

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ « MOULOUD MAMMÉRI » DE TIZI-OUZOU  
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques  
Département d'Agronomie



# Mémoire de fin de cycle

*En vue de l'obtention du diplôme de Master*

*Filière : Sciences alimentaires*

*Option : Sécurité agro-alimentaire et assurance qualité*

## Thème

**EFFET DU TRAITEMENT THERMIQUE SUR LES  
CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DE  
L'HUILE D'OLIVE « TRADITIONNELLE »**

Proposé et dirigé par :

**M. SADOUDI R.**

Devant le jury

Président : M. AMIR Y.

Examineur : M. BENGANA M.

Réalisé par :

LEHARA hadia

MOUHEB sara

**Promotion : 2020 /2021**

# Remerciements

*Avant de débiter ce modeste travail, il nous est particulièrement agréable d'exprimer nos gratitudee et nos remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.*

*Au début nos remerciements vont en particulier à **Dieu, le tout puissant**, qui nous a donné la force et le courage pour poursuivre nos études.*

*Un grand merci à nos parents, nos chères amies et camarades pour l'intérêt qu'ils ont accordé à notre travail et plus particulièrement pour leur précieuse aide morale surtout.*

*On tient à exprimer toute notre reconnaissance et notre gratitude à notre encadreur **M. SADOUDI R.** d'avoir accepté de diriger ce travail, sans ses orientations et ses précieux conseils, ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.*

*Merci également à tous les membres du jury qui ont accepté de juger ce travail ; merci également à **M. METNA** qui nous a aidées à réaliser l'analyse statistique des résultats obtenus.*

*Nous adressons nos remerciements aux ingénieurs du laboratoire de chimie et du département d'agronomie qui nous ont aidées à la réalisation de la partie pratique de notre mémoire.*

# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail*

## *À MES chers PARENTS FATIMA & AHMED*

*Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie afin que je puisse un jour vous rendre ne serait-ce qu'un peu de ce que vous avez fait pour moi.*

## *A MES CHERS FRÈRES ET SŒUR*

*Amina, Nabil, Massinissa et Ahmed. En témoignage de mon affection fraternelle, de ma profonde tendresse et reconnaissance, je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès et que Dieu, le tout puissant, vous protège et vous garde.*

## *A mes familles paternelle MOUHEB et maternelle BOUARAB*

## *A MES AMIES*

*A ma camarade Hadia et mon amie Lydia je vous souhaite une vie pleine de réussite et de bonheur que le bon Dieu, vous protège et vous garde.*

*SARAH*

## Dédicaces

*Je dédie ce mémoire : A mes chers parents RACHID et BAYA,*

*Vous présentez pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et d'encouragement. Vos prières et bénédictions m'ont été toujours d'un grand secours pour mener à bien mes réussites. Ce travail est un fruit de vos sacrifices que vous avez consacré pour mon éducation, bien être et ma formation.*

*Je vous le dédier, de mon profond amour. Qu'ALLAH le tout puissant vos accorde longue vie, santé et bonheurs.*

*A mon adorable sœur, ma moitié YASSMIN, mes chères frères LYES,  
NASSIM*

*Vous avez été toujours présents par vos conseil, votre soutien qui ont été un secours tout au long de ma vie estudiantine et personnelle. Je vous dédie ce modeste travail avec mes chaleureuse vœux de bonheur de réussite et santé.*

*A ma famille paternelle LEHARA ; ma grand-mère FADHMA mes oncles KAMEL, SAMIR, AZEDINE, MAHFOUD, YASSINE, AREZKI, mes tentes FATIHA, DAHBIA, RAHMA et leurs familles. A tous mes cousins et cousines*

*A la mémoire de mon meilleur oncle MOUHAMED et mon grand-père BILALD, qu'ALLAH vous accueille dans son vaste paradis.*

*A ma famille maternelle, OUZIR; ma grand-mère SADIA, mes oncles MOUHAMED, ABDALLAH, mes tentes WRIDA et DAHBIA ainsi que leurs familles*

*A tous mes amies ;*

*Sara ma camarade, Thinhinane, Tiziri, Siham et Lydia ; en témoignage de notre amitié, des souvenirs de tous les moments inoubliables que nous avons passés ensemble.*

**HADIA**

## *Liste des abréviations*

**AG** : acide gras

**AGE** : acide gras essentiels

**AGMI** : acide gras monoinsaturé

**AGPI** : acide gras polyinsaturé

**CA** : codex Alimentarius

**COI** : conseil oléique international

**HDL** : high density lipoproteins

**IP** : indice de peroxyde

**IS** : indice de saponification

**LDL** : low density lipoproteins

**Meq** : milliéquivalent

**TG** : triglycéride

**UV** : ultra-violet

## *Liste des figures*

N°	Titre	Page
<b>1</b>	Composition chimique de l'huile d'olive.	4
<b>2</b>	Structure chimique des composés volatiles majoritaires.	8
<b>3</b>	Structure générale d'un tocophérol.	9
<b>4</b>	Structure chimique $\beta$ -carotène.	10
<b>5</b>	Structure chimique de la chlorophylle.	10
<b>6</b>	Structure chimique du squalène.	11
<b>7</b>	Structure de l'olive.	15
<b>8</b>	Changement de couleur au cours de la maturation.	15
<b>9</b>	Récolte à la main.	17
<b>10</b>	Cueillette au peigne manuel.	17
<b>11</b>	Entreposage dans des caisses en plastiques.	18
<b>12</b>	Effeuilage et lavage des olives.	18
<b>13</b>	Meule de granite à deux roues.	20
<b>14</b>	Broyeur à marteau.	20
<b>15</b>	Malaxage des olives.	21
<b>16</b>	Diagramme du système d'extraction par presse.	22
<b>17</b>	Extraction avec centrifugation à deux phases.	24
<b>18</b>	Extraction avec centrifugation à trois phases.	25
<b>19</b>	Répartition de la zone oléicole en Algérie.	27
<b>20</b>	Production mondiale de l'huile d'olive.	28
<b>21</b>	Production et consommation mondiale d'huile d'olive à partir de l'année 1990/91 à l'année 2018/2019.	28

<b>22</b>	Cinétiques de formation et de décomposition des hydroperoxydes en produits secondaires d'oxydation	36
<b>23</b>	Schéma simplifié de l'auto-oxydation.	38
<b>24</b>	Contrôle de la température.	42
<b>25</b>	Echantillons d'huile après chauffage.	43
<b>26</b>	Evolution de l'acidité des échantillons d'huile d'olive analysée.	50
<b>27</b>	Evolution de l'indice de peroxyde des échantillons d'huile d'olive analysée	52
<b>28</b>	Evolution de l'indice d'iode des échantillons d'huile d'olive analysée.	53
<b>29</b>	Evolution de l'indice de saponification des échantillons d'huile d'olive analysée.	55
<b>30</b>	Evolution de la teneur en composés phénoliques des échantillons d'huile d'olive analysée.	57
<b>31</b>	Evolution de la densité des échantillons d'huile d'olive analysée.	58
<b>32</b>	Evolution de la viscosité des échantillons d'huile d'olive analysée.	60
<b>33</b>	Evolution de l'absorbance en UV des échantillons d'huile d'olive analysée.	61

## *Liste des tableaux*

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>I</b>	Principaux triglycérides de l'huile d'olive.	5
<b>II</b>	Composition de l'huile d'olive en acides gras.	6
<b>III</b>	Composition moyenne en stérols de l'huile d'olive.	7
<b>IV</b>	Structure des tocophérols.	9
<b>V</b>	Principales variétés de l'olivier en Algérie.	14
<b>VI</b>	Composition de l'olive.	16
<b>VII</b>	Avantages et inconvénients de l'extraction par pression.	23
<b>VIII</b>	Avantages et inconvénients de l'extraction par centrifugation.	23
<b>IX</b>	Critères organoleptiques des huiles retenus dans la notation du COI.	30
<b>X</b>	Critères de qualité de l'huile d'olive.	31
<b>XI</b>	Paramètres chimiques des échantillons d'huiles analysées.	48
<b>XII</b>	Paramètres physiques ; densité et viscosité des huiles analysées.	56
<b>XIII</b>	Paramètres physiques ; Composés phénolique et absorbance UV des huiles analysées	56

# *Sommaire*

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction.....	1

## *Synthèse bibliographique*

### **I. Généralités sur l'huile d'olive**

I.1. Définition.....	3
I.2. Classification .....	3
I.3. Composition chimique .....	4
I.3.1. Fraction saponifiable.....	4
I.3.1.1. Triglycérides.....	4
I.3.1.2. Acides gras.....	5
I.3.2. Fraction insaponifiable.....	7
I.3.2.1. Stérols.....	7
I.3.2.2. Composés aromatiques.....	8
I.3.2.3. Tocophérols.....	8
I.3.2.4. Pigments.....	9
I.3.2.5. Hydrocarbures.....	10
I.3.2.6. Composés phénoliques.....	11
I.4. Intérêt diététique et nutritionnel .....	11

### **II. Production de l'huile d'olive**

II.1. Olivier et olive.....	13
II.1.1. Olivier.....	13
II.1.1.1. Généralités .....	13
II.1.1.2. Classification botanique .....	13
II.1.1.3. Différentes variétés d'oliviers en Algérie .....	14
II.1.2. Olive.....	14
II.1.2.1. Description morphologique .....	14
II.1.2.2. Maturation .....	15
II.1.2.3. Composition chimique .....	16

II.2. Méthodes d'extraction .....	16
II.2.1. Opérations préliminaires.....	16
II.2.1.1. Récolte.....	16
II.2.1.2. Entreposage.....	17
II.2.2. Trituration .....	18
II.2.2.1. Effeuillage et lavage .....	18
II.2.2.2. Broyage.....	19
II.2.2.2.1. Broyeur à meule .....	19
II.2.2.2.2. Broyeur à marteaux, à couteaux et à disques.....	20
II.2.2.3. Malaxage.....	21
II.2.3. Procédés d'extraction .....	21
II.2.3.1. Procédé discontinu ou système à presse.....	21
II.2.3.2. Procédé continu ou par centrifugation.....	23
II.2.3.2.1. Procédé continu à deux phases.....	24
II.2.3.2.2. Procédé continu à trois phases.....	24
II.3. Conservation.....	25
II.4. Etiquetage .....	26
II.4.1. Mentions obligatoires.....	26
II.4.2. Mentions facultatives.....	26
II.5. Production en Algérie.....	27
II.6. Consommation de l'huile d'olive en Algérie.....	27
II.7. Production mondiale .....	28

### **III. Qualité de l'huile d'olive**

III.1. Critères de qualité .....	29
III.1.1. Acidité.....	29
III.1.2. Indice de peroxyde .....	29
III.1.3. Absorbance spécifique dans l'Ultraviolet.....	30
III.1.4. Caractérisation organoleptique.....	30
III.2. Facteurs affectant la qualité de l'huile d'olive.....	31
III.2.1. Facteurs pédoclimatiques.....	31
III.2.2. Maturation des olives.....	32
III.2.3. Système de récolte des olives.....	32
III.2.4. Stockage des olives avant trituration.....	32

III.2.5. Technologie d'extraction.....	33
III.2.6. Incidence des conditions de stockage.....	33
III.2.7. Ravageurs et maladies.....	33
III.3. Qualité des huiles d'olive Algérienne.....	34

#### **IV. Altération de l'huile d'olive**

IV.1. Facteurs d'altération .....	35
IV.2. Oxydation des lipides.....	35
IV.3. Types d'oxydations.....	36
IV.3.1. Auto-oxydation.....	36
IV.3.2. Photo-oxydation.....	38
IV.3.3. Oxydation enzymatique.....	39
IV.4. Produits formés au cours de l'oxydation des lipides.....	39
IV.5. Principaux facteurs influençant l'oxydation lipidique.....	39
IV.5.1. Oxygène.....	39
IV.5.2. Température.....	40
IV.5.3. Lumière.....	40
IV.5.4. Composition chimique de l'huile.....	40

## *Partie expérimentale*

### **I. Matériel et méthodes**

I.1. Objectif du travail .....	42
I.2. Echantillonnage .....	42
I.3. Méthodes d'analyses physicochimiques.....	43
I.3.1. Analyses chimiques.....	43
I.3.1.1. Acidité.....	43
I.3.1.2. Indice de peroxyde.....	44
I.3.1.3. Indice d'iode.....	45
I.3.1.4. Indice de saponification.....	45
I.3.2. Analyses physiques.....	45
I.3.2.1. Composés phénoliques .....	45
I.3.2.2. Densité.....	46
I.3.2.3. Viscosité.....	46
I.3.2.4. Absorbance UV.....	46
I.4. Analyses statistiques .....	47

### **II. Résultats et discussion**

II.1. Analyses chimiques.....	48
II.1.1. Acidité.....	49
II.1.2. Indice de peroxyde.....	51
II.1.3. Indice d'iode.....	53
II.1.4. Indice de saponification.....	54
II.2. Analyses physiques.....	56
II.2.1. Composés phénoliques .....	57
II.2.2. Densité.....	58
II.2.3. Viscosité.....	59
II.2.4. Absorbance UV.....	60
Conclusion .....	63

### **Références bibliographiques**

**Annexe**

**Résumé**

**Abstract**

# *INTRODUCTION*

## Introduction

L'olivier, connaît une distribution géographique assez large due à son adaptation à toutes les conditions édaphiques (liées aux caractéristiques du sol) et aux reliefs du sol. Mais il trouve une place de choix dans les pays du bassin méditerranéen où on en retrouve selon le *COI (2013)* plus de 90% d'oliviers.

Cet arbre est cultivé pour ses olives et son huile. Ainsi, on distingue des variétés d'olives adéquates à la conservation pour avoir l'olive de table, le cas de *Sigoise* en Algérie (*IDOUI et al., 2009*), des variétés convenables à la production d'huile, le cas de *Chemlal* en Algérie (*BENRACHOU, 2013*), et des variétés à double aptitudes, ce sont celles qui peuvent être utilisées tant pour l'extraction de l'huile que pour la production d'olives de table.

L'huile d'olive, est le corps gras principal du régime méditerranéen. Plusieurs études indiquent que l'huile d'olive, et en particulier l'huile d'olive vierge et plus encore l'huile d'olive vierge extra, est efficace dans la prévention contre plusieurs maladies (*JOYEUX, 2017*).

L'oléiculture nationale algérienne représente environ 33% de la production arboricole. Le climat favorable et les traditions oléicoles ancestrales constituent des avantages compétitifs pour le développement de la filière oléicole et pour contribuer à l'autosuffisance en huiles végétales (*HADJ SADOK et al., 2018*). L'oléiculture en Algérie s'étend sur une superficie de 432.961 ha produisant 684.461 tonnes soit 3,3 % de la production mondiale pour l'année 2017. En 2014, l'Algérie a produit 52.400 tonnes d'huile d'olive vierge soit 1,7 % de la production mondiale. Une quantité très faible par rapport à celle de la Tunisie (5,9 % de la production mondiale pour la même année) (*FAO, 2019*).

L'huile d'olive est très appréciée surtout pour son goût caractéristique et sa valeur socioculturelle, mais aussi, grâce à ses vertus thérapeutiques, diététiques et nutritionnelles (*OUEDRHIRI et al., 2017*). Elle est constituée essentiellement de triglycérides qui sont des acides gras liés au glycérol (> 95%), ils contiennent aussi un grand nombre d'autres composants, présents en faibles quantités.

Ces composants n'en sont pas moins importants. Certains ont des effets bénéfiques sur la santé humaine, d'autres renforcent la stabilité de l'huile et d'autres encore sont responsables de son parfum délicat et unique. Les acides gras, mono et polyinsaturés, présents dans l'huile d'olive présentent une ou plusieurs doubles liaisons dans leur chaîne carbonée ce qui facilite leur oxydation par l'oxygène de l'air.

La qualité de l'huile d'olive dépend de ses caractéristiques physico-chimiques, organoleptiques, et de la teneur des composants naturels existant dans l'huile tels que la chlorophylle, les polyphénols, les caroténoïdes, les acides gras (essentiellement les acides oléiques et le linoléique) (*KHLIF et REKIK, 1996*).

La stabilité à l'oxydation appréciable de l'huile d'olive est principalement due à sa composition caractéristique en acides gras mono insaturés tels que l'acide oléique (C18 : 1) et à la présence d'une quantité importante de composants mineurs tels que les composés phénoliques et le  $\alpha$ -tocophérol dotés de fortes propriétés antioxydants (*PSOMIADOU et TSIMIDOU, 1999*).

Cependant au cours du chauffage, l'huile d'olive subit une série des réactions chimiques, à savoir, l'hydrolyse, l'oxydation, l'isomérisation, polymérisation en raison de la température élevée et l'absorption de l'oxygène et de l'eau (*CHOE et al., 2007*).

C'est dans cette perspective que s'inscrit notre étude. Un échantillon d'huile d'olive extraite selon le mode traditionnel est soumis à un chauffage dans une friteuse électrique à 180°C à couvercle fermé pendant 6 heures en continu. L'évolution de la qualité de cette huile est suivie grâce à la détermination de certains indices physico-chimiques, l'acidité, indice de peroxydes, indice d'iode, etc.

*Synthèse*  
*Bibliographique*

## **I. Généralités sur l'huile d'olive**

### **I.1. Définition**

Selon le *Codex Alimentarius (1981)*, l'huile d'olive est obtenue uniquement à partir du fruit de l'olivier (*Olea europaea L.*), à l'exclusion des huiles obtenues à l'aide de solvants ou de procédés de réestérification.

### **I.2. Classification**

Selon le *COI (2019)*, les huiles d'olive englobent l'huile d'olive vierge, l'huile d'olive raffinée et l'huile d'olive mixte.

#### **I.2.1. Huile d'olive vierge**

Les huiles d'olive vierges sont les huiles obtenues du fruit de l'olivier (*Olea europaea L.*) uniquement par des procédés mécaniques ou d'autres procédés physiques dans des conditions, thermiques notamment, qui n'entraînent pas l'altération de l'huile, et n'ayant subi aucun traitement autre que le lavage, la décantation, la centrifugation et la filtration.

##### **I.2.1.1. Huiles d'olive vierges propres à la consommation en l'état**

-l'huile d'olive vierge extra est l'huile d'olive vierge dont l'acidité libre, exprimée en acide oléique, est au maximum de 0,80 gramme pour 100 grammes ;

-l'huile d'olive vierge est l'huile d'olive vierge dont l'acidité libre, exprimée en acide oléique est au maximum de 2,0 grammes pour 100 grammes ;

-l'huile d'olive vierge courante est l'huile d'olive vierge dont l'acidité libre exprimée en acide oléique est au maximum de 3,3 grammes pour 100 grammes.

##### **I.2.1.2. Huiles d'olive lampantes**

Ce sont des huiles d'olive vierges qui doivent faire l'objet d'un traitement avant leur consommation. Ces huiles vierges de départ ont une acidité libre exprimée en acide oléique supérieure à 3,3 grammes pour 100 grammes ; elles sont destinées aux industries du raffinage ou des usages techniques.

#### **I.2.2. Huile d'olive raffinée**

Cette catégorie d'huile est obtenue des huiles d'olive vierges par des techniques de raffinage qui n'entraînent pas de modifications de la structure glycéridique initiale. Son acidité libre exprimée en acide oléique est au maximum de 0,30 gramme pour 100 grammes.

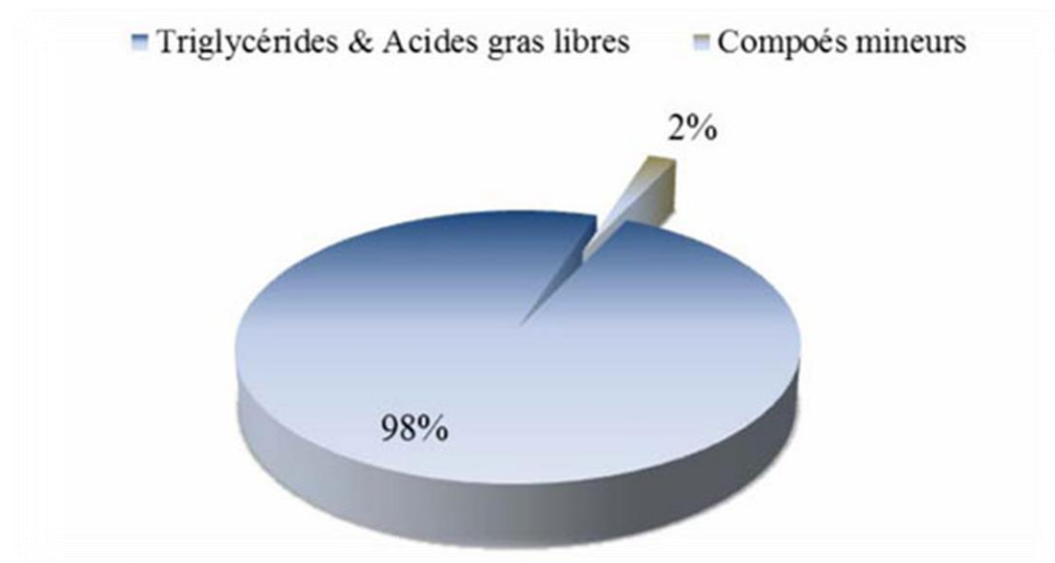
#### **I.2.3. Huile d'olive mixte**

Cette catégorie d'huile est issue du coupage d'huile d'olive raffinée et d'huiles d'olive vierges propres à la consommation en l'état. Son acidité libre exprimée en acide oléique est au maximum de 1,00 gramme pour 100 grammes.

### I.3. Composition chimique de l'huile d'olive

La composition chimique de l'huile d'olive (*Olea europaea*, L.) dépend largement de la variété du fruit, des conditions agronomiques, du degré de maturité, des procédés d'extraction et des conditions de stockage (CICHELLI et PERTESANA, 2004).

L'huile d'olive est composée d'environ 98% de matières grasses. La fraction saponifiable est composée d'acides gras et les triglycérides ; le 2% restant constitue les composés mineurs. La fraction insaponifiable est composée de stérols, composés aromatiques, tocophérols, pigments, hydrocarbures, et composés phénoliques (figure 1)(BENARIBA, 2016).



**Figure 1** : composition chimique de l'huile d'olive (BENLEMLIH, 2012)

#### I.3.1. Fraction saponifiable

##### I.3.1.1. Triglycérides

Les triglycérides (TG) sont les constituants majoritaires des huiles d'olive vierge ; ils proviennent de l'estérification des trois fonctions alcools du glycérol par des acides gras (AG). Les TG sont couramment désignées par trois lettres correspondant aux abréviations des AG qui estérifient la molécule de glycérol.

Les principaux TG de l'huile d'olive sont : la trioléine « OOO » (40 à 60%), la dioléopalmitine « POO » (10 à 20%), la dioléolinoléine « OOL » (10 à 20%), la palmitooléolinoléine « POL » (5 à 7%) et la dioléostéarine « SOO » (3 à 7%) (tableau) (RYAN et al., 1998 ; BOSKOU et al., 2006)

**Tableau I.** Principaux triglycérides retrouvés dans l'huile d'olive (RYAN, 1998)

Nature	% des glycérides
OOO	40-60
POO	10-20
OOL	10-20
POL	5-7
SOO	5-7

### I.3.1.2. Acides gras

Les acides gras (AG) sont des molécules organiques comprenant une chaîne carbonée terminée par un groupement carboxyle. Cette chaîne carbonée peut être dépourvue de toute double liaison carbone-carbone, dans ce cas les AG sont dits « saturés ». Elle peut également contenir une double liaison (acides gras monoinsaturés AGMI) ou plusieurs doubles liaisons (acides gras polyinsaturés AGPI). Pour les acides gras insaturés, ils sont souvent référencés selon la position de la première double liaison par rapport au groupement méthyl terminal. Il existe deux grandes familles d'AGPI : la série en n-6 (ou oméga 6) et la série n-3 (ou oméga 3). Dans l'huile d'olive on trouve de l'acide linoléique (oméga 6) et de l'acide alpha-linolénique (oméga 3). Ces acides gras sont dits « essentiels » car ils ne peuvent pas être synthétisés par l'organisme de l'Homme (VEILLET, 2010).

L'huile d'olive se compose principalement d'acides gras monoinsaturés (72%) avec 14% d'acides gras polyinsaturés et 14% d'acides gras saturés (tableau II) (HARWOOD, 2000)

#### I.3.1.2.1. Acides gras saturés

Ils représentent entre 12 à 18 % (selon les productions) de la teneur en lipides de l'huile d'olive (HENRY, 2003). Ils sont représentés essentiellement par l'acide palmitique  $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{14} - \text{COOH}$  et par l'acide stéarique  $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{16} - \text{COOH}$ .

#### I.3.1.2.2. Acides gras polyinsaturés

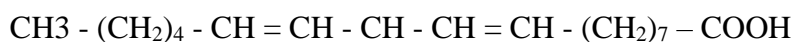
Ils représentent entre 7 à 13 % (selon les productions) de la teneur en lipides de l'huile d'olive. On distingue deux familles selon la place de la première double liaison sur la chaîne carbonée (HENRY, 2003). Les AGPI appartiennent à deux séries,  $\omega 6$  et  $\omega 3$ .

**Tableau II** : Composition de l'huile d'olive en acides gras (COI, 2003)

Acides gras	Symboles	Limite de variabilité (%)
Acide myristique	C14 : 0	≤ 0,05
Acide palmitique	C16 : 0	7,5 – 20,0
Acide palmitoléique	C16 : 1	0,3 – 3,5
Acide heptadécanoïque	C17 : 0	≤ 0,3
Acide heptadécénoïque	C17 : 1	≤ 0,3
Acide stéarique	C18 : 0	0,5 – 5,
Acide oléique	C18 : 1	55,0 – 83,0
Acide linoléique	C18 : 2	3,5 – 21,0
Acide α-linolénique	C18 : 3	≤ 1,0
Acide arachidique	C20 : 0	≤ 0,6
Acide gadoléique	C20 : 1	≤ 0,4
Acide béhénique	C22 : 0	≤ 0,2
Acide lignocérique	C24 : 0	≤ 0,2

L'acide linoléique est le précurseur de tous les AGPI à très longue chaîne de la série (ou famille) des oméga-6. C'est un AGPI composé de 18 atomes de carbone et qui compte deux doubles liaisons, dont la première en position 6 d'où le nom de cette famille :

Acide linoléique (C18: 2, ω6) de la structure suivante :



L'acide α-linolénique est le précurseur de tous les AGPI à très longue chaîne de la série (ou famille) des oméga-3. C'est un AGPI composé de 18 atomes de carbone et qui compte trois doubles liaisons dont la première en position 3 d'où le nom de cette famille :

Acide α-linolénique (C18 : 3, ω3) de la structure suivante :



Les espèces animales ne sont pas capables d'assurer la désaturation en position 6 et 3. Ainsi, on dit que l'acide linoléique et l'acide alpha-linolénique sont essentiels. Ces deux AGE

sont indispensables à notre organisme qui ne sait pas les synthétiser. Ils doivent donc être absolument apportés par l'alimentation. En effet, c'est à partir d'eux que seront synthétisées, au niveau du foie, des substances comme les prostaglandines ou encore les leucotriènes (HENRY, 2003).

### I.3.1.2.3. Acides gras monoinsaturés

Acide oléique :  $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_7 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_7 - \text{COOH}$

Acide palmitoléique :  $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_6 - \text{CH} = \text{CH} - (\text{CH}_2)_5 - \text{COOH}$

## I.3.2. Fraction insaponifiable

Elle correspond à l'ensemble des constituants d'un corps gras qui, après saponification, sont peu solubles dans l'eau et solubles dans les solvants des graisses, cette fraction contient des constituants dits « mineurs » par leur faible proportion dans la composition chimique de l'huile d'olive, mais qui lui apportent une valeur biologique d'une grande richesse (HENRY, 2003). Elle est constituée de : stérols, les composés aromatiques, tocophérols, pigments et, les hydrocarbures.

### I.3.2.1. Stérols

Les stérols végétaux appelés phytostérols occupent la plus grande partie de la matière insaponifiable des huiles constituants non glycéridique ; ils représentent en poids environ 50% de l'insaponifiable.

L'huile d'olive est la seule huile qui contient un taux particulièrement élevé de  $\beta$ -sitostérol, substance qui s'oppose à l'absorption intestinale du cholestérol (BENRACHOU, 2013). La composition stérolique est spécifique pour chaque espèce végétale. Plusieurs études ont identifié trois principaux stérols dans les huiles d'olive : le  $\beta$ -sitostérol, le campestérol et le stigmastérol (tableau III) (BENTEMIM, 2008).

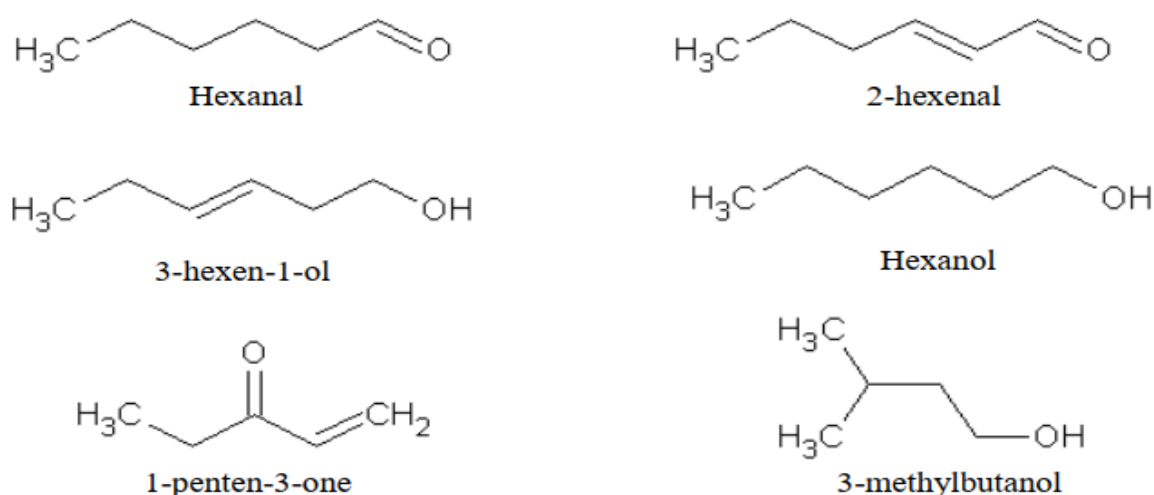
**Tableau III** : Composition moyenne en stérols de l'huile d'olive (UZZAN, 1992).

Stérols	% stérols totaux
$\beta$ -sitostérol	75 – 90
$\Delta$ -5 avenastérol	3 – 14
Campestérol	2 – 4
Stigmastérol	1 – 2
Cholestérol	<0.3

### I.3.2.2. Composés aromatiques

Les composés aromatiques sont des molécules de faible poids moléculaire (inférieur à 300 Da) possédant une volatilité à température ambiante. L'odeur de l'huile est due à la capacité de certaines de ces molécules volatiles à atteindre les récepteurs olfactifs du nez (ANGEROSA, 2000)

Ces composés volatiles sont majoritairement des produits de l'oxydation des acides gras (figure 2). D'une manière générale, les enzymes endogènes présentes dans l'olive, vont dégrader les acides gras par des voies de lipoxygénases et ces produits de dégradation vont être associés aux perceptions positives des arômes de l'huile d'olive. A l'inverse, les produits d'oxydation chimique ou dus à des enzymes exogènes (activité microbologique) seront généralement associés à des défauts sensoriels (VENKATESHWARLU, 2004)



**Figure 2 :** Structure chimique des composés volatiles majoritaires (VEILLET, 2010)

### I.3.2.3. Tocophérols

Les tocophérols sont reconnus pour leur double action bénéfique (Figure 3 et tableau IV). En effet ils ont tout d'abord l'atout d'être une vitamine liposoluble (vitamine E) et ils ont également une forte activité anti oxygène (BURTON, 1986). La teneur totale en tocophérols, dans les huiles d'olive est très variable (BOSKOU, 2006).

On distingue quatre types de tocophérols :

-les  $\alpha$ -tocophérols représentent 90% des formes de tocophérols. Cette forme possède la plus forte activité vitaminique et est la plus active. Elle s'oppose au noircissement et à la

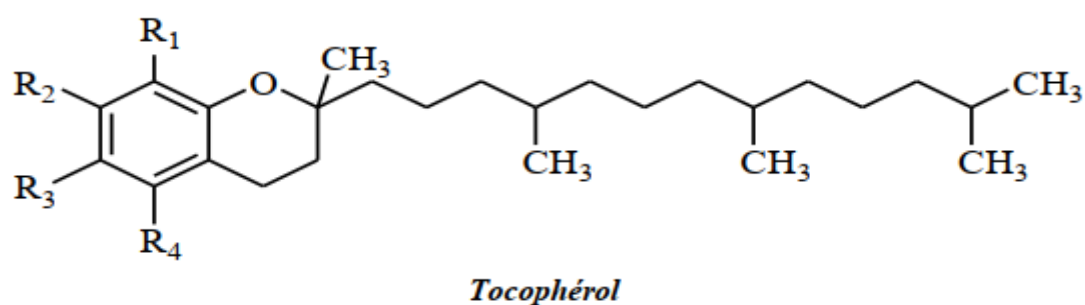
polymérisation de l'huile, et protège contre les mécanismes athérogènes. La teneur moyenne en  $\alpha$ -tocophérol de l'huile d'olive est de 18 mg pour 100g.

-les beta - tocophérols

-les gamma - tocophérols

-les delta - tocophérols

(HENRY, 2003)



**Figure 3** : Structure générale d'un tocophérol (VEILLET, 2010)

**Tableau IV** : Structures des tocophérols (VEILLET, 2010)

Structure	R1	R2	R3	R4
alpha- tocophérols	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	OH	CH <sub>3</sub>
beta - tocophérols	CH <sub>3</sub>	H	OH	CH <sub>3</sub>
gamma - tocophérols	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	OH	H
delta – tocophérols	CH <sub>3</sub>	H	OH	H

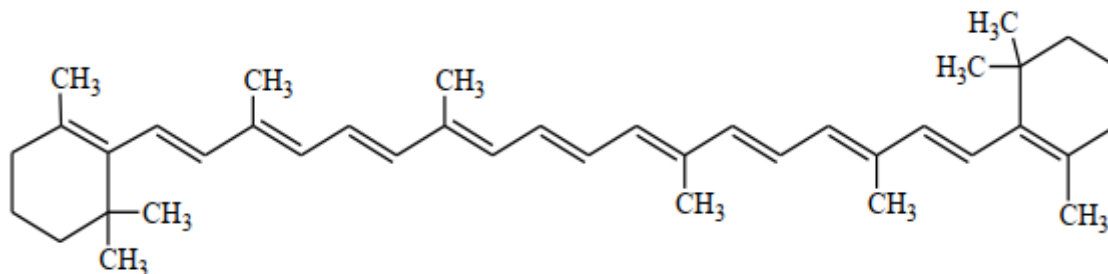
### I.3.2.4. Pigments

Deux classes de pigments naturels sont présents dans l'huile d'olive vierge, les chlorophylles et les caroténoïdes (BOSKOU, 2002). Ces pigments sont responsables de la couleur de l'huile, qui varie du vert au jaune doré (SALVADOR, 2001).

#### I.3.2.4.1. Pigments caroténoïdes

Ce sont des pigments naturels mais à structure d'hydrocarbure. L'huile d'olive contient plusieurs formes de caroténoïdes, il s'agit de la lutéine, les zeaxanthines, les xanthophylles. (KATAJA-TUOMOLA, 2008) dont la plus abondante est le  $\beta$ -carotène ou

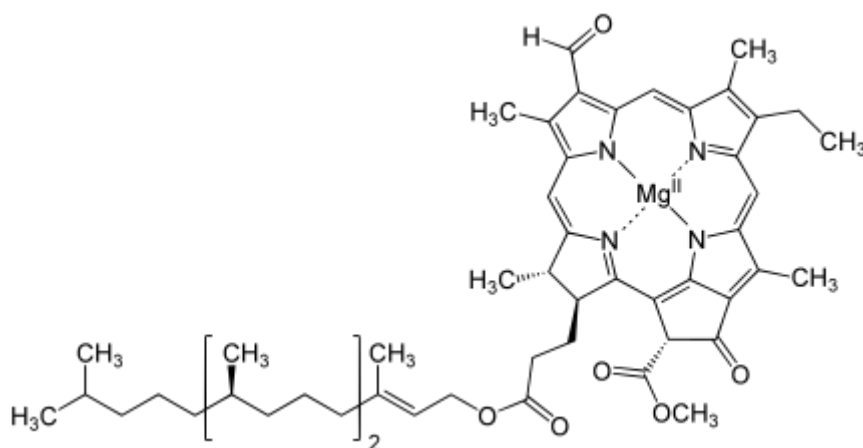
provitamine (A) (*figure 4*) à des concentrations variables (0.3 à 3.7 mg pour 1 kg). L'huile d'olive est d'ailleurs la seule huile végétale à en posséder. Au-delà de l'intérêt vitaminique, le  $\beta$ -carotène joue un rôle d'antioxydant (*HENRY, 2003*).



**Figure 4 :** Structure chimique  $\beta$ -carotène (*BENRACHOU, 2013*)

#### I.3.2.4.2. Chlorophylle

La chlorophylle (*figure 5*) donne la couleur verte à l'huile d'olive. (*HENRY, 2003*). La chlorophylle est un agent antioxydant en obscurité et pro-oxydant en présence de lumière (*BENRACHOU et al., 2016*) ; c'est une des raisons pour lesquelles il est conseillé de conserver l'huile d'olive à l'abri de la lumière (*HENRY, 2003*). Il est parmi les composants biologiquement actifs de l'huile d'olives, parce qu'il exerce une action d'excitation du métabolisme, de stimulation de la croissance cellulaire, détoxification de corps et d'accélération des processus de cicatrisation (*INANÇ, 2011*).

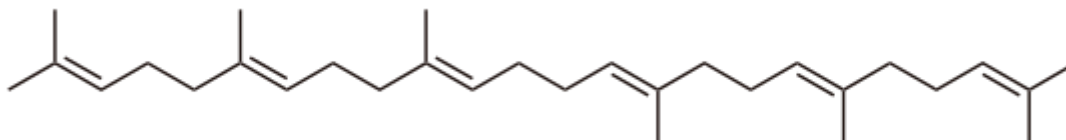


**Figure 5 :** Structure chimique chlorophylle

#### I.3.2.5. Hydrocarbures

Ce sont quantitativement les principaux composants de la fraction insaponifiable. (*HENRY, 2003*). Ils sont sous forme de chaînes linéaires ou cycliques, saturés ou insaturés. Dans l'huile d'olive le squalène (*figure 6*) et le  $\beta$ -carotène sont présents en quantités

importantes, la présence de squalène qui constitue 30 à 50% de cette fraction est considérée comme partiellement responsable des effets bénéfiques de l'huile d'olive sur la santé et de son action chimiopréventive contre certains cancers (SMITH, 1998).



**Figure 6 :** Structure chimique du squalène

### I.3.2.6. Composés phénoliques

L'huile d'olive est la seule huile, parmi les autres huiles végétales, qui contient des quantités notables de substances phénoliques naturelles qui lui confèrent son goût particulier, à la fois amer et fruité et contribuant aussi à sa stabilité (KIRISTAKIS, 1998) ; ils exercent une activité antioxydante importante.

Ils sont très variables d'une huile à une autre, tant sur le plan quantitatif que qualitatif. L'huile d'olive renferme plus de 30 composés phénoliques (LARIBI, 2015); les composés les plus abondants sont l'oleuropéine, le tyrosol, l'hydroxytyrosol, l'acide homovanillique et le verbascoside (HENRY, 2003).

### I.4. Intérêt diététique et nutritionnel de l'huile d'olive

Parmi toutes les huiles végétales, l'huile d'olive est intrinsèquement la plus stable grâce à sa grande richesse en acide oléique et des composés antioxydants tels que les composés phénoliques et les tocophérols (vitamine E). Son usage en médecine revient à des époques plus anciennes (IDDIR, 2019).

Il tire son intérêt, au plan nutritionnel d'une part, de sa composition en acides gras ; la forte teneur de l'huile d'olive en acide oléique constitue un réel atout d'un point de vue intérêt nutritionnel, d'autre part, de ses composants mineurs.

L'huile d'olive est aussi très recommandée pour la friture à cause de sa composition en acides gras mono insaturés qui la rendent plus résistante à la chaleur. C'est pourquoi elle peut être réutilisée pour la friture sans subir d'hydrogénation ou d'isomérisation, processus qui annulent les effets positifs sur le métabolisme des lipides. C'est l'huile la plus légère et la plus savoureuse pour la friture des aliments (TERDAZI, 2010).

La présence d'agents naturels dans l'huile d'olive aurait un rôle d'anti-inflammatoire sur l'organisme. L'huile d'olive est utilisée dans le traitement des troubles gastriques, biliaires et constipation grâce à ses propriétés digestives. Une étude épidémiologique a démontré que

l'huile d'olive réduit la douleur associée à l'arthrite rhumatoïde, comme elle possède un pouvoir antioxydant grâce à sa richesse en composés phénoliques.

De Plus, l'acide oléique réduit particulièrement le taux du cholestérol total et le LDL responsable de la formation de l'athérosclérose et augmente le HDL. Il normalise également les paramètres membranaires détériorés en cas d'hypertension, en améliorant la fluidité membranaire et la locution des protéines impliquées dans la régulation de la pression artérielle (*IDDIR, 2019*).

Par ailleurs, l'huile d'olive joue un rôle important dans l'augmentation de l'espérance de vie grâce à sa richesse en vitamine E.

## **II. Production d'huile d'olive**

### **II.1. Olivier et olive**

#### **II.1.1. Olivier**

##### **II.1.1.1. Généralités**

L'olivier est l'un des arbres les plus caractéristiques de la région méditerranéenne ; il a une grande importance nutritionnelle, sociale, culturelle et économique sur les populations de cette région où il est largement distribué (*CLARIDGE et WALTON, 1992*). La durée de vie d'un olivier est très longue, centenaire voire millénaire ; il peut vivre jusqu'à 1000 ans. Il est parfaitement adapté au climat méditerranéen. En effet, la plupart de la superficie mondiale dédiée à cette culture se trouve, justement, dans le bassin méditerranéen que se concentrent 95% de la production et 85% de la consommation mondiale. Il supporte parfaitement des sécheresses prolongées mais craint les froids trop vifs et l'humidité stagnante. Il a besoin d'un ensoleillement prolongé et supporte les fortes chaleurs de l'été. Néanmoins, un hiver marqué lui est nécessaire pour induire la production de fleurs et donc d'olives.

L'instruction d'olivier en Algérie est connue depuis l'antiquité, il aurait été ancré par les phéniciens postérieurement vaste par les Berbères. Sa culture est liée à la nation méditerranéenne ou elle revête un éternel rôle socio-économique et écologique.

##### **II.1.1.2. Classification botanique de l'olivier**

Selon (*HENRY, 2003*), l'olivier appartient à l'ébranchement des Phanérogames, sous embranchement des Angiospermes, classe des dicotylédones, sous-classe des Asteridae, l'ordre des Srophulariales, la famille des Oléaceae, genre des *Olea*, espèce des *Olea europaea*, et variété des *Sativa*.

### II.1.1.3. Différentes variétés d'oliviers en Algérie

**Tableau V** : principales variétés de l'olivier en Algérie (MIMOUNI *et al.*, 2019)

Variété	Aire de culture	Utilisation
Sigoise	Ouest Algérien	Olive de table et huile
Chemlal	Centre Algérie Kabylie	Huile
Azeradj	Centre Algérien	Olive de table et huile
Blanquette	Est Algérien	Olive de table et huile
Limli	Est Algérien	Huile
Bouricha	Est Algérien (Collo, Oued el Kebir)	Olive de table
Rougette	Est Algérien	Huile

L'Algérie dispose de plus d'une trentaine de variétés d'oliviers. Selon les wilayas productrices, il y a des variétés dominantes ; la variété Chemlal est la plus réputée en production d'huile d'olive, sa grande vigueur lui permet de se produire sur des sols rentables qui fournissent des huiles de qualité. Elle présente une meilleure production avec une floraison précoce. Sa maturité est tardive, son rendement est abondant. La variété sigoise appelé aussi olive de Tlemcen ou picholine marocaine est principalement utilisée pour la production d'olives à table noires au vertes ; elle est également appréciée pour la production d'huile d'olive. La variété rougette, originaire de la plaine Mitidja, se trouve aussi sur piémont de l'Atlas ; elle se cultive à faible altitude produisant l'huile. Enfin, les variétés Limli, Azaradj et Bouchok se rencontrent souvent dans la vallée de la Soummam.

## II.1.2. Olive

### II.1.2.1. Description morphologique

C'est un fruit à peau lisse recouvert d'une matière cireuse hydrophobe dit la pruine, avec une chair riche en graisse ; elle renferme également un noyau (endocarpe) osseux très dure qui contient une graine (*figure 7*).

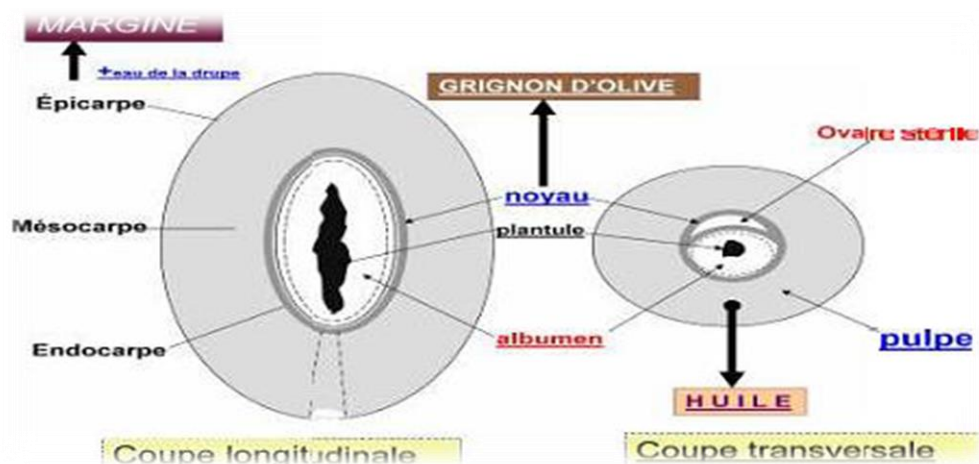


Figure 7 : structure de fruit d'olive

### II.1.2.2. Maturation de l'olive

Le processus de maturation est évalué visuellement pour chaque olivier progressivement avec un changement de couleurs. Les olives prennent petit à petit de la couleur. Elles sont d'abord vertes puis virent au noir violacé avant d'élaborer une couleur noire uniforme (figure 8). La couleur et la texture du mésocarpe varient par étapes, ainsi que la couleur et les caractéristiques de l'huile.



Figure 8 : Changement de couleur au cours de la maturation

L'olive renferme un principal amer (oleuropéine). Elle a une faible teneur en sucre (2,6 à 6%) et une forte teneur en huile (12 à 30%). Mais elle est trop amère à être consommée telle quelle et doit être transformée. Les fruits récoltés à la main avant leur chute de l'arbre ont été traités pour devenir des olives de table.

Les olives de table doivent être suffisamment grosses (entre 3 et 5g), la plus charnue possible avec un noyau se détachant facilement, contenant une forte teneur en sucres (minimum 4%), mais une teneur en huile la plus basse possible. Les olives noires naturellement, sont cueillies à maturité, puis lavées à l'eau claire et plongées dans une saumure à 10%-12% de sel

marin. Elles sont consommables après six à huit mois. Pour les olives vertes, les fruits sont cueillis lorsqu'ils sont suffisamment gros (d'Aout à Octobre).

### II.1.2.3. Composition chimique de l'olive

La composition chimique des olives (tableau VI) est en fonction de plusieurs paramètres comme la variété, le climat et les conditions culturelle (IDDIR, 2019).

**Tableau VI** : Composition de l'olive (MAILLARD, 1975)

Partie anatomique \ Composition (%)	Eau	Lipides	Protides	Glucides	Cendre
Pulpe (épicarpe et mésocarpe)	24,2	56,40	6,8	9,9	2,66
Coque de noyau	4,2	5,25	15,6	70,3	4,16
Amandon	6,2	12,26	13,8	56,6	2,16

## II.2 Méthodes d'extraction de l'huile d'olive

Grâce à la simplicité d'extraction, l'huile d'olive a pu être fabriquée depuis l'antiquité. La technique a subi de nombreuses évolutions au cours du temps qui peuvent être regroupées en deux grandes catégories : les évolutions relatives au broyage des olives et les évolutions relatives à la séparation des différentes phases. Entre ces deux grandes étapes, la pâte d'olive est malaxée afin d'être homogénéisée et de permettre la coalescence des gouttelettes d'huile. Lors de leur arrivée chez un moulinier, les olives sont pesées puis passent généralement dans un système de laveuse-effeuilleuse qui va les nettoyer et permettre d'en retirer les impuretés (terre, cailloux, feuilles...) avant le broyage (VELLEIT ; 2010).

### II.2.1. Opérations préliminaires

#### II.2.1.1. Récolte des olives

La période de récolte des olives s'étend de septembre à février en fonction de l'utilisation des olives (olives de table plus précoce que pour l'huile) ainsi qu'en fonction de la variété d'olives. Les conditions climatiques ainsi que la région de production ont également un impact sur la vitesse de maturation des olives et donc sur la période optimale de récolte. Il existe de nombreuses techniques de récolte des olives variant en fonction de la destination finale de ces olives, de la nature du sol et de la superficie de l'exploitation (VEILLET, 2010).

La méthode traditionnelle est la récolte à la main (*figure 9*), c'est la plus respectueuse de l'arbre mais la récolte est fastidieuse et très longue donc cette technique n'est plus utilisée que pour les olives de table (car elles ne doivent pas être abimées).

Une autre méthode est adoptée la cueillette au peigne manuel (*figure 10*) : les oléiculteurs déposent un filet sur le sol et utilisent un peigne qui va arracher les olives de la branche et les faire tomber sur le filet.



**Figure 9** : récolte à la main



**Figure 10** : cueillette au peigne manuel

Il existe maintenant des systèmes de peignes mécaniques équipés d'un moteur faisant tourner les peignes au bout d'un manche télescopique. Cette technique permet une récolte plus rapide des olives et reste peu traumatisante pour les olives. En Espagne ou en Italie la technique la plus utilisée sur les grandes exploitations est celle par vibration des branches : des pinces métalliques viennent enserrer le tronc de l'olivier et une vibration à haute fréquence va être appliquée au tronc. Les olives mûres vont alors tomber de l'arbre et peuvent être utilisées pour la production d'huile. Le principal inconvénient de ce système, outre son coût à l'achat, est les dégâts qu'il peut occasionner aux jeunes rameaux des oliviers (VEILLET, 2010).

### II.2.1.2. Entreposage

Dans le cas de lots de faible importance, récoltés intégralement à la main, cette phase se déroule en partie dans l'exploitation oléicole dans le but d'atteindre les quantités nécessaires pour un cycle de traitement. Pour des lots plus importants, obtenus en général par des moyens mécanisés, les olives récoltées sont directement livrées au moulin à huile et entreposées dans un espace ou un local séparé, voire directement dans un espace situé au départ de la ligne de traitement. Autrefois, on entreposait les olives en sacs de jute, actuellement on emploie des caisses ajourées (*figure 11*) ou des palox dans le cas de systèmes palettisés, en réduisant autant que

possible l'épaisseur des couches pour améliorer l'aération des olives et prévenir les risques de fermentation.



**Figure 11** : entreposage dans des caisses en plastiques

## II.2. Trituration des olives

### II.2.1. Effeillage et lavage

Dans cette étape, les olives sont débarrassées de toutes les impuretés, telles les feuilles, les branches, les pierres, etc. Ensuite, elles sont généralement lavées pour éliminer les éventuels résidus de traitements phytosanitaires (ROEHLLY, 2000). Il se fait par immersion des olives dans des laveuses ad-hoc qui maintient l'eau en mouvement forcé pour améliorer le résultat de l'opération.



**Figure 12** : Effeillage et lavage des olives

### II.2.2.2. Broyage

Le broyage constitue la première phase de l'extraction proprement dite. Les olives sont soumises à des actions mécaniques qui provoquent la rupture des parois cellulaires et des membranes entraînant la libération des sucs cellulaires et de l'huile. Cette action résulte du frottement des fragments de noyaux sur la pulpe, ou des chocs des dispositifs mécaniques en rotation à grande vitesse dans la masse de la pulpe.

Le produit obtenu à l'issue de cette phase, dans la plupart des installations, est une pâte, la pâte d'huile, masse semi-fluide composée d'une fraction solide (fragments de noyaux, peaux et pulpe) et d'une fraction liquide (émulsion d'eau et d'huile) (VEILLET, 2010).

#### II.2.2.2.1. Broyeur à meule

Les systèmes utilisés sont fondamentalement de deux types. Il existe des meules anciennes de diverses dimensions, coniques cylindriques ou cylindro-coniques. Les meules modernes fonctionnent toujours selon le même principe : l'action mécanique est exercée par la rotation d'une ou plusieurs grandes roues en pierre (généralement de granit) sur la masse travaillée. Contrairement à ce que l'on pourrait penser, la libération des sucs n'est pas provoquée par l'écrasement, mais par l'action de frottement des arêtes coupantes des fragments de noyau sur la pulpe des olives. Le rôle des roues est donc de concasser les noyaux et de malaxer la masse travaillée.

Autrefois la meule était constituée d'une seule roue actionnée au moyen d'un bras attelé à un âne ou un cheval ; elle était d'un encombrement important pour permettre le mouvement circulaire de l'animal. La meule actuelle est mue par un moteur de cinq à douze kilowatts et est de dimensions relativement limitées, d'un encombrement de 10 à 25 m<sup>2</sup>. Elle se compose d'un bac à fond de granit ou d'acier et aux bords relevés et d'un ensemble de deux à six roues en granit à axe horizontal, et disposées par paires, à des écartements variant par rapport à l'axe vertical du bac. Le plan de roulement des roues est relevé de quelques millimètres par rapport au fond du bac et est réglable de manière à obtenir des fragments de noyaux de dimensions adéquates. En général le réglage du plan de roulement est adapté aux caractéristiques des noyaux de la variété d'olivier prédominante dans les environs du moulin.

La meule est enfin munie de lames qui ont pour mission de racler la pâte qui adhère aux roues et d'améliorer le malaxage en repoussant la pâte sous les roues (VITAGLIANO, 2001).



**Figure 13** : meule de granite à deux roues.

#### II.2.2.2.2. Broyeur à marteaux, à couteaux et à disques

Les broyeurs entièrement métalliques sont les appareils préférés dans les installations modernes à cycle continu parce qu'ils intègrent parfaitement les exigences de l'automatisation. Ils se composent d'une série d'éléments métalliques tournant rapidement et munis d'arêtes vives, marteaux ou couteaux variant en nombre et en épaisseur ; leur vitesse de rotation est de 1200-3000 tours / min.

Ils sont mus par des moteurs d'une puissance de dix à quarante kilowatts. La rupture de la pulpe est causée par les chocs des dispositifs tournant à grande vitesse, et, également par l'action mécanique des fragments de noyaux. Les broyeurs à disques tournent moins rapidement. Le traitement se fait en des temps très brefs, de l'ordre de quelques secondes, et se prête bien à un fonctionnement en cycle continu avec chargement et déchargement automatisé. L'encombrement est de l'ordre de quelques mètres carrés (VITAGLIANO, 2001).



**Figure 14** : broyeur à marteau

### II.2.2.3. Malaxage

C'est une étape est indispensable avant la séparation des différentes phases de la pâte, il s'agit du malaxage. Le malaxage a pour but d'homogénéiser la pâte d'olive (*figure 15*), il permet surtout la coalescence des gouttelettes d'huile (*VELLEIT, 2010*).

Le malaxage est fondamental pour augmenter le rendement de l'extraction, il est conçu pour renforcer l'effet d'écrasement et d'uniformiser la pâte. Son objectif est de briser l'émulsion huile/eau de sorte que les gouttelettes d'huile se rassemblent pour former des gouttes plus grosses (*LIAZID, 2014*).



**Figure 15 :** Malaxage des olives.

### II.2.3. Procédés d'extraction d'huiles d'olives

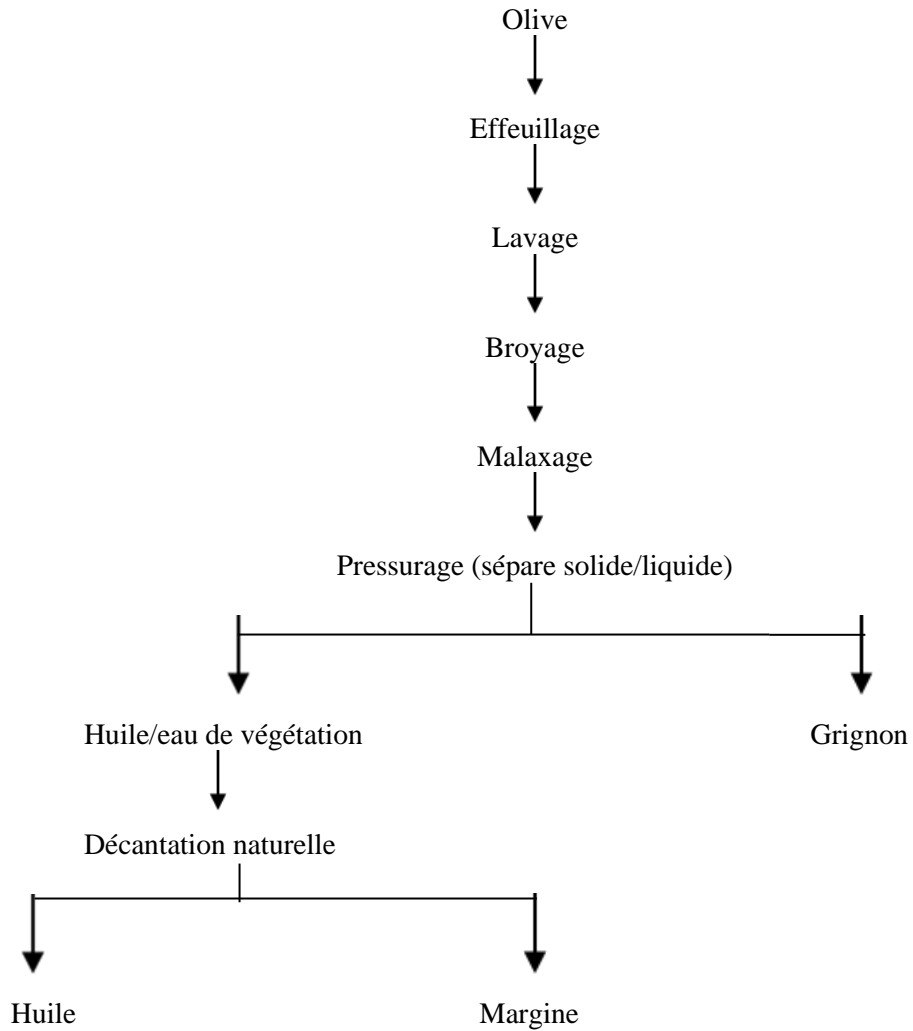
L'extraction proprement dite est la séparation entre la phase solide « grignons », la phase aqueuse « margines » et la phase huileuse.

#### II.2.3.1. Procédé discontinu ou système à presse

C'est la méthode ancienne, qui sépare le moût d'huile du grignon par une filtration sous l'effet de la pression (*figure 16*). La pression est obtenue dans une presse hydraulique ouverte en disposant la pâte d'huile en couches minces alternées avec des disques en fibre, appelés scourtins, en une tour mobile.

Le dispositif utilisé pour la construction de la pile consiste en un plateau circulaire en acier au bord légèrement relevé et profilé, monté sur un chariot pour la manutention. Au centre du plateau est inséré un cylindre creux (dit aiguille) qui a pour objet de maintenir la pile en

position verticale et favoriser l'écoulement du moût d'huile également le long de l'axe central de la pile (VITAGLIANO, 2001).



**Figure 16 :** Diagramme du système d'extraction par presse

**Tableau VII** : avantages et inconvénients d'extraction par pression (*BENARIBA et AZZOUNI, 2016*)

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>-meilleur rendement en huile ;</li> <li>-bonne qualité des grignons ;</li> <li>-faible consommation d'eau et d'énergie ;</li> <li>-moindre quantité d'eau de végétation à éliminer.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-coûts de main d'œuvre élevés ;</li> <li>-charges liées à la difficulté de nettoyage des scourtins ;</li> <li>-fonctionnement en cycle discontinu ;</li> <li>-risques de dégradation de la qualité en cas de défaut de propreté des scourtins ;</li> <li>-grandes difficultés, voire impossibilité à extraire l'huile des pâtes à haute teneur en eau (début de saison et variétés à faible rendement).</li> <li>-forte charge polluante des margines.</li> </ul>

### II.2.3.2. Procédé continu ou par centrifugation

C'est une méthode de grande diffusion parce qu'elle permet de surmonter les multiples centrifugations dans un tambour conique tournant sur un axe horizontal (décanteur). La centrifugation se fait à une vitesse de rotation d'environ 3400 tours par minute. Sous l'effet des différences de poids spécifique, la centrifugation sépare deux ou trois phases. Selon les spécifications techniques, on distingue trois types fondamentaux de décanteur (*VITAGLIANO, 2001*).

**Tableau VIII** : Avantages et inconvénients d'extraction par centrifugation (*BENARIBA et AZZOUNI, 2016*).

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>-grande capacité de traitement ;</li> <li>-moindre besoin de main d'œuvre grâce à l'automatisation et au fonctionnement en cycle continu ;</li> <li>-bonne qualité de l'huile grâce au faible degré d'oxydation et à la facilité de nettoyage ;</li> <li>-encombrement limité des installations.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-consommation énergétique élevée ;</li> <li>-consommation d'eau élevée ;</li> <li>-coûts d'entretien élevés à cause de l'usure à laquelle est soumis le tambour ;</li> <li>-coûts d'élimination des effluents du fait de la quantité d'eau de végétation produite et de la charge polluante plus élevée ;</li> <li>-difficultés de gestion des grignons.</li> </ul>

### II.2.3.2.1. Procédé continu à deux phases

Il a été conçu pour pallier les inconvénients du système précédent. En pratique, il s'en différencie par une moindre utilisation d'eau et par un rendement en huile plus faible. La centrifugation sépare deux fractions seulement : les grignons et les margines ; le moût d'huile, contenant une petite quantité d'eau (*figure 17*).

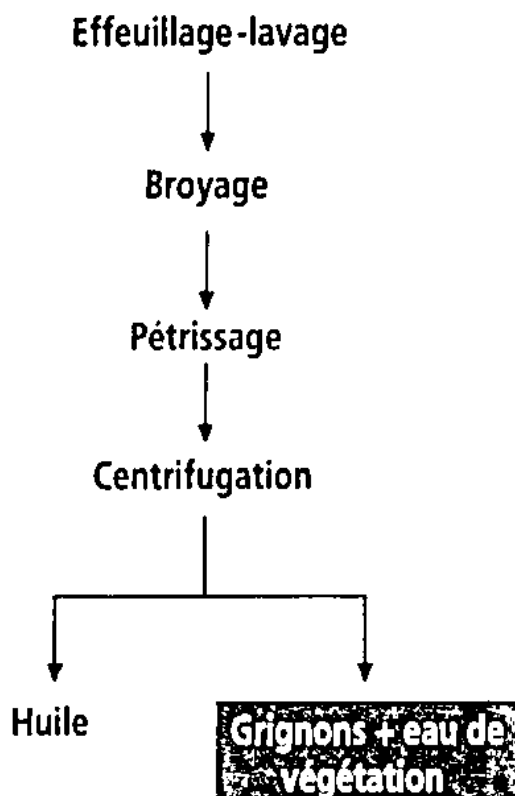


Figure 17 : extraction avec centrifugation a deux phases

### II.2.3.2.2. Procédé continu à trois phases

C'est le type le plus ancien et il présente divers inconvénients. La centrifugation sépare trois fractions : Les grignons, le moût d'huile ; contenant une petite quantité d'eau, les margines ; contenant une petite quantité d'huile (*figure 18*).

Ce système nécessite la dilution préalable de la pâte avec de l'eau. Il présente des défauts considérables parce qu'il consomme d'importantes quantités d'eau et produit des quantités élevées de margines. L'eau a en plus une action de lavage de la pâte qui porte à l'extraction d'une grande quantité de composés phénoliques. Du fait des ajouts d'eau dans le décanteur, ce dispositif génère des margines à plus faible charge polluante, mais en plus grande quantité, ce

qui rend l'élimination ultérieure plus onéreuse. Pour ces raisons, le système à trois phases est petit à petit abandonné (VITAGLIANO, 2001).

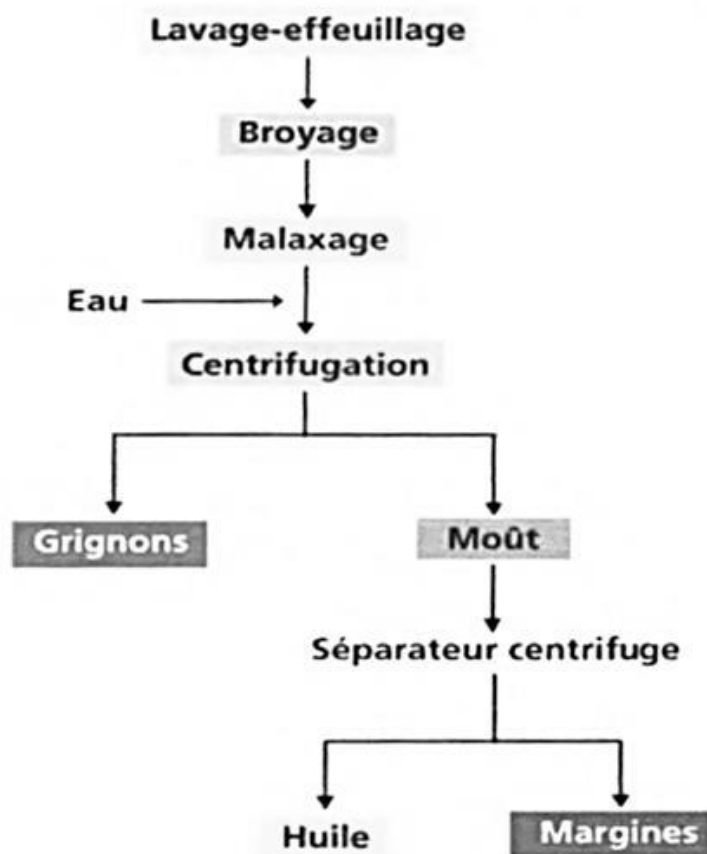


Figure 18 : extraction avec centrifugation a trois phases

### II.3. Conservation de l'huile d'olive

Selon le *COI*, (2011) conditionnement de l'huile d'olive est soumis à des règles très strictes par application des contrôles relatifs aux produits chimiques dans l'alimentation humaine, des matériaux et objets au contact des huiles ainsi que des procédés et des produits utilisés pour le nettoyage de ces matériaux. En effet, les huiles d'olive et les huiles de grignons d'olive destinées au commerce international doivent faire l'objet de conditionnement dans des récipients conformes aux principes généraux d'hygiène alimentaire recommandés par la *Commission du Codex Alimentarius*. Les récipients utilisés doivent être toutefois en bon état, étanches et inertes à l'égard de l'huile.

La production oléicole doit être stockée de manière individualisée, selon l'acidité. Le local servant au stockage de l'huile doit être exempt d'odeurs étrangères et protégé contre la

lumière solaire. Le conditionnement de l'huile doit être réalisé dans des citernes, containers, cuves, permettant le transport en vrac, des fûts métalliques en bon état, dont les parois intérieures devraient être recouvertes d'un vernis adéquat, des bidons et des boîtes métalliques recouvertes de vernis, des bonbonnes et bouteilles en verre ou de matériau macromoléculaire approprié (COI, 2011).

Selon le COI, toutes les mesures doivent être prises, au cours de la conservation de l'huile, pour éviter les altérations par contact avec des matériaux non appropriés, altérations par contact prolongé avec les impuretés aqueuses et altérations oxydatives.

#### **II.4. Etiquetage de l'huile d'olive**

L'étiquette d'une huile d'olive comporte des mentions obligatoires et des mentions facultatives.

**II.4.1. Les mentions obligatoires** prévues concernant la dénomination de vente qui doit comporter les mentions suivantes : huile d'olive vierge extra, huile d'olive vierge, huile d'olive – composée d'huiles d'olive raffinées et d'huiles d'olive vierges, huile de grignons d'olive .

– La quantité nette ; l'indication de la quantité nette est exprimée en unité de volume pour les produits liquides en utilisant, selon le cas, le litre, le centilitre, le millilitre.

– La date de durabilité minimale.

– Le nom ou la raison sociale et l'adresse du fabricant ou du conditionneur ou d'un vendeur établi à l'intérieur du territoire de la Communauté européenne.

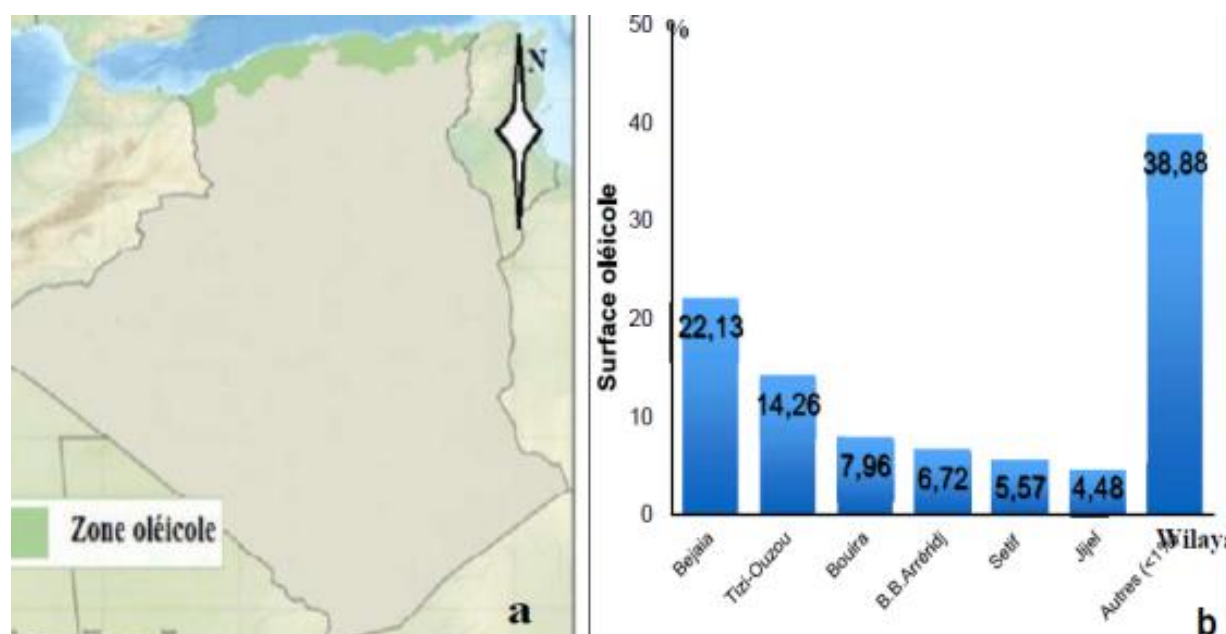
– L'indication du lot.

**II.4.2. Les mentions facultatives** concernant la mention « première pression à froid » peut figurer uniquement pour les huiles d'olive vierges extra ou vierges obtenues à moins de 27 °C, lors d'un premier pressage mécanique de la pâte d'olives, par un système d'extraction de type traditionnel avec presses hydrauliques. La mention « extrait à froid » peut figurer uniquement pour les huiles d'olive vierges extra ou vierges obtenues à moins de 27 °C, par un procédé de percolation ou par un procédé de centrifugation de la pâte d'olives. Des indications sur des caractéristiques organoleptiques faisant référence au goût et/ou à l'odeur peuvent être mentionnées uniquement pour les huiles d'olive vierges extra ou vierges. La mention de l'acidité ou de l'acidité maximale peut figurer uniquement si elle est accompagnée de la mention, dans des caractères de même taille et dans le même champ visuel, de l'indice de peroxydes, de la teneur en cires et de l'absorbance dans l'ultraviolet.

## II.5. Production de l'huile d'olive en Algérie

Selon le *COI (2016)* en Algérie, l'olivier occupe une superficie de 348196 hectares de la superficie agricole. Cependant, plus de 65% de la production oléicole est destiné à la production de l'huile d'olive. L'Algérie constitue l'un des principaux pays producteurs de l'huile d'olive, elle vient en 8<sup>ème</sup> position après l'Espagne, l'Italie, la Grèce et la Tunisie avec 66000 tonnes en matière de production d'huile d'olive.

La production nationale des olives a atteint, durant la saison 2019/2020, environ 10.380.000 quintaux, contre 8.687.000 quintaux l'année dernière, soit + 65% de production d'huile d'olive (*figure 19*).



**Figure 19** : Répartition de la zone oléicole en Algérie (a: sur la carte géographique, b: en pourcentage (*OREGGI et MARINELLI, 2017*)).

## II.6. Consommation de l'huile d'olive en Algérie

La quantité d'huile d'olive consommée par individu algérien demeure "faible" par rapport à la quantité produite localement, a considéré le même responsable dans une déclaration à l'APS en marge d'une journée d'étude sur les critères techniques d'extraction de l'huile d'olive et la gestion de sa valeur nutritive et commerciale organisée à l'initiative de la direction des services agricoles (DSA), précisant que ce constat a été enregistré dans les wilayas les plus productrices de cet aliment comme Béjaïa, Tizi Ouzou, Jijel et Bouïra (*BELASSLA, 2019*).

Dans les autres wilayas la quantité d'huile d'olive consommée annuellement est nettement inférieure à 1,5 kg, ce qui place l'Algérie "dans les dernières places en matière de consommation de cet aliment aux grandes valeurs nutritives (*BELASSLA, 2019*).

## II.7. La production mondiale en huile d'olive

La production de l'huile d'olive principalement réunie dans les pays du pourtour méditerranéen et au sud de l'Europe, ou une production mondiale de 75% est produite par l'Espagne, l'Italie, la Grèce, et le Portugal (COI, 2015). Elles produisent plus de 2, 500,000 tonnes /ans de la production mondiale de l'huile d'olive. Parmi les importants pays producteurs européens d'huile d'olive, on distingue l'Espagne dont la production est significativement très élevée, elle est de 1 283 600 t pour la campagne oléicole 2016/2017 (figure 20 et 21)

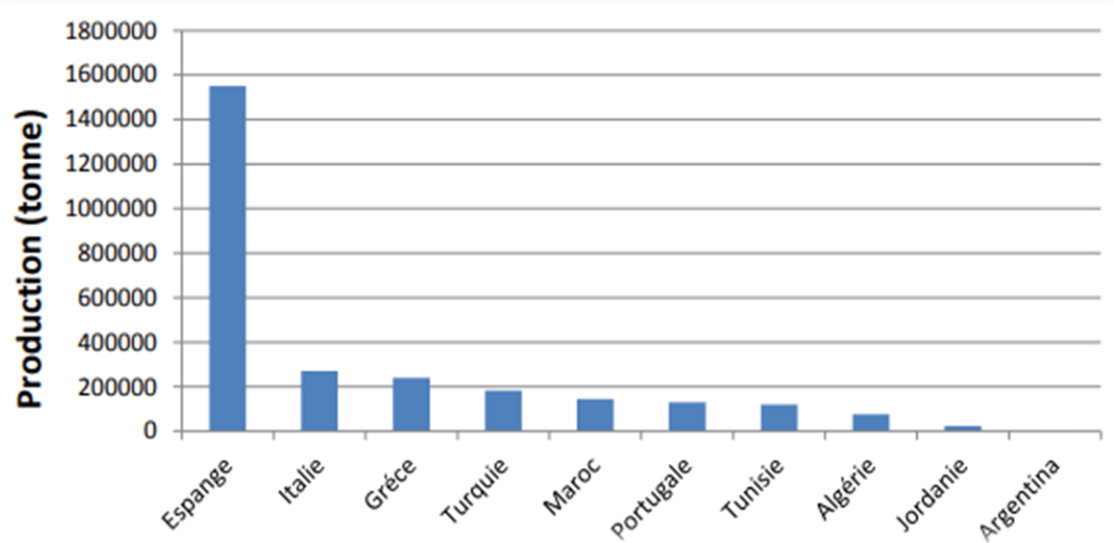


Figure 20 : Production mondiale de l'huile d'olive (COI, 2019).

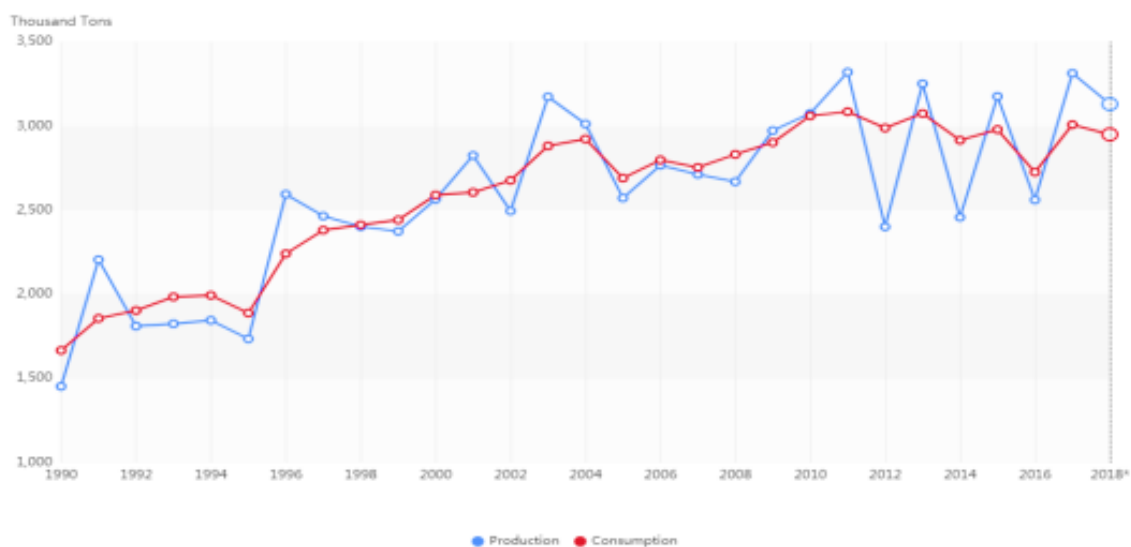


Figure 21 : Production et consommation mondiale d'huile d'olive de l'année 1990/91 à l'année 2018/2019

### III. Qualité de l'huile d'olive

#### III.1. Critères de qualité

La qualité est la somme d'un certain nombre de caractéristiques ou d'attributs individuels qui sont importants pour mesurer le degré d'acceptation d'un produit par le consommateur.

La qualité intrinsèque correspond à des critères de composition et de valeur nutritive ; la qualité hygiénique est basée sur des critères de protection de la santé du consommateur ; la qualité organoleptique englobant les aspects de la couleur, de la saveur et de la texture (VASSEUR, 1991).

Conformément au règlement N°2568/91 de la communauté européenne modifiée en 2002 et la norme commerciale du (COI, 2019), les attributs qui déterminent la qualité de l'huile d'olive sont l'acidité, les valeurs d'extinctions spécifiques dans l'UV à 232 nm et 270 nm, l'indice de peroxyde et la notation organoleptique (KALUA *et al.*, 2006).

##### III.1.1. Acidité

L'acidité est un critère important aux fins de la destination de l'huile d'olive à la consommation alimentaire et constitue une caractéristique fondamentale de la qualité (SALVADOR *et al.*, 2002 ; KALUA *et al.*, 2006). La production d'acides gras libres est une conséquence de la détérioration d'huile sous l'influence d'une enzyme hydrolytique « lipase » ou de différents microorganismes qui se développent dans le fruit à des conditions favorables de températures et d'humidité (PSYLLAKIS *et al.*, 1980). L'huile d'olive est classée comme comestible si son acidité n'excède pas 3,3%, dans le cas contraire, elle est dite industrielle.

L'acidité ne se perçoit pas sous forme de goût acide mais d'un goût de dégradation tel que le moisi. Seules des analyses de laboratoire signalent l'acidité (MAHDI, 2016).

##### III.1.2. Indice de peroxyde

Cet indice renseigne sur l'état d'oxydation de l'huile d'olive. Au contact de l'oxygène de l'air, l'huile d'olive s'oxyde et vieillit aboutissant à une altération du goût et de l'odeur de l'huile. L'indice de peroxyde selon le *codex Alimentarius* et le du (COI 2019) il doit être inférieur à 20 meqO<sub>2</sub>/kg d'huile pour les huiles d'olives vierge

### III.1.3. Absorbance spécifique dans l'Ultraviolet

L'absorbance dans l'UV ou l'examen spectrophotométriques dans l'ultraviolet peut fournir des indications sur la qualité d'une matière grasse, sur son état de conservation, et sur les modifications dues aux processus technologiques.

L'oxydation d'un corps gras conduit à la formation des hydroperoxydes qui absorbent la lumière au voisinage de 232nm. Si l'oxydation se poursuit, il se forme des produits secondaires d'oxydation, en particulier des dicétones et des cétones insaturées qui absorbent la lumière vers 270nm (TANOUDI ET AL, 2010).

Les changements d'absorption dans la région UV sont utilisés comme critères de qualité, de pureté et d'authenticité pour les corps gras (ISO 3656 :2011).

### III.1.4. Caractérisation organoleptique

L'évaluation des caractéristiques organoleptiques qui a montré une grande diversité de profil des huiles a permis de compléter les caractéristiques physico chimiques pour cibler les huiles à promouvoir (tableau IX et tableau X) (HADJ SADOK et al, 2018).

**Tableau IX** : Critères organoleptiques des huiles retenus dans la notation du Comité Oléicole International (COI, 2015).

<b>Attributs positifs</b>	
Fruité	Provenant de fruits sains et frais
Amertume	Caractéristique des huiles provenant d'olives vertes
Piquant	Caractéristique des huiles produites au début de la période de production
<b>Attributs négatifs</b>	
Moisi, humide	Apparait quand les moisissures se développent lors du stockage des olives dans des conditions d'humidité excessive.
Renfermé	Apparait quand les olives ont subi une fermentation anaérobie poussée dans leur stockage.
Sédiment boueux	Apparait quand l'huile est restée en contact avec les sédiments qui peuvent se déposer dans les tanks.
Vineux, vinaigre	Du aux fermentations des olives entraînant la formation d'acide acétique, d'acétate éthylique et d'éthanol en grande quantité.
Métallique	Apparait quand l'huile est restée en contact prolongée avec le métal.
Rance	Caractéristique de l'oxydation.

**Tableau X** : Critères de qualité de l'huile d'olive selon le (COI., 2013)

Catégories	Acidité (%)	Indice de peroxyde (mEq O <sub>2</sub> /Kg)	Absorbance dans l'UV			Caractéristiques Organoleptiques	
			270 nm	ΔK	232 nm	Médiane par défaut	Médiane du fruité
Huile d'olive vierge extra	≤ 0,8	≤ 20	≤ 0,22	≤ 0,01	≤ 2,50	Me = 0	Me > 0
Huile d'olive vierge	≤ 2	≤ 20	≤ 0,25	≤ 0,01	≤ 2,60	0 < Me ≤ 3,5	Me > 0
Huile d'olive vierge courante	≤ 3,3	≤ 20	≤ 0,30	≤ 0,01	-	3,5 < Me ≤ 6,0	-
Huile d'olive vierge lampante	≤ 3,3	Non limité	-	-	-	Me > 6,0	-

### III.2. Facteurs affectant la qualité de l'huile d'olive

Au fur et à mesure que l'acidité augmente, la qualité de l'huile d'olive sera endommagée. La qualité de l'huile d'olive est affectée par de nombreux facteurs climatiques, géographiques, pédologiques et génétiques et par les méthodes d'extraction, les pratiques culturales et les conditions de stockage.

#### III.2.1. Facteurs pédoclimatiques

Le climat, le sol et l'altitude exercent une grande influence sur la maturation des fruits ainsi sur leur composition chimique et sur la qualité de l'huile. Les terres grasses produisent comparativement des huiles moins aromatiques que les terres maigres avec des arbres moins productifs (*ÇAVUSOGLU et OKTAR, 1994*).

Des travaux de recherches réalisées par (*APARICIO et al., 1994*), ont prouvé que le climat affecte les structures cycliques de l'huile d'olive. La diminution de la température agit sur la composition en acide gras insaturé, elle génère l'augmentation de l'acide linoléique (*MOUAWED, 2005*). Le climat, le sol et l'altitude exercent une grande influence sur la maturation des fruits ainsi sur leur composition chimique et bien évidemment sur la qualité de l'huile (*ÇAVUSOGLU ET OKTAR, 1994*).

Les huiles produites dans les régions à températures élevées, sont plus visqueuses tandis qu'une pluviométrie abondante contribue à l'obtention d'huiles plus fluides. De même les huiles obtenues à des altitudes élevées sont caractérisées par des standards qualitatifs supérieurs et une stabilité oxydative plus importante (*OUAZZANI, 2017*).

### **III.2.2. Maturation des olives**

La qualité de l'huile varie en fonction du stade de maturation au moment de la cueillette des olives. En effet, la maturité est un critère variétal dont l'évolution dépend d'un ensemble de facteurs (*OUAZZANI, 2017*).

Le degré de maturité affecte la teneur en composants volatils qui confèrent à l'huile ses caractéristiques sensorielles particulières, sa teneur en composés mineurs, sa composition acide, essentiellement les acides palmitique, oléique et linoléique. C'est ainsi que les fruits récoltés précocement donnent une huile de très bonne qualité et très fruitée, ayant un faible degré d'acidité et une couleur vert-franc. Par contre, l'huile obtenue à partir d'olives récoltées à une date plus tardive a une acidité légèrement plus élevée, présente une couleur jaune-paille, n'est pas fruitée mais plutôt douce et parfois elle a un goût sec ou même de moisi. Ainsi, pour assurer une production oléicole de qualité, il faut procéder à la récolte à un stade optimal de maturité. L'époque optimale de récolte doit être déterminée pour chaque variété d'olive et par région oléicole (*OUAZZANI, 2017*).

### **III.2.3. Système de récolte des olives**

La méthode de récolte a une incidence directe aussi bien sur la quantité que sur la qualité de l'huile d'olive (quantité des impuretés, feuilles, terres et gravité des blessures provoquées aux fruits). Le choix de la méthode dépend essentiellement du système de culture adopté, de la vigueur et la forme des arbres et de la topographie des sols (*OUAZZANI, 2017*).

La cueillette à la main est une opération qui convient mieux pour obtenir une huile vierge de bonne qualité (*OUAOUICH et al., 2007*).

### **III.2.4. Stockage des olives avant trituration**

Le stockage des olives dans des sacs en plastique pour de longues durées provoque la fermentation et le rancissement des olives ce qui altère la qualité des huiles d'olive. La principale cause de la détérioration de la qualité de ces huiles extraite est due à l'activité enzymatique propre à la matière elle-même (lipolyse) et au développement microbien durant la période de stockage (*VICHI et al., 2009*).

### III.2.5. Technologie d'extraction

La présence ou l'absence d'eau dans un procédé est le principal facteur responsable de la teneur finale de l'huile d'olive en composés phénoliques et donc de sa qualité nutritionnelle. Les modes d'extraction connus peuvent altérer la qualité de l'huile en affectant sa stabilité durant sa conservation le système de séparation à deux phases induisait une meilleure qualité nutritionnelle par rapport au système à trois phases. D'après *BEN HASSINE et al (2007)*, un système d'extraction à deux phases est plus fiable et performant de point de vue stabilité oxydative et organoleptique car les volumes d'eau réduits pour le fonctionnement de l'appareil permettent, en effet, une meilleure rétention des composés phénoliques dans la phase lipidique (*VEILLET, 2010*). Une huile extraite par un système continu à une acidité inférieure à 1% tandis qu'en mode discontinu elle devient supérieure à 1% (*MOUAWED, 2005*).

### III.2.6. L'incidence des conditions de stockage

L'huile d'olive doit être conservée soigneusement à tous les stades jusqu'au moment où elle est mise à la consommation. Les conditions de stockage (la durée, la température, l'emballage...) ont un effet sur l'acidité, l'indice de peroxyde, la stabilité, la couleur, la composition en acide gras et en tocophérols (*PEREIRA et al., 2002*).

La production oléicole doit être stockée de manière individualisée, selon sa qualité. Le local servant au stockage de l'huile doit être exempt d'odeurs étrangères et protégé contre la lumière solaire. Le conditionnement de l'huile doit être réalisé dans des citernes, containers, cuves en acier inoxydable et à une température ne dépassant pas les 22 °C avec l'utilisation des techniques de barbotage à l'azote (*OUAZZANI, 2017*).

### III.2.7. Ravageurs et maladies

L'acidité, le rancissement et les saveurs désagréables résultent, en général, des altérations causées par des insectes ou des maladies. Parmi les principaux parasites de l'olivier, *Dacus oleae*, connue sous le nom de la Mouche de l'olivier. En plus de ses dégâts quantitatifs, la larve de cet insecte provoque une augmentation de l'acidité et de l'indice de peroxyde. De même, elle entraîne des modifications sensibles du rendement en huile et de la composition en acides gras (augmentation des acides saturés). Tout comme les insectes, les maladies provoquent un dessèchement des fruits, une perte consécutive de poids, augmentation de l'acidité de l'huile, et une chute précoce des fruits qui peut être de l'ordre de 40 à 50 % de la production (*OUAZZANI, 2017*).

### **III.3. Qualité des huiles d'olive Algérienne**

Selon un rapport de l'Union européenne, l'huile d'olive algérienne est de mauvaise qualité ; elle considère que l'huile d'olive algérienne est très acide pour le consommateur (SMAIL, 2009).

L'industrie oléicole en Algérie est à la traîne dans le développement en amont et en aval. En raison de la sécheresse et les incendies de forêt, l'huile d'olive algérienne est généralement de mauvaise qualité. Cependant, ils ne sont pas la seule cause des retards. Aussi la culture de l'olivier et le savoir-faire dans ce domaine, les structures d'appui, les problèmes de transformation et les huileries qui sont encore traditionnelles, font défaut de façon étonnante. L'absence de laboratoires spécialisés, d'unités de conditionnement et une faible maîtrise de l'ensemble du processus font que l'huile d'olive algérienne ne peut être comparée à pays producteur, bien que sa qualité soit indéniable. Depuis la création de l'Algérie, la culture de l'olivier en Algérie a été fortement encouragée par l'Etat. Depuis la mise en place du plan national de Développement agricole (PNDA) en 2000 (AMARNI, 2011).

## **IV. Altérations de l'huile d'olive**

### **IV.1. Facteurs d'altération**

Les altérations résultent d'une action progressive de toute une série de facteurs agissant isolément ou simultanément sur une, ou un ensemble de propriétés initiales considérées comme essentielles dans l'appréciation de la qualité. Les causes d'altération peuvent se répartir en différentes actions bien spécifiques :

Les altérations dues à des prédateurs divers : la biodégradation des olives commence au champ, où les plantes se trouvent exposées à l'attaque d'insectes, nématodes, de champignons phytoparasites, de virus, de rongeurs et d'oiseaux qui prélèvent un lourd tribut sur les récoltes. L'altération se prolonge et peut même s'amplifier au cours du stockage si les conditions du milieu sont favorables au développement des micro-organismes et si des précautions ne sont pas prises.

Les altérations d'origine interne (actions enzymatiques) : la température et l'humidité de l'environnement de stockage, conditionnent l'activité de certaines voies enzymatiques. En effet, la plupart des défauts de l'huile sont dues aux conditions climatiques des milieux de stockage qui participent à la variation de la concentration des produits de la voie de la lipoxygénase (*ANGEROSA et al., 1996*).

Les altérations d'origine externe : Elles sont déterminées par des facteurs provoquant des réactions chimiques ou des réactions biochimiques. Les réactions biochimiques résultent de l'action des micro-organismes et de leurs enzymes. Les réactions physico-chimiques résultent de l'action catalytique d'agents physiques (la lumière) ou chimiques (les ions métalliques). A citer également les réactions dues aux enzymes exogènes responsables d'une série d'oxydations chimiques ou de réactions d'hydrolyse à l'origine des défauts de l'huile (*KALUA et al., 2007*).

### **IV.2. Oxydation des lipides**

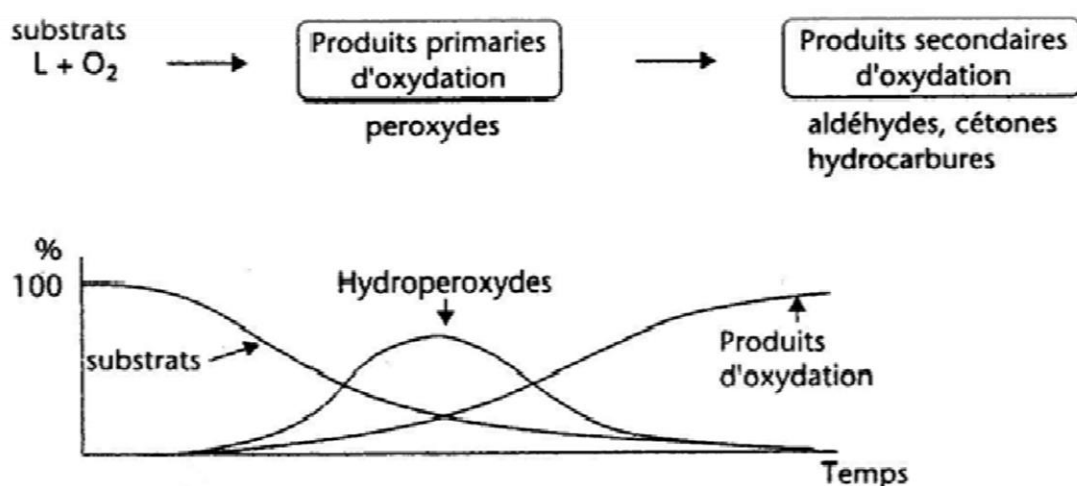
L'oxydation des lipides est une réaction de détérioration majeure qui affecte la qualité des huiles et par conséquent, constitue une préoccupation majeure pour les transformateurs et les consommateurs ; ceci en influençant négativement leurs propriétés chimiques, nutritionnelle et sensorielle (*DABBOU et al., 2011*). Initialement, l'oxydation des lipides se fait de manière lente, ensuite, elle augmente soudainement ; la durée de la première étape est appelée « période d'induction » ou « temps d'induction » (*JOAQUIN et al., 2002*).

### IV.3. Types d'oxydations

L'oxydation lipidique peut être, selon le milieu et les initiateurs mis en jeu, le résultat de plusieurs voies réactionnelles. L'auto-oxydation, initiée par la température, les ions métalliques, ou les radicaux libres correspondants à des lipides déjà oxydés. La photo-oxydation, initiée par la lumière UV en présence de photosensibilisateurs. L'oxydation enzymatique, catalysée par la lipoxygénase et la cyclooxygénase.

#### IV.3.1. Auto-oxydation

L'auto-oxydation de la matière grasse abandonnée au contact de l'oxygène constitue un ensemble complexe de réactions. Elles conduisent à la rupture des chaînes carbonées avec le développement de produits pour la plupart volatils, à structure carbonylée généralement par un processus triphasé (initiation, propagation, terminaison). Les propriétés organoleptiques de la matière grasse sont altérées : c'est le rancissement. La figure 22 montre le schéma simplifié de l'auto-oxydation (JUDDE, 2002).



**Figure 22 :** Cinétiques de formation, décomposition des hydroperoxydes et de formation des produits secondaires d'oxydation (JUDDE, 2002)

En présence d'un initiateur (I), les lipides insaturés (RH) perdent un atome d'hydrogène pour former un radical libre centré sur le carbone (R<sup>o</sup>) (radical alkyle).



Lors de l'étape de propagation, le radical alkyle, très réactif, fixe une molécule d'oxygène, pour former un radical hydroperoxyde instable, centré sur l'oxygène (2). Celui-ci arrache à son tour un hydrogène labile d'un deuxième acide gras, formant un hydroperoxyde non radicalaire plus stable (3), mais générant une nouvelle espèce radicalaire sur le deuxième acide gras.



La phase de propagation peut elle-même être décomposée en deux étapes séquentielles (JUDDE, 2002):

1- La première étape correspond à l'apparition des peroxydes, composés primaires d'oxydation, à partir des radicaux libres instables : la quantité de peroxydes formés peut être évaluée analytiquement grâce à la détermination de l'indice de peroxyde.

2- La deuxième étape se traduit par l'évolution des hydroperoxydes en composés secondaires d'oxydation par deux voies principales :

- La scission : conduisant par coupure à la libération de composés volatiles (chaînes carbonées courtes et moyennes), notamment aldéhydiques, responsables des saveurs de rance, caractérisés par un seuil de détection très faible.

- Le remaniement : conduisant suite à différents types de pontage intra- ou inter-acides gras ou suite à l'apparition de fonctions oxydées. À ce stade dit de rancissement, le goût rance est bien entendu perceptible.

Pendant la phase de terminaison, les espèces radicalaires réagissent entre elles pour donner des espèces non radicalaires, mettant ainsi fin aux cycles réactionnels.



La (figure 5) représente un schéma simplifié des stades primaires et secondaires de l'autooxydation d'une matière grasse insaturée (RH).

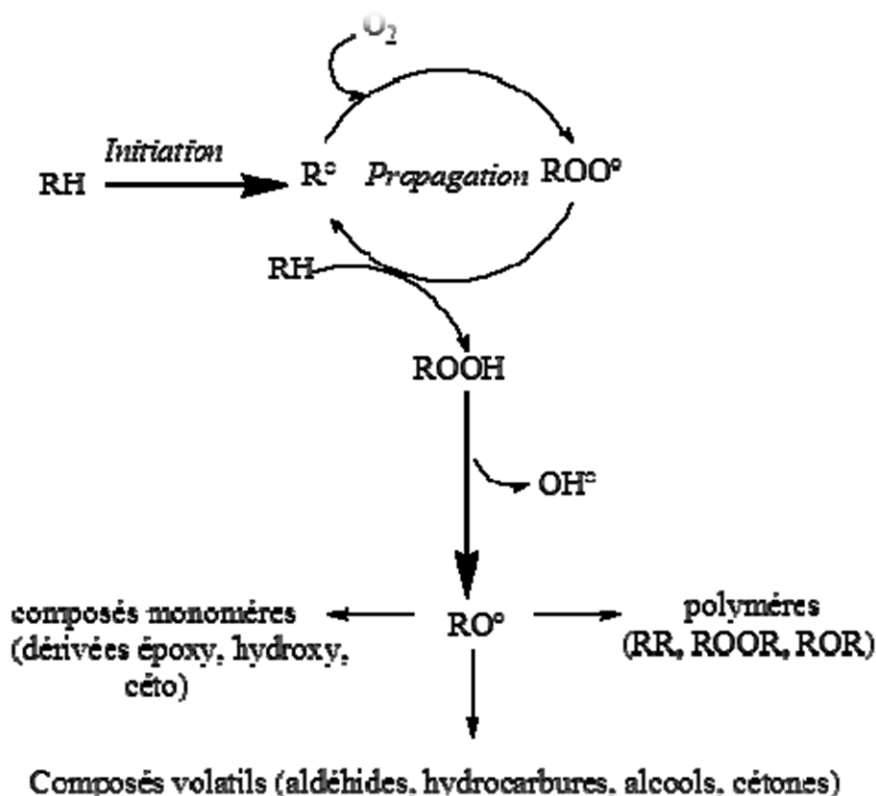


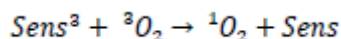
Figure 23 : Schéma simplifié de l'auto-oxydation (JOAQUIN, 2002)

#### IV.3.2. Photo-oxydation

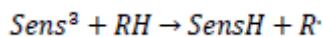
La photo-oxydation est une voie de peroxydation lipidique initiée par des substances photo sensibilisatrices. Elle correspond à la dégradation oxydative des lipides en présence d'oxygène, d'énergie lumineuse et de photosensibilisateurs (CHOE 2006,2009 ; SHAHIDI 2010). Dans ce mécanisme, les pigments et les colorants alimentaires : (chlorophylle, certains colorants, certaines vitamines) peuvent agir comme photosensibilisateur grâce à leur capacité à absorber la lumière. En présence d'un photosensibilisateur, l'énergie lumineuse convertit l'oxygène triplet ( $^3\text{O}_2$ ) en oxygène singulet ( $^1\text{O}_2$ ), qui peut réagir directement sur les doubles liaisons insaturées des chaînes grasses (HULTIN, 1994).

En effet, dans son état fondamental, la molécule d'oxygène sous son état triplet est stable et incapable de réagir avec les acides gras insaturés. Les photosensibilisateurs interviennent dans l'oxydation des lipides selon deux types de mécanismes.

Les molécules photosensibles réagissent dans leur état excité avec l'oxygène triplet auquel elles transfèrent leur énergie pour donner un oxygène singulet. L'oxygène singulet est très réactif et peut attaquer les acides gras insaturés pour former les hydro-peroxydes.



La molécule photosensible dans son état excité agit comme les radicaux libres initiateurs et arrache un hydrogène de l'acide gras insaturé pour former un radical libre qui est capable de réagir avec la molécule d'oxygène dans son état fondamental.



#### IV.3.3. Oxydation enzymatique

L'enzyme principalement impliquée est la lipoxigénase. La lipoxigénase catalyse l'insertion d'une molécule d'oxygène sur un acide gras insaturé selon une réaction stéréospécifique, et aboutit à la formation d'hydro-péroxydes. Elle agit spécifiquement sur les acides gras non estérifiés. Son activité est souvent couplée avec celle des lipases et phospholipases.

#### IV.4. Produits formés au cours de l'oxydation des lipides

Les produits primaires de l'oxydation des huiles se composent de divers hydro-péroxydes : radicaux libres, diènes conjugués (JOAQUIN, 2002 ; VILLIER, 2006).

Les hydro-péroxydes, produits primaires de la réaction, sont des molécules instables. Ils se décomposent sous l'effet de la chaleur ou des métaux en donnant naissance à des produits secondaires : aldéhydes, alcools, cétones, les composés volatils. Ces derniers volatils sont à l'origine de la modification de l'odeur des produits oxydés (JOAQUIN, 2002 ; VILLIER, 2006).

#### IV.5. Principaux facteurs influençant l'oxydation lipidique

Les principaux facteurs impliqués dans l'oxydation de l'huile d'olive au cours de stockage sont : la température, la lumière, la pression partielle en oxygène, et la composition chimique de l'huile d'olive notamment en les traces métalliques. Le contrôle ou l'inhibition de l'oxydation des lipides est basé sur la maîtrise et le contrôle de ces facteurs.

##### IV.5.1. Oxygène

Les travaux de GUTIRREZ ont montré que la quantité d'oxygène dissoute dans l'huile, qui ne peut être retirée, conditionne l'intensité de l'oxydation car la vitesse de la réaction d'oxydation est directement liée à la pression partielle en oxygène. Ainsi la perméabilité en oxygène de l'emballage et le volume libre d'air en tête conditionnent la bonne conservation de l'huile au cours de son stockage (GUTIERREZ-ROSALES, 1988 ; MENDEZ, 2007 ; PRISTOURI, 2010).

D'après PRISTOURI (2010), l'emballage plastique, ne protègent l'huile que durant quelques mois (3-6 mois) du fait de leur perméabilité à l'oxygène qui varie selon le classement suivant : PVC (chlorure de polyvinyle) > PET (téréphtalate de polyéthylène) > PP

(polypropylène) > PS(polystyrène). Certains de ces plastiques ont pourtant l'avantage d'être opaques mais le rôle de l'oxygène est un facteur clé plus important que la lumière dans le rancissement des huiles.

Pour réduire le risque d'oxydation durant le stockage, le volume en tête de l'emballage peut être aussi rempli par un gaz inerte. *DI GIOVACCHINO et al.*, (2002) ont étudié l'influence du taux de remplissage d'une bouteille d'huile d'olive remplie à 60, 90 ou 98% avec de l'air ou de l'azote, stockée sous différentes conditions de température et ont montré que la présence d'azote ralentissait le processus d'oxydation et augmentait sa résistance à l'oxydation sans changer ses qualités organoleptiques.

#### IV.5.2. Température

La température est connue comme le facteur plus influençant sur la réaction d'auto-oxydation. Cette dépendance vis-à-vis de la température est difficile à prévoir car un grand nombre de paramètres entrent en jeu. L'effet de la température est complexe parce qu'elle augmente la vitesse d'oxydation de l'huile tout en diminuant la solubilité de l'oxygène dans l'huile et en favorisant la décomposition des hydroperoxydes en divers produits secondaires (*VELASCO, 2002*). D'autre part, *GOMEZ-ALONSO et al.*, (2004) ont montré que la constante de vitesse de cette réaction augmentait exponentiellement en fonction de la température lorsqu'une huile dépourvue de pro et d'antioxydants est placée à l'abri de la lumière.

#### IV.5.3. Lumière

L'exposition d'huile d'olive à la lumière initie l'auto-oxydation (*GUTIERREZ-ROSALES ;1988*) et entraîne une photooxydation de l'huile (*JADHAV ;1996*). Les huiles exposées à la lumière, même sous un faible rayonnement UV, sont moins stables que celles conservées à l'abri de la lumière.

*KIRITSAKIS et al.*, (1985) ; *CAPONIO et al.*, (2005) ; *LUNA et al.*, (2006), ont montré qu'il existe une différence de comportement entre la *chlorophylle a* et les *phéophytines* (a et b) après huit heures d'illumination de l'huile d'olive : les peroxydes se forment en plus grande quantité en présence de phéophytines. De plus, l'huile enrichie en chlorophylles devient incolore, preuve de la dégradation de ceux-ci, alors que celle contenant les phéophytines conserve sa couleur.

#### IV.5.4. Composition chimique de l'huile

La stabilité oxydative d'une huile est due, non seulement à sa grande proportion en acides gras mono insaturés par rapport aux polyinsaturés, mais aussi à la présence des certains composés mineurs qui ont une activité anti oxydante importante (*GOMEZ-ALONSO, 2004*).

L'oxydation lipidique augmente avec le degré d'insaturation des acides gras ( *HOLMAN et al., 1974*) et la présence d'acides gras libres aurait un effet pro-oxydant de part la présence du groupement carboxylique (*MIYASHITA et al., 1990 ; KIRITSAKIS et al., 1992 ; FREGA et al., 1999*).

La présence des métaux de transition comme le fer et le cuivre peut inciter l'auto-oxydation en catalysant la décomposition des hydroperoxydes (*ANGEROSA et al., 1993 ; BENDINI et al., 2006*).

La stabilité oxydative d'une huile est directement liée à sa composition en phénols (*GUILLEN et al., 2002*) qui jouent un rôle protecteur en bloquant la phase de propagation de l'auto-oxydation des acides gras insaturés (*DEIANA et al ;2002*) en piégeant les radicaux libres et en chélatant les métaux.

D'autres composés mineurs jouent aussi un rôle protecteur non négligeable dans la stabilité des huiles d'olive. La teneur initiale en  $\beta$ -tocophérol de l'huile influence beaucoup sa résistance à l'oxydation et est étroitement corrélée avec la quantité de diènes conjugués durant le stockage (*DEIANA et al., 2002*). Sa concentration diminue si l'oxygène est régulièrement renouvelé (*PSOMIADO et al., 2002*) et décroît plus vite lorsque l'huile est stockée à la lumière (*CAPONIO et al., 2005*). Le  $\beta$ -tocophérol inhibe l'auto- et de la photooxydation. L'effet du  $\beta$ -carotène diminue progressivement car les caroténoïdes sont dégradés par la lumière et la température. En présence de chlorophylles, qui sont des photosensibilisateurs transformant, sous l'effet de la lumière, l'oxygène atmosphérique en oxygène singulet très réactif, les carotènes et tocophérols sont détruits plus rapidement car ils désactivent l'oxygène singulet.

De manière générale, les effets de ces différents composés mineurs sur la stabilité d'une huile sont nettement moins significatifs à l'obscurité qu'à la lumière (*BEN TAKAYA et al., 2007*).

*CAPONIO et al., (2005)* suggèrent qu'à la lumière, l'huile est protégée principalement par les tocophérols et les caroténoïdes alors que les substances phénoliques ont alors un rôle secondaire. À l'obscurité, ce sont les phénols qui se révèlent être les composés les plus impliqués pour protéger l'huile de son auto-oxydation

*Partie*

*Expérimentale*

## **I. Matériel et méthodes**

### **I.1. Objectif de l'étude**

L'objectif de notre étude est de déterminer l'effet du traitement thermique sur les caractéristiques physico-chimiques d'huile d'olives traditionnelle.

### **I.2. Echantillonnage**

L'huile d'olive utilisée dans notre expérimentation est produite durant la campagne oléicole 2019-2020 ; elle est extraite dans une huilerie traditionnelle du village Ain el hammam plus exactement de la région Ath Sidi Ahmed située à une altitude de 45 km au Sud-est de Tizi Ouzou à 95 km au Nord-est de Bouira d'altitude de 1200m.

L'huile a été conditionnée dans une bouteille en plastique, bien couverte à l'abri de la lumière pour éviter le phénomène de photo-oxydation.

Afin de réaliser ce travail, on a chauffé l'huile à une température de friture de 180°C dans une friteuse de marque Brandt avec le couvercle fermé pendant 6 heures en continu (*figures 24*). Des échantillons de cette huile chauffée ont été prélevés à des intervalles de temps réguliers : après 0.5h ; 2h ; 4h ; 6h ; les échantillons récupérés (5 échantillons) sont mis dans des flacons propres et secs d'un volume de 200ml bien fermés et placés à l'abri de la lumière (*figure 25*)



**Figure 24** : contrôle de la température de chauffage



Figure 25 : Echantillons d'huile après chauffage

### I.3. Méthode d'analyses physicochimiques

#### I.3.1. Analyses chimiques

##### I.3.1.1. Détermination de l'acidité

On définit l'acidité comme l'expression conventionnelle du pourcentage (%) d'acides gras libres du corps gras. On définit également l'indice d'acidité comme le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium nécessaires pour neutraliser les acides gras libres présents dans 1g de corps gras

Le principe de cette méthode repose sur la neutralisation des AG l'aide d'une solution éthanolique d'hydroxyde de potassium en présence de phénolphaléine comme indicateur coloré.



L'indice d'acidité et l'acidité sont exprimées par les formules suivantes :

$$IA = \frac{V * N * 56.1}{m}$$

$$Acidité\% = \frac{V * N * 282.5}{10 * m}$$

V : volume de KOH utilisé

N : normalité de la solution KOH

56.1 : équivalent – gramme de potassium

282.5 : masse de l'acide oléique

m : masse de prise d'essai

### I.3.1.2. Détermination de l'indice de peroxyde

L'indice de peroxyde est une grandeur qui détermine le degré d'oxydation d'une matière grasse ; il correspond à la mesure de la quantité d'oxygène actif en milli mole ou en milliéquivalent par Kg de corps gras chimiquement lié à une matière grasse sous forme de peroxydes, en particulier d'hydro peroxydes. Il permet également de calculer la teneur en hydroperoxydes en moles par kg de matière grasse.

La détermination de l'indice de peroxyde (IP) repose sur le titrage de l'iode ( $I_2$ ) libéré au cours de la réaction d'oxydation de l'iodure de potassium (KI) par une solution de thiosulfate de sodium  $Na_2S_2O_3$  en présence d'empois d'amidon comme indicateur coloré. En présence de l'oxygène  $O_2$ , les acides gras insaturés s'oxydent en donnant des peroxydes selon la réaction suivante :



L'indice de peroxyde en milli équivalent d' $O_2$ /kg est calculé selon l'équation suivante :

$$IP = \frac{(V-V_0) \cdot N}{m} * 1000$$

**V et  $V_0$** : volumes en ml des solutions de ( $Na_2S_2O_3$ ) nécessaires pour neutraliser l'échantillon et le blanc respectivement

**N** : Normalité de ( $Na_2S_2O_3$ ).

**m** : masse de la prise d'essai en grammes.

### I.3.1.3. Détermination de l'indice d'iode

L'indice d'iode est la masse d'iode en gramme nécessaire pour saturer les doubles liaisons contenues dans 100 g de matière grasse. Cette méthode est utilisée pour déterminer quantitativement l'insaturation globale d'huile d'olive.

La détermination de l'indice d'iode a été effectuée selon la méthode décrite par (THYRSINEEN, 1980). Elle repose sur la mise en solution de la matière grasse dans un solvant (éthanol) et addition d'iodure de potassium et d'eau, puis titrage de l'iode libéré par une solution de thiosulfate de sodium en présence d'empois d'amidon comme indicateur. L'indice d'iode est exprimé selon la formule suivante :

$$I_i = \frac{(V_1 - V) * 0.0127}{M} * 100$$

$V_1$  : volume de thiosulfate de sodium utilisé pour l'essai à blanc en ml.

$V$  : volume de thiosulfate de sodium utilisé pour la prise d'essai.

$M$  : poids de la prise d'essai.

#### I.3.1.4. Détermination de l'indice de saponification

L'indice de saponification d'un corps gras est le poids en milligramme de potasse (KOH) nécessaire pour saponifier les esters d'acides gras et neutraliser les acides gras non estérifiés dans un gramme de matière grasse.

Il s'agit d'un dosage en retour. On fait réagir à chaud (sous réfrigérant ascendant) une solution d'acide gras (huile d'olive) avec une solution de potasse KOH. Ensuite dosé par une solution d'acide chlorhydrique (HCL) en présence de phénolphthaléine comme indicateur. L'indice de saponification est exprimé par la formule suivante :

$$I_s = \frac{(V_1 - V) * N * 56.11}{M}$$

$V$  : nombre de ml d'acide utilisé dans l'essai avec le corps gras en ml

$V_1$  : nombre de l d'acide utilisé dans l'essai à blanc en ml

$M$  : masse de la prise d'essai en gramme

$N$  : normalité de KOH

**56.11** : masse molaire de KOH

#### I.3.2. Détermination des caractéristiques physiques

##### I.3.2.1. Teneur en composés phénoliques (réactif de Folin Ciocalteu) :

Les polyphénols sont une catégorie de molécules organiques réputés pour leurs propriétés antioxydantes. Ils comportent un noyau benzénique et des fonctions hydroxyle. L'ensemble des composés phénoliques est oxydé par le réactif de Folin-Ciocalteu (acide de couleur jaune). Ce dernier est constitué par un mélange d'acide phototungstique et d'acide phosphomolybdique qui est réduit lors de l'oxydation

des polyphénols, en mélange d'oxydes bleus de tungstène et de molybdène. La coloration bleue est mesurée à 750 nm. Le résultat est affiché sur l'appareil spectrophotomètre

### **I.3.2.2. Détermination de la densité**

C'est le rapport de la masse d'un certain volume d'huile à 20°C à la masse d'un volume égal d'eau distillée à la même température (*LION, 1955*). A l'aide d'une balance analytique, on effectue des pesées successives de volume égal d'huile et d'eau à la température de 20°C. La densité est exprimée par la formule suivante

$$D = \frac{m1 - m}{m0 - m}$$

**m** : masse du bécher vide

**m1** : masse du bécher rempli d'eau distillé

**m0** : masse du bécher rempli d'huile

### **I.3.2.3. Viscosité**

La viscosité est une mesure de résistance à l'écoulement d'un fluide. Le principe repose sur la mesure du temps que la balle en métal nécessite pour s'écouler dans le capillaire du viscosimètre remplis d'huile. La viscosité est exprimée par la formule suivante :

$$\mu(C.po)=K(\rho_f- \rho)t$$

**$\rho_f$**  : La densité de la balle de métal qui est égale à 8,02 g/ml ;

**$\rho$**  : Densité de l'huile ;

**t** : Le temps de descente en minute ;

**K** : Constante du viscosimètre qui est égale à 35.

### **I.3.2.4. Absorbance en UV**

Cette méthode consiste à déterminer les absorbances à 232 nm et à 270 nm qui correspondent au maximum d'absorbance des hydro-péroxydes et des produits secondaires d'oxydation. Le principe de cette méthode consiste en une mesure de l'absorbance à 232 nm et 270 nm d'un échantillon d'huile en solution dans l'hexane. L'absorbance UV est déterminée par la formule suivante :

$$A = \frac{A\lambda}{C * D}$$

**Aλ** : Densité optique à la longueur d'onde λ.

**C** : Concentration de la solution.

**D** : Epaisseur de la cuve(1cm).

#### **IV. Analyses statistique**

L'étude statistique a été réalisée pour la comparaison des résultats et la mise en évidence des différences significatives ou non entre les échantillons qui représentent deux répétitions (acidité, indice d'iode, indice de saponification, indice de peroxyde, densité, viscosité), en appliquant une analyse de la variance (ANOVA) à l'aide d'un logiciel Stat box ; le seuil de signification des résultats est pris à la probabilité  $p < 0,05$ .

## II. Résultats et discussion

### II.1. Analyses chimiques

Les résultats des analyses chimiques effectuées sur l'huile d'olive sont représentés dans le tableau XI.

**Tableau XI** : paramètres chimiques des échantillons d'huiles analysées

Paramètres chimiques	Temps de chauffage (h)	Moyenne $\pm$ écart type	% diminution et augmentation
<b>Acidité</b> (% acide oléique)	0	4,90 $\pm$ 0,141	-13,265
	0.5	5,00 $\pm$ 0	
	2	4,95 $\pm$ 0,071	
	4	4,70 $\pm$ 0	
	6	4,25 $\pm$ 0	
<b>Indice de peroxyde</b> (meq d'O <sub>2</sub> / Kg)	0	18,6 $\pm$ 0,141	-70,430
	0.5	19,4 $\pm$ 0,141	
	2	12,75 $\pm$ 0,354	
	3	9,45 $\pm$ 0,778	
	6	5,5 $\pm$ 0	
<b>Indice d'iode</b> (g d'iode / 100g d'huile)	0	35,0755 $\pm$ 0,255	47,048
	0.5	40,11 $\pm$ 0,198	
	2	44,488 $\pm$ 1,902	
	3	52,4385 $\pm$ 3,005	
	6	51,5755 $\pm$ 1,534	
<b>Indice de saponification</b> (mg KOH /g d'huile)	0	555,8 $\pm$ 7,495	-3,29
	0.5	564,075 $\pm$ 2,157	
	2	807,2 $\pm$ 8,91	
	4	318,57 $\pm$ 25,272	
	6	306,93 $\pm$ 10,281	

*Ces valeurs sont une moyenne de 2 répétitions*

### **II.1.1. Acidité**

L'acidité est un facteur de qualité de l'huile d'olive ; il renseigne sur l'altération de celle-ci par hydrolyse de certains triglycérides. Elle renseigne principalement sur l'altération des TG suite à une hydrolyse chimique ou enzymatique dans les conditions propices (*TANOUDI et al, 2011*).

D'après *VIELLET (2010)*, l'acidification est une caractéristique fondamentale de la qualité d'huile d'olive, plus la valeur est élevée plus la qualité de l'huile est mauvaise. Cet indice est aussi lié à la fraîcheur sanitaire des olives triturées, à la maîtrise du procédé technologique mis en œuvre pour la conservation, stockage et la transformation des olives ainsi qu'à leurs degrés de maturité (*SEKOUR, 2012*).

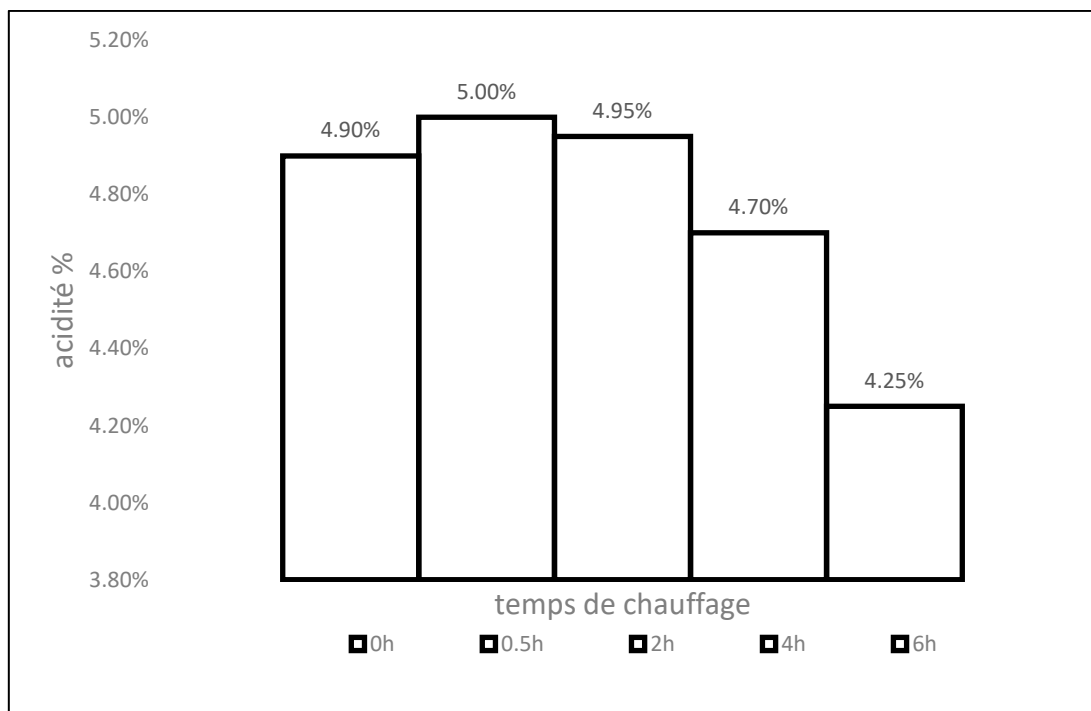
D'après nos résultats illustrés par la *figure 26*, l'acidité de l'huile fraîche (témoin) est de 4.9% ; sur la base de l'indice d'acidité et selon les normes commerciales du *CA* et *COI*, on peut classer l'huile étudiée dans la catégorie « des huiles vierges lampante » avec une acidité supérieure à 3,3%. Les facteurs d'altération de l'huile d'olive sont les moisissures, fermentations et mouche de l'olive ; des phénomènes qui entraînent des lyses cellulaires dans la pulpe des olives et par conséquent entraînent la mise en contact de l'huile, initialement contenue dans les vacuoles, avec les systèmes enzymatiques et l'eau du cytoplasme.

Cette valeur est supérieure à celles rapportées par *TANOUDI et al., (2010)* qui ont montré que l'acidité libre de l'huile d'olive traditionnelle marocaine est en dessous de 0,8%. De plus, elle est plus élevée que celle rapportée par *BENABID et al., (2008)* qui ont obtenus des valeurs entre 1 et 3,3% d'huile d'olives traditionnelles de différentes régions oléicoles en Algérie.

D'après les résultats obtenus par *AMIMER et YAZID (2021)*, on constate que l'acidité de l'huile d'olive fraîche d'extraction traditionnelle est supérieure à celle de l'huile d'olive fraîche d'extraction moderne qui a une valeur de 2,71%. *LEDROLE et al, (2004)* confirment notre résultat ; ils affirment que l'huiles d'olives traditionnelles ont un niveau élevé d'acidité qui peut être attribuée à l'état de maturité avancé du fruits et/ou stockage prolongé et inadéquates avant trituration. Les olives peuvent subir dans ce cas des lésions qui peuvent engendrer des contaminations de l'huile et donner une huile avec une forte acidité.

En complémentarité, l'huile d'olive issue d'extraction traditionnelle présente une acidité élevée peut être due à la qualité des olives en premier lieu, la variété des olives, les facteurs pédoclimatiques, la récolte tardive des olives. De plus, le mode d'extraction traditionnel qui se base sur un broyage prolongé à l'air libre qui induit l'oxydation des acides gras, ainsi la température élevée et la nature d'eau utilisée lors d'extraction. L'utilisation des presses métalliques qui s'oxyde avec le temps et altèrent la

qualité d'huile. Cela est justifié par *TANOUDI et al.*, (2010), selon lesquels une huile d'olive fraîchement extraite à partir d'olives saines et selon de bonnes pratiques de trituration, présente une très faible acidité. Cette acidité relativement faible pourrait être attribuée au bon état des olives, récolte directement à l'arbre et la conservation de l'huile dans des bonnes conditions.



**Figure 26** : Evolution de l'acidité des échantillons d'huile d'olive au cours de chauffage.

Après le traitement thermique de 0,5h l'acidité atteint un seuil élevé de 5% puis diminue progressivement jusqu'à la fin de chauffage. Cette cinétique est différente de celle remarquée par *AMIMER et YAZID (2021)* qui ont noté une augmentation d'acidité de l'huile d'olive « moderne » soumise aux mêmes conditions expérimentations ; ils ont obtenu un pourcentage d'augmentation de 19,18, tandis que dans notre étude, un pourcentage de diminution est calculé à 13.

L'augmentation de l'acidité traduit une accumulation des acides gras libérés lors de l'hydrolyse des triglycérides, alors que, la diminution peut signifier la transformation de ces acides gras libres en d'autres composés tels que les hydroperoxydes.

Nos résultats, soumis à une analyse statistique de la variance, indiquent que le facteur temps de chauffage présente un effet très hautement significatif ( $p=0,0012$ ) (*Annexe 9*), sur le paramètre d'acidité libre. Cela est confirmé par le *NEWMAN-KEULS* au seuil de 5% répartissant les échantillons en 3 groupes homogènes, dont le groupe A représenté une forte acidité contrairement au groupe C avec une faible acidité (*Annexe 10*).

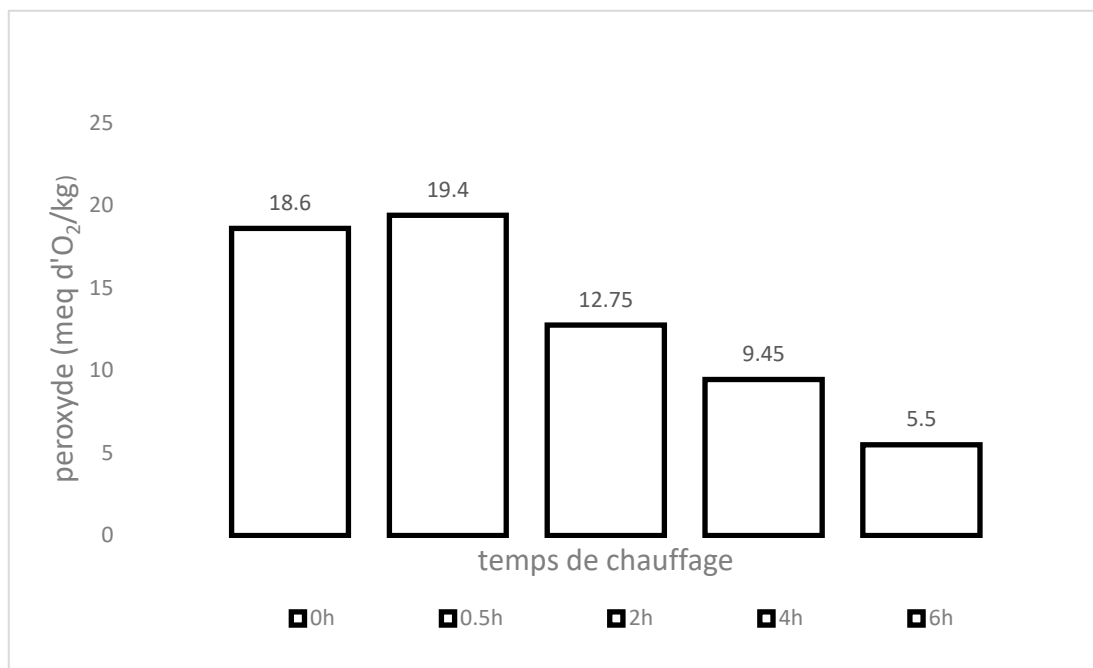
### **II.1.2. Indice de peroxyde**

La détermination de la teneur en peroxydes dans les huiles permet d'évaluer le niveau d'oxydation primaire produit au cours du stockage et/ou l'élaboration de l'huile. On peut détecter la présence d'hydroperoxydes dans l'huile d'olive, à travers un dosage colorimétrique par le thiosulfate de sodium. Cet indice est exprimé en milliéquivalent d'oxygène. La formation des peroxydes est causée par la présence de certains facteurs favorisant (UV, eau, enzyme, trace de métaux, etc.) et à la présence d'oxygène dissout dans l'huile.

*TANOUDI et al., (2011)* estiment que l'état d'auto-oxydation de l'huile est un mécanisme lent mais inéluctable. En effet, les corps gras peuvent s'oxyder en présence d'oxygène et de certains facteurs favorisant (température élevée, eau, enzyme, trace de métaux Cu, Fe, etc.). Cette auto-oxydation conduit dans un premier temps à la formation de peroxydes (ou hydro peroxydes) qui se décomposent ultérieurement en dérivés carbonylés aldéhydes et hydro cétones (responsables de l'odeur de rance) et en divers produits oxygénés (alcools, acides...).

Selon nos résultats illustrés dans la *figure 27*, la valeur de l'indice de peroxyde de l'huile d'olive fraîche est de 18,6 meq d'O<sub>2</sub>/ kg qui est conforme aux normes établies par le *Codex Alimentarius (CA)* et *COI, 2019* qui recommandent 20 meq d'O<sub>2</sub>/ kg. L'indice de peroxyde augmente avec la maturité des olives, et surtout à la suite d'un choc thermique, consécutivement à un gel ou à un processus de fabrication défectueux. Le stockage inadapté ou prolongé, est également une des causes d'augmentation de ce paramètre.

D'après les résultats obtenus par *AMIMER et YAZID, (2021)*, on constate que l'indice de peroxyde de l'huile d'olive fraîche d'extraction traditionnelle est inférieur à celui de l'huile d'olive fraîche d'extraction moderne qui est de 20 meq d'O<sub>2</sub>/kg mais qui reste inclus dans la limite réglementaire.



**Figure 27** : Evolution de l'indice de peroxyde des échantillons d'huile d'olive au cours de chauffage

Après un chauffage d'une demi-heure, l'indice de peroxyde atteint un seuil maximal de 19,4 meq d'O<sub>2</sub>/Kg ; ensuite il diminue progressivement jusqu'à une valeur minimale de 5,5 meq d'O<sub>2</sub>/Kg après un chauffage de 6h ; cette diminution est en accord avec la valeur négative de pourcentage de diminution (-70%), contrairement aux résultats de *AMIMER et YAZID (2021)* qui ont noté une augmentation d'indice de peroxyde en accord avec la valeur positive de pourcentage d'augmentation (150%). Ces résultats indiquent que le chauffage de l'huile d'olive pendant une longue période à une température élevée influe négativement sur l'état oxydatif de l'huile.

Selon les résultats consignés dans la *figure 27*, l'indice de peroxyde présente une évolution similaire à celle de l'acidité. La plus petite valeur est celle des échantillons chauffés à 6h (5,5meq /Kg), mais la plus grande valeur correspond à celle des échantillons chauffés pendant 0,5h (19,4meq /Kg). L'augmentation d'indice de peroxyde est généralement l'origine de la formation des peroxydes, due en premier lieu à la présence d'oxygène dissout dans l'huile et de certains facteurs favorisant (eau, enzyme, trace de métaux).

Deux types d'oxydation peuvent se distinguer, l'auto-oxydation et la photo-oxydation ; dans les deux cas, un radical libre se forme à partir d'acide gras insaturé qui réagit avec une molécule d'oxygène provoquant la formation d'un radical peroxyde, celui-ci réagit avec une autre molécule d'acide gras et forme des hydroperoxydes (*OUSAWA et al., 2007*). Alors que la diminution de la valeur de l'indice de

peroxyde remarqué dans notre étude peut s'expliquer par la formation des composés secondaires (acétones, aldéhydes,) altérant d'avantage l'huile.

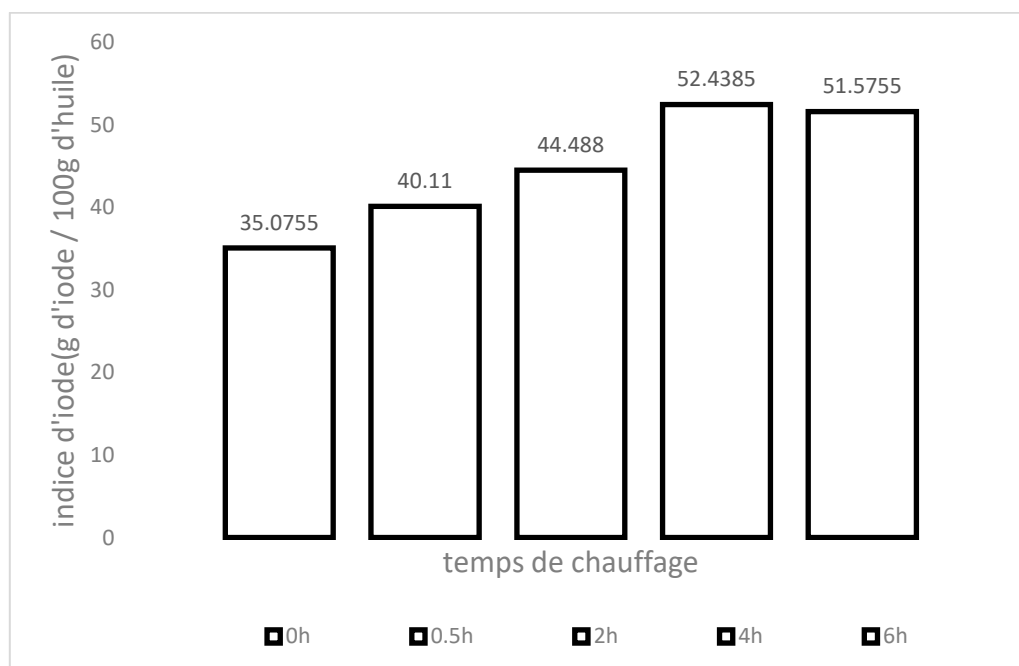
En complémentarité, les résultats sont soumis à une analyse statistique de la variance ; les résultats montrent que le temps de chauffage présente un effet très hautement significatif avec  $P=0,0005$  (*Annexe 11*), qui est confirmé par le test de NEWMAN-KEULS au seuil de 5% regroupant les échantillons en 4 groupes homogènes ou le premier groupe A inclut les 2 échantillons avec un IP très élevé et le B et C avec une valeur moyenne en fin le D avec la plus faible valeur (*Annexe 12*).

### II.1.3. Indice d'iode

Il renseigne sur le degré d'insaturation des acides gras contenus dans une huile donnée ; plus l'huile est insaturée, plus son indice d'iode est élevé. Cet indice peut donc renseigner sur le degré d'oxydation de l'huile (*WOLF, 1968*).

Le résultat obtenu pour l'huile fraîche est inférieure à la norme du *Codex alimentarius (1981)* qui varie entre (75-94).

D'après les résultats obtenus par *AMIMER et YAZID, (202)*, on constate que l'indice d'iode de l'huile d'olive fraîche d'extraction traditionnelle est inférieur à celui de l'huile d'olive fraîche d'extraction moderne qui a une valeur de 91.05.



**Figure 28** : Evolution de l'indice d'iode des échantillons d'huile d'olive au cours de chauffage

Après le chauffage, on observe une augmentation d'indice d'iode de 0.5h jusqu'à 4h de (40.11 - 52,4385), cette augmentation est en accord avec la valeur positive de pourcentage d'augmentation (47,048%), contrairement aux résultats de *AMIMER et YAZID (2021)* qui ont noté une diminution d'indice d'iode en accord avec la valeur négative de pourcentage de diminution (-34,02).

L'augmentation des valeurs de l'indice d'iode durant le chauffage est en contradiction avec les principes du mécanisme d'oxydation des lipides. Le siège des réactions d'oxydation se situent dans les insaturations des chaînes hydrocarbonées des AG. L'oxydation et la polymérisation s'accompagnent d'une diminution logique du nombre d'insaturation et par conséquent les valeurs d'indice d'iode. Ainsi, l'augmentation des valeurs de cet indice obtenue dans notre étude pourrait être due à la qualité « périmée » des réactifs utilisés ou à des erreurs de manipulation.

Nos résultats sont soumis à une analyse de la variance à un seul facteur, il ressort de ce traitement que le facteur temps de chauffage a un effet très hautement significatif ( $p < 0,05$ ) ( $P = 0,00128$ ) sur l'indice d'iode de l'huile d'olive (*Annexe 13*). Cela est vérifié par le test de NEWMAN-KEULS au seuil de 5% regroupant les échantillons d'huile d'olive dans 3 groupes homogènes (A, B, et C) (*Annexe 14*).

#### **II.1.4. Détermination de l'indice de saponification**

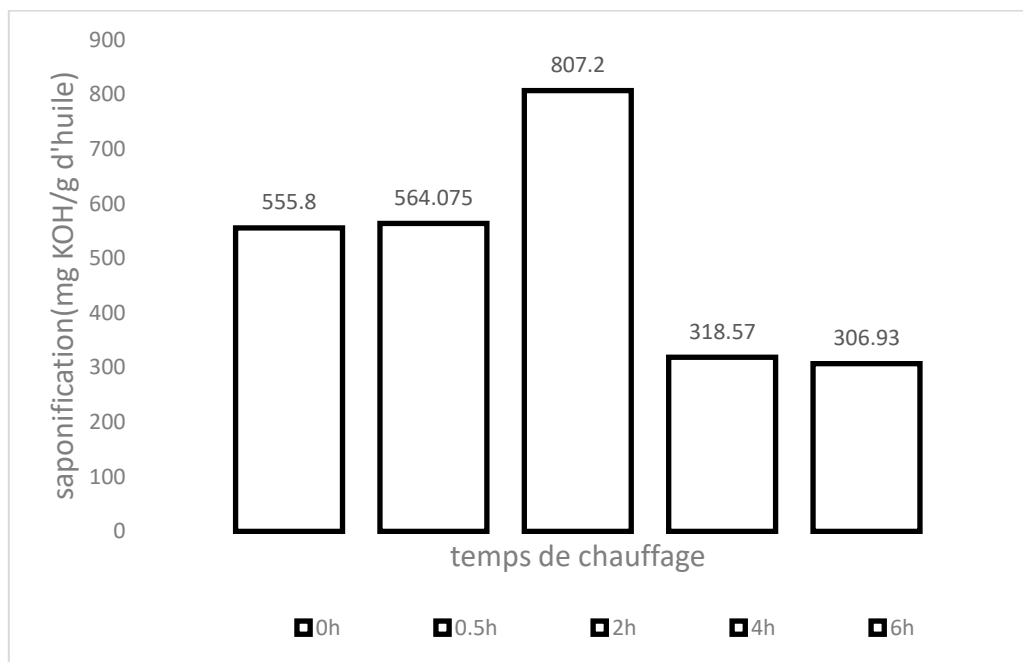
La connaissance indice de saponification renseigne sur la longueur de la chaîne carbonée constituant l'huile. Les graisses et huiles peuvent se diviser en trois classes, suivant leur indice de saponification ; graisses à bas indice de saponification de 171 à 183, généralement voisin de 175 c'est le groupe des huiles de colza, de ricin, de pépins de raisin, graisses à indice moyen, voisin de 193 c'est la grande majorité des graisses et huiles, graisses et huiles à indice élevé, de 205 à 290 dû à la présence d'une quantité notable d'acides volatils c'est le cas du beurre, de certaines huiles de poissons (*MARCUSSON, 1992*).

La détermination de l'indice de saponification permet de caractériser le poids moléculaire et la longueur moyenne de la chaîne grasse auxquels il est inversement proportionnel (plus le poids moléculaire et la longueur moyenne de la chaîne grasse élevée plus l'indice de saponification est faible).

Selon nos résultats illustrés dans la *figure 29*, la valeur de l'indice de saponification de l'huile fraîche est de (555.8 mg KOH /g d'huile) qui est supérieure aux normes établies par le Codex Alimentarius (CA) et COI, 2019 qui recommande 184-196 mg KOH /g d'huile.

Selon des résultats obtenus par *BOUASSILA et MAYOUF (2017)* ; 196.7, 193.75, 192.77 pour l'huile d'olive traditionnelle manuelle, l'huile d'olive d'huilerie moderne et l'huile d'olive d'huilerie traditionnelle L'huile d'olive traditionnelle manuelle a un indice de

saponification plus élevé que celui de l'huile d'huilerie traditionnelle et l'huile d'huilerie moderne à cause de sa richesse en acides gras à courte chaîne.



**Figure 29** : Evolution de l'indice de saponification des échantillons d'huile d'olive au cours de chauffage

D'après ces résultats, on remarque une augmentation après 2h de chauffage qui se suit d'une diminution et une stabilisation, qui sont en accord avec la valeur négative de pourcentage de diminution (-44.77%).

L'augmentation peut s'expliquer par la rupture des chaînes d'AG sous l'effet de la chaleur ; ceci peut impliquer plus ou moins une forte tendance à la libération des substances volatiles au cours du chauffage. Par contre, une diminution de cet indice indique la formation de polymères par le pontage inter moléculaire des triglycérides oxydés (*PERRIN, 1992*)

Nos résultats sont soumis à une analyse de la variance à un seul facteur, il ressort de ce traitement que le facteur temps de chauffage a un effet très hautement significatif ( $p < 0,05$ ) ( $P = 0,00004$ ) sur l'indice de saponification de l'huile d'olive (*Annexe 15*). Cela est vérifié par le test de NEWMAN-KEULS au seuil de 5% regroupant les échantillons d'huile d'olive dans 3 groupes homogènes (A, B, et C) (*Annexe 16*).

## II.2. Résultats des analyses physique

Les résultats des analyses physique effectuées sur l'huiles d'olives sont représentés dans le tableau XII et XIII

**Tableau XII** : valeurs de densité et viscosité des échantillons d'huile d'olive chauffé

Paramètres physiques	Temps de cuisson (h)	Moyenne $\pm$ écart type	Pourcentage de diminution/ augmentation %
Densité (cm <sup>3</sup> )	0	0.91 $\pm$ 0	-3,29
	0.5	0.9 $\pm$ 0,014	
	2	0.89 $\pm$ 0,014	
	3	0.885 $\pm$ 0,007	
	6	0.88 $\pm$ 0	
Viscosité (pa. s <sup>-1</sup> )	0	41,06 $\pm$ 1,754	42,7
	0.5	44,855 $\pm$ 0,092	
	2	47,41 $\pm$ 0,028	
	3	53,68 $\pm$ 1,796	
	6	58,62 $\pm$ 1,612	

*Ces valeurs sont une moyenne de 2 répétitions*

**Tableau XIII** : Valeurs de composés phénoliques et absorbance UV de l'huile chauffé

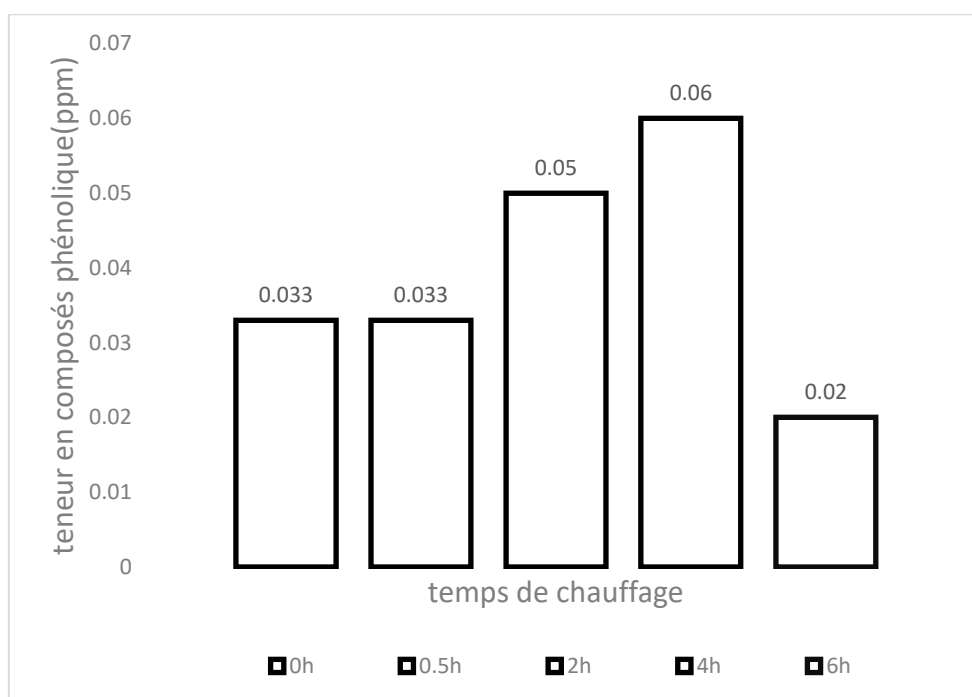
Temps de chauffage (h)		0	0.5	2	4	6	Pourcentage de diminution / d'augmentation %
Paramètres physiques	Composés phénoliques	0.033	0.033	0.05	0.06	0.02	-65
	Absorbance UV						
	K232	-1.19	-0.019	-0.07	-0.05	-0.02	/
	K270	-0.38	-1.19	-0.89	-0.82	-0.45	/

*Ces valeurs sont une moyenne d'une répétition*

### II.2.1. Teneur en composés phénoliques (réactif de Folin Ciocalteu)

Les huiles d'olives sont connues pour leur teneur élevée en polyphénols par rapport aux autres huiles végétales raffinées (CONTE *et al.*, 2019). La teneur en composés phénoliques est un facteur important à prendre en considération lors de l'évaluation de la qualité de l'huile d'olives vierge, puisque ces composés contribuent à la saveur globale de l'huile d'olive et lui fournissent des effets antioxydants (MANSOURI *et al.*, 2018).

Le dosage des composés phénoliques nécessite préalablement l'établissement d'une courbe d'étalonnage (Annexe 17), en utilisant l'acide gallique comme étalon, les concentrations des polyphénols totaux sont calculées à partir de l'équation de la gamme étalonnage établi avec l'acide gallique (KADRI *et al.*, 2015 ; BOUBKRI, 2014).



**Figure 30** : Evolution de la teneur en composés phénoliques des échantillons d'huile d'olive au cours de chauffage

Les résultats obtenus après traitement thermique montrent une augmentation suivie d'une diminution, qui sont en accord avec la valeur négative de pourcentage de diminution (-65%).

L'augmentation peut être expliquée par la thermo résistance de certains de ces composés, par contre la diminution peut être expliquée par son rôle d'antioxydant dans la protection de l'huile vis-à-vis de l'oxydation. De ce fait, il peut être attribué à plusieurs facteurs : facteurs climatiques et

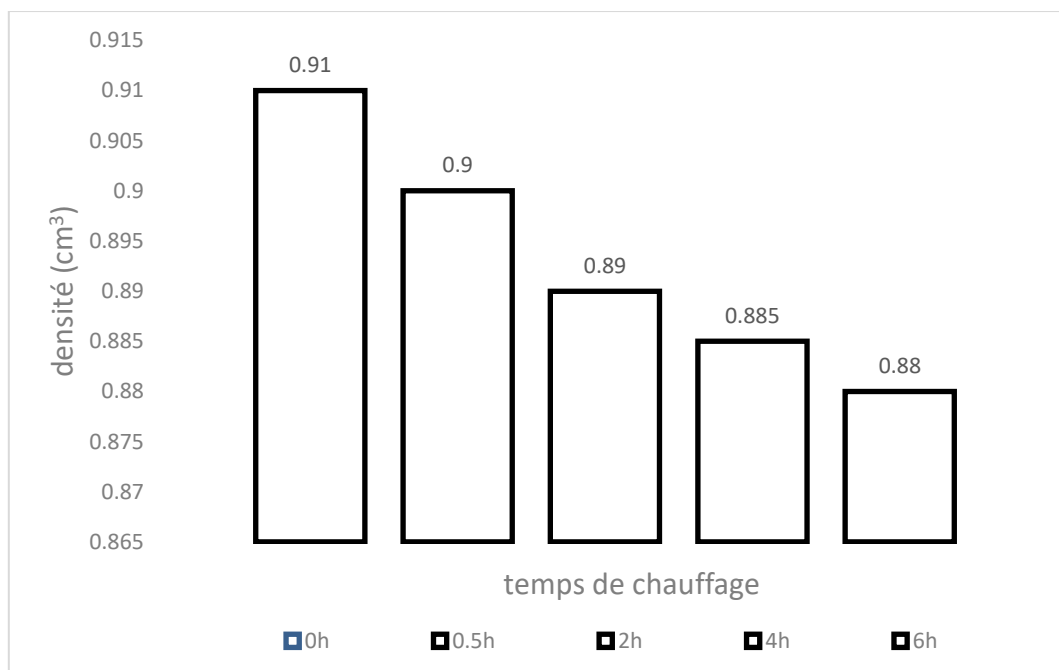
environnementaux, la région, variété d'olive et la maturité. La période de récolte, système d'extraction de l'huile, condition d'extraction (les phénols sont solubles dans l'eau).

### II.2.2. Densité

C'est un caractère de pureté ; elle est mesurée à une température de 20°C. Toutes les précautions ont été prises pour mesurer précisément la densité à cette température, qui est la température recommandée dans la méthode officielle (*NF ISO 6883*). Selon *KARLESKIND* (1992), la densité d'une huile renseigne sur le groupe systématique auquel elle appartient.

La densité de l'huile fraîche est de 0.91g/cm<sup>3</sup> ; elle est incluse dans les normes établies par le journal officie et le Conseil Oléicole International (0,910-0,916g/cm<sup>3</sup>) ; on peut dire que cette huile est pure.

En comparant les résultats avec celui noté par *AMIMER et YAZID (2021)*, on constate que la densité de l'huile d'olive fraîche d'extraction traditionnelle est supérieure à celle de l'huile d'olive fraîche d'extraction moderne qui est de 0.88 g/cm<sup>3</sup> mais qui reste incluse dans la norme.



**Figure 31** : Evolution de la densité des échantillons d'huile d'olive au cours de chauffage

Les résultats de cette analyse montrent que la densité diminue au cours de chauffage (*figure 31*), après 6h de traitement on observe une diminution progressive jusqu'à une faible valeur de 0,88g/cm<sup>3</sup> ;

Cette diminution est en accord avec la valeur négative de pourcentage de diminution (-3.29%), semblable aux résultats de *AMIMER et YAZID (2021)* qui ont noté une légère diminution de la densité en accord avec la valeur négative de pourcentage diminution (-0.28%)

La densité d'une huile est influencée par sa compositions intrinsèque et la composition en chaîne hydrocarbonée ainsi que l'insaturation des acides gras constitutifs ; elle augmente en présence de fonction secondaire (alcool, cétone, etc.) sur les chaînes grasses ; elle diminue au fur à mesure que le poids moléculaire diminue et que le degré d'insaturation augmente (*WOLFF, 1968*).

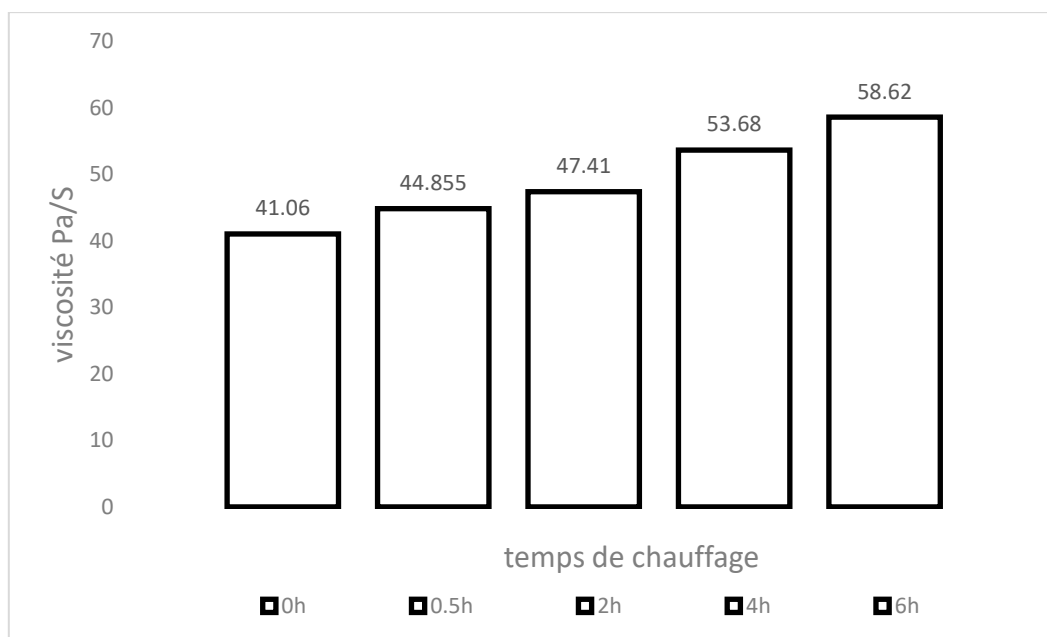
Nos résultats sont soumis à une analyse de la variance à un seul facteur, il ressort de ce traitement que le facteur temps de chauffage n'as aucun effet significatif ( $p > 0,05$ ) ( $P = 0,11592$ ) sur la densité de l'huile d'olive, (*Annexe 18 et Annexe 19*).

### **II.2.3. Viscosité**

La viscosité est la résultante de l'action des forces de frottement entre les différentes couches d'un fluide qui glissent les unes sur les autres ; ces forces de cohésion prennent naissance au niveau moléculaire (*KALUME, 2008*). Ce paramètre renseigne sur la résistance à l'écoulement et au mouvement. Lorsque la viscosité augmente, la capacité du fluide à s'écouler diminue. Elle est exprimée en Pascal seconde (Pa. S<sup>-1</sup>) (*STEPHAN, 2013*).

De même, la viscosité d'une huile est en corrélation avec la composition en acides gras des triglycérides, où les matières grasses qui ont une composition riche en acides gras saturés paraissent plus visqueuses que celles riches en acides gras insaturés (*CHEFTEL et CHEFELL, 1976*). De ce fait, la mesure de la viscosité pourrait être un bon test pour apprécier l'état d'altération de l'huile (*QUILES et al., 2002*). Selon nos résultats obtenus la viscosité du témoin est de 41.06 Pa.s<sup>-1</sup> ; cette huile présente une viscosité supérieure aux normes de *COI* qui sont de 75 à 79 CP (centi poises) donc 0.075 à 0.079 (Pa.s<sup>-1</sup>).

En tenant compte du résultat obtenu par *AMIMER et YAZID (2021)* ; on constate que la viscosité de l'huile d'olive fraîche d'extraction traditionnel est inférieure à celle de l'huile d'olive fraîche d'extraction moderne qui ont obtenues une valeur de 48.807 Pa. S<sup>-1</sup> mais ces deux valeurs ne sont pas incluses dans les normes.



**Figure 32 :** Evolution de la viscosité des échantillons d’huile d’olive au cours de chauffage

Au cours du temps de chauffage (*figure 32*), les valeurs augmentent progressivement jusqu’à atteindre la valeur maximale de 58,62 ; cette augmentation est en accord avec la valeur positive de pourcentage d’augmentation (42,7%), semblable aux résultats de *AMIMER et YAZID (2021)* qui ont noté une augmentation en accord avec la valeur positive de pourcentage d’augmentation (14,10%). La viscosité a une relation directe avec la fluidité des huiles,

L’augmentation de la viscosité au cours de ce traitement thermique est peut-être due à la formation de composés de haut poids moléculaire. La viscosité est reliée à la concentration des solides totaux, ces derniers provoquent une augmentation de la concentration dans le système colloïdal (*ZOU et JIANG, 2016*).

Nos résultats sont soumis à une analyse de la variance à un seul facteur, il ressort de ce traitement que le facteur chauffage a un effet très hautement significatif ( $p < 0,05$ ) ( $P = 0,00064$ ) sur la viscosité de l’huile d’olive, (*Annexe 20*). Cela est vérifié par le test de NEWMAN-KEULS au seuil de 5% regroupant les échantillons d’huile d’olive dans 4 groupes homogènes (A, B, C et D) (*Annexe 21*).

#### II.2.4. Absorbance en UV

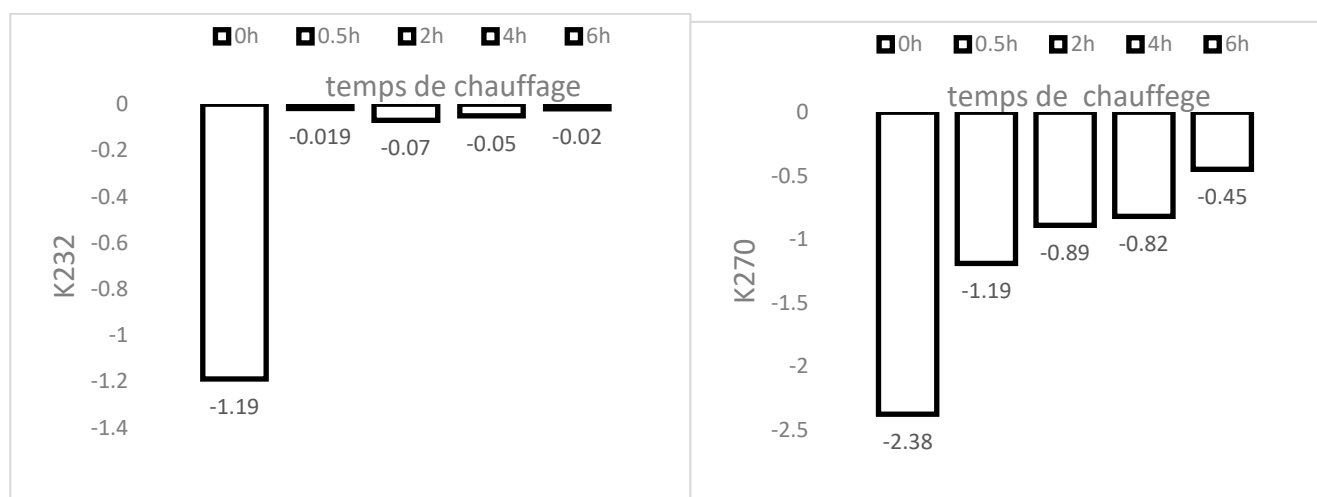
La détermination des coefficients d’extinction dans l’ultraviolet (K232 et K270) nous renseigne sur la présence ou l’absence des produits d’oxydation secondaires dans l’huile. En effet, l’absorbance à 232 nm permet d’évaluer la présence de produits primaires, alors qu’à 270 nm, ce sont les produits secondaires d’oxydation (triènes conjugués) qui sont estimés (*COI, 2008*)

L'extinction spécifique à 232 nm et à 270 nm d'une huile reflètent son état d'oxydation. Plus son extinction à 232 nm est forte, plus elle est peroxydée. De même, plus l'extinction à 270 nm est forte, plus l'huile est riche en produits d'oxydation secondaires et traduit sa faible aptitude à la conservation (BOULFANE *et al.*, 2015).

Les résultats montrent que les valeurs obtenues de l'absorbance UV à longueur 232/270 nm de l'huile d'olive fraîche sont inférieures aux normes du *codex Alimentarius* qui exige des valeurs ( $K_{270} < 0.25$  et  $K_{232} < 2.60$ ).

Nos résultats sont en accord avec ceux trouvés par BEN YUCEF *et al.*, (2010), qui estiment que les valeurs basses des coefficients d'extinctions spécifiques indiquent que les olives étaient de bon état sanitaire. De même, MEFTAHA *et al.*, (2014) ont indiqué que ce paramètre est essentiellement affecté par le matériel de la récolte, le transport et le stockage des olives. Selon une autre étude faite par VIDAL *et al.*, (2018), il a été démontré que la durée et la température d'extraction affectent les coefficients d'extinctions  $K_{232}$  et  $K_{270}$ .

En revanche, ces résultats sont très inférieurs à ceux obtenus dans les travaux de DOUZANE *et BELLAL* (2004) qui estiment que les fortes valeurs de  $K_{270}$  résulteraient d'une auto oxydation de l'huile lors de l'extraction ou de la conservation.



**Figure 33** : Evolution de l'absorbance en UV des échantillons d'huile d'olive au cours du chauffage

Après le traitement thermique on remarque une diminution de cet indice, Ces résultats peuvent être reliés à la diminution des taux de composé phénolique ce qui a altéré d'avantage la détérioration de l'huile traduit par l'accumulation de produits secondaire d'oxydation.

De plus l'analyse statistique a deux facteurs indique que le facteurs temps de chauffage présent un effets hautement significative  $P=0,013$ , et le facteurs longueurs d'onde qui a un effet très hautement

significatif avec  $P=0,0045$  qui est confirmé par le test NEWMAN-KEULS au seuil de 5% qui divise ces échantillons en deux groupes homogènes A, B pour les deux facteurs.

## Conclusion

L'objectif de cette étude est de déterminer l'effet du chauffage sur les caractéristiques physico-chimiques de l'huile d'olive extraite selon le mode traditionnel. L'huile utilisée dans cette étude est de catégorie lampante, avec une acidité 4,90% et, un indice de peroxyde de 18,6 meq d'O<sup>2</sup>/kg, un indice d'iode de 35,0755 (g d'iode /100g d'huile, indice de saponification de 555.8 (mg KOH/g d'huile), une densité de 0.91(cm<sup>3</sup>), une viscosité de 41.06(pa/s), une absorbance UV de K232 ; -1.19 , K270 ; -2.38 et une teneur en composés phénolique de 0.033 (ppm).

La qualité jugée médiocre de cette huile l'expose à des réactions d'altérations avancée durant son chauffage. En effet, il ressort de cette étude une rapidité d'altération de cette huile. L'acidité a augmenté de façon très hautement significative. Les acides gras libres subissent des réactions d'oxydation et de polymérisation, ce qui s'est traduit par une diminution de l'indice de peroxyde déjà élevé dans l'huile de départ. Le chauffage a catalysé la transformation des produits primaires d'oxydation vers les produits secondaires qui altèrent le goût de l'huile et ses caractéristiques physiques.

Ainsi, il est indispensable de revoir les techniques de récolte, stockage, d'extraction et de conservation de l'huile d'olive produite localement, ce qui permettrait de produire une huile de bonne qualité pourrait être utilisé dans la cuisson sans pour autant subir une altération avancée.

*REFERENCES*

*BIBLIOGRAPHIQUES*

## *Références bibliographiques*

### **A**

**AMARNI B. 17/01/2011.** Algérie: Production d'huile d'olive –Pas de place pour les nouvelles techniques de transformation. s.l. : La Tribune , 17/01/2011.

**ANGEROSA F. 2000.** Sensory quality of olive oil. Dans J. Harwood & R. Aparicio (Eds.) Handbook of olive oil: analysis and properties. Gaithersburg, Maryland, USA: Aspen publications, Inc. 2000.

**ANGEROSA F., DI GIACINTO L. 1993.** Revue Francaise des Corps Gras 40 (1-2) : 41-48. 1993.

**ANGEROSA, F., LANZA, B., MARSILIO, V., 1996.** Grasas, Aceites 47 ,142. 1996.

**APARICIO R, MORALES MT. 1994.** Optimization of a dynamic headspace technique for quantifying virgin olive oil volatiles. Relationship between sensory attributes and volatile peaks. 1994.

### **B**

**BELASSLA, MOHAMED. 2019.** La consommation de l'huile d'olive ne dépasse pas le 1,5 kg/an par personne en Algérie. [En ligne] 2019.

**BEN TEKAYA I., HASSOUNA M. 2007.** Oléagineux Corps Gras Lipides 14 (1): 60-67. 2007.

**BENARIBA, AZZOUNI ET. 2016 .** Comparaison physico-chimique et organoleptique de quelques huiles d'olives de la région de Tlemcen. s.l. : UNIVERSITE de TLEMCEN, 2016 .

**BEN HASSINE.K., BOUCHOUCHA.S., KAMOUN.N.2007,** Impact de la variété et du système d'extraction de l'huile d'olive sur les préférences consommateurs ; Institut de l'olivier de Sfax et Institut National Agronomique de Tunisie.

**BENDINI A., CERRETANI L., VECCHI S., CARRASCO-PANCORBO A., LERCKER G. 2006.** Journal of Agricultural and Food Chemistry 54 (13):4880- 4887. 2006.

**BENLEMLIH M., GHANEM J. 2012.** Polyphénols d'huile d'olive trésors santé etude scientifique. s.l. : Préface du professeur Henri Joyeux, 2012.

**BENRACHOU, N. 2013.** Etude des caractéristiques physicochimiques et de la composition biochimique d'huiles d'olive issues de trois cultivars de l'Est algérien. s.l. : Université Badji Mokhtar Annaba, 2013.

**BENRACHOU N., LYNDIA R. ET HENCHIRI C. 2016.** Analysis of Bioactive Minor Compounds in Three Olive Oils from Varieties of Olive Tree Eastern Algerian (Bouricha, Limli and Blanquette). s.l. : Blanquette). Journal of Natural Remedies., 2016. pp. 16 : 153-164.

**BEN YOUSSEF N., ZARROUK W., CARRASCO-PANCORBO A., OUNI Y., SEGURA-CARRETERO A., FERNANDEZ-GUTIERREZ A., DAOUD, D. ET ZARROUK M. (2010).** Effect

of olive ripeness on chemical properties and phenolic composition of chétoui virgin olive oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90: 199-204.

**BENTEMIM S., MANAI H., METHNNI K. 2008.** Sterolic composition of Chetoui virgin olive oil: Influence of geographical origin. *Food Chemistry* (10), 366-374. 2008.

**BENABID H., NAAMOUNE H., NOÇAIRI H., N. RUTLEDGE D., (2008).** *Journal of food, agriculture & Environment*. 6 (2008) 43-51.

**BOSKOU D, IN: GUNSTONE. 2002.** *Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties, and Uses*, Blackwell Publishing,. Oxford. 2002. pp. pp. 244–277.

**BOSKOU D., BLEKAS G., TSIMIDOU M. 2006.** Olive oil composition. Dans D. Boskou (Ed.), *Olive oil, chemistry and technology* (2nd edition). Champaign Illinois: American oil chemists society. USA. 2006. pp. pp 41-72.

**BOUASSILA M. MAYOUF. 2017.** Etude physicochimique et évaluation de l'activité antioxydante et antibactérienne de trois types d'huile d'olive issus de différentes méthodes d'extraction dans les régions de Kadiria et Lakhdaria de la Wilaya de Bouira. 2017.

**BOUBEKRI, C., 2014.** Etude de l'activité antioxydant des polyphénols extraits de *Solanum melongena* par des techniques électrochimiques, *Sciences de la matière*. Mohamed Khider – Biskra, p. 160.

**BOULFANE S., MAATA N., ANOUAR A., HILALI S.** Caractérisation physicochimique des huiles d'olive produites dans les huileries traditionnelles de la région de la Chaouia-Maroc. *Journal of Applied Biosciences*. (2015). 87: 8022– 8029

**BURTON G.W., INGOLD K.U. 1986.** *Vitamin E: Application of the principles of physical organic Chemistry to the exploration of its structure and function*. *Accounts of Chemical Research*. 1986. pp. 19 pp 194-201.

## C

**CAPONIO F., TERSA BILANCIA M., PASQUALONE A., SIKORSKA E., GOMES T. 2005.** *European Food Research and Technology* 221:92-98. 2005.

**ÇAVUSOGLU, OKTAR, A ET ET A. 1994.** Les effets des facteurs agronomiques et des conditions de stockage avant la mouture sur la qualité de l'huile d'olive. s.l. : Olivae, 1994.

**CHOE, E. 2006.** *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 5 (4):169-86. 2006.

—. **2009.** *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 8 (4):345-58. 2009.

**CHOE, E., & MIN, D. B. (2007).** Chemistry of deep-fat frying oils. *Journal of food science*, 72(5), R77-R86.

- CHEFTEL, J. ET CHEFTEL H. (1976).** Introduction to the biochemistry and Technology of foods.
- CICHELLI A. AND PERTESANA G. P. 2004.** High-performance liquid chromatographic analysis of chlorophylls, pheophytins and carotenoids in virgin olive oil: chemometric approach to variety classification. *Journal of Chromatography A*, 1046:141-146. 2004.
- CLARIDGE M.F., WALTON M., 1992.** The European olive and its pest-management strategies.
- CONSEIL OLÉICOLE INTERNATIONAL. 2019.** COI/T.15/NC N° 3/Rév. 14. 2019. pp. 1-3.
- CONSEIL OLEICOLE INTERNATIONAL, 2016 :** Observatoire Nationales des filières agricole et agroalimentaire
- CONSEIL OLEICOLE INTERNATIONAL. (2015).** Norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive.
- (COI), CONSEIL OLEICOLE INTERNATIONAL. 2013.** Conseil Oléicole International (COI, 2013) - Estimations pour 2013/14, market newsletter no 76 – October 2013, p 6. 2013.
- CONSEIL OLEICOLE INTERNATIONAL. (2011).** Normes commerciales applicables aux huiles d'olive
- CODEX, ALIMENTARIUS. 1981.** International food standards. Standard for olive oils and olive pomace oils. [En ligne] 1981.
- COI/T.15/NC, N°3/Rév 14. 2019.** CRITÈRES DE QUALITÉ. 2019. p. 7.
- CONTE L., BENDINI A., VALLI E., LUCCI P., MORET S., MAQUET A., LACOSTE F., BRERETON P., GARCIA-GONZALEZ D.L., MOREDA W. ET TOSCHI T. G. (2019).** Olive oil quality and authenticity: A review of current EU legislation, standards, relevant methods of analyses, their drawbacks and recommendations for the future. *Trends in Food Science & Technology*, doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.025

## **D**

- DABBOU S, GHARBI I, BRAHMI F, NAKBI A, HAMMAMI M. 2011.** Impact of packaging material and storage time on olive oil quality. *Food Science and Technology* 10 (74): 16929-16936. 2011.
- DEIANA M., ROSA A., CAO C.F., PIRISI F.M., BANDINO G., DESSI M.A. 2002.** *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50 (15):4342- 4346. 2002.
- DI GIOVACCHINO L., MUCCIARELLA M.R., COSTANTINI N., FERRANTE M.L., SURRICCHIO G., SESTILI S. 2002.** *Acta Horticulturae* 586 (2) : 567-569. 2002.
- DOUZANE M., BELLAL M.M.** Etude des caractéristiques physico-chimiques des huiles de quelques variétés de populations d'olive de la région de Bejaïa. *Sciences & Technologie c – n°22, (2004), 86-93.*

## *F*

**FAO. 2019. FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION.** <http://www.fao.org/faostat/fr/#data>

**FREGA N., MOZZON M., LERCKER G. 1999.** Journal of the American Oil Chemists' Society 76:325-329. 1999.

## *G*

**GUTIERREZ-ROSALES F., GOMEZ-HERRERRA C., GUTIERREZ-GONZALEZ-QUIJANO, R., 1988.** Grasas y Acietes 39 : 245-253. 1988.

## *H*

**HADJ SADOK T., REBIHA K. ET TERKI D.** Caractérisation physico-chimique et organoleptique des huiles d'olive vierges de quelques variétés algériennes. Revue Agrobiologia (2018). 8(1) : 706-718.

**HARWOOD, APARICIO ET. 2000.** Handbook of olive oil : analysis and properties. Gaithersburg, Maryland, USA: Aspen publications,. 2000. p. 620 pages.

**HENRY, STEPHANIE. 2003.** L'HUILE D'OLIVE, SON INTERET NUTRITIONNEL, SES UTILISATIONS EN PHARMACIE ET EN COSMETIQUE. UNIVERSITE HENRI POINCARÉ - NANCY 1. 2003.

**HOLMAN R.T., ELMER O.C. 1947.** Journal of the American Oil Chemists Society 24: 127-129. 1947.

**HULTIN. 1994.** Oxidation of Lipids in Seafoods ». In Seafoods: Chemistry, Processing Technology and Quality, edited by Shahidi F., & Richard Botta J. R., Springer Science+ Business Media, Surrey: 49-74. 1994.

## *I*

**IDDIR.A 2019.** Etude comparative du comportement des huiles d'olive durant leur stockage. Influence du climat, l'altitude et la date de récolte. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem. 2019. thèse de doctorat.

**IDOUI T., BOUDJERDA J., LEGHOUCHE E. ET KARAM N-E., (2009).** Naturally fermented Jijelian black olives : microbiological characteristics and isolation of lactic acid bacteria. GRASAS Y ACEITES, 6 : 516-520...

**INANÇ. 2011.** Chlorophyll: Structural Properties, Health Benefits and Its Occurrence in Virgin Olive Oils. s.l. : Akademik Gıda,, 2011. pp. 9 : 26-32.

**ISO, 3656. 2011.** Corps gras d'origines animale et végétale — Détermination de l'absorbance dans l'ultraviolet, exprimée sous la forme d'extinction spécifique en lumière ultraviolette. 2011.

## *J*

**JADHAV S.J., NIMBALKAR S.S., KULKAMI A.D., MADHAVI D.L. 1996.** Lipid oxidation in biological and food systems. Food Antioxidants. Madhavi, D.L., Deshpande S.S. Salunkhe D.K., Marcel Dekker Eds. P.5. New York, USA. 1996.

**JOAQUIN VELASCO, CARMEN DOBARGANES. 2002.** Oxydative stability of virgin olive oil. Eur. J. Lipid Sci Technol. 104 661-676. 2002.

**JOAQUIN V., CARMEN D. 2002.** European Journal of Lipid Science and Technology (104):661-676. 2002.

**JOYEUX H, 2017,** Manger mieux et meilleurs, Ed Rocher, Paris.

**JUDDE. A. 2002.,** Prévention de l'oxydation des acides gras dans un produit cosmétique : mécanismes, conséquences, moyens de mesure, quels antioxydants pour quelles applications ? oclvol. 11 N° 6 novembre-décembre 2004. 2002.

## *K*

**KADRI, N., KHETTAL, B., AID, Y., KHERFELLAH, S., SOBHI, W., BARRAGAN-MONTERO, V., 2015.** Some physicochemical characteristics of pinus (Pinus halepensis Mill., Pinus pinea L., Pinus pinaster and Pinus canariensis) seeds from North Algeria, their lipid profiles and volatile contents. Food Chemistry 188, 184-192.

**KALUA C.M., ALLEN M.S., BEDGOOD JR D.R., BISHOP A.G., PRENZLER P.D., ROBARDS K. 2006.** Olive oil volatile compounds, flavor development and quality: A critical review. J. Food Chemistry, . 2006. pp. 100: 273-286.

**KALUA, C.M., ALLEN, M.S., BEDGOOD, D.R., BISHOP, A.G., PRENZLER, P.D., AND ROBARDS, K. 2007.** Olive oil volatile compounds, flavour development and quality : A critical review. Food chemistry V100, Issue1, 273-286. 2007.

**KALUM, NDOWA. (2008),** Note de cours de physique générale (mecanique generale), premier graduat agronomie/ Unikin,

**KATAJA-TUOMOLA.M ET J.R., ET SUNDELL. 2008.** Effect of alpha-Tocopherol and beta-carotene supplementation on the incidence of type 2 diabetes. Diabetologia Journal, . 2008. pp. 47-53.

**KHLIF M. ET REKIK H. 1996.** La qualité de l'huile d'olive en Tunisie un atout, des contraintes Et des ambitions. Revue Ezzaitouna, 2 (1 et2) : 79-92.

**KIRISTAKIS.A.K. 1998.** Olive oil from the tree to the table, . s.l. : second edition, Food and Nutrition Press, Inc; Trumbull Connecticut, USA., 1998.

**KIRITSAKIS A., DUGAN L.R. 1985.** Journal of the American Oil Chemists' Society 62 (5):892-896. 1985.

**KIRITSAKIS A., TSIPELI A. 1992.** Rivista Italiana delle Sostanze Grasse 69 (10) : 513-515. 1992.

### *L*

**LARIBI.R. 2015.** les composés phénoliques de quelques variétés de l'huile d'olive algérienne : identification et propriétés. 2015. thèse de doctorat en science biologique .

**LEDROLE R., SICILIANO A., RAMU I., 2004.** L'olivier pas à pas. Groupement des Oléicultures de Haute Provenance et du Luberon. Edisud Ed. Paris p 82-83

**LIAZID. 2014.** Dosage des phénols totaux de quelques échantillons d'huile d'olives et contrôle de leurs qualités physicochimique. Mast. Bio. Université de Tlemcen, 116 p. 2014.

**LUNA G., MORALES M.T., APARICIO R. 2006.** Journal of Agricultural and Food Chemistry 54. 2006.

### *M*

**MAHDI, S. 2016.** Indices lipides et dosage des polyphénols dans différents échantillon d'huile d'olive. Mémoire. Master. Biologie., Université. Tlemcen. 2016. pp. p 09-10.

**MAILLARD R. (1975).** L'olivier, Ed comité technique de l'olivier, Paris

**MANSOURI F., MOUMEN A. B., BELHAJ K., RICHARD G., FAUCONNIER M. L., SINDIC M., CAID H. S. ET ELAMRANI A. (2018).** Effect of crop season on the quality and composition of extra virgin olive oils from Greek and Spanish varieties grown in the Oriental region of Morocco. Emirates Journal of Food and Agriculture : 549-56

**MARCUSSON. 1992.** Manuel de Laboratoire pour J'Industrie des Huiles et Graisses. s.l. : Traduit sur la deuxième édition allemande, 1992.

**MENDEZ A.I., FALQUE E. 2007.** Food Control 18: 521-529. 2007.

**MEFTAH H., LATRACHE H., HAMADI F., HANINE H., ZAHIR H. ET EL LOUALI M. (2014).** Comparaison des caractéristiques physicochimiques des huiles d'olives issues de différentes zones de la région Tadla Azilal (Maroc). Journal of Material and Environnement Sciences, 5 : 641-646.

**MIYASHITA K., FRANKEL E.N., NEFF W.E., AWL R.A. 1990.** Lipids 25 (1):48-53. 1990.

**MIMOUNI .M, DJERIDI. S 2081-2081.** Qualité et activité antioxydante d'huile d'olives filtrée et non, issue de l'exploitation Koutama. s.l. : université jijel , 2081-2081.

**MOUAWAD, M. 2005.** Effet de l'altitude, sol et pressoir sur la qualité d'huile d'olive. Mémoire de master en biochimie. 2005.

## *N*

**N., FRANKEL E. 2012.** Photooxidation of unsaturated fats ». In Lipid Oxidation, edited by Frankel E. N., Oily Press Lipid Library Series. Woodhead Publishing, Cambridge, 51-66. 2012.

## *O*

**OREGGIA., MARINELLI., (2017).** FLOS OLEI. Del tribunal Di Roma. Italie

**OUAOUICH, ET CHIMI. 2007.** Guide du producteur de l'huile d'olive (Projet de développement du petit entrepreneuriat Agro-Industriel dans les zones périurbaines et rurale des régions prioritaires avec un accent sur les femmes au Maroc). 2007.

**OUAZZANI, Dr Noureddine. 2017.** Facteurs agronomiques influençant la production et la qualité. agriculture du maghreb. [En ligne] 2017.

**OUEDRHIRI M., BENISMAIL C., EL MOHTADI F., ACHKARI-BEGDOURI A.** Évaluation de la qualité de l'huile de pulpe d'olive vierge de la variété Picholine marocaine. Rev. Mar. Sci. Agron. Vét. (2017). 5 (2) : 142-148

**OUSAWA C. C., GUARALDO A.L, RAGAZZI S. 2007 .** Correlation between free fatty acids of vegetables oils evaluated by rapid testes and by the official method. J. of Food Composition and Analysis , Vol .20.p :523-528.

**OCL - OILSEEDS AND FATS.2014,** Crops and Lipids, . Paris, France

## *P*

**PEREIRA J A, CASAL S, BENTO A, OLIVEIRA MBPP. 2002.** Influence of olive storage period on oil quality of three Portuguese cultivars of *Olea europaea*, Cobrançosa, Madural and Verdeal Transmontana. J.Agric. Food Chem. 50, 6335-6340. 2002.

**PERRIN J.L. (1992).** Les composés mineurs et les antioxygènes naturels de l'olive et de son huile. Etude et recherche, 4 : 25-31.

**PRISTOURI G., BADEKA A., KONTOMINAS M.G. 2010.** Food Control 21 (4): 412-418. 2010.

**PSOMIADOU E, TSIMIDOU M. (1999).** On the role of squalene in olive oil stability. J. Agric. Food Chem. 47(10) : 4025-32.

**PSOMIADOU E., TSIMIDOU M. 2002.** Journal of Agricultural and Food Chemistry 50: 722-727. 2002.

**PSYLLAKIS N., MIKROS L. ET KIRITSAKIS A. 1980.** Psyllakis N., Mikros L. et Kiritsakis A. (1980). Caractéristiques qualitatives de l'huile d'olive et les facteurs qui influencent sur ces

caractéristiques. In : Actes du IIIème congrès international sur la valeur biologique de l'huile d'olive. 1980. pp. 553 -555.

## Q

**QUILES L.J. CARMEN PAMIREZ- TORTOSA M.ALFONSO GOMES J. HUERTAS J. R. MATAIX J.,2002** : role of vitami E and phnolic compounds i the antioxidant capacity measured by ERS, of virgin olive, olive ad sun ? ower oils after frying, food chemestry, p : 76, pp : 461-468.

## R

**ROEHLLY Y. 2000.** La fabrication de l'huile d'olive: une étude bibliographique.CBEARC de Montpellier, 2000, p.6-22. 2000.

**RYAN, ROBARDS , LAVEE. 1998.** Evaluation de la qualité de l'huile d'olive . 1998.

## S

**SALVADOR M.D., ARANDA F., GOMEZ-ALONSO S. AND FREGAPANE G. 2002.** Quality characteristics of virgin olive oil. Res.Adv.In Oil Chemistry,. 2002. pp. 1: 31-38.

**SALVADOR, M.D, ARANDA, F et .G, FREGAPANE. 2001.** Influence of fruit ripening on 'Cornicabra' virgin olive oil quality: A study of four successive crop seasons. Food Chemistry, 73: 45-53. 2001.

**SEKOUR B.,(2012).** Phytoprotection de l'huile d'olive vierge par ajout des plantes végétales Université MHAMED BOUGARA BOUMERDES.

**SMAIL, DADI. 2009.** L'huile algérienne est de «mauvaise qualité». [En ligne] Publié dans L'Expression, 6 10 2009.

**SMITH.T.J, ET AL. 1998.** Inhibition of 4-(methylnitrosamino)-1-(3-pyridyl)-1-butanone-induced lung tumorigenesis by dietary olive oil and squalene. s.l. : Carcinogenesis , 1998. pp. 19, 703-706.

**STEPHAN K. (2013).** Viscosity of dense fluids, Springer Science & Business Media.

## T

**TANOUTI K., ELAMRANI A ,SERGHINI-CAID H.,KHALID A.,. BAHETTA Y, BENALI A.,HARKOUS M. ET KHIAR M. 2010.** caracterisation d'huiles d'olive produites dans des cooperative pilotes (lakrarma et kenine) au niveau du maroc oriental. 2010.

**TANOUTI K., SERGHINI-CAID H., CHAIEB E., BENALI A., HARKOUS M., ETELAMRANI A., 2011.AMELIORATION** qualitative d'huiles d'olive produites dans le Maroc oriental. Les technologies de laboratoire, volume 6, n°22. PP.5-9.

**TERDAZI W., AIT YACINE Z., OUSSAMA A. 2010.** Etude comparative de la stabilité de l'huile d'olive de la Picholine marocaine et de l'Arbéquine. 2010. pp. Olivae, N° 113 page 22- 26.

## U

**UZZAN. A. 1992.** Olive et huiled'olive .In : Manuel des Corps Gras. s.l. : l'association francaise pour l'étude des corps gras, 1992.

## V

**VASSEUR ET J.P.** ionisation des produits alimentaires collection sciences et technoloques alimentaires. technique et documentation . s.l. : lavoisier, paris 1991.

**VEILLET, SEBASTIEN. 16 SEP 2010.** Enrichissement nutritionnel de l'huile d'olive : entre tradition et innovation. 16 Sep 2010. pp. 28-29.

**VELASCO J., DOBARGANES C. 2002.** European Journal of Lipid Science and Technology 104:661-676. 2002.

**VENKATESHWARLU G., LET M. B., MEYER A. S & JACOBSEN C. 2004.** Modeling the sensory impact of defined combinations of volatile lipid oxidation products on fishy and metallic off-flavors. s.l. : Journal of Agricultural and Food Chemistry. 52 (6) pp 1635-1641., 2004.

**VICHI S, ROMEO A, GALLARDO-CHACON J, TOUS J, LOPEZ-TAMAMES E AND BUXADERAS S. 2009.** . Influence of olives storage conditions on the formation of volatile phenols and their role in off-odorformation in the oil. J. Agri. Food Chem. 57 : 1449-1455. 2009.

**VILLIER A., GENOT C. 2006.** Approche physico-chimique et sensorielle de l'oxydation des Lipides en émulsions. Edition Médicales et Scientifiques, France (4) : 1-7. 2006.

**VITAGLIANO M. 2001.** Tecnologie e trasformazioni dei prodotti agrari. Bologna,Edagricole., 2001.

**VIDAL A.M., ALCALA S., DE TORRES A., MOYA M. ET ESPINOLA F. (2018).** Industrial production of a balanced virgin olive oil, LWT - Food Science and Technology, doi: 10.1016/j.lwt.2018.07.054.

## W

**WOLFF (1968).** Manuel d'analyse des corps gras. Ed. Azoulay, Paris

## Z

**ZOU, Y. ET JIANG A. (2016).** Effect of ultrasound treatment on quality and microbial load of carrot juice. Food Science and Technology, 36 : 111-115.

# *Annexes*

## Annexe 1 : détermination de l'acidité

### Matériels et réactifs utilisés

Le matériel et les réactifs utilisés pour l'indice d'acidité sont présentés dans de tableau suivant :

Matériels	Réactifs
<ul style="list-style-type: none"><li>○ Balance analytique</li><li>○ Burette graduée de 25ml</li><li>○ Erlenmeyer</li><li>○ Plaque chauffante</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>○ Ethanol</li><li>○ Solution de KOH de 0.1N</li><li>○ Solution de phénolphtaléine</li></ul>

### Mode opératoire

Dans un erlenmeyer (1) on verse 25ml d'éthanol et 3 gouttes de phénolphtaléine quand va porter à ébullition ensuite titrer avec la solution de KOH (burette) a température encore élevée jusqu'à l'apparition d'une coloration rose persistante pendant 10 secondes.

Dans un erlenmeyer (2) on pèse 2.5g d'huile, on ajoute l'éthanol neutralisé puis on porte le contenu encore une fois à ébullition ensuite titrer avec la solution de KOH (burette) jusqu'à l'apparition d'une coloration rose persistante pendant au moins 10 secondes.

Noter la chute de la burette (volume de KOH).



**Figure 34** : détermination d'indice d'acidité

## Annexe 2 : Détermination de l'indice de peroxyde

### Matériels et réactifs utilisés

Matériels	Réactifs
<ul style="list-style-type: none"><li>• Balance analytique</li><li>• Erlenmeyer</li><li>• Burette de 25ml</li><li>• Plaque chauffante</li><li>• Bécher</li><li>• Pipette</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Eau distillée</li><li>• Chloroforme</li><li>• Acide acétique</li><li>• Empois d'amidon</li><li>• Solution aqueuse saturée d'iodure de potassium</li><li>• Solution aqueuse de thiosulfate de sodium (<math>\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3</math>) 0.01N</li></ul>

### Mode opératoire

On pèse 2 g d'huile d'olive dans un erlenmeyer et on ajoute 10ml de chloroforme, 15ml acide acétique ainsi que 1ml d'iodure de potassium (KI) sont ajoutés le tout est agité. On introduit ensuite 75ml d'eau distillé le mélange est agité pendant 1mn et laissé reposer pendant 5mn à l'abri de la lumière.

Un titrage est ensuite effectué à l'aide d'une solution de thiosulfate de sodium ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) à 0,01N en présence d'empois d'amidon comme indicateur. La fin du dosage est marquée par le passage du bleu à l'incolore.

On réalise parallèlement un essai à blanc dans les mêmes conditions opératoires.

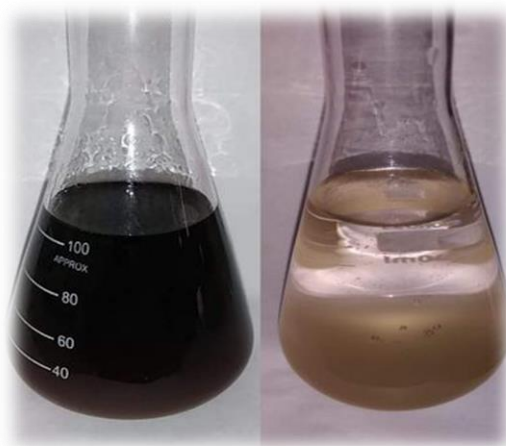


Figure 35 : détermination de l'indice de peroxyde

### Annexe 3 : Détermination de l'indice d'iode

#### Mode opératoire

On a pesé 0,2 g d'huile d'olive dans un erlenmeyer auquel nous avons ajouté 10 ml d'éthanol pur suivi d'une agitation, puis on a additionné 10 ml d'iode 0.2N tout en agitant afin de bien dissoudre. On a introduit ensuite 30 ml d'eau distillée et nous l'avons agité pendant 5 min. on a effectué ensuite un titrage sous une burette graduée remplie de thiosulfate de 0,1 N jusqu'à l'apparition d'une coloration jaune, puis verser 1 ml de la solution d'empois d'amidon au mélange dont la couleur vire au bleu violet foncé.

La titration s'est poursuivie jusqu'à la disparition de cette coloration bleu violet foncé.

En parallèle un essai à blanc a été réalisé sans l'huile.



Figure 36 : détermination de l'indice d'iode

### Annexe 4 : Détermination de l'indice de saponification

#### Matériels et réactifs utilisés

Matériels	Réactifs
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Ballon à col rodé</b></li><li>• <b>Balance analytique</b></li><li>• <b>Pipette</b></li><li>• <b>Agitateur</b></li><li>• <b>Burette</b></li><li>• <b>Chauffe ballon sous réfrigérant a reflux</b></li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Solution de KOH a 0.5N</li><li>• Phénolphtaléine</li><li>• Solution d'acide chlorhydrique</li></ul>

## Mode opératoire

On pèse 0.2g d'huile dans un ballon à col rodé on ajoute 25ml KOH en solution alcoolique a 0.5 N. Adopter le ballon a un réfrigérant à reflux et a un chauffe ballon posé sur un agitateur, porter à ébullition pendant 30 min.

Après 30 min on a adition 3 gouttes de phénolphtaléine aux contenus de ballon puis on a titré avec l'acide chlorhydrique (HCL)de 0.5N jusqu'à la décoloration. Noter le volume de HCL utilisé.

En parallèle un essai à blanc a été réalisé sans l'huile.

## Annexe 5 : Teneur en composés phénoliques

### Matériels et réactifs

Matériels	Réactifs
<ul style="list-style-type: none"><li>• Tubes à essai</li><li>• Pipette et micro- pipette</li><li>• Béchers</li><li>• Balance analytique</li><li>• Spectrophotomètre</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hexane</li><li>• Solution methanol/eau (5/95)</li><li>• Eau distillée</li><li>• Folin cioaltea</li><li>• Solution de bicarbonate de sodium</li><li>• Acide gallique</li></ul>

## Mode opératoire

### Préparation de la gamme étalon de l'acide gallique

On prépare une solution d'acide gallique 1 mg d'acide gallique dans 100 ml de méthanol/eau (95 ml d'eau et 5 ml de méthanol), à partir de cette solution on prépare des solutions diluées de 5 ml aux concentrations : 8 mg/l, 6 mg/l, 4 mg l, 2 mg/l. Pour chaque dilution on ajoute 0.5 ml de folin cioaltea, 1 ml de bicarbonate de sodium ; on agite et on complète avec méthanol/eau jusqu'à 25 ml. On laisse les solutions 1hs à l'obscurité puis mesurer l'absorbance.

### Dosage des composés phénolique dans l'huile

On pèse 2.5g d'huile dans un bécher, on ajoute 5ml de solution méthanol/eau et on agite vigoureusement pendant 2min puis on le laisse reposer 5min jusqu'à la séparation des deux phases

On récupère 0.5ml de la phase aqueuse on lui ajoute 4.5ml de méthanol/eau, 0.5ml de réactif de folin cioaltea, 1ml de bicarbonate de sodium et on complète avec méthanol/eau jusqu'à 25ml

On les laisse à l'abri de la lumière pendant une heure puis on mesure l'absorbance a 720nm.



**Figure 37 :** spectrophotomètre pour la détermination de la teneur en composés phénoliques

### Annexe 6 : Détermination de la densité

#### Matériels et réactifs

Matériels
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balance analytique</li> <li>• Becher</li> <li>• Pipette</li> </ul>

#### Mode opératoire

On nettoie soigneusement le bécher et on le sèche, puis on détermine la masse ( à l'aide d'une balance analytique ) du bécher vide ,puis du bécher rempli avec un volume de 10ml d'eau distillée ensuite on le nettoie et on le sécher ; pour chaque échantillon on remplis le bécher avec un volume de 10ml d'huile et on détermine la masse

### Annexe 7 : Viscosité

#### Matériels et réactifs

Matériels	Réactifs
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Viscosimètre à bille</li> <li>• Chronométré</li> </ul>	/

#### Mode opératoire

On remplit le viscosimètre à bille de l'huile et on vérifie qu'il n'est à pas formation

de bulles d'air ; puis on chronomètre le temps de l'écoulement de la bille

## Annexe 8 : Absorbance en UV

### Matériels et réactifs

Matériels	Réactifs
<ul style="list-style-type: none"><li>• Bêchers</li><li>• Cuve en verre</li><li>• Spectrophotomètre UV</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Hexane</li></ul>

### Mode opératoire

On introduit environ 0.25g de l'échantillon d'huile dans 20ml d'hexane et homogénéiser. L'absorbance des échantillons d'huiles ont été mesurées à deux longueurs d'ondes 232 et 270 nm.



**Figure 38 :** spectrophotomètre UV pour mesurer l'absorbance



**Figure 39 :** cuve en verre

**Annexe 9 :** tableau des résultats de l'analyse de la variance pour l'acidité (%) de l'huile d'olive en fonction de facteur temps.

### ANALYSE DE VARIANCE

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,779	9	0,087				
VAR.FACTEUR 1	0,754	4	0,188	37,7	0,00121		
VAR.RESIDUELLE 1	0,025	5	0,005			0,071	1,49%

**Annexe 10 :** Test de Newman et Keuls pour l'indice l'acidité (%) de l'huile d'olive en fonction de facteur temps.

TEST DE NEWMAN-KEULS - SEUIL = 5%

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
2.0	T1	5	A		
3.0	T2	4,95	A		
1.0	T0	4,9	A		
4.0	T3	4,7		B	
5.0	T4	4,25			C

**Annexe 11 :** tableau des résultats de l'analyse de la variance pour l'indice de peroxyde de l'huile d'olive en fonction de facteur temps.

### ANALYSE DE VARIANCE

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	283,044	9	31,449				
VAR.FACTEUR 1	282,274	4	70,569	458,244	0,00005		
VAR.RESIDUELLE 1	0,77	5	0,154			0,392	2,99%

**Annexe 12 :** Test de Newman et Keuls pour l'indice de peroxyde de l'huile d'olive en fonction de facteur temps.

TEST DE NEWMAN-KEULS - SEUIL = 5%

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
2.0	T1	19,4	A		
1.0	T0	18,6	A		
3.0	T2	12,75		B	
4.0	T3	9,45			C
5.0	T4	5,5			D

**Annexe 13 :** tableau des résultats de l'analyse de la variance pour l'indice d'iode de l'huile d'olive en fonction de facteur temps.

### ANALYSE DE VARIANCE

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	456,99	9	50,777				
VAR.FACTEUR 1	441,882	4	110,471	36,561	0,00128		
VAR.RESIDUELLE 1	15,108	5	3,022			1,738	3,89%

**Annexe 14 :** Test de Newman et Keuls pour l'indice d'iode de l'huile d'olive en fonction de facteur temps.

TEST DE NEWMAN-KEULS - SEUIL = 5%

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
4.0	T3	52,435	A		
5.0	T4	51,575	A		
3.0	T2	44,485		B	
2.0	T1	40,11		B	
1.0	T0	35,07			C

**Annexe 15 :** tableau des résultats de l'analyse de la variance pour l'indice de saponification de l'huile d'olive en fonction de facteur temps.

### ANALYSE DE VARIANCE

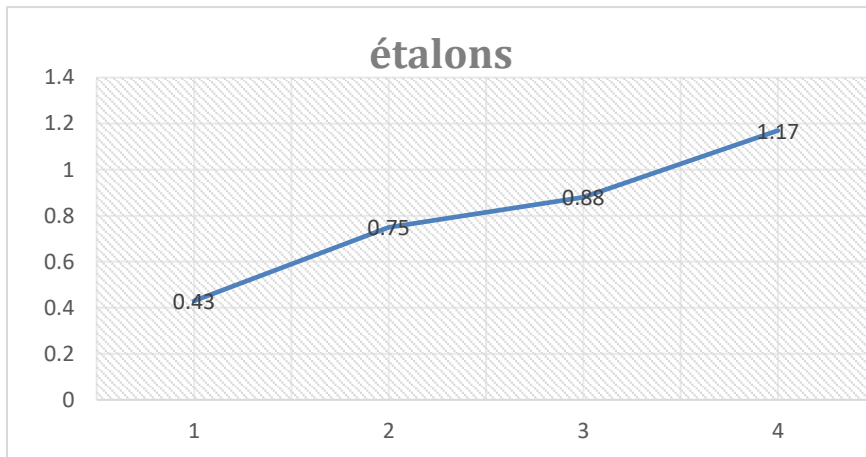
	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	343346,9	9	38149,65				
VAR.FACTEUR 1	342462,3	4	85615,57	483,926	0,00004		
VAR.RESIDUELLE 1	884,594	5	176,919			13,301	2,61%

**Annexe 16 :** Test de Newman et Keuls pour l'indice de saponification de l'huile d'olive en fonction de facteur temps.

TEST DE NEWMAN-KEULS - SEUIL = 5%

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES		
3.0	T2	807,2	A		
2.0	T1	564,075		B	
1.0	T0	555,8		B	
4.0	T3	318,57			C
5.0	T4	306,93			C

**Annexe 17 : courbe d'étalonnage d'acide gallique**



**Annexe 18 : tableau des résultats de l'analyse de la variance pour la densité de l'huile d'olive en fonction de facteur temps.**

**ANALYSE DE VARIANCE**

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	0,002	9	0				
VAR.FACTEUR 1	0,001	4	0	3,222	0,11592		
VAR.RESIDUELLE 1	0	5	0			0,009	1,06%

**Annexe 19 : Test de Newman et Keuls pour la densité de l'huile d'olive en fonction de facteur temps.**

TEST DE NEWMAN KEULS NON SIGNIFICATIF

**Annexe 20 : tableau des résultats de l'analyse de la variance pour la viscosité de l'huile d'olive en fonction de facteur temps.**

**ANALYSE DE VARIANCE**

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	403,151	9	44,795				
VAR.FACTEUR 1	394,242	4	98,56	55,311	0,00064		
VAR.RESIDUELLE 1	8,91	5	1,782			1,335	2,72%

**Annexe 21 : Test de Newman et Keuls pour la viscosité de l'huile d'olive en fonction de facteur temps.**

TEST DE NEWMAN-KEULS - SEUIL = 5%

F1	LIBELLES	MOYENNES	GROUPES HOMOGENES			
5.0	T4	58,62	A			
4.0	T3	53,68		B		
3.0	T2	47,41			C	
2.0	T1	44,855			C	
1.0	T0	41,06				D

## Résumé

L'olive c'est la principale espèce fruitière en Algérie. Elle est présente à travers l'ensemble du territoire national en raison de ses capacités d'adaptation à tous les étages bioclimatiques.

L'huile d'olive est la principale source de matières grasses du régime méditerranéen qui sont bien connues pour leurs effets bénéfiques sur la santé humaine. Et il est un produit intéressant de point de vue nutritionnel, par sa composition en acide gras. L'huile d'olive ne peut être obtenue qu'à partir du fruit de l'olivier et uniquement par utilisation physique.

Notre travail est consacré à une étude qualitative et évaluative de l'effet de traitement thermique sur les caractéristiques physico-chimique d'huile d'olive d'une extraction traditionnelle

Cette étude nous a permis de déterminer les principales caractéristiques chimiques et physiques et d'en faire une comparaison afin de déterminer la qualité de l'huile.

**Les mots clé :** l'huile d'olive, traitement thermique, les caractéristiques chimiques, les caractéristiques physiques,

## Abstract

The olive is the main fruit species in Algeria. It is present throughout the national territory because of its ability to adapt to all bioclimatic levels.

Olive oil is the main source of fat in the Mediterranean diet which is well known for its beneficial effects on human health. And it is an interesting product from a nutritional point of view, by its fatty acid composition. Olive oil can only be obtained from the fruit of the olive tree and only by physical use.

Our work is devoted to a qualitative and evaluative study of the effect of heat treatment on the physico-chemical characteristics of olive oil from traditional extraction

This study allowed us to determine the main chemical and physical characteristics and to compare them to determine the quality of the oil.

**Keywords:** olive oil, heat treatment, chemical characteristics, physical characteristics.