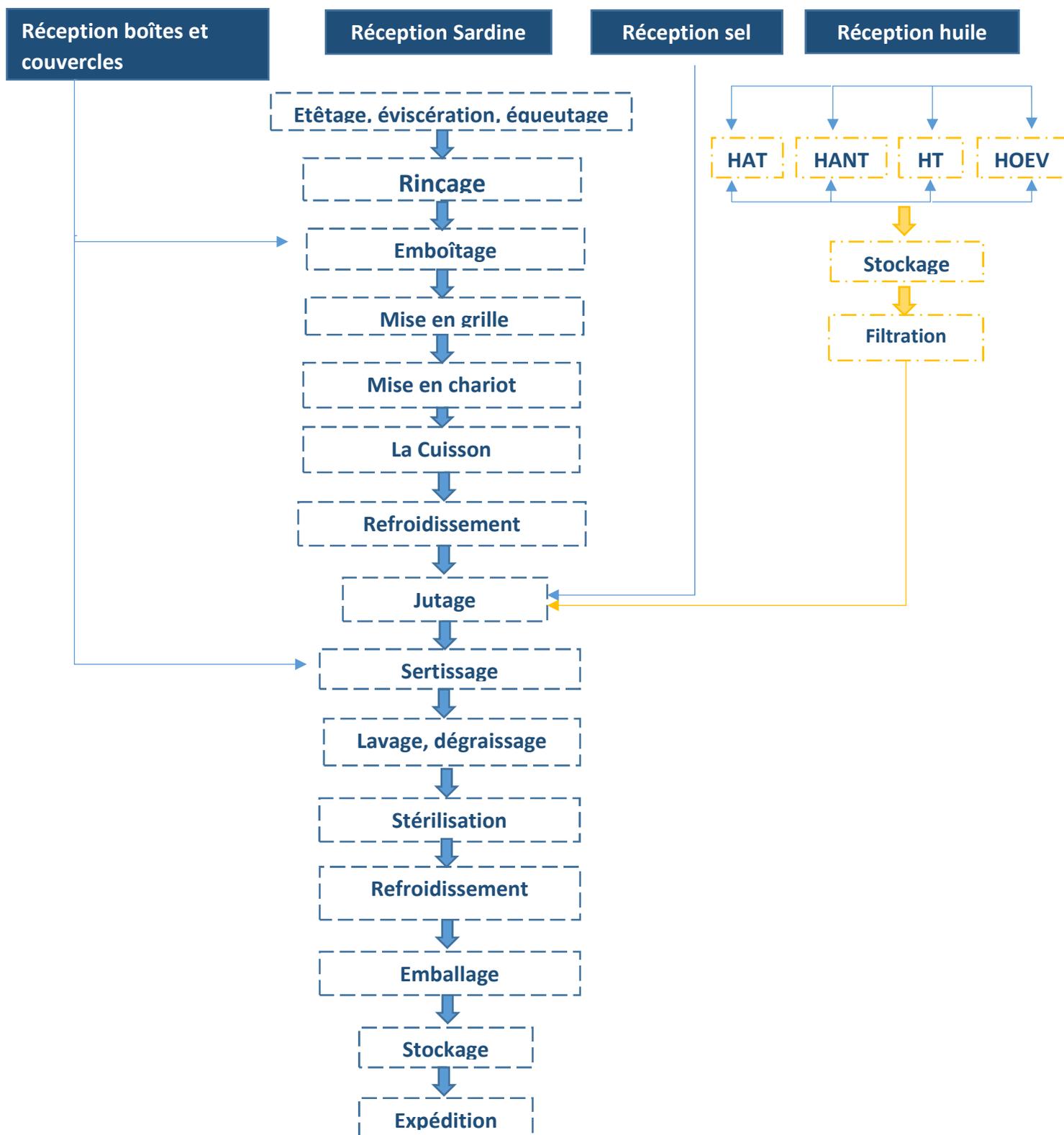


Figure 9: Procédé de fabrication de la sardine en conserve.

### 4- Préparation des échantillons

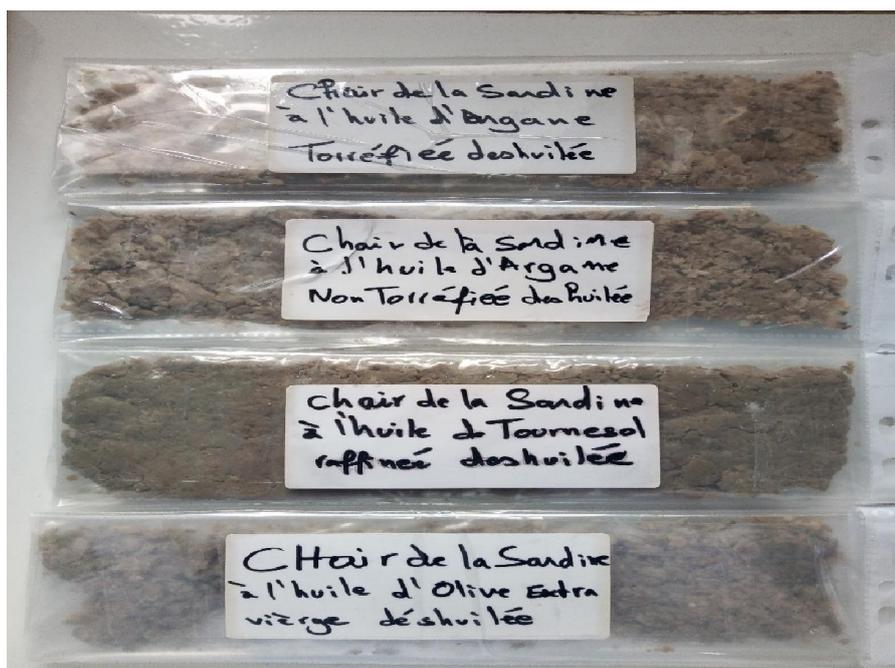
Après la production des boîtes de conserve de la sardine à différentes huiles. Nous avons séparé la chair on filtrant l'huile (**Figure-10**). Les huiles filtrées sont conservées au froid pour les analyser et les comparer par rapport à l'huile initiale (**Figure-11**). Ensuite, la chair de la sardine subit un processus d'extraction pour extraire la matière grasse. Cette dernière est analyser et comparer par rapport aux autres milieux de couverture (**Figure-12**). Enfin la chair déshuilée subit a une analyse des éléments minéraux par spectrométrie d'émission atomique par plasma à coupage inductif et les protéines par la méthode de Dumas.



**Figure 11:** Séparation du milieu de couverture de la chair de la sardine.



**Figure 10:** Milieux de couverture conservés après filtration.



**Figure 12:** Chairs de la sardine en conserve déshuilées.

### II. Protocole des analyses physicochimiques des huiles

#### 1- Détermination de l'acidité libre de l'huile (ISO 660, 2011)

##### a- Définition

L'acidité libre des huiles est exprimée en pourcentage d'acide oléique. Elle permet à la fois la classification des huiles vierges comme huile d'argane et l'huile de d'olive, et le renseignement sur leur état d'altération. Étant donné que dans les huiles végétales, les acides gras naturels sont essentiellement présents sous forme de triglycérides 98-99%. L'hydrolyse de ces derniers libère les acides gras, dites des acides gras libres, donc leur dosage permet d'avoir une idée sur l'état d'avancement de la dégradation de l'huile.

##### b- Principe

son principe est basé sur la mise en solution d'une quantité d'huile dans un solvant (éthanol), puis titrage des acides gras libres avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ou de potassium en présence d'un indicateur coloré phénolphtaléine selon la réaction suivante:



##### c- Mode opératoire

- ✓ Peser 5g d'huile dans un ballon.
- ✓ Ajouter 25mL du mélange d'éthanol-éther éthylique.
- ✓ Ajouter quelques gouttes de phénolphtaléine, agiter.
- ✓ Titrer par une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 0,1N jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante quelques secondes.

##### d- Expression des résultats

Le résultat de l'acidité est exprimé en % de l'acide le plus majoritaire dans l'huile (c'est-à-dire en g d'acide oléique pour 100g d'huile).

$$\text{Acidité \%} = \frac{V * N * 282}{10 * PE} \text{ Avec :}$$

- V : Volume de la tombé de burette en mL.

- N : Normalité de la solution de NaOH ou KOH (0,1N).
- PE : Prise d'essai en g.
- 282 : Masse molaire de l'acide oléique en g/mol.

### 2- Détermination de l'indice de peroxyde (ISO 3960, 2009)

#### a- Définition

L'indice de peroxyde est exprimé en milliéquivalents d'oxygène par Kg de l'huile. C'est le nombre de microgrammes du peroxyde actif contenu dans un gramme de produit. Il est déterminé par le dosage avec une solution d'iodure de potassium.

#### b- Principe

La mise en solution d'huile dans un solvant anhydre (acide acétique- isooctane) et en contact avec un excès de mono-chlorure d'iode et ceci à l'abri de la lumière. L'excès de réactif est transformé en iode par addition d'iodure de potassium et titré par le thiosulfate en présence d'empois d'amidon jusqu'à décoloration.

Les réactions :

**Réaction 1** : En milieu acide les hydroperoxydes sont réduits par l'ion iodure.



**Réaction 2** : L'iode formé est alors dosé par le thiosulfate de sodium en présence d'empois d'amidon.



#### c- Mode opératoire

- ✓ Peser (2 à 5g) de l'huile dans un erlenmeyer.
  - ✓ Ajouter 25 mL d'un mélange de l'acide acétique et l'isooctane (10mL d'isooctane et 15mL d'acide acétique).
  - ✓ Ajouter 1mL de la solution aqueuse d'iodure de potassium saturé.
  - ✓ Boucher rapidement l'erlenmeyer et agiter pendant une minute.
-

- ✓ Laisser l'erlenmeyer pendant 5 minutes à l'abri de la lumière.
- ✓ Ajouter 75mL d'eau distillée.
- ✓ Agite rigoureusement et ajouter l'empois d'amidon comme un indicateur coloré.
- ✓ Titrer avec la solution de thiosulfate de sodium 0.01N.

### d- Expression des résultats

L'indice de peroxyde est exprimé en milliéquivalent (M<sub>éq</sub>) d'oxygène par Kg d'huile, l'indice de peroxyde est donné par la formule suivante :

$$\text{Indice de peroxyde [M}_{\text{éq}}\text{O}_2\text{/Kg]} = \frac{V * 1000 * N}{PE} \text{ Avec :}$$

- V : Volume verse de thiosulfate de sodium en mL.
- PE : Prise d'essai de l'échantillon d'huile à analyser en g.
- N : Normalité de la solution de thiosulfate de sodium.

### 3- Détermination de l'absorbance E270 (ISO 3656, 2002)

#### a- Définition

Les triènes conjugués (produits secondaires d'oxydation) possèdent une bande triple au voisinage de 270nm. La détermination de l'absorbance au voisinage de 270 nm permet la détection et l'évaluation des produits d'oxydation secondaire.



Figure 13: Spectrophotomètre UV pour la détermination de l'absorbance E270.

### b- Principe

La méthode consiste à un mesurage spectrométrique de l'absorbance d'un échantillon en solution dans un domaine spécifié de longueur d'onde dans l'ultraviolet. Calcul de l'absorbance à une concentration de un gramme pour 100mL dans une cuve de 10mm d'épaisseur.

### c- Mode opératoire

- ✓ Peser à 0,1mg près 0,25g de l'échantillon dans une fiole jaugée de 25mL.
- ✓ Dissoudre la prise d'essai dans quelques millilitres du solvant (cyclohexane ou isooctane).
- ✓ Compléter au trait repère avec le même solvant.
- ✓ Mélanger soigneusement la solution.
- ✓ Rincer une cuve en quartz trois fois avec la solution d'essai.
- ✓ Remplir la cuve avec la solution d'essai.
- ✓ Mesurer l'absorbance à l'aide du spectromètre **(Figure-14)**, en utilisant comme référence le solvant utilisé pour la dilution.

### d- Expression des résultats

Les valeurs d'extinction doivent être comprises dans l'intervalle de 0,1 à 0,8 ; dans le cas contraire, il est nécessaire de répéter les mesures en utilisant, selon le cas, des solutions plus concentrées ou plus diluées.

## 4- Détermination de la composition des acides gras par CPG (ISO 12966-2, 2011)

Le chromatographe en phase gazeuse utilisé est de type Agilent technologies 7890B GC Système, avec une injection automatique, une colonne capillaire et un détecteur à ionisation de flamme (FID).



**Figure 14:** Chromatographe en phase gazeuse Agilent Technologies 7890 B GC système.

### a- Définition

La fraction glycéridique, saponifiable qui contient les huiles est constituée des esters du glycérol et d'acides gras. La chaîne carbonée de ces derniers peut être saturé, renfermé une double liaison ou plusieurs doubles liaisons.

### b- Principe

Les glycérides sont dissoutes dans l'iso-octane et se convertis en ester méthyliques par transestérification avec l'hydroxyde de potassium. Une fois la réaction est terminée, l'hydroxyde de potassium est neutralisé avec l'hydrogènesulfate de sodium afin d'éviter la saponification des esters méthyliques. A la fin es esters méthyliques des acides gras sont analyser par la chromatographie en phase gazeuse.

### c- Mode opératoire

- ✓ Peser 60 mg d'huile dans un tube à essai.
- ✓ Ajouter 2 ml d'isooctane, 3ml d'une solution de KOH méthanoïque 2N et agiter pour homogénéiser le mélange.
- ✓ Remplir le tube par l'eau distillée.
- ✓ Laisse pour séparer la phase organique contenant les esters méthyliques pendant quelques minutes.
- ✓ Transvaser dans un tube à essai la solution et ajouter de carbonate de sodium  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  pour neutraliser tous les acides libres en donnant des sels de sodium avec un dégagement de gaz carbonique.
- ✓ Prélever les esters méthyliques, qui sont dans la phase organique à l'aide d'une pipette.
- ✓ Analyser les esters méthyliques d'acides gras par chromatographie en phase gazeuse CPG.

### d- Expression des résultats

L'identification des acides gras se fait en injectant des standards correspondants à des esters méthyliques. Le pourcentage des acides gras est donné par le rapport suivant :

$$\% \text{Acides gras} = \frac{S_i}{\sum S_i} * 100$$

- $S_i$  : Surface de l'acide gras.
- $\sum S_i$  : Somme des surfaces des différents acides gras.

### 5- Détermination de la composition stérolique (ISO 12228-1, 2014)

#### a- Définition

Les stérols sont des substances cristallines et alcooliques contenues dans des matières non saponifiables végétales ou animales. Les stérols d'huile végétale sont connus sous le nom de « phytostérols » dont le principal est le « beta-sitostérol ». Ces composés jouent un rôle biologique très important. Ils sont aussi très utilisés pour vérifier l'authenticité des huiles végétales.

#### b- Principe

La matière grasse, additionnée d' $\alpha$ -cholestanol comme étalon interne est saponifiée avec de l'hydroxyde de potassium en solution éthanolique. L'insaponifiable est extrait avec de l'éther éthylique. La fraction stérolique est séparée de l'extrait insaponifiable par chromatographie sur couche mince de silice. La bande des stérols est grattée, mise en suspension dans un ballon et puis filtré. Après évaporation du solvant sous azote les stérols sont transformés en triméthylsilyléthers par la suite et analysés par chromatographie en phase gazeuse sur colonne capillaire.

#### c- Mode opératoire

- ✓ Peser 2,5g d'huile dans un ballon de 250 ml.
- ✓ Ajouter 25 ml d'une solution d'hydroxyde de potassium (1N de l'éthanol).
- ✓ chauffer à ébullition le ballon sous reflux pendant 30 min jusqu' à ce que la solution devienne limpide.
- ✓ Ajouter 25 ml d'eau distillée pour stopper la réaction.
- ✓ Ajouter 75 ml d'hexane ou éther de pétrole pour extraire l'insaponifiable.
- ✓ Laver la phase organique avec 15 ml de mélange (eau/ éthanol 95°) (90/10) dans une ampoule à décanter.
- ✓ Transvaser la phase hexanique dans un ballon de 100ml.
- ✓ Evaporer le solvant à l'aide d'un évaporateur rotatif.
- ✓ Récupérer l'insaponifiable et diluer par 300  $\mu$ l d'hexane ou éther de pétrole et filtrer.
- ✓ Séparer l'insaponifiable par C.C.M de gel de silice avec : 80 ml d'hexane + 20 ml d'acétate d'éthyle comme une phase mobile.
- ✓ Révéler de la C.C.M par fluorescène + alcool (0,5 de fluorescène dans 1L d'éthanol).

- ✓ Gratter la bande des stérols et la mettre dans un ballon contenant 10 ml de chloroforme.
- ✓ Chauffer le ballon sur une plaque pendant quelques secondes, filtrer dans un tube pour éliminer la silice.
- ✓ Transformer les stérols en dérivés silylés (TMS) par un mélange de pyridine, hexaméthylsilazane (HMDS) et de triméthylchlorosilane (TMCS), (9/1/1), (v/v/v).
- ✓ Diluer les dérivés silylés par 60 ml d'heptane ou d'hexane.
- ✓ Analyser les stérols (TMS) par chromatographie en phase gazeuse (CPG).

### d- Expression des résultats

Les différents stérols sont présentés sous formes des pics dans un chromatogramme.

### 6- Détermination de la composition en tocophérols (ISO 9936, 2016)

La chromatographie en phase liquide (HPLC) utilisée dans cette étude est de type Agilent série 1260 (Figure-15) équipée d'un détecteur FLD, avec une injection automatique.



Figure 15 : Chromatographie en phase liquide à haute performance.

### a- Définition

Les tocophérols sont des constituants de grande valeur nutritionnelle dans la partie insaponifiable d'huile. Ils sont trouvés dans l'huile sous différents formes isométriques.

### b- Principe

La présente analyse consiste à déterminer les teneurs en tocophérols présents dans l'huile par la chromatographie liquide à haute performance.

### c- Mode opératoire

- ✓ Peser  $0,25\text{g} \pm 0,001\text{g}$  de l'échantillon à analyser dans une fiole jaugée de 25mL.
- ✓ Ajouter une certaine quantité d'hexane, puis remuer pour dissoudre le résidu.
- ✓ Compléter jusqu'au trait avec l'hexane.
- ✓ Filtrer la solution à l'aide du filtre en nylon pour HPLC de  $0,45\mu\text{m}$  (si la solution n'est pas claire).
- ✓ Mettre en marche le système chromatographique.
- ✓ Pomper la phase mobile, tétrahydrofurane/hexane (2/98), à un débit de  $5\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$ .
- ✓ Régler le débit de la pompe à  $1\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$ .
- ✓ Attendre d'avoir une ligne de base stable puis injecter  $20\ \mu\text{L}$  des échantillons préparés.

### d- Expression des résultats

La teneur de l'échantillon en  $\alpha$ -tocophérol,  $w$ , est exprimée en milligrammes par kilogramme (mg/Kg), est donnée par l'équation :

$$w [\text{mg/Kg}] = \frac{\rho \times A_t \times V}{A_s \times m\rho} \text{ Avec :}$$

- $\rho$  : Concentration de  $\alpha$ -tocophérol dans la solution étalon en  $\mu\text{g/mL}$ .
- $A_s$  : Moyenne des surfaces de pics obtenues avec l'étalon d'  $\alpha$ -tocophérol avec l'échantillon pour essai.
- $A_t$  : Moyenne des surfaces de pics obtenus pour l'  $\alpha$ -tocophérol avec l'échantillon pour essai.
- $m$  : Masse de l'échantillon pour essai en g.
- $v$  : Volume de la solution d'essai préparée (=25 mL)

## III. Analyses physico-chimiques et bactériologiques de la sardine en conserve

### 1- Dosage d'histamine (Méthode de Lerk and Bell, 1976)

#### a- Définition

L'histamine est une amine biogène qui se trouve dans la chair de poisson. Elle est responsable de l'intoxication scombroidé lorsqu'elle est consommée à grande concentration.

---

### b- Principe

Cette méthode consiste à l'extraction de l'histamine par une solution d'Acide trichloracétique (TCA), sa fixation sur une colonne remplie de résine échangeuse d'ions puis son élution par HCL (0.2N) et son dosage par fluorimétrie après addition d'Ortho-phataldehyde (OPA).

### c- Mode opératoire

#### ☞ Extraction de l'histamine

- ✓ Hacher soigneusement 10g de l'échantillon représentatif de poisson.
- ✓ Ajouter 90 ml d'acide TCA (10%)
- ✓ Homogénéisation par un mixeur
- ✓ Filtration sur bécher
- ✓ Ajouter 20 ml d'une solution tampon (ph=4.62) à 0.2 ml de cet extrait dans un Becher.

#### ☞ Purification et isolement de l'histamine

- ✓ Verser la solution sur une colonne remplie de résine échangeuse d'ions.
- ✓ Ajouter 50 ml du tampon acétate pour éliminer les substances non fixées.
- ✓ Eluer l'histamine retenue par la résine par l'ajout de 20 ml du HCL (0.2N).

#### ☞ Réaction de complication et mesure de fluorescence

- ✓ Récupérer 2 ml de l'éluant par une pipette de 2 ml dans tube à essai.
- ✓ Ajouter un ml de NaOH plus agitation (le milieu doit être basique pour fixe l'histamine sur l'OPA).
- ✓ Ajouter 0,1 ml de l'OPA (il ne doit pas dépasser une durée de 3 min et 30 seconds dans le tube).
- ✓ Ajouter 2 ml de l'HCL (0.7N) pour arrêter la réaction.
- ✓ Mettre en cuvette la solution et analyser par Spectrofluorimètre.

### d- Expression des résultats :

La teneur en histamine exprimée en partie par million doit être inférieure à 50ppm dans les poissons à la réception et inférieure à 100 ppm dans le produit fini.

## 2- Contrôle de la stabilité bactériologique (NF V08-408, 1997)

### a- Définition

La stabilité biologique des conserves consiste en l'absence des fuites, de flochage et de bombage le long de l'incubation (Trirach et al., 2010).

### b- Principe

Le test de stabilité bactériologique consiste à contrôler la stérilité des boîtes de conserve de poisson et de s'assurer qu'elles ne renferment pas de bactéries capables d'altérer la qualité marchande du produit dans les conditions normales de stockage et de distribution.

### c- Mode opératoire

- ✓ Prélever les boîtes dans différents emplacements des paniers pour chaque cycle de stérilisation.
- ✓ Marquer les informations suivantes sur chaque boîte : numéro du stérilisateur, numéro de cycle, numéro de panier
- ✓ Soumettre une boîte à l'étuvage à 37°C, la 2ème boîte à 55°C et la 3ème est maintenue à la température ambiante.
- ✓ Après 7 jours d'incubation, faire sortir les boîtes des étuves.
- ✓ Après 24h, examiner l'aspect extérieur des 3 boîtes pour vérifier s'il y a des défauts apparents (bombage ou fuite).
- ✓ Ouvrir les boîtes et faire un examen organoleptique du poisson (odeur, couleur et texture de la chair).
- ✓ Mesurer le pH du témoin et de l'échantillon incubé pour déduire la différence.

### d- Expression des résultats

La différence de pH entre l'échantillon incubé et le témoin ne doit pas dépasser 0,3.

## 3- Détermination de la teneur en sel (ISO 1738, 2004)

### a- Définition

Le contrôle de la teneur en sel dans les conserve de poisson est une stratégie de contrôle de qualité importante dans les usines ([Pornchaloempong et al., 2016](#)). Ce contrôle est nécessaire pour l'acceptation par le consommateur, tant du point de vue nutritionnel que gustatif ([Srikornkarn and Sirisomboon, 2014](#)).

### b- Principe

C'est une méthode traditionnelle dont les ions chlorures sont précipités par le nitrate d'argent. L'excès d'ions Ag<sup>+</sup> est dosés par volumétrie au moyen du thiocyanate d'ammonium.

---

### c- Mode opératoire

- ✓ Hacher d'échantillon représentatif de poisson.
- ✓ Peser d'environ 1,5 g à 2 g de chair de poisson dans un erlenmeyer de 150 mL.
- ✓ Ajouter de 5 mL de la solution nitrate d'argent.
- ✓ Ajouter de 20 mL d'acide nitrique concentré à 65%.
- ✓ Chauffer et laisser 15 min après ébullition.
- ✓ Ajouter ensuite 20 mL de l'eau distillée et poursuivre le chauffage durant 15 min.
- ✓ Laisser refroidir à température ambiante.
- ✓ Ajouter 2mL d'alun de fer et titrer avec thiocyanate d'ammonium 0,1 N jusqu'à l'apparition d'une légère coloration rouge brune.

### d- Expression des résultats

La teneur en sel exprimée en % d' NaCl : 
$$NaCl(\%) = \frac{(V1-V2)*0,585}{P}$$
 Avec :

- V1 : le volume d'AgNO<sub>3</sub> 0,1 N (5 mL)
- V2 : volume d'NH<sub>4</sub>SCN (0,1N) versé en mL
- P : la prise d'essai en g.

## 4- Détermination des éléments minéraux par l'ICP-AES

### a- Définition

C'est une analyse chimique, quantitative et qualitative élémentaire de conserve de poisson en vue de déterminer les éléments minéraux tels que le potassium, calcium, magnésium, sodium, bore, fer, cuivre, zinc et le manganèse par la méthode spectrométrie d'émission atomique par plasma à couplage inductif ICP-AES (Figure-16).

### a- Principe

C'est une technique analytique consiste à mesurer l'intensité des raies d'émission des éléments et excités sous l'effet thermique du plasma.

Un nébuliseur permet de disperser l'échantillon en solution en très fines gouttelettes, ces gouttelettes sont dirigées vers un plasma après séchage dont la température atteint plus de 8000 K° où tous les éléments présents sont atomisés puis excités. Un spectromètre UV-Visible mesure simultanément l'ensemble des photons émis aux différentes longueurs d'onde par retour des éléments excités à l'état fondamental. Chaque longueur d'onde est caractéristique d'un élément donné, et l'intensité d'émission est relative proportionnellement à la quantité de cet élément présent dans l'échantillon. Les minéraux recherchés sont : à une longueur d'onde d'émission [nm] de  $\lambda = 766,490$  pour le potassium [K],  $\lambda = 317,933$  pour le Calcium [Ca],  $\lambda = 285,213$  pour le Magnésium [Mg],  $\lambda = 589,592$  pour le Sodium [Na],  $\lambda = 249,772$  pour le Bore [B],  $\lambda = 239,562$  pour le Fer [Fe],  $\lambda = 324,752$  pour le Cuivre [Cu],  $\lambda = 213,857$  pour le Zinc [Zn] et  $\lambda = 257,610$  pour le Manganèse [Mn].



**Figure 16:** Spectromètre ICP OES Perkin Elmer Optima 8000.

### **b- Mode opératoire**

- ✓ Laver l'échantillon au moins 3 fois avec de l'eau ultra pure pour éliminer des contaminants.
- ✓ Sécher des échantillons lavés à l'étuve à une température de 80 °C pendant 3h.
- ✓ Broyer l'échantillon sec à un diamètre inférieur à 250 $\mu$ m pour permettre la libération de la totalité des éléments de l'échantillon.
- ✓ Détruit la matière organique par l'incinération de la poudre de l'échantillon dans un four à moufle à une température de 480°C environ 4h.
- ✓ Digérer les cendres obtenus dans une haute à l'aide de l'acide nitrique concentré. (la digestion subséquente).
- ✓ Diluer l'échantillon à 100 ml avec de l'eau ultra-pure.
- ✓ laisser décanter l'échantillon avant injection dans l'appareil.

### **c- Expression des résultats**

Les résultats des éléments analysés (K, Ca, Mg, Na, B, F, Cu, Zn et le Mn) sont obtenus en mg/ Kg.

### 5- Détermination de la teneur en protéines ( ISO 16634-1, 2008)

#### a- Définition

Les protéines sont des macromolécules de grand effets métaboliques sur la santé humain (Dale *et al.*, 2019; Hermier and Mariotti, 2018). La teneur en protéines de la chair de poisson varie significativement selon les espèces et non significativement par l'alimentation (Baloi *et al.*, 2016, 2017; Rieu, 2012).

#### b- Principe

La méthode de combustion de Dumas est une méthode absolue qui permet de déterminer la teneur totale en azote dans une matrice organique courante. Elle consiste à brûler un échantillon sous oxygène et à température élevée. Puis, par l'intermédiaire de tubes d'oxydation et de réduction, l'azote sera quantitativement convertis en N<sub>2</sub> et les autres produits volatils issus de la combustion seront piégés ou isolés. La teneur de l'azote gazeux est mesurée par un détecteur à conductivité thermique.

#### c- Mode opératoire

- ✓ Introduire l'échantillon dans sa capsule.
- ✓ Injecter l'échantillon dans le tube de combustion à 940°C.
- ✓ Indiquer au logiciel le nom et le poids d'échantillon.
- ✓ Attendre environ 3 min.
- ✓ traiter des données.

#### d- Expression des résultats

Les données sont exportables au format csv, xls, txt et enregistrées dans une base de données gérée par le logiciel. Les résultats sont communiqués en % ou en mg d'azote. Une valeur pouvant être convertie en protéines en utilisant le facteur de conversion pour la chair de poisson F= 6,25 (Kouamé Stéphane, 2009; Usydus *et al.*, 2009).

$$\text{Protéines (\%)} = \text{Azote (\%)} * 6,25$$

### 6- Détermination de la teneur en eau (Humidité) (NM ISO 5537, 2008)

#### a- Définition

L'eau est présente en quantité importante dans la chair du poisson. Cette analyse permet de déterminer sa teneur en pourcentage.

---

### b- Principe

La prise d'essai hachée est soumise à la dessiccation dans des conditions définies dans un dessiccateur (Balance d'humidité). La perte de masse est déterminée automatiquement par le dessiccateur et la valeur d'humidité s'affiche.

### c- Mode opératoire

- ✓ Séparer la chair du poisson avec l'huile de remplissage.
- ✓ Hacher la chair à l'aide d'un hachoir.
- ✓ Injecter 5g d'échantillon dans la zone d'injection.
- ✓ Cliquer sur « Start » pour commencer la dessiccation.
- ✓ Retirer l'échantillon lorsque la machine fait un signe de fin de dessiccation.
- ✓ Noter la valeur affichée.



Figure 17: Dessiccateur pour la détermination d'humidité de la chair du poisson.

### d- Expression des résultats

La valeur d'humidité s'affiche automatiquement en pourcentage.

## 7- Détermination de la teneur en matière grasse (NM ISO 6492, 2008)

### a- Définition

Le poisson est une source importante de matière grasse notamment les acides gras insaturés.

### b- Principe :

Cette méthode consiste à extraire les lipides du poisson par un solvant d'extraction. L'échantillon est Broyé, ensuite poursuivre l'extraction par le soxhlet et finalement éliminer le solvant d'extraction.

---

### c- Mode opératoire

- ✓ Séparer la chair du poisson avec l'huile de remplissage.
- ✓ Hacher la chair à l'aide d'un hachoir.
- ✓ Remplir la cartouche avec environ 60g de la chair de la sardine.
- ✓ boucher la cartouche avec le coton.
- ✓ fixer les cartouches dans les réservoirs de soxhlet.
- ✓ Introduire 75mL du solvant (éther) dans le ballon.
- ✓ Fixer le montage de soxhlet.
- ✓ Démonter le soxhlet après l'extraction (6h).
- ✓ Fixer le ballon dans l'évaporateur rotatif pour chasser le solvant.
- ✓ Laisser le ballon à refroidir.
- ✓ peser le ballon avec les résidus (huile extraite).

### d- Expressions des résultats

La teneur en matière grasse est exprimée en pourcentage %, et donné par la formule suivante :

$$\text{Matière grasse (\%)} = \frac{Bp - Bv}{PE} * 100 \text{ Avec :}$$

Bp : Masse du bécher plein en g.

Bv : Masse du bécher vide en g.

PE : Masse de la prise d'essai de l'échantillon en g.

## IV. Contrôle organoleptique d'huile, de la sardine fraîche et de la sardine en conserve (CODEX STAN 119, 2013)

La méthodologie adoptée consiste à étudié la qualité de poisson en conserve en point de vue sensoriel. L'analyse sensorielle de la sardine en conserve est l'identification et l'interprétation de ses propriétés (attributs) telles qu'elles sont perçues par un groupe des dégustateurs dans des conditions favorables (Carpenter *et al.*, 2012; Watts and ylimaki, 1989).

La sardine en conserve à l'huile d'Argane torréfiée et non torréfiée comme tout nouveau produit nécessite indispensablement une séance de dégustation à la présence des membres du jury et dans les meilleures conditions.

Cette séance permet de découvrir l'envie des dégustateurs vis-à-vis la qualité sensorielle du produit (**Figure-18**) en comparaison avec les deux autres anciens produits (**SHOEV, SHTR**). Cette envie est exprimée dans une fiche d'évaluation sensorielle (**Annexe-3**).



**Figure 18:** Dégustation de la sardine en conserve à l'huile (Argane, Olive et Tournesol).

### V. Analyses statistiques

#### 1- Traitement des résultats

Les résultats présentés sont des moyennes d'analyses réalisées en double et en triple exemplaire. Les moyennes et les écarts types de nos résultats sont calculés par le logiciel EXCEL 2013.

#### 2- Analyse en composante principale (ACP)

Les analyses statistiques ont été effectuées pour les éléments minéraux dans la sardine en conserve et pour les acides gras dans les huiles. Cette analyse est effectuée l'aide de logiciel R version (3 :5 :3).

L'analyse en composante principale ou l'ACP est une méthode de la statistique multivariée qui sert à l'analyse des données. Elle consiste à transformer des variables en des composantes principales pour réduire le nombre de variables afin de rendre l'information moins redondante.

# 3<sup>ème</sup> partie : Résultats & Discussion



### Chapitre-1 : Caractérisation physicochimique initiale des huiles végétales

L'huile d'olive, d'argane et de tournesol sont des huiles qui provenaient uniquement du fruit de l'olivier (*Olea europaea* L.), des amandes du fruit de l'arganier (*Argania spinosa* ou *Argania sideroxylon*) et des graines de tournesol (*Helianthus annuus* L.) respectivement (CODEX, 2009; COI, 2019; SNIMA, 2003).

Les huiles d'olive et d'argane vierges sont des huiles obtenues uniquement par des procédés mécaniques. Leur production a lieu dans des conditions thermiques notamment, qui n'entraînent pas d'altération, de dépassement des critères de pureté et de qualité suscités de l'huile (COI, 2019; SNIMA, 2003). Tandis que l'huile de tournesol est une huile dite raffinée qui est produite dans les usines de broyage par pressage mécanique et extraction à l'hexane et suivi d'un processus de raffinage.

Toute huile est caractérisée par la composition de l'espèce végétale dont elle est extraite et de procédé par lequel elle est extraite (COI, 2019; Gharby *et al.*, 2011; SNIMA, 2003). Ce chapitre rapporte nos résultats sur la caractérisation physicochimique initiale de toutes les huiles utilisées dans cette étude comme liquide de couverture pour les conserves à la sardine à savoir : l'huile d'olive extra vierge, l'huile de tournesol et l'huile d'argane torréfiée et non torréfiée.

#### 1- Détermination des critères de qualité

Pour assurer la qualité des huiles végétales, une combinaison de méthodes physicochimiques et sensorielles est indispensable (Atifi *et al.*, 2017; Gharby *et al.*, 2017; Harhar *et al.*, 2018). A l'image des autres produits alimentaires, l'acidification et l'oxydation des huiles végétales conduisent à des phénomènes néfastes d'altération qu'il faut combattre depuis la récolte des fruits jusqu'au stockage de l'huile. En conséquence, des critères physico-chimiques parmi lesquels l'acidité, l'humidité, l'indice de peroxyde, l'indice de para-anisidine et l'extinction spécifiques à 232 nm (E232) et à 270 nm (E270) ont été sélectionnés pour constituer l'ossature de la détermination de la qualité des huiles de tournesol, d'olive et d'argane (COI, 2019; Gharby *et al.*, 2011; SNIMA, 2003).

Certains composés tels les acides gras poly insaturés (acides gras essentiels) sont responsables de l'intérêt nutritionnel et de la pureté de l'huile d'olive. Egalement la quantification des composés minoritaires dans l'huile comme les stérols, et les tocophérols est également importante et leur détermination est nécessaire car leur variation peut s'accompagner de modifications nutritionnelles et sanitaires.

Dans cette étude, pour évaluer la qualité des huiles de remplissage nous avons analysé l'acidité, l'indice de peroxyde et l'extinction spécifique à 270 nm.

## Résultats & Discussion

**Tableau 16:** Indices de la qualité de certaines huiles végétales.

Critère de la qualité	Argane alimentaire	Argane cosmétique	(SNIMA, 2003)	Huile d'olive	(COI, 2019)	Huile de tournesol	(CODEX, 2009)
Acidité (g/100g)	0,10±0,04	0,24± 0,14	≤ 0,8	0,72± 0,16	≤ 0,8	0,26± 0,03	0,3
IP (mécO <sub>2</sub> /Kg)	3,87± 1,23	3,62± 2,29	≤ 15	6,6± 0,56	≤ 20	4,9 ± 0,14	≤10
UV 270 nm	0,15±0,11	0,12±0,12	≤ 0,35	0,14±0,16	≤ 0,22	0,17±0,11	-

\*Résultats exprimés par la moyenne de deux essais (n=2) ± l'écart type.

### 1- Acidité libre

L'acidité libre est un facteur très important pour évaluer la qualité d'une huile (Atifi *et al.*, 2017; Gharby *et al.*, 2017; Harhar *et al.*, 2018). Elle est souvent utilisée comme un critère de classification commerciale des huiles vierges (huile d'olive et huile d'argane) (COI, 2019; Gharby *et al.*, 2014; SNIMA, 2003). Ce paramètre est l'un des principaux paramètres à considérer pour évaluer la qualité et renseigner sur l'état d'altération ou l'état d'avancement de dégradation d'une huile (Atifi *et al.*, 2017; Gharby *et al.*, 2017, 2016c; Harhar *et al.*, 2018).

Dans les huiles, les acides gras sont majoritairement présents sous forme des triglycérides (Badreddine, 2016b; Gharby *et al.*, 2011). Dans des conditions non favorables l'hydrolyse de ces derniers libère les acides gras, donc leur dosage permet de déterminer en pourcentage l'acidité libre.

Les huiles qui présentent des teneurs en acidité plus élevées sont probablement subies des mauvaises conditions de récolte, d'extraction et de stockage. Tandis que la faible teneur en acidité peut être expliquée par une maîtrise des bonnes conditions de récolte et de conservation (Gharby *et al.*, 2011).

Le **Tableau-16** figure les résultats d'analyse d'acidité avec une comparaison avec différentes huiles étudiés par rapport aux normes en vigueur.

D'après nos résultats, les huiles étudiées présentent une acidité comprise entre 0,10±0,04 g/100g et 0,72± 0,16 g/100g. L'huile d'argane torréfiée a enregistré l'acidité la plus faible, suivie de l'huile d'argane non torréfiée et l'huile de tournesol, tandis que l'huile d'olive a enregistré la valeur la plus élevée.

## Résultats & Discussion

---

Les huiles d'olive et d'argane torréfiée et non torréfiée présentent une acidité inférieure à 0,8 g/100g. elles se classent donc dans la catégorie « huiles extra vierge » (COI, 2019; SNIMA, 2003).

Conformément à (Gharby *et al.*, 2016c, 2014), l'échantillon d'huile de tournesol raffinée renferment naturellement très peu d'acides gras libres. Ce qui parait normale puisque c'est une huile raffinée.

Nos résultats sont similaire à ceux trouvés par (Atifi *et al.*, 2017; Gharby *et al.*, 2011, 2013b, 2013a, 2012b) pour l'huile d'argane, par (Gharby *et al.*, 2018, 2017, 2016a, 2013a; Harhar *et al.*, 2018) pour l'huile d'olive et par (Gharby *et al.*, 2014, 2013a) pour l'huile de tournesol.

### 2- Indice de peroxyde

Cet indice est utilisé pour évaluer l'état d'oxydation des huiles pendant le stockage (Harhar *et al.*, 2018, 2010). Il permet d'évaluer la teneur en peroxydes produits lors d'oxydation primaire d'huile (Gharby, 2012).

La valeur maximale admise pour l'huile d'olive vierge et extra vierge est 20 Méc O<sub>2</sub>/kg. Pour l'huile d'argane extra vierge la limite acceptable pour l'indice de peroxyde est 15 Méc O<sub>2</sub>/kg (SNIMA, 2003). Quant à l'huile de tournesol raffinée la valeur maximale admise pour l'indice de peroxyde est 10 Méc O<sub>2</sub>/kg (CODEX, 2009).

D'après le **tableau-16**, l'indice de peroxyde varie dans les huiles de  $3,62 \pm 2,29$  Méc O<sub>2</sub>/kg à  $6,6 \pm 0,56$  Méc O<sub>2</sub>/kg. La valeur la plus élevée est celle trouvée dans l'huile d'olive extra vierge. Les valeurs initiales de l'indice de peroxyde d'huile d'argane torréfiée et non torréfiée étaient  $3,87 \pm 1,23$  Méc O<sub>2</sub>/kg et  $3,62 \pm 2,29$  Méc O<sub>2</sub>/kg d'huile respectivement. Elles sont significativement inférieures à celle d'huile d'olive et de tournesol (**Tableau-16**).

Les valeurs initiales de l'indice de peroxyde d'huile d'olive, d'argane et de tournesol ont été trouvées bien en dessous de la limite acceptée par les normes (CODEX, 2009; COI, 2019; SNIMA, 2003). Ces résultats expliquent qu'il n'y a pas d'oxydation au moment de l'achat de nos huiles. Elles présentent une confirmation de la classification des huiles préalablement réalisé en se basant sur la teneur en acidité libre; classant les huiles d'argane dans la catégorie « huile d'argane extra vierge » (SNIMA, 2003), l'huile d'olive dans la catégorie « huile d'olive extra vierge » (COI, 2019) et l'huile de tournesol avec les huiles raffinées de meilleures qualité.

Conformément à nos résultats, des mêmes conclusions ont été avancées dans d'autres études par plusieurs auteurs. Pour l'huile d'argane ([Gharby et al., 2011, 2013b, 2013a, 2012b](#); [Gharby, 2012](#)), l'huile de tournesol ([Gharby et al., 2014, 2013a](#)) et pour l'huile d'olive ([Gharby et al., 2018, 2016a, 2016c, 2013a](#); [Harhar et al., 2018](#)).

### 3- Absorbance spécifique UV 270

Les mesures de l'absorbance à la longueur d'onde spécifique K270 est utilisée pour fournir des informations sur l'état oxydation des huiles ([Harhar et al., 2018](#)). En effet, l'oxydation des huiles génère des nouveaux produits qui absorbent la lumière UV donnant des spectres, Ces spectre UV permet d'offrir des informations sur les produits d'oxydation présents ; l'absorption spécifique à 232 nm est un indice de formation des produits primaires d'oxydation, tandis que l'absorption à 270 nm représente la présence des produits secondaire d'oxydation ([Gharby et al., 2014](#)).

L'absorbance en UV 270 a enregistré des valeurs faibles pour toutes les huiles, allant de  $0,12 \pm 0,12$  pour l'huile d'argane non torréfiée,  $0,14 \pm 0,16$  pour l'huile d'olive extra vierge,  $0,15 \pm 0,11$  pour l'huile d'argane torréfiée et  $0,17 \pm 0,11$  pour l'huile de tournesol raffinée (**Tableau-16**). La valeur initiale trouvée pour l'huile de tournesol est la plus élevée, ce qui est dû au raffinage ([Gharby et al., 2014](#)).

Les résultats obtenus pour l'huile d'olive sont inférieurs à celles trouvées par ([Harhar et al., 2018](#)). Mais reste toujours au-dessous de la limite définie par la norme ([COI, 2019](#)) et ce qui montre que les huiles analysées ne sont pas oxydées.

Nos résultats sont similaire à ceux rapportés par ([Atifi et al., 2017](#); [Gharby et al., 2011, 2013b, 2013a, 2012b](#)) pour l'huile d'argane, par ([Gharby et al., 2016a, 2014, 2013a](#)) pour l'huile de tournesol et par ([Gharby et al., 2018, 2016c, 2013a](#); [Harhar et al., 2018](#)) pour l'huile d'olive.

D'après nos résultats d'acidité, d'indice de peroxyde et d'UV270, les huiles sont conformes aux normes nationales et internationales ([COI, 2019](#); [SNIMA, 2003](#)).

Ces trois analyses décrites jusqu'ici (acidité libre, indice de peroxyde et la détermination de l'extinction spécifique à 270 nm) sont rapides et nécessitent un matériel peu onéreux : un spectromètre UV. Il est donc possible de connaître rapidement l'état général de la qualité des huiles à analyser. Les normes de qualité en industries agroalimentaires étant rigoureuses, d'autres critères doivent cependant être pris en considération comme la composition en acide gras, la teneur en stérols et en tocophérols.

### 2- Composition en Acides gras

La composition en acides gras est un indicateur de stabilité des huiles (Atifi *et al.*, 2017; Gharby *et al.*, 2011, 2013b). Elle donne des informations essentielles sur la valeur nutritionnelle dans l'huile (Gharby *et al.*, 2017).

Le **tableau-17** regroupe les résultats trouvés pour différents types d'huiles analysées. Ils montrent que l'acide oléique (**C18 :1w9**) est l'acide gras majoritaire dans les échantillons étudiés pour l'huile d'argane et d'olive. Tandis que l'huile de tournesol raffinée avait la teneur la plus élevée dans l'acide linoléique (**C18 :2w6**).

Le pourcentage de l'acide oléique varie entre  $23,07 \pm 7,95 \%$  à  $67,77 \pm 2,72\%$ . Le pourcentage le plus élevé est trouvé dans l'huile d'olive, alors que la valeur la plus faible est enregistrée pour l'huile de tournesol. En ce qui concerne l'acide linoléique, il vient dans le 2eme niveau dans huiles, notant que l'huile de tournesol contient un niveau élevé ( $60,60 \pm 1,01\%$ ). Suivie par l'huile d'argane torréfiée et non torréfiée qui contiennent également des niveaux importants.

L'acide palmitique est le principal acide gras saturé dans ces huiles et sa teneur varie entre  $6,75 \pm 0,02\%$  à  $15,21\% \pm 1,57\%$ . Toutes les huiles étudiées sont pauvre en acide linoléique. Cette faible teneur pourrait servir à détecter si les huiles d'argane, d'olive et de tournesol sont mélangées par d'autres huiles riches en acide linoléique comme l'huile de soja ou de colza (Gharby *et al.*, 2017).

De même, la quantité en autre acides gras mineurs, notamment, palmitoléique (**C16 :1**), arachidique (**C20 :0**) et gadoléique (**C20 :1**) varient avec une teneur très faible pour presque toutes les huiles. En ce qui concerne les acides gras saturés (acide palmitique et acide stéarique), l'huile de tournesol contient le pourcentage le plus faible ( $6,75 \pm 0,02\%$ ,  $3,93 \pm 0,26\%$ ), suivie par l'huile d'olive ( $15,21 \pm 1,57\%$ ,  $2,13 \pm 0,09\%$ ). En dernier lieu l'huile d'argane avec un pourcentage oscille de  $13,53 \pm 0,66\%$  et  $6,62 \pm 0,53\%$ , respectivement.

En fait, pour l'huile d'olive et l'huile de tournesol, la différence était très claire. Alors qu'il était plus difficile de faire une distinction entre l'huile d'argane torréfiée et non torréfié. Dans ce cas, c'est logique puisque les deux huiles ont la même origine botanique. En effet la différence se limite uniquement au processus de fabrication (Dominguez-Vidal *et al.*, 2016b). Par conséquent pour différencier entre l'huile d'olive et d'argane, le laboratoire passe à l'analyse des stérols.

---

## Résultats & Discussion

En guise de conclusion, toutes les compositions d'acides gras évaluées dans les huiles de tournesol, d'olive et d'argane ont été jugées satisfaisantes par rapport aux normes officielles du Codex Alimentarius, conseil oléicole international et Service de Normalisation Industrielle Marocaine (CODEX, 2009; COI, 2019; SNIMA, 2003).

**Tableau 17:** Composition en acides gras des huiles de tournesol, d'olive et d'argane.

AG	Argane alimentaire	Argane cosmétique	(SNIMA, 2003)	Huile d'olive	(COI, 2019)	Huile de tournesol	(CODEX, 2009)
<b>C 16 :0</b>	13,53± 0,66	13,32± 0,25	11,5–15	15,21± 1,57	7,5- 20	6,75 ± 0,02	5,6-7,6
<b>C 16 :1</b>	0,15± 0,06	0,11± 0,01	≤ 0,2	1,57± 0,24	0,3 - 3,5	nd	≤0,3
<b>C 17 :0</b>	nd	nd	<0,1	nd	< 0,30	nd	≤0,1
<b>C 18 :0</b>	6,62± 0,53	5,87± 0,18	4,3-7,2	2,13± 0,09	0,5 - 5	3,93± 0,26	2,7-6,5
<b>C 18 :1</b>	49,59± 1,14	48,78± 1,81	43-49,1	67,77± 2,72	55 - 83	23,07± 7,95	14-39,4
<b>C 18 :2</b>	33,3± 3,46	31,1± 1,55	29,3-36	12,03± 1,03	2,5 - 21	60,60± 1,01	48,3-74
<b>C 18 :3</b>	nd	nd	<0,3	0,44±0,06	< 1,00	nd	≤0,2
<b>C 20 :0</b>	0,35± 0,07	0,38± 0,25	<0,5	0,32± 0,16	< 0,6	0,25± 0,09	0,2-0,4
<b>C 20 :1</b>	0,39± 0,007	0,32± 0,16	≤ 0,5	0,21± 0,16	< 0,40	0,14± 0,06	<0,5
<b>C 22 :0</b>	nd	nd	<0,2	nd	<0,9	nd	<1

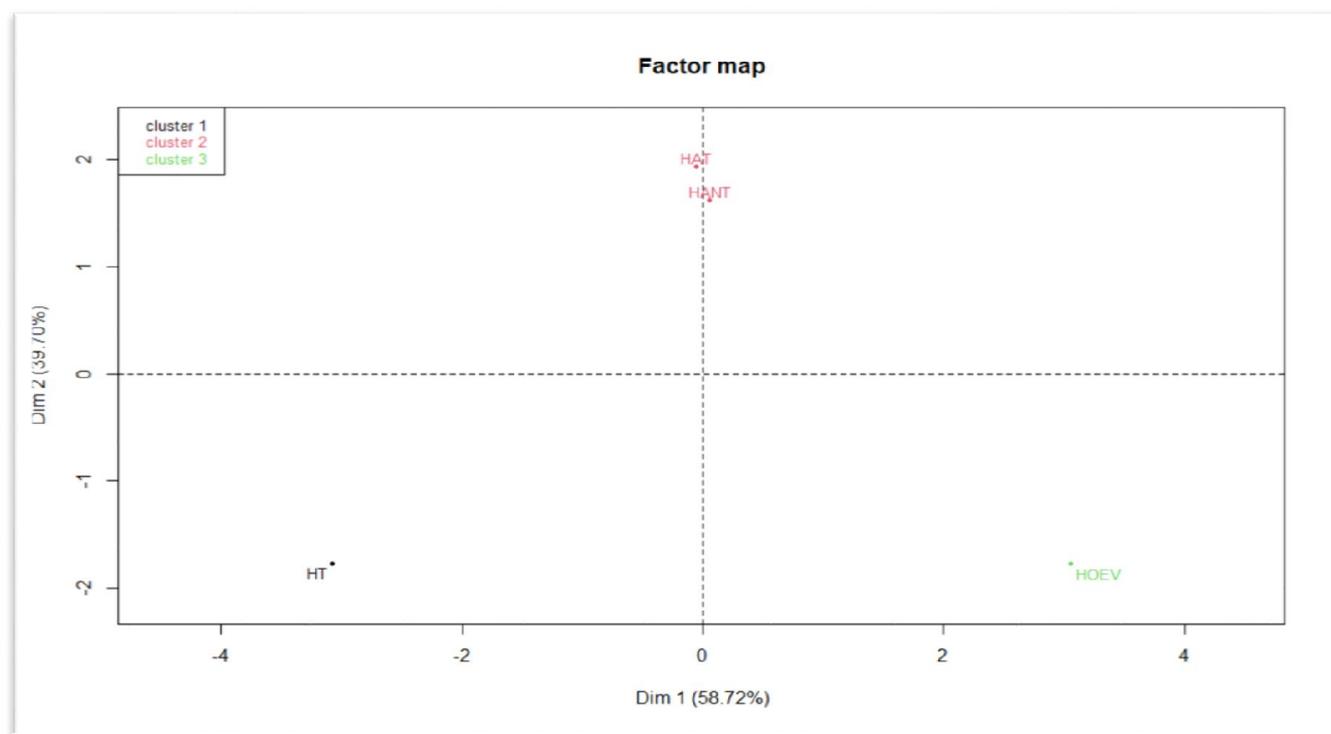
\*Résultats exprimés par la moyenne de deux essais (n=2) ± l'écart type ; nd : Non déterminé

Statistiquement, la classification hiérarchique par l'analyse en composante principale (**Figure-19**) montre une classification des huiles en groupes. Les huiles sont réparties en deux groupes.

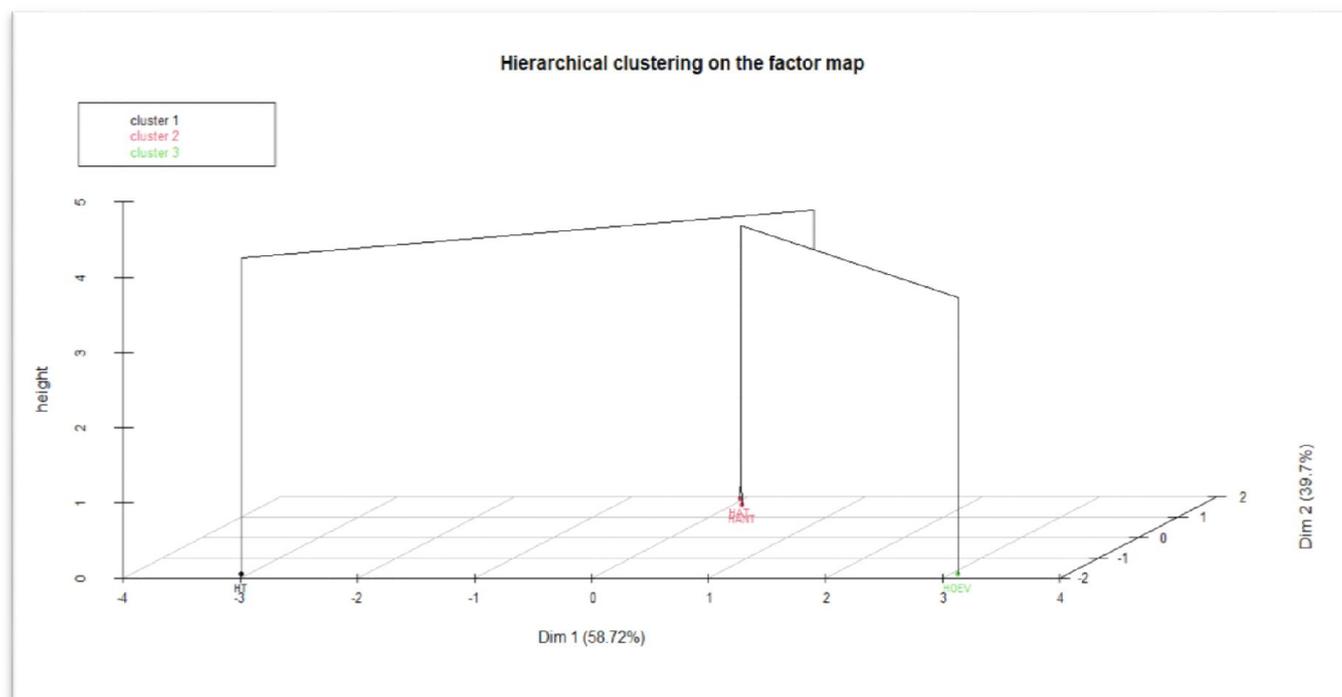
Le premier regroupe les huiles raffinées et le deuxième pour les huiles vierges. Ce dernier lui-même se répartit en deux groupes : le premier constitue de l'huile d'olive et le deuxième des huiles argane torréfiée

## Résultats & Discussion

et non torréfiée. Ces deux derniers sont correspondants car elles ont la même origine. Ces remarques sont également confirmées par la distribution des échantillons d'huile (**Figure-20**).



**Figure 19:** Classification hiérarchique (3D) des acides gras dans les huiles.



**Figure 20:** Répartition des échantillons des huiles de tournesol, d'olive et d'argane.

## Résultats & Discussion

Des résultats similaires ont également été trouvés dans d'autres publications par (Gharby *et al.*, 2018, 2016a, 2016c; Harhar *et al.*, 2018; Veillet, 2010) pour l'huile d'olive ; par (Atifi *et al.*, 2017; Gharby *et al.*, 2011, 2013b) pour l'huile d'argane et par (Gharby *et al.*, 2014) pour l'huile de tournesol.

### 3- Composition stérolique

Les phytostérols sont des alcools triterpéniques tétracycliques regroupant de multiples composés différents qui permet de vérifier l'authenticité des huiles végétales (Harhar *et al.*, 2018), ils représentent la partie la plus importante dans la fraction insaponifiable (Badreddine, 2016b; El Monfalouti, 2013; Gharby, 2012; Khallouki *et al.*, 2017).

Parmi ces composés on trouve principalement le  $\beta$ -sitostérol dans toutes les huiles végétales. A l'exception de l'huile d'argane, cette huile est composée principalement de spinastérol et de schoténol (Atifi *et al.*, 2017; Gharby *et al.*, 2018, 2016c, 2016c; Harhar *et al.*, 2018; Régis *et al.*, 2016).

**Tableau 18:** Composition en stérols des huiles de tournesol, d'olive et d'argane.

Composition en stérols	Argane alimentaire	Argane cosmétique	(SNIMA, 2003)	Huile d'olive	(COI, 2019)	Huile de tournesol	(CODEX, 2009)
Cholestérol	0,1± 0.05	0,10± 0.05	<0,4	0,2 ± 0,14	<0.5	0,1± 0.02	< 0,1
Campestérol	0,2± 0.05	0,3± 0.05	<0,4	3,6 ± 0,42	<4	10,0± 0.03	6,5-13
Stigmastérol	nd	nd	nd	0,75 ± 0,63	<Camp	9± 0.05	7,8-11,7
Stigma-8-22-dien-3bol	4,7± 0.05	3,9± 0.05	3.2–5.7	nd	nd	Nd	nd
Schotténol	46.1 ± 0.3	46,6± 0.05	44–49	nd	nd	Nd	nd
$\beta$ -sitostérol	nd	nd	nd	84,35±6,15	nd	61,6± 0.05	50-70
Spinastérol	39,9± 0.05	39± 0.05	34–44	-	nd		-
$\Delta$ 5-avénastérol	nd	nd	nd	4,10± 0,02	nd	3,0± 0.05	2-7
$\Delta$ 7- avénastérol	5,5± 0.05	4,2 ± 0.05	nd	0,30± 0,02	nd	Nd	nd

\*Résultats exprimés par la moyenne de deux essais (n=2)  $\pm$  l'écart type. nd : Non déterminé.

## Résultats & Discussion

D'après le **Tableau-18**, la teneur en  $\beta$ -sitostérol varie de  $84,35 \pm 6,15\%$  à  $61,6 \pm 0,05\%$  pour l'huile d'olive et de tournesol, respectivement. Alors que l'huile d'argane torréfiée et non torréfiée contiennent des teneurs importantes en schoténol et spinastérol ( $46,1 \pm 0,3\%$  ;  $39,9 \pm 0,05\%$ ), ( $46,6 \pm 0,05\%$  ;  $39 \pm 0,05\%$ ), respectivement. Les pourcentages des stérols trouvés dans les huiles sont conformes aux limites maximales définies dans les normes (**CODEX, 2009; COI, 2019; SNIMA, 2003**).

Nos résultats sont en harmonie avec les résultats trouvés par (**Gharby et al., 2018, 2016a, 2016c; Harhar et al., 2018**) pour l'huile d'olive, par (**Atifi et al., 2017; Gharby et al., 2011, 2013b**) pour l'huile d'argane.

### 4- Composition en tocophérols

Les tocophérols sont des constituants de valeur très importante dans la fraction des insaponifiables. Ils possèdent une forte capacité antioxydante, vitaminiques et anti-radicalaire jouent un rôle important pour le corps humain (**Atifi et al., 2017; Charrouf and Guillaume, 2018; El Monfalouti, 2013; Gharby, 2012; Gharby et al., 2017; Harhar et al., 2011; Khallouki et al., 2017**).

Nos résultats figurés en **Tableau-19** montrent que l'huile d'argane est relativement riche en tocophérols totaux (plus particulièrement  $\alpha$  et  $\gamma$  tocophérols), par rapport à l'huile de tournesol et l'huile d'olive.

**Tableau 19:** Composition en tocophérols des huiles de tournesol, d'olive et d'argane.

Tocophérols [mg/kg]	Argane alimentaire	Argane cosmétique	(SNIMA, 2003)	Huile d'olive	(COI, 2019)	Huile de tournesol	(CODEX, 2009)
$\alpha$ - tocophérols	$59 \pm 8$	$58 \pm 7$	18–75	$81,93 \pm 0,16$	63-227	$41,5 \pm 2,5$	400-935
$\beta$ - tocophérols	$6 \pm 1$	$4 \pm 2$	1–5	$4,49 \pm 0,02$	0-2	$1,5 \pm 0,73$	0-45
$\gamma$ - tocophérols	$531 \pm 25$	$589 \pm 30$	640–810	$5,82 \pm 0,30$	5-15	$1,5 \pm 0,5$	5-34
$\delta$ - tocophérols	$51 \pm 8$	$56 \pm 6$	54–110	nd	nd	Nd	<7
Tocophérols totaux	$675 \pm 25$	$683 \pm 28$	600–900	$124,62 \pm 17,4$	68-320	$45,5 \pm 2,5$	400-1600

\*Résultats exprimés par la moyenne de deux essais ( $n=2$ )  $\pm$  l'écart type ; nd : Npn déterminé

L'huile d'olive contient en quantité significative l' $\alpha$ -tocophérol ( $81,93 \pm 0,16$  mg/kg). Les huiles d'argane alimentaire et cosmétique sont riches en  $\gamma$ - tocophérols, la teneur qui oscille entre  $531 \pm 25$  (mg/kg)

## Résultats & Discussion

---

et  $589 \pm 30$  (mg/kg), respectivement. Pourtant que l'huile de tournesol contient la plus faible teneur en tocophérol, ce qui était selon (Gharby *et al.*, 2016c) plus évidente pour les huiles raffinées.

Nos résultats sont similaires à ceux rapportés par (Gharby *et al.*, 2011, 2013b, 2012b) pour l'huile d'argane et par (Gharby *et al.*, 2018, 2016a, 2016c) pour l'huile d'olive.

En guise de conclusion, les huiles utilisées comme milieu de remplissage pour la sardine en conserve sont de meilleure qualité. Elles ne contiennent que peu d'acide gras libre et peu des produits d'oxydation. Elles sont très riches en point de vue nutritionnelle. Elles préservent leurs propriétés et leurs attributs et sont certainement extraites et stockées dans des conditions favorables. Ces huiles auront certainement un effet positif sur la qualité de la sardine en conserve, contribuant à accroître sa valeur nutritionnelle.

### Chapitre-2 : Etude de la qualité de la sardine en conserve à différents milieux de couverture

La conserve de la sardine est l'un des plus importants produits de mer dans plusieurs pays (*Pornchaloempong et al., 2016; Rodrigues et al., 2014; Simbolon et al., 2017; Vafaei et al., 2020*). Elle supporte la demande de marché et joue un rôle très important dans l'économie (*Pornchaloempong et al., 2016*). Ces produits sont très riches nutritionnellement ; grâce à leur proportion importante en acides gras polyinsaturés, en protéines, en éléments minéraux (*Ben Atitallah et al., 2019; Dale et al., 2019; ElShehawy and Farag, 2019, 2019; Evangelista et al., 2016, 2016; Park et al., 2019; Pornchaloempong et al., 2016; Rodrigues et al., 2014, 2014; Simbolon et al., 2017; Vafaei et al., 2020, 2018*).

Dans ce chapitre nous nous rapportons les résultats obtenus des analyses physicochimiques, bactériologiques et sensorielles sur la sardine en conserve à différentes huiles de remplissage (Argane, Olive et Tournesol).

#### I- Analyses physicochimiques et microbiologiques

##### 1- Teneur en histamine

La concentration d'histamine dans les poissons et les produits à base de poisson est importante pour la santé humaine et la qualité des aliments (*Altieri et al., 2016; Evangelista et al., 2016; Kounnoun et al., 2020; Lehane and Olley, 2000; Verkhivker and Altman, 2018*). Cette concentration est produite par les bactéries décarboxylantes de l'histidine dont certaines sont présentes dans la flore microbienne normale des poissons. Cependant, la majorité provient d'une contamination post-capture au cours de la transformation (*Altieri et al., 2016; Evangelista et al., 2016; Feng et al., 2016; Hardy et al., 1976; Hariri et al., 2017; Janči et al., 2017; Kounnoun et al., 2020; Lehane and Olley, 2000; Muscarella et al., 2013; Srikornkarn and Sirisomboon, 2014; Verkhivker and Altman, 2018*).

L'histamine peut être présente dans la chair du poisson à un niveau toxique sans présenter de paramètres organoleptiques caractéristiques de l'altération (*Hariri et al., 2017; Verkhivker and Altman, 2018*). C'est la principale toxine impliquée dans la HFP (Histamine Fish poisoning) ou l'intoxication scombroid (*Altieri et al., 2016; ElShehawy and Farag, 2019; Feng et al., 2016, 2016; Hariri et al., 2017; Janči et al., 2017; Kounnoun et al., 2020; Lehane and Olley, 2000; Muscarella et al., 2013; Verkhivker and Altman, 2018*).

## Résultats & Discussion

Les producteurs sont responsables de la qualité des produits qu'ils vendent ; Pour cette raison de nombreux pays ont établi des lignes directrices pour les niveaux maximaux autorisés d'histamine dans les poissons (Altieri *et al.*, 2016; Hariri *et al.*, 2017; Lehane and Olley, 2000; Verkhivker and Altman, 2018).

Nos résultats montrent une différence entre la sardine en conserve à base d'huile d'argane et celle produite à base d'olive extra vierge et de tournesol raffinée. La sardine à l'huile d'argane alimentaire et cosmétique conservent des teneurs faibles en histamine. Tandis que la sardine à l'huile d'olive et de tournesol, elles contiennent les teneurs les plus élevées (Tableau-20).

**Tableau 20:** Teneur en histamine dans la sardine en conserve.

Produit	Teneur en histamine [ppm]	Norme
Sardine à l'huile d'argane alimentaire	17,50 + 1,72	<100ppm
Sardine à l'huile d'argane cosmétique	16,02+ 0,71	
Sardine à l'huile d'olive extra vierge	25,50 + 0,70	
Sardine à l'huile de tournesol raffinée	23,50+ 0,70	

\*Résultats exprimés par la moyenne de trois essais (n=3) ± l'écart type.

En général, nos échantillons sont conformes à la limite exigée par l'office national de la sécurité sanitaire des aliments. Ils ne présentent aucun risque d'intoxication par l'histamine.

### 2- Stabilité bactériologique

Les aliments en conserve peuvent contenir des micro-organismes mal inactives pendant la stérilisation. Ces micro-organismes sont susceptibles de détériorer la qualité nutritionnelle et sanitaire du produit (Trirach *et al.*, 2010).

En effet, La connaissance de la qualité hygiénique des aliment s'avère nécessaire pour juger la notion de stabilité biologique (Trirach *et al.*, 2010). La stabilité biologique des conserves consiste en l'absence des fuites, de flochage et de bombage le long de l'incubation (Trirach *et al.*, 2010).

La différence entre toutes ces valeurs de pH soit inférieure à 0,3 (Limite acceptable fixée par la société CIBEL IV) et à (0,5) la limite fixée par l'office national de sécurité sanitaire des produits alimentaire .Cela

## Résultats & Discussion

signifiant que les produits sont transformés et stérilisés par excellence et les produits ne présentent aucun risque d'intoxication alimentaire pour le consommateur.

**Tableau 21:** Résultats du contrôle de la stabilité biologique de la sardine en conserve.

Produit	Boîtes	pH	Norme
Sardine à l'huile d'argane alimentaire	Témoin	6,22+0,03	La différence entre les valeurs du pH du produit dans les trois températures doit être inférieure à 0,5.
	37°C	6,18+ 0,00	
	55°C	6,24+ 0,00	
Sardine à l'huile d'argane cosmétique	Témoin	6,21+0,01	
	37°C	6,23+0,00	
	55°C	6,20+0,00	
Sardine à l'huile d'olive extra vierge	Témoin	6,12+0,14	
	37°C	6,12+ 0,00	
	55°C	6,23+ 0,11	
Sardine à l'huile de tournesol raffinée	Témoin	6,305+0,07	
	37°C	6,26+0,21	
	55°C	6,32+0,01	

\*Résultats exprimés par la moyenne de trois essais (n=3)  $\pm$  l'écart type.

Les boîtes de conserve à la sardine à base d'huile d'olive, de tournesol et d'argane torréfiée et non torréfiée sont conformes à la limite acceptable fixée par l'ONSSA (MAPM, 2020).

### 3- Teneur en protéines

La teneur en protéines dans la chair de poisson varie significativement selon l'espèce (Rieu, 2012). Elles ont plusieurs effets bénéfiques sur la santé humaine (Dale et al., 2019). Elles ont des effets antihypertenseurs, anti-thrombotiques, antioxydants, anticoagulants et régulateurs de cancer et des maladies infectieuses (Dale et al., 2019; Hermier and Mariotti, 2018; Langevin et al., 2019). Elles maintiennent également de bon fonctionnement de l'organisme et assure la régulation du métabolisme du glucose (Dale et al., 2019; Hermier and Mariotti, 2018; Langevin et al., 2019; Le Poncin-Séac'h and Le Poncin-Lafitte, 2010; Rieu, 2012).

## Résultats & Discussion

Le poisson en conserve contient un pourcentage élevé en protéines (Ben Atitallah *et al.*, 2019; Dale *et al.*, 2019; ElShehawy and Farag, 2019; García-Arias *et al.*, 2006; Usydus *et al.*, 2009). Nos résultats montrent que la teneur en protéines varie de 64,81±0,78 g/100g de la chair sèche de la sardine en conserve à l'huile de tournesol raffinée à 72,75±0,91 g/100g (par chair sèche) pour la sardine à l'huile d'argane torréfiée (Tableau-22). En effet, la valeur la plus élevée a été enregistré dans la sardine à l'huile d'argane. La chaire de la sardine fraîche contient une teneur très proche à celle de la sardine en conserve 65,31±0,80 g/100g (chair sèche) avec une concentration importante dans la sardine à l'huile d'argane.

D'après nos résultats, la teneur en protéines dans la sardine en conserve est influencée par le milieu de couverture. Des études scientifiques ont montré que les teneurs en protéines dans les conserves du poisson sont influencées par le processus de mise en conserve (ElShehawy and Farag, 2019; El-Sherif and El-Ghafour, 2015; Usydus *et al.*, 2009).

Nos résultats sont similaires à ceux trouvés par (ElShehawy and Farag, 2019) pour la sardine en conserve (57,48 g/100g), pour le thon (76,02 g/100g) et pour d'autres espèces du poisson fais (58.52±0.64 g/100g ; 59.45±0.49 g/100g ; 60.00±0.30 g/100g) (Ihie *et al.*, 2018). Cependant, d'autres rapportent des résultats très faible en protéines pour la sardine en conserve à l'huile végétale (16.7 ± 1.49 g/100g), les sprats en conserve à l'huile végétale (13.2 ± 1.08 g/100g), le thon en conserve (15.7 ± 2.42 g/100g) et le maquereau en conserve (13.7 ± 1.69 g/100g) (El-Sherif and El-Ghafour, 2015; García-Arias *et al.*, 2006; Njinkoue *et al.*, 2016; Usydus *et al.*, 2009).

**Tableau 22:** Résultats de la teneur en protéines dans la sardine en conserve (par matière sèche).

Produit	Teneur en Azote N%	Teneur en protéines %
Sardine à l'huile d'argane alimentaire	11,64±0,91	72,75±0,91
Sardine à l'huile d'argane cosmétique	10,88±0,84	68,00±0,84
Sardine à l'huile d'olive extra vierge	11,17±0,87	69,81±0,87
Sardine à l'huile de tournesol raffinée	10,37±0,78	64,81±0,78

\*Résultats exprimés par la moyenne de deux essais (n=2) ± l'écart type.

## Résultats & Discussion

### 4- Teneur en matière grasse

Les lipides sont considérés comme l'une des réserves alimentaires les plus importantes dans les poissons (Baloi *et al.*, 2016, 2017; Ben Atitallah *et al.*, 2019; Ihie *et al.*, 2018; Rieu, 2012; Rodrigues *et al.*, 2014). Les lipides sont les nutriments pour lesquels les teneurs varient dans le poisson le plus fortement selon les saisons, le cycle de reproduction et l'alimentation (De Souza *et al.*, 2020; Nader, 2006; Rieu, 2012). Selon les espèces, la quantité de lipides de la chair de poisson est très variable allant de 0,1 à 18 g/100 g (Rieu, 2012).

D'après le **Tableau-23**, les lipides totaux dans les boîtes de conserve testés étaient de  $5,28 \pm 1,78\%$  dans la sardine en conserve à l'huile de tournesol raffinée à  $8,10 \pm 2,28\%$  dans la sardine en conserve à l'huile d'argane torréfiée. Nos résultats sont similaires à ceux rapportés par plusieurs auteurs, (ElShehawy and Farag, 2019; El-Sherif and El-Ghafour, 2015; Usyduš *et al.*, 2009) pour la sardine en conserve à l'huile végétale, pour le maquereaux en conserve à l'huile végétale, pour le sprat en conserve à l'huile végétale et le thon en conserve à l'huile végétale. Et d'autres par (N *et al.*, 1996) pour le thon en conserve stérilisé à  $90\text{ °C}$  et  $55\text{ °C}$  ( $7.39 \pm 0.18\%$  ;  $5.20 \pm 0.09\%$ ) respectivement.

**Tableau 23:** Teneur en lipides dans la chair de la sardine en conserve à différents milieux de couverture.

Produits	Lipides % (nos résultats)	Lipides% (Odiko and Obirefoju, 2017)
Sardine à l'huile d'argane alimentaire	$6,07 \pm 0,82$	nd
Sardine à l'huile d'argane cosmétique	$8,10 \pm 2,28$	nd
Sardine à l'huile d'olive extra vierge	$7,43 \pm 0,12$	nd
Sardine à l'huile de tournesol raffinée	$5,28 \pm 1,78$	nd
Sardine à l'huile végétale	nd	$9.11 \pm 1.8$
Maquereau à l'huile végétale	nd	$6.93 \pm 1.38$

\*Résultats exprimés par la moyenne de quatre essais ( $n=4$ )  $\pm$  l'écart type ; nd : Non déterminé

### 5- Teneur en eau (Humidité)

L'eau est le principal constituant des poissons (Njinkoue *et al.*, 2016). L'humidité dans la sardine en conserve dans l'huile est influencée par la quantité d'eau de constitution du poisson, les ingrédients ajoutés et par le processus de transformation (El-Sherif and El-Ghafour, 2015; Njinkoue *et al.*, 2016). Le

## Résultats & Discussion

**Tableau-24** montre que la teneur en humidité des échantillons de poisson en conserve variait de 61,08 +0,77 % dans la sardine à l'huile d'argane non torréfiée à 60,45 +1,46 % dans la sardine à l'huile d'argane torréfiée.

Nos résultats sont similaires à ceux rapportés pour la sardine en conserve (52,41%), le maquereau en conserve (78,53%) et d'autres espèces (78,24% et 76,17%) (EIShehawy and Farag, 2019; N *et al.*, 1996; Njinkoue *et al.*, 2016).

Ainsi, le produit qui contient la teneur la plus élevée en humidité qui avait la teneur la plus faible en matière grasse (EIShehawy and Farag, 2019).

**Tableau 24:** Humidité dans la sardine en conserve dans les milieux de couverture (Tournesol, olive et argane).

Produit	Teneur en eau (Humidité) (%)
Sardine à l'huile d'argane alimentaire	61,08+0,77
Sardine à l'huile d'argane cosmétique	60,45 +1,46
Sardine à l'huile d'olive extra vierge	59,82+20,63
Sardine à l'huile de tournesol raffinée	66,91+0,04

\*Résultats exprimés par la moyenne de trois essais (n=3) ± l'écart type.

### 6- Teneur en élément minéraux

Les éléments minéraux sont largement fractionnés en macro-minéraux (minéraux majeurs) et micro-minéraux (oligo-éléments) (Gharibzahedi and Jafari, 2017). Ils sont très importants pour le corps humain, ils jouent un rôle clé dans le métabolisme agissent comme des cofacteurs pour certaines enzymes (Bocca *et al.*, 2020; Gharibzahedi and Jafari, 2017; Guérin *et al.*, 2011; Mol, 2011; Olmedo *et al.*, 2013; Park *et al.*, 2019; Vafaei *et al.*, 2020, 2018). Bien que les quantités de minéraux nécessaires pour le corps ne reflètent pas leur importance, une petite quantité d'oligo-éléments pour le corps est nécessaire. Cependant, une consommation excessive de ces éléments même en faible quantité à long durée cause des effets nocifs (Gharibzahedi and Jafari, 2017; Guérin *et al.*, 2011; Mol, 2011; Olmedo *et al.*, 2013; Park *et al.*, 2019; Vafaei *et al.*, 2020, 2018).

## Résultats & Discussion

---

Les principaux minéraux sont notamment le calcium (Ca), le magnésium (Mg), le potassium (K), le sodium (Na), le chlorure (Cl), le phosphore (P) et le soufre (S); tandis que les oligo-éléments sont l'iode (I), le zinc (Zn), le sélénium (Se), le fer (Fe), le manganèse (Mn), le cuivre (Cu), le cobalt (Co), le molybdène (Mo), le fluorure (F), le chrome (Cr) et le bore (B) (Gharibzahedi and Jafari, 2017; Vafaei et al., 2020, 2018).

Différentes sources alimentaires végétales (légumes et fruits) et animales peuvent être consommées pour recevoir la quantité de minéraux nécessaire pour le corps humain (Gharibzahedi and Jafari, 2017). Dans ce contexte, les nutritionnistes et diverses études indiquent que le poisson est une source fiable et très importante des éléments minéraux qui peut accomplir les besoin de notre corps (Afonso et al., 2015; Ben Atitallah et al., 2019; Bocca et al., 2020; Gharibzahedi and Jafari, 2017; Gray and Cunningham, 2019; Guérin et al., 2011; Mol, 2011; Olmedo et al., 2013; Park et al., 2019; Rieu, 2012; Vafaei et al., 2020, 2018).

La teneur en minéraux du poisson dépend de nombreux facteurs tels que le régime alimentaire du poisson, le sexe, les facteurs environnementaux, la saison, Les techniques de stockage et de traitement et toute pollution du poisson pendant la manipulation et la transformation (Gharibzahedi and Jafari, 2017; Hosseini et al., 2015; Vafaei et al., 2018).

Nos résultats montrent une richesse de la chair de la sardine en éléments minéraux dans différent milieu de couverture (Tableau-25).

### a- Zinc

Le zinc est un élément minéral essentiel pour le corps humain (Gharibzahedi and Jafari, 2017; Park et al., 2019; Popović et al., 2018; Vafaei et al., 2020, 2018). Il joue un rôle important dans de diverses réactions biochimiques du métabolisme humain (Popović et al., 2018). Son rôle est crucial dans la perception du goût, la régénération des plaies, le développement normal du fœtus, la croissance normale, le fonctionnement reproductif et la santé du système immunitaire (Vafaei et al., 2020). Cependant, une carence ou un surplus en Zn peuvent générer des problèmes pour la santé humaine (Gharibzahedi and Jafari, 2017; Vafaei et al., 2018).

Dans notre étude, les niveaux de Zn dans la sardine en conserve à l'huile d'ANT, AT, HTR et OEV variaient de  $47.83 \pm 3.82$  mg / kg,  $44.04 \pm 3.52$  mg / kg,  $39.79 \pm 3.18$  mg / kg,  $17.65 \pm 1.41$  mg / kg respectivement. De plus tous les résultats apparaissent inférieur à la quantité de Zn dans la chair de la sardine fraîche

---

## Résultats & Discussion

---

(55,72±4,45 mg / kg). Cette diminution peut être expliquée par l'effet du processus de la mise en conserve ([Hosseini et al., 2015](#); [Vafaei et al., 2018](#)).

Plusieurs auteurs ont étudiées la teneur en Zn dans le poisson, nos résultats sont significativement plus élevés que ceux évoqués par ([Hosseini et al., 2015](#); [Vafaei et al., 2018](#)) pour l'albacore et le thon en conserve en Iran, ([Mol, 2011](#)) pour la bonite et la sardines brésiliennes en conserve commercialisée en Turquie, ([Popović et al., 2018](#)) pour la sardine en conserve commercialisée en Serbia.

### b- Fer

Le fer est un élément essentiel pour la vie humaine ([Leao et al., 2016](#); [Mol, 2011](#); [Popović et al., 2018](#); [Vafaei et al., 2020, 2018](#)). Il est très abondant dans les produits de pêche, la viande et les céréales ([Ben Atitallah et al., 2019](#); [Popović et al., 2018](#); [Rieu, 2012](#)). Son importance réside dans sa participation à une grande variété de processus métaboliques ([Popović et al., 2018](#); [Vafaei et al., 2018](#)). Il est nécessaire pour fabriquer la protéine hémoglobine dans les érythrocytes, dont la fonction principale est de transporter l'oxygène des poumons vers les cellules du corps ([Leao et al., 2016](#)). Une carence en fer provoque l'anémie ferriprive, et la surcharge chronique en fer peut être à l'origine d'une défaillance des organe ou des maladies neurodégénératives ([Leao et al., 2016](#); [Popović et al., 2018](#)).

Nos résultats montrent que les teneurs moyennes en Fe de la sardine en conserve à l'huile d'ANT, AT, TR et OEV variaient respectivement de 109.35±8.74 mg / kg, 90.07±7.20 mg / kg, 72.38±5.79 mg / kg et 54,03±4,32 mg / kg. Ces valeurs sont significativement supérieures à la teneur en fer dans la sardine fraîche, à l'exception de la sardine en conserve à l'huile d'olive extra vierge (OEV).

Nos résultats sont supérieurs aux résultats trouvés dans la littérature pour la sardine en conserve en Serbia (Fe= 13.8±7.00mg/kg) rapportés par ([Popović et al., 2018](#)), aux États-Unis (Fe= 4,83 à 29,2 mg / kg) rapportés par ([Ikem and Egiebor, 2005](#); [Vafaei et al., 2018](#)) ainsi par ([Hosseini et al., 2015](#); [Tuzen and Soylak, 2007](#); [Vafaei et al., 2018](#)) pour plusieurs espèces du poisson. Cependant, ils sont similaire à ceux trouvés par ([Mol, 2011](#)) pour la sardine en conserve consommées en Turquie. Ces résultats sont également significativement supérieurs à ceux rapportés pour le thon en conserve ([Boufleur et al., 2013](#); [Popović et al., 2018](#); [Tuzen and Soylak, 2007](#)) et le maquereau en conserve ([Mol, 2011](#); [Popović et al., 2018](#); [Vafaei et al., 2018](#)).

Pour la sardine fraîche, la teneur en Fer dans notre étude est supérieure aux résultats trouvées dans la littérature pour la sardine ( Fe=17,10mg/kg) ([Guérin et al., 2011](#)), pour le maquereau et le thon frais

## Résultats & Discussion

---

(8,98mg/kg) ; 9,13mg/kg) (Guérin *et al.*, 2011), ainsi que pour plusieurs variétés du poisson frais (Masamba *et al.*, 2015; Mohamed *et al.*, 2010; Njinkoue *et al.*, 2016). On guise de conclusion, la sardine fraiche et en conserve est une source importante en fer qui peut recouvrir les besoins nutritionnels du consommateur.

### c- Manganèse (Mn)

Le manganèse (Mn) est un élément minéral essentiel (Bocca *et al.*, 2020; Olmedo *et al.*, 2013; Vafaei *et al.*, 2020, 2018, 2018). C'est le cofacteur d'une grande variété d'enzymes importantes telles que la pyruvate carboxylase et la *Superoxyde dismutase* (Olmedo *et al.*, 2013). Sa carence entraîne un retard de croissance, des malformations congénitales, une fonction anormale des os et de mauvaises performances de reproduction (Olmedo *et al.*, 2013).

La teneur moyenne en Manganèse de la sardine en conserve dans différents milieux de remplissage varie de  $1,70 \pm 0,13$  à  $5,63 \pm 0,45$  mg/kg. La sardine fraiche contient en moyen  $3,42 \pm 0,27$  mg/kg de Manganèse. La sardine en conserve à l'huile d'argane non torréfiée et à l'huile de tournesol raffinée contient la teneur la plus élevée. Cependant la teneur la plus faible a été trouvée dans la sardine à l'huile d'olive extra vierge. Ces valeurs sont significativement supérieures à celles rapportées par (Tuzen and Soyak, 2007) pour la sardine en conserve (Mn= $2.02 \pm 0.20$  mg/kg), pour la Bonite de la mer Noire en conserve Mn=  $1,52 \pm 0,13$  mg/kg) et pour l'anchois en conserve (Mn=  $2,50 \pm 0,15$  mg/kg). Ces résultats sont également supérieurs à ceux rapportés pour le Thon en conserve (Mn= $0.90 \pm 0.08$  mg/kg,  $1.02-0.53$  mg/kg,  $0.90 \pm 0.08$  mg/kg) par (Bouffleur *et al.*, 2013; Ikem and Egiebor, 2005; Mol, 2011; Tuzen and Soyak, 2007).

En plus, nos résultats de la sardine fraiche sont supérieurs à ceux rapportés par (Guérin *et al.*, 2011; Masamba *et al.*, 2015; Njinkoue *et al.*, 2016; Olmedo *et al.*, 2013) pour la sardine fraiche (Mn=  $1.044$ mg/kg ;  $0.06$  mg/kg), le maquereau (Mn= $0.17$ mg/kg, le thon ( $0.06$  mg/kg) et d'autres espèce du poisson frais( $1.34 \pm 0.03$  mg/kg;  $1.37 \pm 0.05$  mg/kg;  $0.39 \pm 0.26$  mg/kg ;  $0.06 \pm 0.13$  mg/kg et  $1.08 \pm 0.32$  mg/kg).

### d- Sodium (Na)

Le sodium est un des éléments minéraux considérés comme essentiels pour la santé humaine (Bocca *et al.*, 2020; Gharibzahedi and Jafari, 2017; Leao *et al.*, 2016; Mol, 2011; Olmedo *et al.*, 2013; Popović *et al.*, 2018; Vafaei *et al.*, 2020, 2018). Il est nécessaire pour un bon équilibre hydrique, une transmission nerveuse et une contraction musculaire (Vafaei *et al.*, 2020). La teneur en Na dans le poisson frais est

---

## Résultats & Discussion

---

influencée par le sexe, la taille et la saison (Thurston and Osterhaug, 1960). De plus l'ajout de chlorure de sodium (sels) dans les boites de conserve influence sa valeur (Odiko and Obirefoju, 2017).

D'après nos résultats les teneurs moyennes en sodium dans la sardine en conserve étaient 5708,36±456,66 mg/Kg pour SHANT, 5992,90±479,43mg/Kg pour SHTR, 6989,77±559,18mg/Kg pour SHOEV et 8716,67±697,33mg/Kg pour SHAT. Ces valeurs sont trop élevées par rapport à la quantité de Na dans la chair de la sardine fraîche (SF). Ceci est due à l'ajout du sels pendant la transformation (Odiko and Obirefoju, 2017). En comparant les échantillons dans différents milieux, la plus faible teneur en sodium a été trouvée dans la sardine conservé dans l'huile d'argane non torréfiée, tandis que la concentration la plus élevée a été trouvée dans la sardine en conserve dans l'huile d'argane torréfiée.

Nos résultats sont supérieurs à celles rapportés par (Vafaei et al., 2020, 2018) pour la carpe argenté en conserve dans différents milieu de couverture (Olive, Tournesol et soya), supérieurs à ceux trouvés par (Boufleu et al., 2013; Castro-González et al., 1998) pour le thon en conserve dans l'huile et supérieurs également aux résultats rapportés pour plusieurs variété du poisson frais en Poland et Soudan (Masamba et al., 2015; Mohamed et al., 2010).

Comme le montre le **tableau-25**, la sardine en conserve à l'huile de tournesol raffinée contient une teneur élevée en sodium par rapport à la sardine à l'huile d'olive extra vierge. Ce résultats est similaire à celui trouvé par (Vafaei et al., 2020, 2018) pour la carpe argenté en conserve.

### e- Calcium (Ca)

Le Calcium est un élément macro-nutritionnel bien connus essentiel à la croissance, au maintien des os, des dents et à la contraction musculaire (Gharibzahedi and Jafari, 2017; Khan et al., 2014; Odiko and Obirefoju, 2017; Park et al., 2019; Vafaei et al., 2020, 2018). En comparaison avec la viande des animaux terrestres, la chair du poisson contiennent des quantités plus élevées du Calcium (Ben Atitallah et al., 2019; Gharibzahedi and Jafari, 2017; Park et al., 2019; Ravichandr et al., 2012; Vafaei et al., 2020, 2018).

La teneur en calcium a été observée plus élevée dans tous les échantillons de la sardine fraîche et en conserve. Ils sont supérieurs au résultats cité par (Vafaei et al., 2020, 2018) pour la carpe argenté en conserve, par (Boufleu et al., 2013) pour le thon en conserve et également plusieurs variété de poisson frais (Masamba et al., 2015; Mohamed et al., 2010; Ravichandr et al., 2012). Et qui sont bon d'accord avec les conclusions cités par (Odiko and Obirefoju, 2017) pour la sardine en conserve.

### f- Cuivre (Cu)

---

## Résultats & Discussion

---

Il est connu que les produits de mer sont une bonne source de cuivre alimentaire (Mol, 2011). C'est un élément essentiel important pour la vie humaine (Mol, 2011; Olmedo *et al.*, 2013; Park *et al.*, 2019; Vafaei *et al.*, 2020, 2018). Il agit comme cofacteur catalytique de nombreuses réactions enzymatiques critiques dans le métabolisme (Olmedo *et al.*, 2013; Popović *et al.*, 2018). De plus, un excès de cet élément peut devenir toxique tels que l'anémie, des lésions hépatiques et rénales (Bost *et al.*, 2016; Mol, 2011; Popović *et al.*, 2018; Vafaei *et al.*, 2018).

Dans cette étude, les teneurs moyennes en Cu dans la sardine en conserve étaient très faibles par rapport aux autres éléments minéraux. La teneur la plus faible a été enregistrée pour la sardine fraîche suivie par la sardine en conserve dans l'huile d'argane torréfiée (SHAT). Cependant les valeurs étaient les plus élevés dans la littérature disponible rapportant les niveaux de Cu dans la sardine en conserve (Mol, 2011; Popović *et al.*, 2018; Vafaei *et al.*, 2020, 2018), le maquereau (Mol, 2011; Popović *et al.*, 2018), le thon (Bouffleur *et al.*, 2013; Ikem and Egiebor, 2005; Tuzen and Soylak, 2007; Vafaei *et al.*, 2018), la bonite (Mol, 2011) et la carpe argentée (Vafaei *et al.*, 2020, 2018).

### g- Potassium (K)

Le potassium est un macro-minéral important pour la santé humaine (Bouffleur *et al.*, 2013; Gharibzahedi and Jafari, 2017). C'est le principal cation intracellulaire dans le corps principalement impliqué dans le potentiel membranaire et l'excitation électrique des cellules nerveuses (Lanham-New *et al.*, 2012). Il a un potentiel élevé de contrôle de la pression artérielle (Bouffleur *et al.*, 2013; ElShehawy and Farag, 2019; Gharibzahedi and Jafari, 2017). Il joue un rôle important dans la régulation de la pression artérielle et dans la transmission de l'influx nerveux aux muscles (Bouffleur *et al.*, 2013; Gharibzahedi and Jafari, 2017; Park *et al.*, 2019).

Le poisson en conserve est une source précieuse de potassium (Ben Atitallah *et al.*, 2019; Bouffleur *et al.*, 2013). Il est très abondant dans la sardine en conserve dans l'huile d'argane torréfié (SHAT) avec une quantité d'environ  $11954,56 \pm 956,36$  mg/Kg, suivi de SHANT avec  $11615,47 \pm 929,23$  mg/Kg. Ces teneurs sont supérieures à la teneur en K dans la sardine fraîche (SF) qui contient  $10978,32 \pm 878,26$ mg/Kg. Cependant, la sardine en conserve à l'huile d'olive extra vierge (SHOEV) et la sardine en conserve à l'huile de tournesol raffinée (SHTR) contiennent environ  $10322,78 \pm 825,82$ mg/Kg et  $9992,4 \pm 799,39$  mg/Kg respectivement.

Ces valeurs sont en harmonie et en accord avec ceux rapportés par (Tsutagawa *et al.*, 1994) pour le maquereau, par (Bouffleur *et al.*, 2013; Castro-González *et al.*, 1998) pour le Thon en conserve, par

---

(Mohamed *et al.*, 2010) pour La perche du Nil (*Lates niloticus*) fraîche et par (Łuczyńska *et al.*, 2009) pour d'autres espèces frais. Ils sont ainsi supérieurs à ceux rapportés par (Masamba *et al.*, 2015) pour plusieurs espèces (*Schilbe intermedius*, *Oreochromis andersonii*, *Marcusenius altisambesi*, *Brycinus lateralis*, *Barbus poechii*).

### h- Phosphore (P)

Le phosphore est un constituant important des os et des dents et essentiel au bon fonctionnement de différentes hormones (Bouffleur *et al.*, 2013; Masamba *et al.*, 2015; Park *et al.*, 2019). Son absorption se fait généralement dans les parties supérieures de l'intestin grêle (Gharibzahedi and Jafari, 2017; Prasad and Bhadauria, 2013). Il est présent dans les produits de mer en conserve avec une grande variabilité. Il est affecté par les changements saisonniers et physiologiques du poisson, l'espèce, la taille et encore les conditions de transformation tels que l'élimination de la peau et des os (Da Costa and Stern, 1956; Odiko and Obirefoju, 2017).

D'après nos résultats, la sardine en conserve est une source précieuse de ce nutriment essentiel. Ce minéral a montré une variabilité de concentration significative entre les produits allant de  $7656.69 \pm 612.53$  mg/Kg à  $20276.29 \pm 1622.10$  mg/Kg. la teneur en P la plus élevée a été obtenue dans la sardine en conserve dans l'huile d'argane non torréfiée (SHANT). Tandis que la valeur la plus faible a été obtenue dans la sardine en conserve dans l'huile d'olive extra vierge. La gamme de concentration de P obtenue dans ce travail est plus élevée que la gamme FAO de 68-550 mg / 100, et d'autres poissons d'eau douce obtenus par Alas *et al.* (2014), (232 - 426 mg / 100 g) et Tao *et al.* (2012), (198 - 240 mg / 100 g). Et encore une fois le poisson et notamment la sardine est une source importante en phosphore (Masamba *et al.*, 2015).

La gamme de concentration de P obtenue dans ce travail est supérieur aux les gammes rapportées par (Bouffleur *et al.*, 2013; Usydus *et al.*, 2008) pour le Thon en conserve, par (Łuczyńska *et al.*, 2009; Masamba *et al.*, 2015; Mohamed *et al.*, 2010) pour plusieurs autres espèces.

### i-Magnésium (Mg)

Le Magnésium est un macroélément important pour la structure et la fonction du corps humain (Bouffleur *et al.*, 2013; Gharibzahedi and Jafari, 2017; Park *et al.*, 2019). Il est impliqué dans de nombreuses réactions métaboliques (Bouffleur *et al.*, 2013). Le poisson est une source précieuse de nutriments essentiels comme le Na, K, P et Mg, qui jouent un rôle clé dans la santé humaine (Ben Atitallah *et al.*,

---

## Résultats & Discussion

2019; Boufleur *et al.*, 2013; Łuczyńska *et al.*, 2009; Masamba *et al.*, 2015; Mohamed *et al.*, 2010; Ravichandr *et al.*, 2012).

D'après le **Tableau-25**, la teneur la plus élevée en magnésium a été obtenue dans la sardine en conserve à l'huile d'argane non torréfiée ( $1626,96 \pm 130,15\text{mg/kg}$ ). Tandis que la plus faible valeur dans la sardine en conserve a été trouvée dans la sardine à l'huile d'olive extra vierge ( $1050,55 \pm 84,04\text{mg/kg}$ ). Ces valeurs sont significativement supérieures à la teneur dans la sardine fraîche ( $941,31 \pm 75,30\text{mg/kg}$ ). Nos résultats sont supérieurs aux valeurs obtenues par (Gotoh *et al.*, 2018; Łuczyńska *et al.*, 2009; Masamba *et al.*, 2015; Mohamed *et al.*, 2010) pour différentes espèces de poisson et par (Boufleur *et al.*, 2013) pour le thon Brésilien en conserve.

**Tableau 25:** Teneur en éléments minéraux dans la sardine à différents milieux de remplissage.

EM	Chair de la sardine à l'huile d'olive extra vierge	Chair de Sardine à l'huile d'argane cosmétique	Chair de Sardine à l'huile d'argane alimentaire	Sardine à l'huile de tournesol raffinée	Chair de la sardine fraîche
Zn	17,65±1,41	47,83±3,82	44,04±3,52	39,79±3,18	55,72±4,45
Fe	54,03±4,32	109,35±8,74	90,07±7,20	72,38±5,79	54,52±4,36
B	nd	Nd	nd	nd	Nd
Mn	1,70±0,13	5,63±0,45	5,61±0,44	5,63±0,45	3,42±0,27
Mg	1050,55±84,04	1562,25±124,98	1626,96±130,15	1273,56±101,88	941,31±75,30
Ca	3001,42±240,11	25727,67±2058,21	22690,7±1815,25	15340,94±1227,27	14203,73±1136,29
Cu	4,56±0,36	4,64±0,37	4,21±0,33	4,63±0,37	3,82±0,30
Na	6989,77±559,18	5708,36±456,66	8716,67±697,33	5992,90±479,43	1351,69±108,13
K	10322,78±825,82	11615,47±929,23	11954,56±956,36	9992,4±799,39	10978,32±878,26
P	7656,69±612,53	20276,29±1622,10	19066,81±1525,34	14303,67±1144,29	13657,95±1092,63

\*Résultats exprimés par la moyenne de deux essais (n=2) ± l'écart type ; nd : Non déterminé.

## Résultats & Discussion

Les résultats de l'ACP sont figurés dans les figures : 21, 22, 23 et 24. La Figure-21 présente le cycle de corrélation des éléments minéraux dans la sardine en conserve. La composante principale (CP1) et (CP2) expliquent 87,67% de la variabilité totale, contribuant avec 60,63% et 27,04% respectivement.

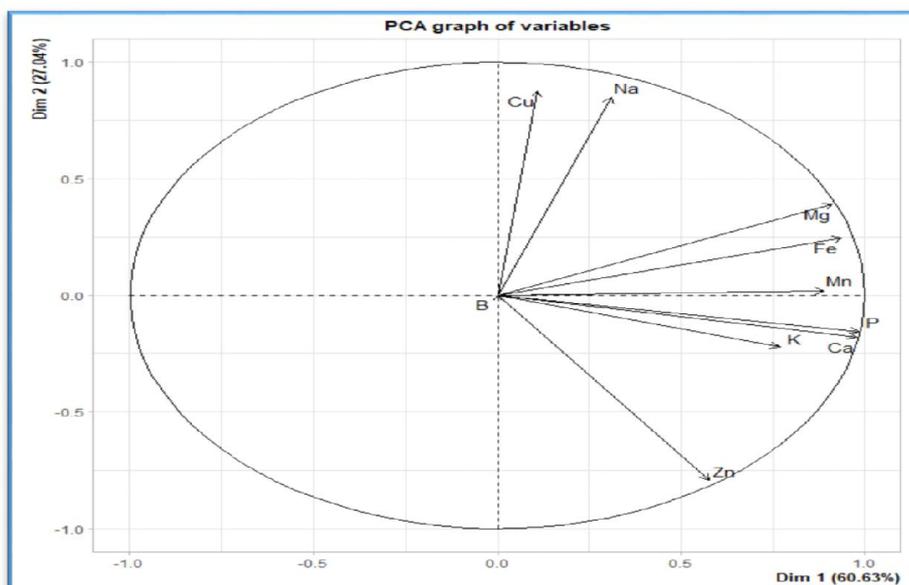


Figure 21: Cercle de corrélation des éléments minéraux.

Nous avons observé que les teneurs en Cu et en Na sont corrélés positivement avec l'axe 2 (CP2). Tandis que le Zn est corrélé négativement avec la composante principale (CP2). Les autres éléments minéraux tels que sont le Mg, le Mn, le Ca et le phosphore sont corrélés positivement avec la composante principale (CP1). En effet, nos résultats montrent qu'à chaque fois la teneur en Cuivre et en sodium augmente, la teneur en Zinc diminue dans tous les échantillons de la sardine en conserve analysés.

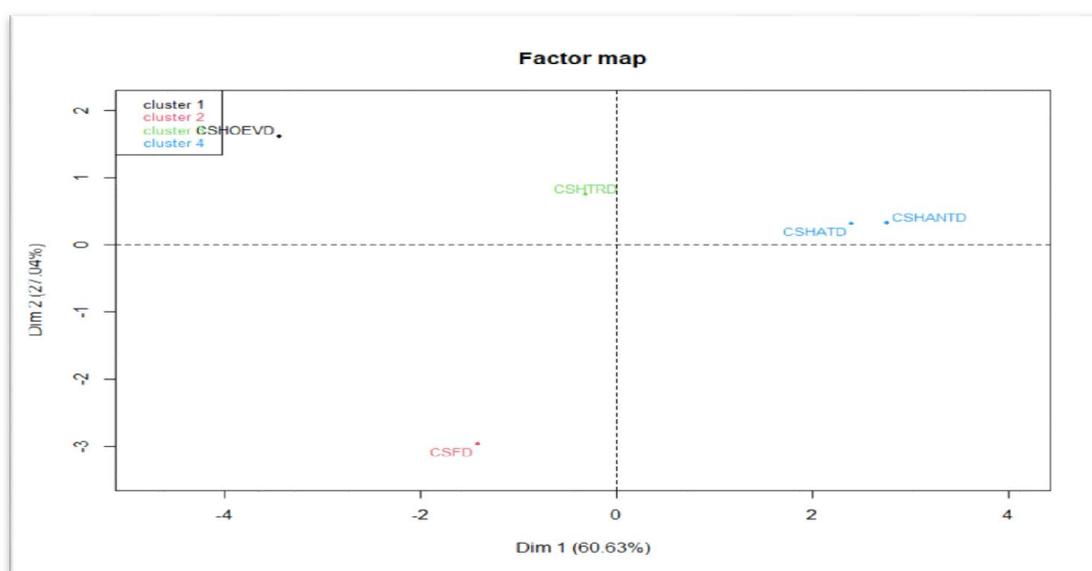
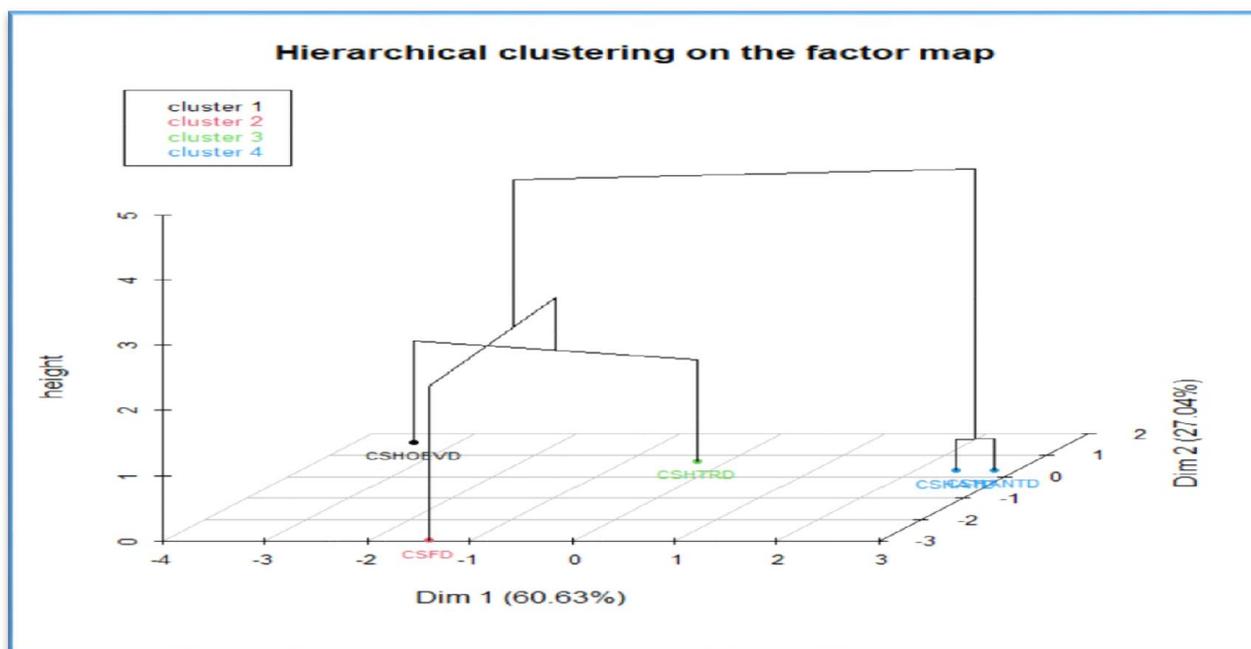


Figure 22: Répartition des échantillons de la sardine en conserve.

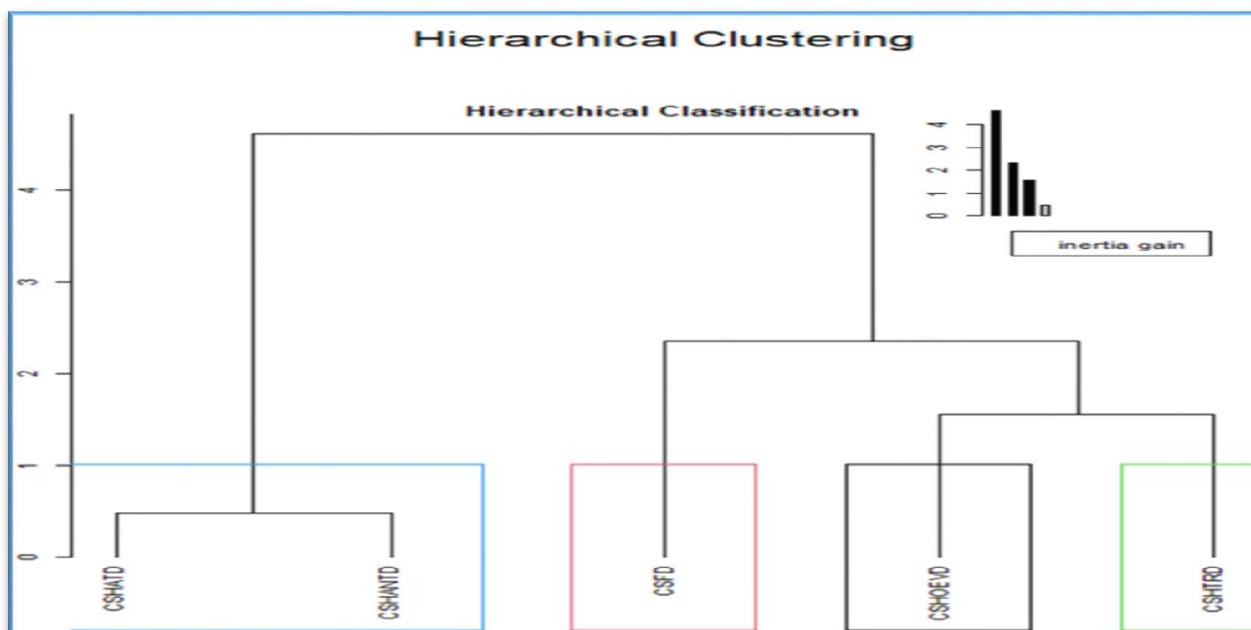
## Résultats & Discussion

Les deux figures (**Figure-23 et 24**) représentent une classification hiérarchique sur la carte des facteurs. Nos résultats montrent que nos échantillons sont répartis en deux principaux groupes :

- Groupe 1 : regroupe les échantillons de la sardine en conserve à l'huile d'argane (SHAT, SHANT).
- Groupe 2 : dans ce groupe également les échantillons sont répartis en deux groupes : l'un présente l'échantillon de la sardine fraîche et l'autre regroupe les échantillons de la sardine en conserve à l'huile d'olive extra vierge et à l'huile de tournesol.



**Figure 23:** Classification hiérarchique (3D) des échantillons de la sardine en conserve.



**Figure 24:** Classification hiérarchique des échantillons de la sardine en conserve.

## Résultats & Discussion

Cette classification hiérarchique montre que les produits de la sardine à l'huile d'argane torréfiée et non torréfiée ayant des teneurs similaires. Tandis que les autres produits sont totalement différents.

En guise de conclusion, Nos résultats ont évoqué que la sardine en conserve indépendamment du milieu de trempage peut être considérée comme de riches sources d'éléments essentiels fournis à l'être humain. Cependant, les niveaux de certains minéraux ont influencés de manière significative par le milieu de trempage. Bien que la concentration de minéraux ait importante dans tous les produits, l'huile d'argane est le meilleur de remplissage le plus riche et le plus important par rapport aux autres huiles pour avoir un produit en conserve trop riche en éléments essentielles.

### 7- Teneur en sel

La teneur en sel est une spécification fixée par le client. Son contrôle dans les conserve de poisson est une stratégie de contrôle de qualité importante dans les usines ([Pornchaloempong et al., 2016](#)). Il est très nécessaire pour l'acceptation par le consommateur, tant du point de vue nutritionnel que gustatif ([Srikornkarn and Sirisomboon, 2014](#)).

**Tableau 26:** Teneur en sel dans la sardine en conserve à différentes milieux de remplissage.

Produit	Teneur en sel % (Nos résultats)	Teneur en sel (%) <sup>(a)</sup>	Teneur en sel % <sup>(b)</sup>
Sardine à l'huile d'argane alimentaire	1,21± 0,02	nd	Nd
Sardine à l'huile d'argane cosmétique	1,27± 0,02	nd	Nd
Sardine à l'huile d'olive extra vierge	0,88+0,01	nd	Nd
Sardine à l'huile de tournesol raffinée	0,88+0,04	nd	Nd
Sardine à l'huile	nd	5.31+2.78	Nd
Sardine à l'eau	nd	nd	0.74+ 0.16

\*Résultats exprimés par la moyenne de deux essais (n=2) ± l'écart type ; nd Non déterminé ; **(a)** : ([Srikornkarn and Sirisomboon, 2014](#)) ; **(b)** : ([Pornchaloempong et al., 2016](#))

D'après le **Tableau-26**, nos résultats variaient de 0,88+0,01% dans la sardine en conserve à l'huile d'olive extra vierge à 1,27± 0,02% dans la sardine en conserve à l'huile d'argane non torréfiée. Les deux produits de la sardine à base d'huile d'argane contiennent des teneurs supérieures par rapport aux autres ; ceci est

## Résultats & Discussion

du plus probablement à l'ajout du sel manuellement. Ces résultats sont proches à ceux rapportés par (Pornchaloempong *et al.*, 2016) pour la sardine en conserve dans l'eau. Cependant (Srikornkarn and Sirisomboon, 2014) rapporte des résultats supérieurs pour la sardine en conserve dans l'huile.

En conclusion, l'ensemble des analyses physicochimiques et bactériologiques effectuées sont conformes aux spécifications analytiques décrites dans des normes et des réglementations nationales. Les avantages de la consommation de la sardine en conserve à l'huile d'argane pour la santé sont désormais indéniables. Ce produit est très riche en molécules bioactives ayant des vertus nutritionnelles intéressantes. En effet, elle présente une source importante en protéines qui peut recouvrir le besoin nutritionnel quotidien. En plus, c'est un aliment très riche en éléments minéraux essentiels avec des fonctions considérablement indispensables pour le bien être de l'organisme humain (Fer, Zn, Na, K, P...). Ainsi qu'une quantité des lipides stockés dans la chair et les oses riches en acides gras polyinsaturés.

### II- Analyses sensorielles

L'évaluation sensorielle de tous les échantillons de poisson en conserve collectés est présentée dans le **Tableau-27** et la **Figure-25**. Les données tabulées ont montré que tous les échantillons de poisson en conserve étaient acceptables. Cependant, les scores moyens des propriétés sensorielles des échantillons de la sardine en conserve à l'huile d'argane étaient plus élevés que ceux des échantillons de la sardine à l'huile d'olive et de tournesol. L'évaluation sensorielle, de texture, de goût, d'odeur, de couleur et de la salinité ont été menées par 20 dégustateurs. Le test a été réalisé à l'aide d'une échelle hédonique à dix points selon (ElShehawy and Farag, 2019).

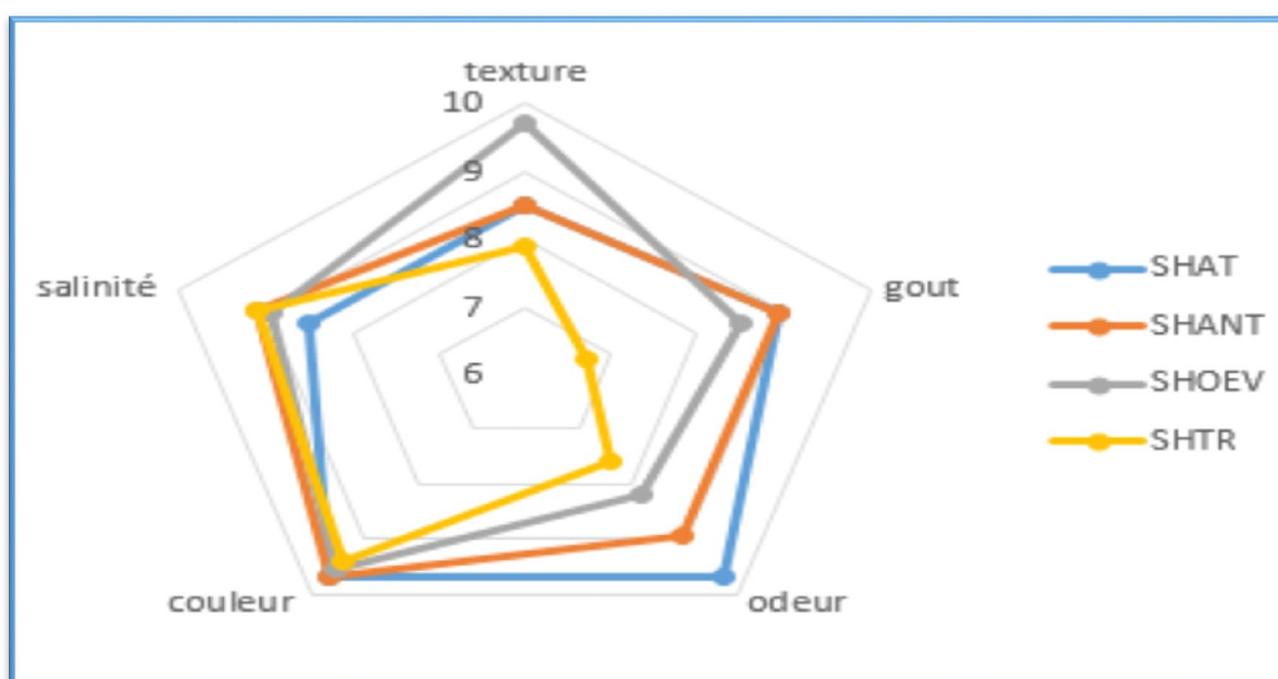
**Tableau 27:** Evaluation sensorielle de la sardine en conserve à différentes huiles de remplissage.

Propriétés	Texture	Gout	Odeur	Couleur	Salinité
Sardine à l'huile d'argane alimentaire	8,50±1,53	9,85±0,67	9,7±0,92	9,7±0,92	8,5±1,53
Sardine à l'huile d'argane cosmétique	8,50±1,53	8,95±1,46	8,95±1,46	9,7±0,91	9,1±1,41
Sardine à l'huile d'olive extra vierge	9,70±0,92	8,5±1,53	8,2±1,50	9,55±0,93	8,95±1,46
Sardine à l'huile de tournesol raffinée	7,9±1,71	6,7±1,65	7,6±2,30	9,4±1,23	8,85±1,46

\*Résultats exprimés par la moyenne de vingt essais (n=20) ± l'écart type.

## Résultats & Discussion

L'analyse sensorielle de la sardine en conserve est l'identification et l'interprétation de ses propriétés (attributs) telles qu'elles sont perçues par un groupe des dégustateurs dans des conditions favorables (Carpenter *et al.*, 2012; Watts and ylimaki, 1989). Cinq attributs sont déterminés et analysés par les dégustateurs : la texture, la couleur, l'odeur, le goût et la salinité. Le **Tableau-27** et la **Figure-25** présentent les résultats d'évaluation sensorielle menés par vingt dégustateurs.



**Figure 25:** Radar d'évaluation sensorielle de la sardine en conserve à l'huile de tournesol, d'olive et d'argane.

D'après nos résultats, nous avons confirmés que tous les échantillons de la sardine en conserve étaient acceptables en point de vue gustatif. Cependant, les scores moyens des attributs positifs des échantillons de la sardine en conserve à l'huile d'argane torréfiée et non torréfiée étaient plus élevés que ceux des échantillons de la sardine en conserve à l'huile d'olive extra vierge et à l'huile de tournesol.

Quant à la texture, la moyenne des scores obtenus pour tous les produits est 8,65. La sardine en conserve à l'huile d'argane torréfiée et non torréfiée a un score de 8,5. L'écart entre ce score et la moyenne est jugés par les dégustateurs par la préférence d'utiliser la sardine sans peau et sans arrêt dans le processus de transformation.

A propos du goût, la sardine en conserve à l'huile d'argane torréfiée et non torréfiée avaient un goût exceptionnel et très appréciable. Tandis que le goût de SHANT est un peu léger par rapport à SHAT. Le même constat a été observé pour l'odeur et la couleur.

## Résultats & Discussion

---

Concernant la salinité, la sardine en conserve à l'huile d'argane non torréfiée avait le score le plus élevé. Ces résultats montrent que les scores de la sardine en conserve à l'huile d'argane torréfiée est le plus préférable par les dégustateurs. Suivie par la sardine à l'huile d'argane non torréfiée et l'huile d'olive.

Par conséquent, la conserve à base d'huile d'argane est excellente en terme de qualité sensorielle. Un gout adorable et plaisant, une odeur aimable et une couleur attirante.

### Chapitre-3 : Effet de processus de la mise en conserve (stérilisation) sur la qualité des lipides

Le principal problème qui survient souvent dans le processus de mise en conserve des aliments est la qualité (Anwar *et al.*, 2020). Une conception appropriée de temps et de température et plusieurs autres paramètres pour le processus de mise en conserve est nécessaire afin que le produit puisse répondre aux critères de qualité et de sécurité sanitaire (Ali *et al.*, 2005; Anwar *et al.*, 2020; Aubourg *et al.*, 1997; Maheswara *et al.*, 2011).

En effet, un traitement thermique rigoureux (stérilisation) est subi par les poissons en conserve pour inactiver les micro-organismes et garantir une bonne sécurité du produit. En conséquence, des nutriments essentiels (protéines, vitamines, lipides, minéraux) présents sont exposés à différentes conditions de transformation qui peuvent réduire leurs valeurs nutritionnelles et sensorielles.

Le liquide de remplissage ajouté à la conserve dans le processus de mise en conserve (eau, huile ou sauce) sert de conducteur de chaleur, de conservateur et également à donner du goût au produit final (Anwar *et al.*, 2020). Pendant le traitement thermique les lipides sont soumis à l'hydrolyse et l'oxydation lipidiques (Gharby *et al.*, 2016b).

Ce chapitre vise à mettre en lumière l'effet de processus de la mise en conserve (stérilisation) sur la qualité de conserve de la sardine en fonction de son liquide de remplissage. Pour ce faire, le muscle de la sardine et le milieu de remplissage ont été étudiés et examinés au moyen des analyses physicochimiques.

Plusieurs recherches concernant le poisson en conserve ont été réalisées. Cependant, les conclusions existantes ne pouvaient pas être généralisées pour tous les poissons en conserve. Plusieurs paramètres sont différents, comme, la famille et l'espèce de poisson, la dimension et le poids de la boîte ainsi que la quantité et le type de liquide de remplissage.

#### 1- Dégradation lipidique des huiles de couverture

La dégradation lipidique s'est produite pendant la transformation du poisson en conserve (Aubourg *et al.*, 1997, 2002; Aubourg and Medina, 1997; Caponio *et al.*, 2011; Medina *et al.*, 1995; Naseri *et al.*, 2011; Naseri and Rezaei, 2012). L'hydrolyse des lipides de haut poids moléculaire (triglycérides et phospholipides, notamment) seraient susceptibles de se produire. Ainsi l'oxydation des lipides provoque l'apparition des produits primaire et secondaire d'oxydation (Caponio *et al.*, 2011; Gharby *et al.*, 2011; Naseri *et al.*, 2011; Naseri and Rezaei, 2012).

---

## Résultats & Discussion

Nos résultats montrent une augmentation significative des acides gras libre dans toutes les huiles par rapport aux résultats trouvés pour les huiles avant la mise en conserve (**Tableau-28**). Cette augmentation due probablement aux processus de transformation et à la libération d'eau par la chair de la sardine (**Naseri and Rezaei, 2012**).

La teneur en acidité des huiles, HAT, HANT, HOEV et HTR passe de  $0,10 \pm 0,04$  g/100g à  $0,70 \pm 0,14$  g/100g, de  $0,24 \pm 0,14$  g/100g à  $0,65 \pm 0,07$  g/100g, de  $0,72 \pm 0,16$  g/100g à  $1,35 \pm 0,49$  g/100g et de  $0,26 \pm 0,03$  g/100g à  $0,35 \pm 0,07$  (g/100g) respectivement. En effet toutes les huiles ont subi une évolution de cet indice et l'évolution la plus marquante a été enregistrée dans l'huile d'olive extra vierge. Cela peut s'expliquer par la dilution des acides gras libres musculaire dans l'huile de remplissage pendant le processus de transformation (**Medina et al., 1995; Naseri et al., 2011; Naseri and Rezaei, 2012**).

**Tableau 28:** Evaluation de la dégradation lipidique des huiles de couverture après le processus de la mise en conserve.

Critère de la qualité	Acidité (g/100g)		Indice de peroxyde (mégO <sub>2</sub> /Kg)	
	Avant	Après	Avant	Après
Sardine à l'huile d'argane alimentaire	0,10±0,04	0,70 ± 0,14	3,87± 1,23	9,5 ± 1,41
Sardine à l'huile d'argane cosmétique	0,24± 0,14	0,65 ± 0,07	3,62± 2,29	8 ± 1,76
Sardine à l'huile d'olive extra vierge	0,72± 0,16	1,35 ± 0,49	6,6± 0,56	11,75 ± 2,12
Sardine à l'huile de tournesol raffinée	0,26± 0,03	0,35 ± 0,07	4,9 ± 0,14	9,50 ± 0,70

\*Résultats exprimés par la moyenne de deux essais (n=2) ± l'écart type.

Bien que ce mécanisme d'oxydation soit le même, mais la vitesse de sa réaction varie pour différents types d'huiles (**Gharby et al., 2016**). Le vieillissement accéléré est un bon moyen d'évaluer la peroxydation lipidique. Par conséquent, nous avons évalué le degré d'oxydation des huiles étudiées en examinant son indice de peroxyde.

D'après le **Tableau-29**, les résultats des huiles avant et après la mise en conserve montre une augmentation considérable de l'indice de peroxyde dans toutes les huiles. La valeur la plus élevée de l'indice de peroxyde a été enregistrée dans l'huile d'olive extra vierge. Quant à la valeur la plus faible a

été trouvée à l'huile d'argane non torréfiée. Ces valeurs bien qu'elles sont supérieures à celles trouvées précédemment dans les huiles initiales, elles sont encore à l'intérieur de la fourchette des huiles extra vierge (Argane et Olive) et raffinée (tournesol).

Cette évolution est certainement résulte des conditions des processus thermique ( stérilisation /refroidissement) (Aubourg and Medina, 1997; Caponio *et al.*, 2011; Naseri *et al.*, 2011; Naseri and Rezaei, 2012).

Nos résultats concordent avec ceux trouvés par (Naseri *et al.*, 2011; Naseri and Rezaei, 2012) pour la carpe argenté et le sprat en conserve à l'huile.

### 2- Dégradation lipidique dans la chair de la sardine en conserve à l'huile

Les résultats figurés dans le **Tableau-29** montrent une légère augmentation des acides gras libre dans les échantillons de la chair en conserve par rapport au poisson cru. Ceci est dû probablement au traitement thermique de la cuisson et la stérilisation (Anwar *et al.*, 2020; Naseri *et al.*, 2011; Naseri and Rezaei, 2012).

La teneur en acides gras libres (AGL) la plus faible dans les échantillons en conserve dans l'huile a été enregistrée dans la sardine en conserve à l'huile de tournesol raffinée. Tandis que la teneur la plus forte a été trouvée dans la sardine en conserve à l'huile d'olive extra vierge. ceci selon (Gharby *et al.*, 2016, 2014) est connue pour l'huile de tournesol raffinée qu'elle renferme naturellement très peu d'acides gras libres.

L'indice de peroxyde a connu une augmentation significative pour la sardine en conserve à différents milieux de remplissage. La valeur la plus fort a été trouvée dans la sardine à l'huile d'olive extra vierge. Alors que la plus faible a été trouvée dans la sardine à l'huile de tournesol.

La dégradation lipidique dans la sardine en conserve peut être également influencée par le processus de cuisson. De même, de nombreuses recherches antérieures ont montré que les détections d'oxydation lipidique primaire et secondaire dans les produits en conserve ne permettaient pas de tester la qualité et le degré d'oxydation attendu que ces composés d'oxydation réagissent avec d'autres constituants du poisson en conserve (Aubourg and Medina, 1997; Aubourg *et al.*, 2002; Naseri and Rezaei, 2012).

Dans ce contexte bien précis, des auteurs ont rapportés des résultats similaires de la dégradation lipidique pour la carpe argentée (*Hypophthalmichthys molitrix*) (Naseri *et al.*, 2011), le Sprat (Naseri and Rezaei, 2012) et le thon en conserve dans l'huile (Anwar *et al.*, 2020; Medina *et al.*, 1998).

---

## Résultats & Discussion

**Tableau 29:** Evaluation la dégradation lipidique dans la chair de la sardine pendant la mise en conserve.

Critère de la qualité	Chair de la sardine à l'huile d'argane (T)	Chair de la sardine à l'huile d'argane (NT)	Chair de la sardine à l'huile d'olive (EV)	Chair de la sardine à l'huile de tournesol (R)
A (g/100g)	0,75 ± 0,07	1,35 ± 0,07	1,7 ± 0,14	0,6 ± 0,14
IP (mégO <sub>2</sub> /Kg)	10,75 ± 0,35	10,75 ± 1,06	12 ± 0,70	8,5 ± 1,41

\*Résultats exprimés par la moyenne de deux essais (n=2) ± l'écart type.

### 3- Composition en acide gras

Le processus de mise en conserve affecte la composition en acides gras du produit (Caponio et al., 2011; Naseri et al., 2011; Naseri and Rezaei, 2012; Ruiz-Roso et al., 1998; Selmi et al., 2008; Tarley et al., 2004).

Les compositions en acides gras des quatre types de conserves de sardines sont présentées dans le **Tableau-30**. Dans les lipides de la sardine en conserve à l'huile de d'argane, il a été observé que la plupart des acides gras saturés présents étaient : C16 : 0 et C18 : 0. Les acides gras insaturés : C18 :2 et C18 :1. Les lipides de la sardine à l'huile d'olive extra vierge a des concentrations plus élevées d'acides (C18 : 1) que différentes produits de sardines. Cette observation était typique car l'acide oléique est le principal acide gras d'huile d'olive.

En général, les concentrations de certains acides gras dans la sardine en conserve sont inférieures à celles de la sardine fraîche. Ceci est probablement en raison de la dilution des acides gras de la chair de la sardine dans l'huile d'enrobage ou de l'incorporation des acides gras (C18: 2n) 6 et C18: 3n) 3 dans les lipides de la chair (Selmi et al., 2008; Tarley et al., 2004). Cependant, les valeurs élevées des deux acides gras (oléique et linoléique), par rapport à la sardine fraîche, montrent la migration des acides gras de l'huile d'enrobage à la chair de la sardine (Caponio et al., 2011; Ruiz-Roso et al., 1998; Selmi et al., 2008; Tarley et al., 2004).

Bien que les chairs de la sardine aient été légèrement affectées par le processus de mise en conserve. Elles sont restées de bonnes sources d'acides gras insaturés et polyinsaturés (Caponio et al., 2011; Dominguez-Vidal et al., 2016b; Mohan et al., 2015; Naseri et al., 2011; Selmi et al., 2008; Tarley et al., 2004). Il est suggéré que l'enrichissement avec l'huile améliore la qualité nutritionnelle de la sardine (Ruiz-Roso et al., 1998; Selmi et al., 2008; Tarley et al., 2004).

## Résultats & Discussion

Ces changements de la composition en acides gras étaient comparables à ceux trouvés par (Selmi *et al.*, 2008; Tarley *et al.*, 2004) pour la sardine en conserve, par (Naseri and Rezaei, 2012) pour le sprat en conserve et par (Naseri *et al.*, 2011) pour la carpe argenté en conserve à l'huile d'olive et de tournesol raffinée.

**Tableau 30:** Evaluation de l'effet sur le profil des acides gras dans le muscle de la sardine pendant la mise en conserve.

Composition en AG(%)	Sardine fraiche (Selmi <i>et al.</i> , 2008)	Sardine à l'huile d'argane torréfiée	Sardine à l'huile d'argane non torréfiée	Sardine à l'huile d'olive extra vierge	Sardine à l'huile de tournesol
<b>C 16 :0</b>	25,51±0,94	15,34 ± 0.16	16,96 ± 0,13	17,52 ± 0.01	12,69 ± 0.47
<b>C 16 :1</b>	1,85 ± 0,06	0,12 ± 0.04	4,53 ± 0,24	0,14 ± 0.27	0,18 ± 0.65
<b>C 18 :0</b>	5,01 ± 0,16	4,94 ± 0.07	4,02 ± 0,06	2,05 ± 0.62	4,35 ± 0.06
<b>C 18 :1</b>	6,96 ± 0,22	37,83 ± 1.05	37,33 ± 1,39	57,18 ± 0.38	24,36 ± 0.51
<b>C 18 :2</b>	1,46 ± 0,05	22,50 ± 0.57	19,76 ± 1,71	10,36 ± 0.04	35,79 ± 1.74
<b>C 18 :3</b>	1,09 ± 0,04	0.50 ± 0.07	0,15 ± 0,16	0,41 ± 0.04	0,72 ± 0.01
<b>C 20 :0</b>	0,37 ± 0,04	0.14 ± 0.01	0,94 ± 0,07	0,34 ± 0.01	0,31 ± 0.16
<b>C 20 :1</b>	1,39 ± 0,02	0.41 ± 0.02	0, 75 ± 0,07	0,44 ± 0.01	0,60 ± 0.06
<b>C 22 :5</b>	6,24 ± 0,19	6,54 ± 0,31	1,32 ± 0,24	3,65 ± 0.04	8,23 ± 0.25
<b>C 22 :6</b>	33,61 ± 1,01	Nd	nd	nd	nd
<b>C 24 :0</b>	-	0,24± 0.10	9,30 ± 0,07	0,26 ± 0.04	0,28 ± 0.16

\*Résultats exprimés par la moyenne de deux essais (n=2) ± l'écart type ; nd : Non déterminé

**Le Tableau-31** figure les profils d'acides gras des huiles de remplissage de la sardine en conserve. La mise en conserve d'huile a affecté sa composition en acides gras. Les changements observés dans les profils des huiles utilisées dans la mise en conserve (l'huile d'argane torréfiée et non torréfiée, huile d'olive et l'huile de tournesol) n'étaient pas homogènes pour tous les acides gras. Ces changement indiquent une

## Résultats & Discussion

diminution pour certains AG (Acide oléique et linoléique), une augmentation pour d'autres (les acides gras polyinsaturé : C18 :3 et C20 :1...) et d'autres n'ont pas changés (C : 18 :0 et C16 :0).

Les principaux acides gras saturés trouvés dans l'huile d'argane torréfiée et non torréfiée en conserve sont : C16 : 0 (16,29±1,07% ; 15,07±1,57%) et C18 : 0 (5,87± 0,23% ; 5,56± 0,28%) ; mono-insaturé C18 : 1 (46,37±1,05 % ; 47,75±1,22%) et polyinsaturé C18 : 2 (29,9± 1,36% ; 26,47± 1,16%) et (C18 : 3) (0,07 ± 0,35%, 0,07 ± 0,05%). Quant à l'huile d'olive, elle contient (17,08±0,12%) de (C16 : 0), (1,69 ± 1,58%) de (C18 : 0), (64,62± 0,93%) de (C18 :1), (11,83 ± 0,19%) de C18 : 2) et (0,45 ± 0,11%) de (C18 : 3).

**Tableau 31:** Effet du processus de mise en conserve sur le profil des acides gras dans les huiles de remplissage.

AG(%)	Huile d'argane torréfiée		Huile d'argane non torréfiée		Huile d'olive extra vierge		Huile de tournesol raffinée	
	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après
<b>C 16 :0</b>	13,53±0,66	16,29±1,07	13,32±0,25	15,07±1,57	15,21±1,57	17,08±0,12	6,75 ± 0,02	8,81±0,09
<b>C 16 :1</b>	0,15± 0,06	0,97± 0,02	0,11± 0,01	1,22± 0,03	1,57± 0,24	2,05 ± 0,11	nd	1,37 ± 0,11
<b>C 18 :0</b>	6,62± 0,53	5,87± 0,23	5,87± 0,18	5,56± 0,28	2,13± 0,09	1,69 ± 1,58	3,93± 0,26	4,02 ± 0,01
<b>C 18 :1</b>	49,59±1,14	46,37±1,05	48,78±1,81	47,75±1,22	67,77±2,72	64,62±0,93	23,07±7,95	27,54±0,29
<b>C 18 :2</b>	33,3± 3,46	29,30±1,36	31,1 ± 1,55	26,47±1,16	12,03±1,03	11,83±0,19	60,60±1,01	53,13±0,85
<b>C 18 :3</b>	nd	0,07 ± 0,35	Nd	0,07 ± 0,05	0,44±0,06	0,45 ± 0,11	nd	0,11 ± 0,15
<b>C 20 :0</b>	0,35± 0,07	0,11± 0,17	0,38 ± 0,25	0,16± 0,05	0,32± 0,16	0,07 ± 0,01	0,25± 0,09	0,28 ± 0,02
<b>C 20 :1</b>	0,39±0,01	0,10±0,01	0,30 ± 0,06	0,22±0,01	0,21± 0,16	0,32±0,01	0,14± 0,06	0,25±0,01
<b>C 22 :0</b>	nd	1,96±0,01	Nd	2,22±0,01	nd	1,32±0,01	nd	3,33±0,01

\*Résultats exprimés par la moyenne de deux essais (n=2) ± l'écart type ; nd : Non déterminé

La quantité des acides gras polyinsaturés observés dans certaines huiles est supérieure à celle trouvée dans les huiles initiales. Cette modification est dû à la dilution des acides gras musculaire de la sardine dans le milieu d'enrobage (Caponio *et al.*, 2011; Naseri *et al.*, 2011; Naseri and Rezaei, 2012; Ruiz-Roso *et al.*, 1998; Selmi *et al.*, 2008; Tarley *et al.*, 2004).

## Résultats & Discussion

---

L'étude des caractéristiques physico-chimiques des échantillons de la sardine et l'huile en conserve montrent que les indices de qualité (acidité, indice de peroxyde) ont enregistré de faibles variations après le processus de la mise en conserve en fonction de différents milieux de remplissage. Bien que les chairs de la sardine et les huiles ont été affectées par le processus de mise en conserve. Elles sont restées de bonnes sources d'acides gras  $w_3$  et  $w_6$  (Selmi *et al.*, 2008). Plusieurs auteurs ont conclu que ces changements dans la qualité de la matière grasse peuvent être probablement dus au processus de chauffage ou stérilisation (Ali *et al.*, 2005; Anwar *et al.*, 2020; Aubourg *et al.*, 1997; Illing *et al.*, 2020; Truzzi *et al.*, 2018). D'autres auteurs (Aubourg *et al.*, 2002; Caponio *et al.*, 2011; Mohan *et al.*, 2015; Naseri *et al.*, 2011; Naseri and Rezaei, 2012; Ruiz-Roso *et al.*, 1998; Selmi *et al.*, 2008; Tarley *et al.*, 2004) ont mis en évidence l'absorption des lipides de milieu d'enrobage par la chair de poisson. Alors que (Dominguez-Vidal *et al.*, 2016) conclu qu'aucun effet interférant du transfert lipidique entre l'huile et le poisson ne peut être observé.

# Conclusion Générale



## Conclusion Générale

---

Cette étude se focalise sur la formulation et l'évaluation physicochimique, bactériologique et sensorielle de la sardine en conserve à base d'huile d'argane. Elle est réalisée en vue de contribuer à la valorisation d'huile d'argane et à l'exploitation d'excédent des petits pélagiques au Maroc.

Dans un premier temps, nous avons mené une étude comparative de certaines huiles qui seront par la suite utilisées comme milieu de remplissage de la sardine en conserve. Ensuite, afin de comparer la sardine à huile d'argane aux autres produits de conserve similaires : la sardine à l'huile d'olive et à huile de tournesol, Nous avons évalué la qualité physicochimique, bactériologique et sensorielle de la sardine en conserve.

L'étude des caractéristiques physico-chimiques initiales de tous les échantillons des huiles utilisées montre que tous les indices de qualité analysés ont enregistré les meilleures critères de qualité par rapport aux normes internationales. Grâce à quoi, les huiles d'olive et d'argane se classent dans la catégorie "Huile extra vierge ", et l'huile de tournesol dans la catégorie des huiles raffinées.

L'étude de la qualité physicochimique et bactériologique de la sardine en conserve montre que les résultats de l'histamine et de la stabilité bactériologique sont conformes à la réglementation Marocaine.

Pour les résultats de la teneur en sel, de l'humidité et de la teneur en matière grasse, ils sont similaires à ceux trouvés dans la littérature de différentes espèces du poisson.

En ce qui concerne les résultats de la teneur en protéines et en éléments minéraux, ils sont très intéressants, Ils montrent que la sardine en conserve à l'huile d'argane torréfiée et non torréfiée est une source cruciale de protéines et d'éléments minéraux essentiels.

L'évaluation sensorielle des différents produits de sardine en conserve à huile a montré que l'huile d'enrichissement à un effet positif sur les attributs sensoriels de la sardine en conserve. En effet, la sardine en conserve à huile d'argane torréfiée a tendance d'être le meilleur produit de point de vue sensoriel des dégustateurs.

L'étude de l'effet du processus de la mise en conserve sur la détérioration de la qualité des lipides de la chair de la sardine et du milieu de remplissage a montré de légères modifications. Cependant, les milieux de remplissage avaient un effet significatif sur le profil des acides gras grâce au mélange des lipides d'origine animale et végétale.

## Conclusion Générale

---

Suite aux résultats avantageux de cette étude, l'effort de valorisation d'huile d'argane dans la conserve du poisson doit être poursuivi car il peut, par ses retombés scientifiques, participer de façon déterminante au développement de secteur de conserve du poisson. Pour cela différents axes de recherche peuvent être entreprendre :

- ☞ **Etude de l'évolution de la qualité nutritionnelle et gustative de la sardine en conserve à base d'huile d'argane durant 2 ans de stockage.**
- ☞ **Elargissement de la gamme de produits en conserve à base d'huile d'argane (Maquereau, Sardine sans peau sans arrêt et Thon).**

# Références

# Bibliographiques



### A

- Addou, S., **2017**. Etude des paramètres physico-chimiques et organoleptiques de l'huile d'olives de la variété Siguoise dans la région de Tlemcen. Tlemcen, Algérie. (*Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers*). (Thèse de doctorat). (64)
- Afonso, C., Costa, S., Cardoso, C., Oliveira, R., Lourenço, H.M., Viula, A., Batista, I., Coelho, I., Nunes, M.L., **2015**. Benefits and risks associated with consumption of raw, cooked, and canned tuna (*Thunnus spp.*) based on the bioaccessibility of selenium and methylmercury. *Environmental Research*. (143), 130–137.
- Ahmed, L., Patras, A., Martin-Diana, A.B., Rico, D., Barry-Ryan, C., **2012**. The effect of delactosed whey permeate on phytochemical content of canned tomatoes. *Food Chemistry*. (134), 2249–2256.
- Aithammou, R., Harrouni, C., Aboudlou, L., Hallouti, A., Mlouk, M., Elsbahani, A., Daoud, S., **2019**. Effect of clones, year of harvest and geographical origin of fruits on quality and chemical composition of Argan oil. *Food Chemistry*. (297), 124-749.
- Ali, A., Sudhir, B., Gopal, T.K.S., **2005**. Effect of Heat Processing on the Texture Profile of Canned and Retort Pouch Packed Oil Sardine (*Sardinella longiceps*) in Oil Medium. *Journal of Food Science*. (70), S350–S354.
- Alicia, A.G., Monique, B., Françoise, L., Sylvie, C., Valérie, E., Jean, D., Anne, C., **2008**. Variabilité des teneurs et compositions des composés mineurs dans l'huile de tournesol au cours du développement du capitule. *OCL - Oilseeds and fats, Crops and Lipids*. (156) : 400–406
- Altieri, I., Semeraro, A., Scalise, F., Calderari, I., Stacchini, P., **2016**. European official control of food: Determination of histamine in fish products by a HPLC–UV–DAD method. *Food Chemistry*. (211), 694–699.
- Amirante, R., Distaso, E., Tamburrano, P., Paduano, A., Pettinicchio, D., Clodoveo, M.L., **2017**. Acoustic cavitation by means ultrasounds in the extra virgin olive oil extraction process. *Energy Procedia*, 82-90.
- Anwar, S.H., Hifdha, R.W., Hasan, H., Rohaya, S., Martunis, **2020**. Optimizing the sterilization process of canned yellowfin tuna through time and temperature combination. *IOP Conf. Ser. Earth Environ*. 425.
-

## Références Bibliographiques

---

- Aoudia, L., Bouzidi, N., Ramdane, Z. (Encadreur), **2013**. Contribution à l'étude de l'impact des facteurs externes sur la qualité nutritive de Boops boops L. (Bogue) de Bejaïa et Jijel. *Repository Doc's*.
- Atifi, H., Bouzoubaâ, Z., Gharby, S., Laknifli, A., Mamouni, R., **2017**. Fruits maturity effect on the Argan oil amount, quality and chemical composition. *Journal of materials and enviromental sciences* .512-519
- Aubourg, S., Gallardo, J.M., Medina, I., **1997**. Changes in lipids during different sterilizing conditions in canning albacore (Thunnus alalunga) in oil. *International Journal of Food Sciences Technology*. (32), 427–431.
- Aubourg, S., Medina, I., **1997**. Quality Differences Assessment in Canned Sardine (Sardina pilchardus) by Fluorescence Détection. *Journal of Food Chemistry*. (45), 3617–3621.
- Aubourg, S.P., Sotelo, C.G., Gallardo, J.M., **2002**. Changes in flesh lipids and fill oils of albacore (Thunnus alalunga) during canning and storage. *Agricultural and Food Chemistry*. 809–812
- Azouguigh, F, 2019. Caractérisation morphologique, biochimique et physico-chimique de quelques variétés de dattes du sud marocain. Taroudant Maroc. *Faculté poly-disciplinaire de Taroudant. Université Ibnou Zohr*. (Mémoire de Master). (94)

## B

- Baali, A., **2016**. Variabilité des caractéristiques biologiques de la sardinelle, sardinella sp, exploitée dans la zone sud de l'Atlantique marocain. Rabat, Maroc. *Université Mohammed V - Rabat*. (Mémoire de master)
- Badreddine, A., **2016**. Préparation et caractérisation d'extraits d'Argania spinosa et d'huile d'argan et évaluation de leurs effets neuroprotecteurs in vivo et in vitro (phdthesis). *Centre pour la communication scientifique directe*.
- Baloi, M., Carvalho, C.V.A. de, Sterzelecki, F.C., Passini, G., Cerqueira, V.R., **2016**. Effects of feeding frequency on growth, feed efficiency and body composition of juveniles Brazilian sardine, Sardinella brasiliensis (Steindacher 1879). *Aquaculture Research*. (47), 554–560.
-

## Références Bibliographiques

---

- Baloi, M.F., Sterzelecki, F.C., Sugai, J.K., Passini, G., Carvalho, C.V.A., Cerqueira, V.R., **2017**. Growth performance, body composition and metabolic response to feeding rates in juvenile Brazilian sardine *Sardinella brasiliensis*. *Aquaculture Nutrition*. (23), 1458–1466.
- Bell, J.D., Sharp, M.K., Havice, E., Batty, M., Charlton, K.E., Russell, J., Adams, W., Azmi, K., Romeo, A., Wabnitz, C., Andrew, N.L., Rodwell, L., Gu'urau, S., Gillett, R., **2019**. Realising the food security benefits of canned fish for Pacific Island countries. *Marine Policy*. (100), 183–191.
- Ben Atitallah, A., Barkallah, M., Hentati, F., Dammak, M., Ben Hlima, H., Fendri, I., Attia, H., Michaud, P., Abdelkafi, S., **2019**. Physicochemical, textural, antioxidant and sensory characteristics of microalgae-fortified canned fish burgers prepared from minced flesh of common barbel (*Barbus barbus*). *Food Biosciences*. (30), 100-417.
- Benaouf, Z., Benbahi, I., Djorf, O., Souidi, Z., Kechairi, R., **2020**. Importance of Argan Oil in Human Health According to the Dosage of Antioxidants in the Algerian Argan Fruits (*Argania spinosa*). *Avicenna Journal of Medical Biotechnology*. (12), 66–66.
- Bennai, D., Taftist, D., Zedek, S., Abdellaoui, R., Boukhiar, A., Benamara, S., **2019**. Preliminary analysis of the traditional olive oil production process applied in certain regions of Kabylie (northern Algeria). *Semantic scholar*. 1-10.
- Bennani, H., Drissi, A., Giton, F., Kheuang, L., Fiet, J., Adlouni, A., **2007**. Antiproliferative effect of polyphenols and sterols of virgin argan oil on human prostate cancer cell lines. *Cancer Detection and prevention*. (31), 64–69.
- Benrachou, N., **2012**. Etude des caractéristiques physicochimiques et de la composition biochimique d'huiles d'olive issues de trois cultivars de l'Est algérien Annaba. Algérie. *Université Badji Mokhtar*. (Thèse de doctorat). (88).
- Bocca, B., Ruggieri, F., Pino, A., Rovira, J., Calamandrei, G., Mirabella, F., Martínez, M.Á., Domingo, J.L., Alimonti, A., Schuhmacher, M., **2020**. Human biomonitoring to evaluate exposure to toxic and essential trace elements during pregnancy. *Journal of Environmental Research*. (182), 109-108.
- Borgstrom, G., 2012. Fish As Food V2: Nutrition, Sanitation, and Utilization. Elsevier. Bost, M., Houdart, S., Oberli, M., Kalonji, E., Huneau, J.-F., Margaritis, I., **2016**. Dietary copper and human health: Current evidence and unresolved issues. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. (35), 107–115.
-

## Références Bibliographiques

---

- Bouamara, K., Haddad, S., Brahmi, F., **2016**. Evaluation des activités biologiques de quelques huiles végétales. *Repository Doc's*.
- Boufleur, L.A., dos Santos, C.E.I., Debastiani, R., Yoneama, M.L., Amaral, L., Dias, J.F., **2013**. Elemental characterization of Brazilian canned tuna fish using particle induced X-ray emission (PIXE). *Journal of Food Composition and Analysis*. (30), 19–25.
- Boukyoud, Z, **2019**. Effet de la qualité de l'eau sur les caractéristiques physicochimiques et sensorielles de l'huile d'Argane artisanale. Taroudant, Maroc. *Faculté poly-disciplinaire de Taroudant. Université Ibnou Zohr*. (Mémoire de Master).
- Brady, A.V., Jan, C.C., Jerry, F.M., **2014**. TWO-YEAR STUDY ON THE INHERITANCE OF REDUCED SATURATED FATTY ACID CONTENT IN SUNFLOWER SEED / ESTUDIO BIANUAL DE HERENCIA DEL CONTENIDO REDUCIDO DE ÁCIDOS GRASOS SATURADOS EN LA SEMILLA DE GIRASOL / ÉTUDE DE DEUX ANS PORTANT SUR LA TRANSMISSION DU CONTENU RÉDUIT D'ACIDES GRAS SATURÉS DANS LA GRAINE DE TOURNESOL. *HELIA*. 27-41.
- Brioist, P., Fichou, J.-C., **2012**. La sardine à l'huile ou le premier aliment industriel. Nicolas Appert et Joseph Colin : une filiation douteuse. Ann. Bretagne Pays L'Ouest Anjou Maine Poitou-Charente Touraine. *Open Edition journals*. 69–80.

## C

- Caponio, F., Summo, C., Pasqualone, A., Gomes, T., **2011**. Fatty acid composition and degradation level of the oils used in canned fish as a function of the different types of fish. *Journal of Food Composition and Analysis*. (24), 1117–1122.
- Carpenter, R.P., Lyon, D.H., Hasdell, T.A., **2012**. Guidelines for Sensory Analysis in Food Product Development and Quality Control. *Springer Science & Business Media*. (210)
- Castro-González, M., F, P.-G.R., Me, C.J., Me, J.S., **1998**. [Vitamins and minerals in oil canned yellow fin tuna (*Thunnus albacares*), from the Mexican Pacific]. *Arch Latinoam Nutrition*. (48), 265–268.
- Celton, Y., Oulhen, C., **2019**. La conserverie Le Gall de Loctudy, des conserves de sardines à la conservation d'un patrimoine. *Open Edition Journal*. (41)

## Références Bibliographiques

---

Césaire, K.S.T., Albert, D.-M.J., Sastile, M.N., Godswill, N.-N., George, N.E., Emmanuel, M.M., **2019**. Etude de l'Origine et de l'Identité de quelques Types d'Huiles Végétales Raffinées Commercialisées à Douala/Cameroun. *Journal of Cameroon Academy of Science*. (15), 25–38.

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 | *Envirommental science*. (10), 16-20.

Charrouf, Z., Guillaume, D., **2018**. The argan oil project: going from utopia to reality in 20 years. *OCL/ Oil seeds And Fat Corp And Lipid*. 25-2

Charrouf, Z., Guillaume, D., **2014**. Argan oil, the 35-years-of-research product. *European Journal of Lipid Sciences and Technology*. (116), 1316–1321.

Chikhaoui, M., **2018**. Analyse stratégique du groupement des industries des conserves alimentaires. Tunis. *Université Virtuelle de Tunis* (Mémoire de Master). (63)

CODEX, **2009**. CODEX ALIMENTARIUS- norme pour les huiles végétales portant un nom spécifique.

CODEX STAN 119, **2013**. NORME POUR LE POISSON EN CONSERVE.

COI, **2019**. Norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive. *International Olive Council*.

## D

Da Costa, A., Stern, J.A., **1956**. The calcium and phosphorus contents of some foreign and domestic canned sardines. *Food Research*. (21), 242–249.

Dahouda, M., Chikou, A., Farougou, S., Kpodékon, M., Karim, Y.A., **2018**. Effet de la Fumaison sur les Qualités Technologiques et Sensorielles de Scomber Scombrus (Maquereau Commun) et de Trachurus Trachurus (Chinchard) à Wlacadji dans le Sud du Bénin. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IIPSAT)*. (9), 34-45.

---

## Références Bibliographiques

---

- Dale, H.F., Madsen, L., Lied, G.A., **2019**. Fish-derived proteins and their potential to improve human health. *Nutrition Reviews*. (77), 572–583.
- De Mello Lazarini, T.E., Milani, R.F., Yamashita, D.M., Saron, E.S., Morgano, M.A., **2019**. Canned sardines commercialized in Brazil: Packaging and inorganic contaminants evaluation. *Food Packaging and Shelf Life*. (21), 100-372.
- De Souza, A.F.L., Petenuci, M.E., Camparim, R., Visentainer, J.V., da Silva, A.J.I., **2020**. Effect of seasonal variations on fatty acid composition and nutritional profiles of siluriformes fish species from the amazon basin. *Food Research International*. (132), 109-051.
- Domingo, J., **1972**. L'industrie marocaine de la conserve de poissons. *Les Cahiers d'Outre-Mer*. (25), 307–337.
- Dominguez-Vidal, A., Pantoja-de la Rosa, J., Cuadros-Rodríguez, L., Ayora-Cañada, M.J., **2016**. Authentication of canned fish packing oils by means of Fourier transform infrared spectroscopy. *Food Chemistry*. (190), 122–127.
- Doukkali, M.R., Kamili, A., **2018**. Système marocain de production halieutique et sa dépendance du reste du monde 48. *Research paper*. 18-07.
- Durán Agüero, S., Torres García, J., Sanhueza Catalán, J., **2015**. [FREQUENTLY USED VEGETABLE OILS IN SOUTH AMERICA: FEATURES AND PROPERTIES]. *Nutrition Hospitalaria*. (32), 11–19.

## É

- El Lahamy, A., Khalil, K., Mahmud, A., **2018**. Effect of frozen storage and cooking method on amino acid composition of mullet fish (*Mugil cephalus*). *Semantic Scholar* (3) 21.20.
- EL Ghailassi, K, 2019. Effet de l'origine géographique sur les caractéristiques pómo-morphologiques et physicochimiques de quelques fruits d'oléastres au Maroc. Taroudant, Maroc. *Faculté poly-disciplinaire de Taroudant. Université Ibnou Zohr*. (Mémoire de Master). (122).

## Références Bibliographiques

---

- El Monfalouti, H., **2013**. Contribution à la détermination des propriétés photo-protectrices et anti-oxydantes des dérivés de l'arganier : études chimiques et physiologiques. Rabat, Maroc. *UNIVERSITE MOHAMMED V AGDAL, FACULTE DES SCIENCES RABAT* (Thèse de doctorat). (188)
- El-Kosasy, A.M., Ayad, M.F., Mabrouk, O.M., **2018**. Validated chemometrics-assisted spectrophotometric methods for simultaneous determination of bisphenol-A-diglycidyl ether and some of its reaction products in canned foods in the Egyptian market. *Spectrochim. Acta. A. Mol. Biomol. Spectrosc.* (203), 443–449.
- ElShehawy, S.M., Farag, Z.S., **2019**. Safety assessment of some imported canned fish using chemical, microbiological and sensory methods. *Egyptian Journal of Aquatic Research.* (45), 389–394.
- El-Sherif, S.A.E.-H., El-Ghafour, S.A., **2015**. Nutritive value of canned River Nile Crayfish (*Procambarus clarkii*) products. *Egyptian Journal of Aquatic Research.* (41), 265–272.
- Ennoukh, F.E., Bchitou, R., Mohammed, F., Guillaume, D., Harhar, H., Bouhaouss, A., **2017**. Study of the effects of extraction methods on Argan oil quality through its metal content. *Industrial Crops and Products.* (109), 182–184.
- Evangelista, W.P., Silva, T.M., Guidi, L.R., Tette, P.A.S., Byrro, R.M.D., Santiago-Silva, P., Fernandes, C., Gloria, M.B.A., **2016**. Quality assurance of histamine analysis in fresh and canned fish. *Food Chemistry.* (211), 100–106.
- Evrard, J., Pagès-Xatart-Pares, X., Argenson, C., Morin, O., **2007**. Procédés d'obtention et compositions nutritionnelles des huiles de tournesol, olive et colza. *Cahiers de Nutrition et de Diététique.* (42), 13–23.

### *F*

- FAO, **2018**. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2018. *Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.* (30/10/2020)
- Featherstone, S. (Ed.), **2016**. Canned tomato products, in : A Complete Course in Canning and Related Processes (Fourteenth Edition). *Woodhead Publishing Series in Food Science Technology and Nutrition.* 199–228.
-

## Références Bibliographiques

---

Feng, C., Teuber, S., Gershwin, M.E., **2016**. Histamine (Scombroid) Fish Poisoning: a Comprehensive Review. *Clinical Reviews in Allergy & Immunology*. (50), 64–69.

Fine, F., Vian, M.A., Tixier, A.-S.F., Carre, P., Pages, X., Chemat, F., **2013**. Les agro-solvants pour l'extraction des huiles végétales issues de graines oléagineuses. *OCL-Oilseeds and Fats, Corps and lipids*.20, A502.

### G

García-Arias, M.T., Castrillón, A.M., Navarro, M.P., **2006**. Protein, calcium and phosphorus utilisation in diets containing raw, cooked or canned tuna. Influence of 1 and 3 years' storage time. *International Journal of Food Science and Nutrition*. (45), 237–247.

García-Prieto, A., Lunar, L., Rubio, S., Pérez-Bendito, D., **2008**. Decanoic acid reverse micelle-based coacervates for the microextraction of bisphenol A from canned vegetables and fruits. *Analytica Chimica Acta*, (617), 51–58.

Gauza, M., Kubisz, L., **2011**. Effect of water content on electrical conductivity of fish skin collagen. *Journal of Non-Crystalline Solids*, (357), 686–690.

Gharby, Harhar, H., Kartah, B., Monfalouti, H.E., Haddad, A., Charrouf, Z., **2011**. Analyse chimique et sensorielle de l'huile d'argane. *Technologies de Laboratoire*, (6).

Gharby, S., **2012**. Contribution à la valorisation de l'huile d'argane : Influence de l'origine du fruit (terroir, forme) et de la méthode d'extraction sur la composition chimique, les caractéristiques organoleptiques et la stabilité de l'huile d'argane. Rabat, Maroc. *Université Mohammed V Agdal. Faculté des sciences Rabat*. (Thèse de doctorat). (267)

Gharby, S., Harhar, H., Bouzoubaa, Z., Asdadi, A., El Yadini, A., Charrouf, Z., **2017**. Chemical characterization and oxidative stability of seeds and oil of sesame grown in Morocco. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. (16), 105–111.

## Références Bibliographiques

---

- Gharby, S., Harhar, H., Bouzoubaa, Z., Roudani, A., Chafchaoui, I., Kartah, B., **2014**. Effet des Polyphénols extraits des margines sur la stabilité de l'huile de tournesol (Effect of Polyphenols extracts from margins on the stability of sunflower oil), *Journal of materials and enviromental science*. 464-469.
- Gharby, S., Harhar, H., El Monfalouti, H., Kartah, B., Maata, N., Guillaume, D., Charrouf, Z., **2012a**. Chemical and oxidative properties of olive and argan oils sold on the Moroccan market. A comparative study. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, (5), 31–38.
- Gharby, S., Harhar, H., Farssi, M., Taleb, A.A., Guillaume, D., Laknifli, A., **2018**. Influence of roasting olive fruit on the chemical composition and polycyclic aromatic hydrocarbon content of olive oil. *OCL-Oilseeds and Fats, Corps and lipids*, 25, A303.
- Gharby, S., Harhar, H., Guillaume, D., Haddad, A., Charrouf, Z., **2012b**. The Origin of Virgin Argan Oil's High Oxidative Stability Unraveled. *Natural Product Communications*.(7)
- Gharby, Saïd, Harhar, H., Guillaume, D., Haddad, A., Matthäus, B., Charrouf, Z., **2011**. Oxidative stability of edible argan oil: A two-year study. *LWT - Food Science and Technology*. (44), 1–8.
- Gharby, S., Harhar, H., Kartah, B.E., Guillaume, D., Charrouf, Z., **2013a**. Chemical Changes in Extra Virgin Argan Oil after Thermal Treatment. *Natural Product Communications*. (8), 1934578X1300800107.
- Gharby, S., Harhar, H., Kartah, B.E., Monfalouti, H.E., Denhez, C., Hilali, M., Guillaume, D., Charrouf, Z., **2013b**. Can Fruit-form be a Marker for Argan Oil Production ?. *Natural Product Communications*. (8)
- Gharby, S., Harhar, H., Mamouni, R., Matthäus, B., Addi, E.H.A., Charrouf, Z., **2016a**. Chemical Characterization and Kinetic parameter determination under Rancimat test conditions of four monovarietal virgin olive oils grown in Morocco. *OCL-Oilseeds and Fats, Corps and lipids*. 23, A401.
- Gharby, S., Harhar, H., Matthäus, B., Bouzoubaa, Z., Charrouf, Z., **2016b**. The chemical parameters and oxidative resistance to heat treatment of refined and extra virgin Moroccan Picholine olive oil. *Journal of Taibah University for Science*. (10), 100–106.
- Gharibzahedi, S.M.T., Jafari, S.M., **2017**. The importance of minerals in human nutrition: Bioavailability, food fortification, processing effects and nanoencapsulation. *Trends in Food Science & Technology*. (62), 119–132.
-

## Références Bibliographiques

---

- Gino, C., Biagi, A.Z., **2020**. In vitro potential antioxidant activity of indigenous yeasts isolated from virgin olive oil. *Journal of Applied Microbiology*. (128). 853-861
- Gotoh, N., Kagiono, S., Yoshinaga, K., Mizobe, H., Nagai, T., Yoshida, A., Beppu, F., Nagao, K., **2018**. Study of *Trans* Fatty Acid Formation in Oil by Heating Using Model Compounds. *Journal of Oleo Science*. (9).
- Gray, P.J., Cunningham, W., **2019**. Inductively Coupled Plasma Collision Cell Quadrupole Mass Spectrometric Determination of Extractible Arsenic, Cadmium, Chromium, Lead, Mercury, and Other Elements in Food Using Microwave-Assisted Digestion: Results from an FDA Interlaboratory Study. *Journal of AOAC International*, (102), 590–604.
- Guérin, T., Chekri, R., Vastel, C., Sirot, V., Volatier, J.-L., Leblanc, J.-C., Noël, L., **2011**. Determination of 20 trace elements in fish and other seafood from the French market. *Food Chemistry*. (127), 934–942.
- Güz, B.C., Molenaar, R., de Jong, I.C., Kemp, B., van den Brand, H., van Krimpen, M., **2019**. Effects of dietary organic minerals, fish oil, and hydrolyzed collagen on growth performance and tibia characteristics of broiler chickens. *Poultry Science*. (98), 6552–6563.

## *H*

- Hachem, K., Benabdesslem, Y., Ghomari, S., Hasnaoui, O., Kaid-Harche, M., **2016**. Partial structural characterization of pectin cell wall from *Argania spinosa* leaves. *Heliyon*. (2), e00076.
- Halli, K., Khaldi, S., **2019**. Caractérisation des olives et de l'huile d'olive de la Variété Chemlal dans la région de Beni Zmenzer et Freha. Algérie. *UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU*. (Mémoire de Master). (66)
- Hardy, R., James, M., Smith. **1976**. The storage of mackerel (*Scomber scombrus*). Development of histamine and rancidity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. (27), 595-599

## Références Bibliographiques

---

- Harhar, H., Gharby, S., El Idrissi, Y., Pioch, D., Matthäus, B., Charrouf, Z., Tabyaoui, M., **2019**. Effect of maturity stage on the chemical composition of argan fruit pulp. *OCL- Oilseeds and Fats, Crops and Lipids*. (26),15.
- Harhar, H., Gharby, S., Guillaume, D., Charrouf, Z., **2010**. Effect of argan kernel storage conditions on argan oil quality. *European Journal of Lipid Science and Technology*. (112), 915–920.
- Harhar, H., Gharby, S., Jadouali, S.M., Hajib, A., Nounah, I., Farssi, M., **2018**. Chemical profiles and Sensory analysis of four varieties of olive oil cultivated in Morocco. *Moroccan Journal of Chemistry*. (6), 359-366.
- Harhar, H., Gharby, S., Kartah, B., El Monfalouti, H., Guillaume, D., Charrouf, Z., **2011**. Influence of Argan Kernel Roasting-time on Virgin Argan Oil Composition and Oxidative Stability. *Plant Foods for Human Nutrition*. (66), 163–168.
- Harhar, H., Gharby, S., Kartah, B., Pioch, D., Guillaume, D., Charrouf, Z., **2014**. Effect of harvest date of *Argania spinosa* fruits on Argan oil quality. *Industrial Crops and Products*. (56), 156–159.
- Hariri, O.E., Bouchriti, N., Bengueddour, R., **2017**. Occurrence Et Evaluation Du Risque De L’histamine Dans Les Produits De La Peche Commercialises Sur Le Marche Marocain. *European Scientific Journal, ESJ* (13), 225.
- Hazrati, S., Govahi, M., Mollaei, S., **2020**. Fatty acid profile and in vitro biological properties of two Rosacea species (*Pyrus glabra* and *Pyrus syriaca*), grown as wild in Iran. *Food Science & Nutrition*. (8), 841–848.
- Hermier, D., Mariotti, F., **2018**. Importance du métabolisme des protéines et des acides aminés dans la prévention et la prise en charge du syndrome métabolique. Modulation par les acides gras n-3. *Cahiers de Nutrition et de Diététique* (53), 267–278.
- Hosseini, S.V., Aflaki, F., Sobhanardakani, S., Bandehkhoda Langaroudi, S., **2015**. Selected Metals in Canned Fish Consumed in Iran. *Iranian Journal of Toxicology*. (8), 1182–1187.

## Références Bibliographiques

---

Ihie, I.S., Shola Gabriel, S., Jo, E.-I., **2018**. Proximate and Macro Element Composition of Four Fish Species from Lower River Benue Makurdi Benue State Nigeria. *Journal of Nutritional Health & Food Science*. (6), 1–6.

Ikem, A., Egiebor, N.O., **2005**. Assessment of trace elements in canned fishes (mackerel, tuna, salmon, sardines and herrings) marketed in Georgia and Alabama (United States of America). *Journal of Food Composition and Analysis*. (18), 771–787.

ISO 660, **2011**. Corps gras d'origines animale et végétale -- Détermination de l'indice d'acide et de L'acidité.

ISO 1738, **2004**. Norme pour la détermination de la teneur en sel dans le poisson en conserve.

ISO 3656, **2002**. Corps gras d'origines animale et végétale - Détermination de l'absorbance dans l'ultraviolet, exprimée sous la forme d'extinction spécifique en lumière ultraviolette.

ISO 3960, **2009**. Corps gras d'origines animale et végétale - Détermination de l'indice de peroxyde, Détermination avec point d'arrêt iodométrique.

ISO 16634-1, **2008**. Produits alimentaires - Détermination de la teneur en azote total par combustion selon le principe Dumas et calcul de la teneur en protéines brutes.

ISO 12228-1, **2014**. Corps gras d'origines animale et végétale -Détermination de la teneur en stérols individuels et totaux — Méthode par chromatographie en phase gazeuse

ISO 12966-2, **2011**. Corps gras d'origines animale et végétale - Détermination de la teneur en acides gras. — Méthode par Chromatographie en phase gazeuse.

ISO 16634-1, **2008**. Corp gras d'origine animale et végétale - Détermination des teneurs en tocophérols et en tocotriénols par chromatographie en phase liquide à haute performance.

### J

Janči, T., Valinger, D., Gajdoš Kljusurić, J., Mikac, L., Vidaček, S., Ivanda, M., **2017**. Determination of histamine in fish by Surface Enhanced Raman Spectroscopy using silver colloid SERS substrates. *Food Chemistry*. (224), 48–54.

---

### K

- Kamili, A., Doukkali, M.R., **2019**. Impact des prix mondiaux des produits de pêche sur le secteur halieutique Marocain: Application d'un MEGC pour le secteur Halieutique. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*. (7), 26–37.
- Khallouki, F., Eddouks, M., Mourad, A., Breuer, A., Owen, R.W., **2017**. Ethnobotanic, Ethnopharmacologic Aspects and New Phytochemical Insights into Moroccan Argan Fruits. *International Journal of Molecular Sciences*. (18), 22-77.
- Khallouki, F., Younos, C., Soulimani, R., Oster, T., Charrouf, Z., Spiegelhalder, B., Bartsch, H., Owen, R.W., **2003**. Consumption of argan oil (Morocco) with its unique profile of fatty acids, tocopherols, squalene, sterols and phenolic compounds should confer valuable cancer chemopreventive effects. *European Journal of Cancer Prevention*. (12), 67–75.
- Khan, N., Jeong, I.S., Hwang, I.M., Kim, J.S., Choi, S.H., Nho, E.Y., Choi, J.Y., Park, K.S., Kim, K.S., **2014**. Analysis of minor and trace elements in milk and yogurts by inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS). *Food Chemistry*. (147), 220–224.
- Konuskan, D.B., Arslan, M., Oksuz, A., **2018**. Physicochemical properties of cold pressed sunflower, peanut, rapeseed, mustard and olive oils grown in the Eastern Mediterranean region. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 340-344.
- Kouamé Stéphane, A.K., **2009**. Revue critique des méthodes d'analyse des aliments. *Institut national Félix-Houphouët Boigny de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)*.
- Kounnoun, A., Louajri, A., Cacciola, F., El Cadi, H., Bougtaib, H., Alahlah, N., El Baaboua, A., El Maadoudi, M., **2020**. Development and Validation of a TLC-Densitometry Method for Histamine Monitoring in Fish and Fishery Products. *Molecules* (25), 3611.

### L

---

## Références Bibliographiques

---

- Langevin, C., Levraud, J.-P., Boudinot, P., **2019**. Fish antiviral tripartite motif (TRIM) proteins. *Fish & Shellfish Immunology*, ( 86), 724–733.
- Lanham-New, S.A., Lambert, H., Frassetto, L., **2012**. Potassium. *Advances in Nutrition*. (3), 820–821.
- Le Poncin-Séac'h, M., Le Poncin-Lafitte, C., **2010**. Effets sur les fonctions cognitives et mnésiques de sujets sains d'un hydrolysate de protéines de poisson (FPHD800) : étude comparative avec le ginkgo biloba. *Médecine & Longévité*. (2), 57–67.
- Leao, D.J., Junior, M.M.S., Brandao, G.C., Ferreira, S.L.C., **2016**. Simultaneous determination of cadmium, iron and tin in canned foods using high-resolution continuum source graphite furnace atomic absorption spectrometry. *Talanta*. (153), 45–50.
- Lecerf, J.-M., **2011**. Les huiles végétales : particularités et utilités : Vegetable oils : Particularities and usefulness. *Médecine des Maladies Métaboliques*. (5), 257–262.
- Lecerf, J.-M., **2007**. Produits de la pêche et acides gras oméga 3. Intérêt en prévention cardio-vasculaire. *Phytothérapie*. (5), 14–21.
- Lehane, L., Olley, J., **2000**. Histamine fish poisoning revisited. *International Journal of Food Microbiology*. (58), 1–37.
- Li, N., Wu, X., Zhuang, W., Xia, L., Chen, Y., Wu, C., Rao, Z., Du, L., Zhao, R., Yi, M., Wan, Q., Zhou, Y., **2020**. Fish consumption and multiple health outcomes: Umbrella review. *Trends in Food Science & Technology*. (99), 273–283.
- Lizard, G., Filali-Zegzouti, Y., Midaoui, A.E., **2017**. Benefits of Argan Oil on Human Health—May 4–6 2017, Errachidia, Morocco. *International Journal of Molecular Sciences*. (18), 1383.
- Łuczyńska, J., Tońska, E., Łuczyński, M., **2009**. Essential mineral components in the muscles of six freshwater fish from the Mazurian Great Lakes (northeastern Poland). *Fisheries & Aquatic Life*. (17), 171–178.

## Références Bibliographiques

---

- Maheswara, K.J., Raju, C., Naik, J., Prabhu, R.M., Panda, K., **2011**. Studies on thermal processing of Tuna- A comparative study in tin and tin-free steel cans. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*. (11), 5539–5560.
- Makhutova, O.N., Sharapova, T.A., Kalachova, G.S., Shulepina, S.P., Gladyshev, M.I., **2016**. Characteristics of fatty acid composition of Gammarus lacustris inhabiting lakes with and without fish. *Doklady. Biochemistry and Biophysics*. (466), 20–22.
- MAPM, **2019**. LE MINISTRE DE L'AGRICULTURE, DE LA PECHE MARITIME, DU DEVELOPPEMENT RURAL ET DES EAUX ET FORETS- Arrêté conjoint du ministre de l'agriculture, de la pêche maritime, du développement rural et des eaux et forêts et du ministre de la santé .(30/10/2020)
- Marie, C., **2015**. L'impact du protectorat français sur l'industrie du poisson au Maroc. *French Cultural Studies*.
- Masamba, W.R.L., Mosepele, K., Mogobe, O., **2015**. Essential mineral content of common fish species in Chanoga, Okavango Delta, Botswana. *Academic Journal*. (9), 480-486
- Matthäus, B., Guillaume, D., Gharby, S., Haddad, A., Harhar, H., Charrouf, Z., **2010**. Effect of processing on the quality of edible argan oil. *Food Chemistry*. (120), 426–432.
- Medina, I., Sacchi, R., Aubourg, S.P., **1995**. A <sup>13</sup>C-NMR study of lipid alterations during fish canning: Effect of filling medium. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, (69), 445–450.
- Medina, I., Sacchi, R., Biondi, L., Aubourg, S.P., Paolillo, L., **1998**. Effect of Packing Media on the Oxidation of Canned Tuna Lipids. Antioxidant Effectiveness of Extra Virgin Olive Oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, (46), 1150–1157.
- Merouane, A., Noui, A., Medjahed, H., Ali, K.N.B., Saadi, A., **2014**. Activité antioxydante des composés phénoliques d'huile d'olive extraite par méthode traditionnelle. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, (8), 1865–1870.
- Methode de Lerk and Bell, **1976**. Dosage d'histamine par la methode de Lerk and Bell, (Méthode de référence).
-

## Références Bibliographiques

---

- Mkadem, H., Kaanane, A., **2019**. Recovery and Characterization of Fish Oil from By-products of Sardine (*Sardina pilchardus*) in the Canning Process. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. (28), 1037–1050.
- Mohamed, H.A.E., Al-Maqbaly, R., Mansour, H.M., **2010**. Proximate composition, amino acid and mineral contents of five commercial Nile fishes in Sudan. *African Journal of Food Science*. (4), 640–654.
- Mohammed, F.A.E., Bchitou, R., Bouhaouss, A., Gharby, S., Harhar, H., Guillaume, D., Charrouf, Z., **2013**. Can the dietary element content of virgin argan oils really be used for adulteration detection? *Food Chemistry*. (136), 105–108.
- Mohan, C.O., Remya, S., Murthy, L.N., Ravishankar, C.N., Asok Kumar, K., **2015**. Effect of filling medium on cooking time and quality of canned yellowfin tuna (*Thunnus albacares*). *Journal of Food Control* (50), 320–327.
- Mol, S., **2011**. Levels of heavy metals in canned bonito, sardines, and mackerel produced in Turkey. *Biological Trace Element Research*. (143), 974–982.
- Monroig, O., Tocher, D.R., Castro, L.F.C., **2018**. Polyunsaturated Fatty Acid Biosynthesis and Metabolism in Fish. *Polyunsaturated Fatty Acid Metabolism*. 31–60.
- Muscarella, M., Lo Magro, S., Campaniello, M., Armentano, A., Stacchini, P., **2013**. Survey of histamine levels in fresh fish and fish products collected in Puglia (Italy) by ELISA and HPLC with fluorimetric detection. *Food Control*. (31), 211–217.

## N

- N, A.M.C., Navarro, M.P., García-Arias, M.T., **1996**. Tuna Protein Nutritional Quality Changes after Canning. *Journal of Food Science*. (61), 1250–1253.
- Nader, N., **2006**. Fabrication des Conserves de Sardine. *ResearchGate*.
- Naji, M., Fatih, M., Ebndaoud, G., **2015**. Moroccan Canned Sardines Value Chain-Governance and Value Added Distribution. *Plateforme de Connaissances sur les Chaînes de Valeur Alimentaires Durables*.
- Naseri, M., Rezaei, M., **2012**. Lipid Changes During Long-Term Storage of Canned Sprat. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. (21), 48–58.
-

## Références Bibliographiques

---

- Naseri, M., Rezaei, M., Moieni, S., Hosseini, H., Eskandari, S., **2011**. Effects of different filling media on the oxidation and lipid quality of canned silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). *International Journal of Food Science & Technology*. (46), 1149–1156.
- Nations, **2018**. LA SITUATION MONDIALE DES PÊCHES ET DE L'AQUACULTURE : CONTRIBUER À LA SÉCURITÉ ALIMENTAIRE ET À LA NUTRITION DE TOUS. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*
- Nawel, J., , Manel Ouerfellib,c, , María Pilar Almajanoc, , Jihene Elloumi-Mseddid, , Moncef Nasria, , Noomen Hmidet, **2020**. The conservative effects of lipopeptides from *Bacillus methylotrophicus* DCS1 on sunflower oil-in-water emulsion and raw beef patties quality. *Food Chemistry*. 125-364.
- NF V08-408, **1997**. Microbiologie des aliments- Contrôle de la stabilité des produits appertisés et assimilés. Méthode de routine.
- Nia, N., **2008**. Suivi et comparaison des paramètres physico-chimiques de l'huile de soja raffinée chimiquement et enzymatiquement, produites par Cévital. *Memoire Online*
- Njinkoue, J.M., Gouado, I., Tchoumboungang, F., Ngueguim, J.H.Y., Ndinteh, D.T., Fomogne-Fodjo, C.Y., Schweigert, F.J., **2016**. Proximate composition, mineral content and fatty acid profile of two marine fishes from Cameroonian coast: *Pseudotolithus typus* (Bleeker, 1863) and *Pseudotolithus elongatus* (Bowdich, 1825). *NFS Journal*. (4), 27–31.
- NM ISO 5537, **2008**. Détermination du taux d humidité (Méthode de référence).
- NM ISO 6492, **2008**. Aliments des animaux - Détermination de la teneur en matière grasse.

## O

- Odiko and Obirenfoju, **2017**. PROXIMATE COMPOSITION AND MINERAL CONTENTS OF DIFFERENT BRANDS OF CANNED FISHES MARKETED IN EDO STATE NIGERIA. *International Journal of Fisheries and Aquaculture Research*.(3), 30-38.
- Office des Changes Maroc, **2018**. ( 15/10/2020).
- Olmedo, P., Hernández, A.F., Pla, A., Femia, P., Navas-Acien, A., Gil, F., **2013**. Determination of essential elements (copper, manganese, selenium and zinc) in fish and shellfish samples. Risk and nutritional

## Références Bibliographiques

---

assessment and mercury-selenium balance. *Food and Chemical Toxicology: An International Journal Published for the British Industrial Biological Research Association*. (62), 299–307.

Ortega-García, J., Gámez-Meza, N., Noriega-Rodríguez, J.A., Dennis-Quiñonez, O., García-Galindo, H.S., Angulo-Guerrero, J.O., Medina-Juárez, L.A., **2006**. Refining of high oleic safflower oil: Effect on the sterols and tocopherols content. *European Food Research and Technology*. (223), 775–779.

Ould Mohamedou, M.M., Zouirech, K., El Messal, M., El Kebbaj, M.S., Chraibi, A., Adlouni, A., **2011**. Argan Oil Exerts an Antiatherogenic Effect by Improving Lipids and Susceptibility of LDL to Oxidation in Type 2 Diabetes Patients. *International Journal of Endocrinology*. 747-835.

### *P*

Pages, X., Morin, O., Birot, C., Gaud, M., Fazeuilh, S., Gouband, M., **2010**. Raffinage des huiles et des corps gras et élimination des contaminants. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*. (17), 86–99.

Park, Y.M., Choi, J.Y., Nho, E.Y., Lee, C.M., Hwang, I.M., Khan, N., Jamila, N., Kim, K.S., **2019**. Determination of macro and trace elements in canned marine products by inductively coupled plasma—optical emission spectrometry (ICP-OES) and ICP—mass spectrometry (ICP-MS). *Analytical Letters*. (52), 1018–1030.

Perez-Cueto, F.J.A., Dos Santos, Q., Nielsen, B., Dinnella, C., Monteleone, E., Giboreau, A., Saulais, L., Depezay, L., Hartwell, H., Appleton, K., **2017**. Danish adolescents like their vegetables fresh rather than frozen or canned. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. (9), 29–33.

Perez-Martinez, M.M., Nogueroles, R., Casales, B.I., Lois, R., Soto, B., **2018**. Evaluation of environmental impact of two ready-to-eat canned meat products using Life Cycle Assessment. *Journal of Food Engineering*. (237), 118–127.

Piar, G., Lanoisellé, J.-L., **2015**. Appertisation des denrées alimentaires. *Congrès français de Thermique*. 15-17.

Popovic, A.R., Djinovic-Stojanovic, J.M., Djordjevic, D.S., Relic, D.J., Vranic, D.V., Milijasevic, M.P., Pezo, L.L., **2018**. Levels of toxic elements in canned fish from the Serbian markets and their health risks assessment. *Journal of Food Composition and Analysis*. (67), 70–76.

## Références Bibliographiques

---

- Popović, A.R., Relić, D.J., Vranić, D.V., Babić-Milijašević, J.A., Pezo, L.L., Đinović-Stojanović, J.M., **2018**. Canned sea fish marketed in Serbia: their zinc, copper, and iron levels and contribution to the dietary intake. *Arhiv Za Higijenu Rada I Toksikologiju*. (69), 55–60.
- Pornchaloempong, P., Sirisomboon, P., Pongkuan, S., **2016**. Rapid evaluation of the salt content of canned sardines in brine using near-infrared diffuse reflectance spectroscopy. *Spectroscopy Letters*. (49), 613–618.
- Prasad, N., Bhadauria, D., **2013**. Renal phosphate handling: Physiology. *Indian journal of endocrinology and metabolism*. (17)

## R

- Ravichandr, S., Joseph, F.R.S., Kanagalaks, R., Ramya, M.S., **2012**. Variation in Nutritive Composition of Two Commercially Important Marine Fin Fishes. *International Journal of Zoological Research*. (8), 43–51.
- Régis, J., Joffre, F., Fine, F., **2016**. Impact de la trituration et du raffinage sur la teneur en micronutriments des huiles végétales de colza, soja et tournesol. *OCL- Oilseeds ans Fats, Corps and Lipids*. (23), D302.
- Rieu, D., **2012**. Composition des poissons : protéines, lipides, vitamine D, iode.... *Archives de Pédiatrie*. (19), H36–H37.
- Rodrigues, P.O., Martins, S.V., Lopes, P.A., Ramos, C., Miguéis, S., Alfaia, C.M., Pinto, R.M.A., Rolo, E.A., Bispo, P., Batista, I., Bandarra, N.M., Prates, J.A.M., **2014**. Influence of feeding graded levels of canned sardines on the inflammatory markers and tissue fatty acid composition of Wistar rats. *British Journal of Nutrition*. (112), 309–319.
- Roselli, L., Cicia, G., Del Giudice, T., Cavallo, C., Vecchio, R., Carfora, V., Caso, D., Sardaro, R., Carlucci, D., De Gennaro, B., **2020**. Testing consumers' acceptance for an extra-virgin olive oil with a naturally increased content in polyphenols : The case of ultrasounds extraction. *Journal of Functional Foods*. (69), 103-940.
- Ruiz-Roso, B., Cuesta, I., Pérez, M., Borrego, E., Pérez-Olleros, L., Varela, G., **1998**. Lipid composition and palatability of canned sardines. Influence of the canning process and storage in olive oil for five years. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. (77), 244-250.

## S

---

## Références Bibliographiques

---

- Sarkar, R., Podder, I., Gokhale, N., Jagadeesan, S., Garg, V.K., **2017**. Use of vegetable oils in dermatology: an overview. *International Journal of Dermatology*. (56), 1080–1086.
- Schlienger, J.-L., Monnier, L., **2020**. Acides gras oméga 3 : une trop belle histoire encore en quête de preuves. *Médecine des Maladies Métaboliques*. (56)
- Scurria, A., Lino, C., Pitonzo, R., **2019**. Vitamin D3 in fish oil extracted with limonene from anchovy leftovers. *Chemical Data Collections*. (25), 100-311.
- Seiquer, I., Rueda, A., Olalla, M., Cabrera-Vique, C., **2015**. Assessing the bioavailability of polyphenols and antioxidant properties of extra virgin argan oil by simulated digestion and Caco-2 cell assays. Comparative study with extra virgin olive oil. *Food Chemistry*. (188), 496–503.
- Selaimia, R., **2018**. Etude de l'huile d'olive d'Algérie. Algérie. *Université 8 Mai 1945 Guelma Faculté des sciences et de la technologie* (Thèse de doctorat). (161)
- Selmi, S., Monser, L., Sadok, S., **2008**. The influence of local canning process and storage on pelagic fish from tunisia : fatty acid profiles and quality indicators. *Journal of Food Processing and Preservation*. (32), 443–457.
- Serrano, M., Gallego, M., Silva, M., **2017**. Quantitative analysis of aldehydes in canned vegetables using static headspace–gas chromatography–mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*. (1524), 21–28.
- Shiber, J.G., **2011**. Arsenic, cadmium, lead and mercury in canned sardines commercially available in eastern Kentucky, USA. *Marine Pollution Bulletin*. (62), 66–72.
- Simbolon, D., Nurfaqih, L., Sala, R., **2017**. Analysis of oil sardine (*Sardinella lemuru*) fishing grounds in the Bali Strait waters, Indonesia. *Semantic Scholar*. (10), 14.
- SNIMA, **2003**. Corps gras d'origines animale et végétale -Norme marocaine pour l'huile d'argane.
- Srikornkarn, S., Sirisomboon, P., **2014**. Feasibility of Evaluation of Salt Content in Canned Sardine in Oil by Near Infrared Spectroscopy. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. (2), 381–385.

*T*

---

## Références Bibliographiques

---

- Tanouti, K., Serghini-Caid, H., Chaieb, E., Benali, A., Harkous, M., Elamrani, A., **2011**. Amelioration qualitative d'huiles d'olive produites dans le maroc oriental. *Technologie de Laboratoire*. (6).
- Thurston, C.E., Osterhaug, K.L., **1960**. Sodium content of fish flesh. *Journal of the American Dietetic Association*. (36), 212–215.
- Trirach, H., Lalami, A.E.O., Chabir, R., Douieb, H., Errachidi, F., **2010**. Contrôle hygiénique des conserves et semi-conserves animales et végétales. *Microbiologie et Hygiène Alimentaire*. (22) ,64.
- Truzzi, C., Illuminati, S., Antonucci, M., Scarponi, G., Annibaldi, A., **2018**. Heat shock influences the fatty acid composition of the muscle of the Antarctic fish *Trematomus bernacchii*. *Marine Environmental Research*. (139), 122–128.
- Tsutagawa, Y., Hosogai, Y., Kawai, H., **1994**. Comparison of Mineral and Phosphorus Contents of Muscle and Bone in Wild and Cultured Horse Mackerel. *Food Hygiene and Safety Science (Shokuhin Eiseigaku Zasshi)*. (35), 315-318.
- Tuzen, M., Soylak, M., **2007**. Determination of trace metals in canned fish marketed in Turkey. *Food Chemistry*. (101), 1378–1382.

### u

- Usydus, Z., Szlinder-Richert, J., Adamczyk, M., **2009**. Protein quality and amino acid profiles of fish products available in Poland. *Food Chemistry*. (112), 139–145.
- Usydus, Z., Szlinder-Richert, J., Polak-Juszczak, L., Kanderska, J., Adamczyk, M., Malesa-Cieciewicz, M., Ruczynska, W., **2008**. Food of marine origin: Between benefits and potential risks. Part I. Canned fish on the Polish market. *Food Chemistry*. (111), 556–563.

### v

- Vafaei, M., Naseri, M., Abedi, E., Babaei, S.S., Imani, A., Torri, L., **2020**. Principal Component Analysis of Time-Related Changes of Some Essential Mineral Contents of Canned Silver Carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) in Different Filling Media. *Biological Trace Element Research*. (193), 261–270.

## Références Bibliographiques

---

- Vafaei, M., Naseri, M., Imani, A., **2018**. Long-term storage effect on some mineral elements of canned silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) with reference to daily intake changes. *Journal of Food Composition and Analysis*. (66), 116–120.
- Veillet, S., **2010**. Enrichissement nutritionnel de l'huile d'olive : entre tradition et innovation (phdthesis). France. *Université d'Avignon- Alimentation et Nutrition*. (Thèse de doctorat). (161)
- Verkhivker, Y., Altman, E., **2018**. Influence Parameters of Storage on Process of Formation the Histamine in Fish and Fish Products. *Journal of Water Resources and Ocean Science*. (7), 10.
- Vieira, H.C., Bordalo, M.D., Morgado, F., Soares, A.M.V.M., Abreu, S.N., **2017**. Mercury content in the white and dark muscle of Skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) along the canning process : Implications to the consumers. *Journal of Food Composition and Analysis*. (56), 67–72.

### W

- Watts, B.M, Ylimaki, G.L, Jeffery,L.E, Elias,L.G., **1989**. Basic sensory methods for food evaluation. *Centre de recherches pour le développement international, Canada*.

### Y

- Yeannes, M.I., Almandos, M.E., **2003**. Estimation of fish proximate composition starting from water content. *Journal of Food Composition and Analysis*. (16), 81–92.

### Z

- Zaanoun, I., Gharby, S., Bakass, I., Addi, E.A., Ichou, I.A., **2014**. Kinetic parameter determination of roasted and unroasted argan oil oxidation under Rancimat test conditions. *Grasas y Aceites*. (65), 033.



### Evaluation sensorielle de la qualité du poisson

**Date :**                      **espèce**                      **fournisseur :**

Critère		1	2	3	4	5	6	7
A S P E C T	Peau							
	Œil							
	Branchies							
	Chair							
	Couleur de la colonne							
	Organe							
E T A T	Chair							
	Colonne vertébrale							
	Péritoine							
ODEUR	Branchies, peau, cavité abdominale							
Degrés de la fraîcheur de poisson								

Degré de fraîcheur du lot :

⌘ **Légende :**

Extra	A	B	C
=/ > 2,7	2 > X > 2,7	1 > X > 2	< 1

- Le degré de fraîcheur doit être > 1,7 pour accepter le lot.

**Annexe-1** : Fiche d'évaluation sensorielle de la qualité du poisson frais.



Annexe-2 : Etuis des boites de la sardine à l'huile d'argane torréfiée et non torréfiée.

 <p><b>C.I.B.E.L.</b> Complexe Industriel et Commercial Bel Hassan</p>	<p><b><u>Fiche d'évaluation sensorielle de la sardine en conserve à l'huile</u></b></p>	<p>Date :</p>
---	---	---------------

- **Nom de dégustateur :**

	SHAT	SHANT	SHOEV	SHTR
Nom de produit				

-  **SHAT** : Sardine à l'huile d'argane torréfiée.
-  **SHANT** : Sardine à l'huile d'argane non torréfiée.
-  **SHOEV** : Sardine à l'huile d'olive extra vierge.
-  **SHTR** : Sardine à l'huile de tournesol raffinée.

Attributs	Qualité et plaisir		
	Mauvais 1-3	Bon 4-7	Excellent 8-10
<b>Texture</b>			
<b>Gout :</b>			
<b>Odeur :</b>			
<b>Salinité :</b>			
<b>Couleur</b>			
<b>Autres remarques</b>			

- **Signature de dégustateur :**

**Annexe-3** : Fiche d'évaluation sensorielle de la sardine en conserve à l'huile.



**Nom :** ID BOUBKER

**Prénom :** Latifa

**Master spécialisé :** Procédés d'analyse et contrôle qualité (P.A.C.Q)

**Etablissement :** Faculté polydisciplinaire de Taroudant (F.P.T)

**Titre : FORMULATION ET EVALUATION DE LA QUALITE PHYSICOCHIMIQUE, BIOLOGIQUE ET SENSORIELLE DES SARDINES EN CONSERVE A BASE DE L'HUILE D'ARGANE**

**Résumé :**

Le Maroc dispose d'une industrie de conserve de bonne réputation à l'échelle internationale grâce à sa richesse en petits pélagiques et la qualité de ses produits. La formulation des produits de mer a fortement évoluée afin d'inclure une part de plus en plus importante de matières végétales.

L'objectif de ce travail est la valorisation de cette huile proprement Marocaine d'une part, Et de l'autre la contribution à améliorer l'industrie de conserverie tout en intégrant des nouveaux produits au marché international.

Pour ce faire, nous avons suivi la méthodologie suivante. En premier lieu, nous avons mené une étude comparative de la qualité physicochimique et la composition nutritionnelle de certaines huiles végétales (Argane, Olive et Tournesol) pour en déterminer la richesse avant leurs utilisations comme milieu de couverture pendant la mise en conserve.

En second lieu, nous avons préparé 150 boites de conserve de sardine à huile d'argane suivant un processus validé, et nous avons réalisé des analyses physicochimiques et bactériologiques pour en évaluer la qualité. En parallèle, une évaluation sensorielle a été réalisée pour évaluer la qualité organoleptique de produit.

En fin, nous avons évalué par l'indice de peroxyde, l'acidité, l'extinction spécifique ultra-violet 270 nm (K270) et la composition en acides gras l'évolution de l'état d'oxydation de la partie lipidique dans la chair de la sardine et de l'huile de couverture.

Les résultats montrent que la sardine à huile d'argane est un produit de qualité nutritionnelle par excellence. En effet, il a enregistré des indices de qualité conformes aux normes internationale, ainsi que des teneurs importantes en protéines et en fer, Zn, Mg et d'autres éléments minéraux, aussi il est très riche en acides gras polyinsaturés d'origine végétale et animale.

**Mots clés :** Argane, Sardine, Conserve, Milieu de couverture, Lipides...

**Date de soutenance :** 17 Novembre 2020