

*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*  
**Université A.MIRA - Bejaia**

**Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie**  
**Département de Biologie Physico-chimique**  
**Filière : Sciences Biologiques**  
**Spécialité : Biochimie Fondamentale**



Réf:.....

**Mémoire de Fin de Cycle**  
**En vue de l'obtention du diplôme**  
**MASTER**

*Thème*

**Evaluation des paramètres physico-chimiques  
de l'huile végétale de *Pistacia lentiscus***

**Présenté par:**  
**BABOURI RABAH & AMARI ANAIS**  
Soutenu le: **12 SEPTEMBRE 2023**

Devant le jury composé de:

Mr. ZAIDI.H	MCB	Président
M <sup>me</sup> . MOULAOUI.K	MCB	Encadreuse
M <sup>me</sup> . ARKOUB.L	MCB	Examinatrice

**Année universitaire:2022/2023**

# **Remerciement**

*En préambule, nous tenons à exprimer notre gratitude envers Allah, le Tout-Puissant, pour nous avoir accordé la force, la persévérance et la sagesse nécessaires pour concevoir ce modeste travail.*

*Que ce mémoire soit désigné par des noms ou des titres divers, il représente avant tout un effort de réflexion collaborative. Ainsi, en arrivant à la fin de ce processus, nous ressentons à la fois la satisfaction et la responsabilité de remercier chaleureusement tous ceux qui ont contribué à son achèvement.*

*En tout premier lieu, nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères à notre promotrice, **Mme MOULAOUI Kenza**, Maitre de conférence "B", dont l'encadrement bienveillant, les précieux conseils, la patience exemplaire et la confiance qu'elle nous a accordés qui ont joué un rôle déterminant dans la réalisation réussie de notre mémoire de fin d'études.*

*Nous souhaitons exprimer notre profonde reconnaissance envers les membres du jury qui ont généreusement accepté de procéder à l'évaluation de ce travail :*

***Mr. ZAIDI H** Maitre de conférence "B" qui nous a fait l'honneur et le privilège de présider ce jury.*

***Mme ARKOUB L** Maitre de conférence "A" d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Nous tenons à exprimer notre sincère reconnaissance pour le temps que vous avez consacré à examiner ce travail et pour vos précieuses remarques. Votre investissement dans la lecture de notre mémoire est grandement apprécié.*

*Nous manifestant également notre gratitude envers tous les membres de l'équipe du laboratoire COGB Labelle et celui de Génétique de l'Université de Bejaïa pour leur précieuse contribution et leur soutien, dont **Mr. Sidali** et **Mme Naima** et aussi à **Mme DEBBACHE** ainsi qu'à toutes personnes, proches ou lointaines, qui ont contribué à ce travail.*

*Finalement, un grand merci à tous les enseignants de la biochimie fondamentale pour leur dévouement tout au long de notre cursus.*

## *Dédicaces*

*A mon très cher père, **Nacer** mon premier enseignant, à celui qui a toujours été ma source d'inspiration, ma boussole morale et mon pilier de force tout au long de ma vie. Aucune dédicace ne peut suffisamment exprimer ce que tu mérites, compte tenu de tous les sacrifices et de l'effort inlassable que tu as constamment déployés pour moi. Je te remercie du fond du cœur pour tout.*

*A ma très chère mère, **Soraya** ma raison de vivre, c'est à toi que je dois ma passion pour l'apprentissage et ma détermination à atteindre l'excellence. Ton soutien silencieux, tes sacrifices et ton amour inconditionnel ont façonné le chemin qui m'a conduit jusqu'à ce mémoire. Ce travail est dédié à toi, en reconnaissance de tout ce que tu as fait pour moi. Merci pour ta lumière dans ma vie.*

*À mon cher frère, **Rayan** mon complice de toujours, ton amitié précieuse a rendu ce voyage académique encore plus mémorable et significatif.*

*A mon cher oncle, **AZIB Nadir** mon pilier de sagesse et de soutien.*

*A mes chers regrettés grands parents que j'aime beaucoup, **Abderrahmane, Ahmed et Houria**, à tous mes oncles, tantes, leurs époux et épouses, à mes cousines et cousins.*

*A mes chères copines **Wassila, Sabine, Noria et Yasmine** je vous adore.*

*A mon binôme **Rabah**, je tiens à te remercier pour ta présence et ton engagement tout au long de ce travail. Que Dieu veille sur toi et ta famille.*

*À l'ensemble de la promotion de Biochimie Fondamentale, pour ces précieuses années partagées.*

*Anais*

## *Dédicaces*

*A mes deux très chères pères, **NOUREDDINE et Mohammed (RACHID)** dieu le bénisse inchallah qui a toujours été ma source d'inspiration, ma boussole morale et mon pilier de force tout au long de ma vie. Aucune dédicace ne peut suffisamment exprimer ce que tu mérites, compte tenu de tous les sacrifices et de l'effort inlassable que tu as constamment déployés pour moi. Je te remercie du fond du cœur pour tout.*

*A mes deux très chères mères, **ZAHRA et TASSADITE** ma raison de vivre, c'est à vous que je dois ma passion pour l'apprentissage et ma détermination à atteindre l'excellence. Ton soutien silencieux, tes sacrifices et ton amour inconditionnel ont façonné le chemin qui m'a conduit jusqu'à ce mémoire. Ce travail est dédié à vous, en reconnaissance de tout ce que vous avez faits pour moi.*

*À mes chers frères et sœurs, **HALIM, YANIS, SABAH et YASMINE** .*

*A mes chers copains **AMINE, ALI, BILLAL, billy, YACINE SOFIANE, MOHAMED, KOUSSA, ZIZOU**, je vous adore.*

*A **SIDALI** qui a été avec nous jusqu'à la fin.*

*A ma binôme **ANAIS**, je tiens à te remercier pour ta présence et ton engagement tout au long de ce travail. Que Dieu veille sur toi et ta famille.*

*À l'ensemble de la promotion de Biochimie Fondamentale, pour ces précieuses années partagées.*

***Rabah***



## **Sommaire**

<b>Remerciements</b>	
<b>Dédicaces</b>	
<b>Sommaire</b>	
<b>Liste des tableaux</b>	
<b>Liste des figures</b>	
<b>Liste des abréviations</b>	
<b>Introduction</b> .....	<b>1</b>

## **Chapitre 1**

### **Synthèse bibliographique**

I. Etude caractéristique de <i>Pistacia lentiscus</i> L.....	2
I.1. Généralité .....	2
I.2. Taxonomie .....	2
I.3. Répartition géographique du pistachier .....	3
I.4. Description botanique de la plante .....	4
I.4.1. Fleurs .....	5
I.4.2. Feuilles .....	5
I.4.3. Fruits .....	5
I.5. Etude chimique de l'espèce <i>Pistacia lentiscus</i> L .....	6
I.5.1. Feuilles .....	6
I.5.2. Fruits .....	6
I.6. Propriétés biologiques et pharmacologique de <i>Pistacia lentiscus</i> .....	6
I.7. Huile végétales des fruits de <i>Pistacia lentiscus</i> L.....	8
I.7.1. Généralités.....	8
I.7.2. Composition chimique .....	8
I.7.2.1. Les acide gras .....	8
I.7.2.2. Les triglycérides.....	9
I.7.2.3. Les phospholipides.....	9
I.7.2.4. Les tocophérols.....	10
I.7.2.5. Les stérols.....	10
I.7.2.6. Les polyphénols.....	10
I.7.2.7. Les acides phénoliques simples.....	10
I.7.2.8. Les flavonoïdes.....	11
I.7.2.9. Les tanins.....	11
I.7.2.10. Les anthocyanes.....	11
I.7.2.11. Les terpènes.....	12
I.7.2.12. Les minéraux.....	12
I.8. Utilisation et aspects pharmacologiques de l'huile végétale de lentisque.....	12

## **Chapitre II**

### **Matériels et méthodes**

II. Matériels et méthodes.....	13
II.1. Matériels végétales .....	13
II.2. Méthodes.....	13
II.2.1. Séchage, broyage et conservation du matériel végétal.....	13
II.2.1.1. Fruits.....	13
II.2.1.2. Feuilles.....	14
II.2.2. Extraction par soxhlet.....	14
II.2.3. Etude phytochimique de l'huile de lentisque.....	16
II.2.3.1. Dosage des tocophérols totaux.....	16

II.2.4. Dosage spectrophotométrie.....	17
II.2.4.1. Détermination de la concentration des carotènes totaux.....	17
II.2.4.2. Détermination de la concentration en chlorophylle.....	17
II.2.5 Détermination des paramètres physiques l'huile de lentisque.....	18
II.2.5.1. Densité.....	18
II.2.5.2. Indice de réfraction.....	18
II.2.5.3. Teneur en eau (Humidité).....	19
II.2.5.4. Impuretés insolubles (IMP).....	20
II.2.6. Analyse des paramètres chimiques de l'huile de lentisque.....	21
II.2.6.1. Teneur en insaponifiable.....	23
II.2.7. Enrichissement de l'huile de <i>Pistacia lentiscus</i> .....	23
II.2.8. Détermination des indices de qualité de l'huile de lentisque.....	23
II.2.8.1. Indice de peroxyde (IP).....	23
II.2.8.2. Indice d'acidité (IA).....	25
II.2.8.3. Indice de saponification (IS).....	26
II.2.9. Evaluation de l'activité antioxydant de l'huile de lentisque.....	27
II.2.9.1. Activité scavenging du radical DPPH.....	27
II.2.9.2. Activité scavenging du radical ABTS.....	28

### **Chapitre III**

#### **Résultats et discussions**

III. Résultats et discussions.....	30
III.1. Rendement de l'extraction.....	30
III.2. Etude phytochimique de l'huile de lentisque .....	30
III.2.1. Dosage des tocophérols totaux.....	30
III.3. Dosage spectrophotométrie.....	31
III.3.1. Détermination de la concentration des carotènes totaux .....	31
III.3.2. Détermination de la concentration en chlorophylle.....	33
III.4. Détermination des paramètres physiques d'huile de lentisque.....	34
III.4.1. Densité.....	34
III.4.2. Indice de réfraction.....	34
III.4.3. Teneur en eau (humidité).....	35
III.4.4. Imputées insolubles (IMP).....	36
III.5. Analyse des paramètres chimiques de l'huile de lentisque.....	37
III.5.1. Teneur en insaponifiables.....	37
III.6. Détermination des indices de qualités de l'huile de lentisque.....	37
III.6.1. Indice de peroxyde (IP).....	37
III.6.2. Indice d'acidité (IA).....	39
III.6.3. Indice de saponification (IS).....	41
III.7. Evaluation de l'activité antioxydant de l'huile de lentisque in vitro.....	43
III.7.1. Activité scavenging du radical DPPH.....	43
III.7.2. Activité scavenging du radical ABTS.....	46
<b>Conclusion et perspective.....</b>	<b>49</b>

#### **Référence bibliographiques**

#### **Annexes**

#### **Résumé**

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau I</b> : Noms vernaculaires de <i>Pistacia lentiscus</i> .....	2
<b>Tableau II</b> : Classification botanique de <i>Pistacia lentiscus</i> .....	3
<b>Tableau III</b> : Propriétés biologiques et pharmacologiques de <i>Pistacia lentiscus</i> .....	7
<b>Tableau IV</b> : Rendement de l'huile végétale obtenue à partir des fruits <i>Pistacia lentiscus</i> ...	30
<b>Tableau V</b> : Teneur en tocophérols de l'huile végétale de <i>Pistacia Lentiscus</i> .....	31
<b>Tableau VI</b> : Indice de réfraction de quelques huiles végétales.....	35
<b>Tableau VII</b> : Indices de saponifications de quelques huiles.....	42
<b>Tableau VIII</b> : Valeurs de l'IC 50 de HP, HE du fruit de <i>Pistacia lentiscus</i> et de l'acide gallique.....	47



## Listes des figures

<b>Figure 1</b> : Répartition géographique de <i>Pistacia lentiscus</i> dans le monde.....	3
<b>Figure 2</b> : Aire de répartition de <i>Pistacia lentiscus</i> en Algérie.....	4
<b>Figure 3</b> : Photographies correspondantes aux différents constituants de <i>Pistacia lentiscus</i> .....	5
<b>Figure 4</b> : Les trois acides gras dominants dans l'huile de <i>Pistacia lentiscus</i> .....	9
<b>Figure 5</b> : Structure d'un acide phosphatidique (PA).....	10
<b>Figure 6</b> : Structure générale du noyau des flavonoïdes.....	11
<b>Figure 7</b> : Localisation géographique de la zone de récolte des fruits et des feuilles de <i>Pistacia lentiscus</i> .....	13
<b>Figure 8</b> : Poudre des feuilles et des fruits murs de <i>Pistacia lentiscus</i> .....	14
<b>Figure 9</b> : Montage d'extraction liquide-solide « soxhlet » des huiles de lentisque.....	15
<b>Figure 10</b> : L'évaporateur rotatif.....	16
<b>Figure 11</b> : Appareil de refractomètre ABBE.....	19
<b>Figure 12</b> : Schéma d'extraction des insaponifiables.....	22
<b>Figure 13</b> : Séparation des 2 phases hexanique et savonneuse hydroalcoolique.....	23
<b>Figure 14</b> : Mécanisme réactionnel intervenant lors du test DPPH• entre l'espèce radicalaire DPPH• et un antioxydant (A-H).....	27
<b>Figure 15</b> : L'acide 2,2'- azino-bis-(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique) (ABTS•).....	29
<b>Figure 16</b> : Evolution de teneur en caroténoïdes de l'huile végétale de <i>Pistacia lentiscus</i> pure et enrichie pendant 28 jours d'étuvage à 60°C.....	32
<b>Figure 17</b> : Evolution de Teneur en pigment chlorophylle de l'huile végétale de <i>Pistacia lentiscus</i> pure et enrichie pendant 28 jours d'étuvage à 60°C.....	33
<b>Figure 18</b> : Taux d'humidité de l'huile végétale de <i>P. lentiscus</i> .....	36
<b>Figure 19</b> : Evolution de l'indice de peroxyde de l'huile végétale de <i>Pistacia lentiscus</i> pure et enrichie pendant 28 jours d'étuvage à 60°C.....	38
<b>Figure 20</b> : Evolution de l'indice d'acidité de l'huile végétale de <i>Pistacia lentiscus</i> pure et enrichie pendant 28 jours d'étuvage à 60°C.....	40
<b>Figure 21</b> : Evolution de l'indice de saponification de l'huile végétale de <i>Pistacia lentiscus</i> pure et enrichie pendant 28 jours d'étuvage à 60°C.....	42

<b>Figure 22 :</b> Activité antioxydant de l'huile végétale des fruits <i>Pistacia lentiscus</i> et l'acide gallique contre le radical DDPH pendant 28 jours d'étuvage à 60°C.....	44
<b>Figure 23 :</b> Histogramme désigne le pouvoir inhibitrice IC50 exprimés en mg/ml, de l'huile végétale des fruits <i>Pistacia lentiscus</i> et l'acide gallique contre le radical DDPH pendant 28 jours d'étuvage à 60° .....	45
<b>Figure 24 :</b> Activité antioxydant de l'huile végétale des fruits <i>Pistacia lentiscus</i> et l'acide gallique contre le radical ABTS pendant 28 jours d'étuvage à 60°C.....	47

## *Liste des abréviations*

**HP** : Huile pure.

**HE** : Huile enrichie.

**P. Lentiscus** : Pistacia Lentiscus.

**AG** : Acides gras.

**TG**: Triglycéride.

**AGI** : Acide Gras Insaturé.

**FAO**: Food and Agricultural Organization.

**CODEX**: Codex Alimentarius Commission.

**COI**: Conseil Oléicole International.

**AFNOR** : Association Française de NORmalisation.

**ISO**: The International Standards Organization

**g**: Gramme.

**ml**: millilitre.

**ppm**: Parts per million.

**IP** : Indice de peroxyde.

**IA** : Indice d'acidité.

**IS** : Indice de saponification.

**IR** : Indice de réfraction.

**IMP** : Impuretés insolubles.

**H** : Humidité.

**D** : Densité.

**Chl** : Chlorophylle.

**J** : Jour.

**DPPH** : 2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl

**IC50** : Half-maximal inhibitory concentration.

**ABTS** : 2,2'-azino-bis(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonic acid).



## **Introduction**

## Introduction

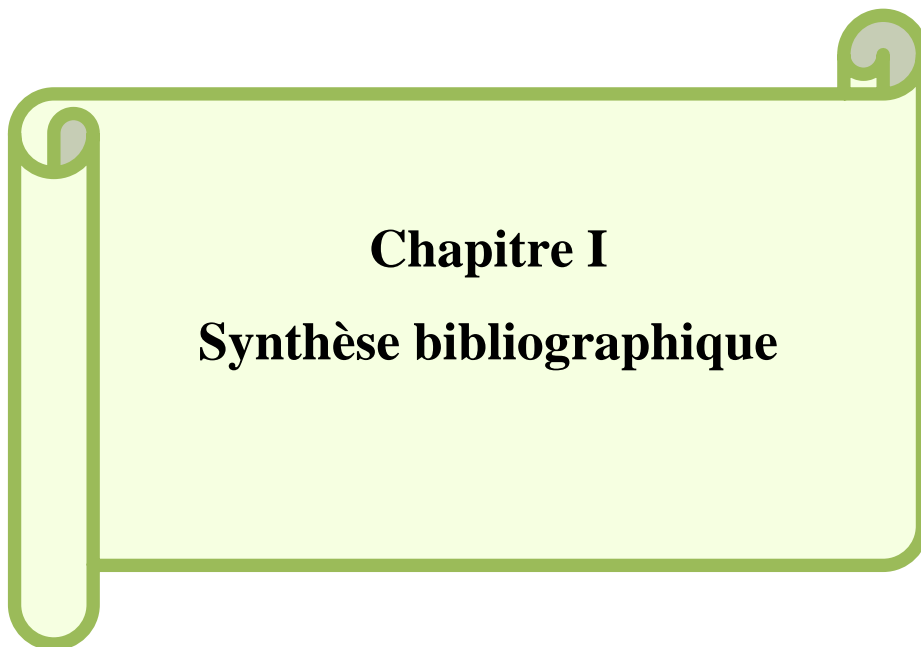
Les huiles végétales jouent un rôle essentiel dans notre alimentation. Elles assurent tout d'abord une fonction nutritionnelle : elles contribuent à l'apport d'énergie et participent à l'apport et au transport de vitamines liposolubles. Ces huiles sont sujettes à des réactions d'auto-oxydation des acides gras (**Cuvelier et Maillard, 2012**), qui favorise la détérioration et la réduction de la durée de conservation des huiles végétales, entraînant ainsi des changements organoleptiques ce qui conduit peu à peu à une perte de leur qualité (**Meziani et al., 2021**).

En ce sens, une stabilité oxydative accrue des huiles peut être obtenue par l'ajout d'antioxydants naturels ou synthétiques. Cependant, il a été révélé que les antioxydants synthétiques peuvent être impliqués dans beaucoup de risques sanitaires. Pour cette raison l'intérêt des industries alimentaire, pharmaceutique et cosmétique pour l'enrichissement par les antioxydants naturels tels que les polyphénols a augmenté (**Maria del Pilar, 2020**). Ces molécules sont des métabolites secondaires des plantes qui se trouvent dans différentes parties de ces dernières et présentent un effet protecteur ou ralentisseur contre l'oxydation des lipides (**Dagmey, 2020**).

La flore algérienne est caractérisée par une diversité d'espèces de plantes aromatiques et médicinales, très utilisées depuis l'antiquité pour traiter plusieurs pathologies (**Rahmani et Zouia, 2016**). Parmi les quelles *Pistacia lentiscus*, un arbuste qui pousse sur tout le bassin méditerranéen, très connu pour ses vertus thérapeutiques (**Abdeldjelil, 2016**). Où elle était largement utilisée en médecine traditionnelle pour traiter des problèmes tels que les irritations cutanées et certains troubles gastro-intestinaux (**Hamlat et Hassani, 2008**). Ainsi, l'huile végétale de cette plante est largement recommandée pour le traitement de plusieurs pathologies, comme le traitement des troubles respiratoires et les brûlures dermique (**Habibatni, 2014**).

De nombreuses études ont mis en évidence la présence abondante de composés bioactifs, en particulier des polyphénols, dans les feuilles de cet arbre. Ces substances lui confèrent diverses activités biologiques, notamment une activité antioxydant (**Salhi et al., 2019**).

Malgré sa large utilisation, aucune étude n'a été effectuée sur l'enrichissement de cette huile, c'est pourquoi, nous nous sommes intéressés dans notre travail à l'étude des paramètres physico-chimiques et à l'impact d'enrichissement de l'huile de *Pistacia lentiscus* par les antioxydants des feuilles de la même plante sur la qualité et la stabilité oxydative de ce dernier. D'une part, dans le but de valoriser ses composés et d'autre part de prolonger la durée de conservation de l'huile en réduisant l'oxydation des lipides.



**Chapitre I**  
**Synthèse bibliographique**

## I. Etude caractéristique de *Pistacia lentiscus* L

### I.1 Généralités

*Pistacia lentiscus* est une plante médicinale, aromatique appartenant à la famille des Anacardiaceae, cette plante est originaire de la région méditerranéenne. Les feuilles et les résines de cette plante ont été utilisées depuis l'antiquité pour leurs propriétés médicinales et aromatiques (Mahjoub et al., 2018). Les membres de cette famille se présentent sous forme d'arbres et d'arbustes qui sont bien adaptés à la chaleur, au froid et à la salinité, car ils sont largement répandus le long des côtes de la mer méditerranée (Bachrouch et al., 2015), surnommé par plusieurs appellations (tableau I).

**Tableau I:** Noms vernaculaires de *Pistacia lentiscus* (Garnier et al., 1961 ; Baba-Aissa, 1999 ; El beyrouthy, 1999).

Langue	Noms
Berbère	Tidekth, Amadagh
Arabe	Edharw, Sareys
Français	Arbre au mastic, Pistachier lentisque, Restringe, Lentisque d'Espagne
Anglais	Mastic ou mastick tree
Espagnol	Lentisco, charneca comun
Allemand	Mastix baum
Italien	Lentischio, sondrio

### I.2 Taxonomie

Le lentisque est un arbrisseau du genre *Pistacia* qui comprend environ 70 genres et plus de 600 espèces. Selon la classification commune de Zohary, (1952) cité par AL-Saghir et Porter, (2012), le genre *Pistacia* regroupe 4 espèces en Algérie : *Pistacia lentiscus*, *Pistacia*

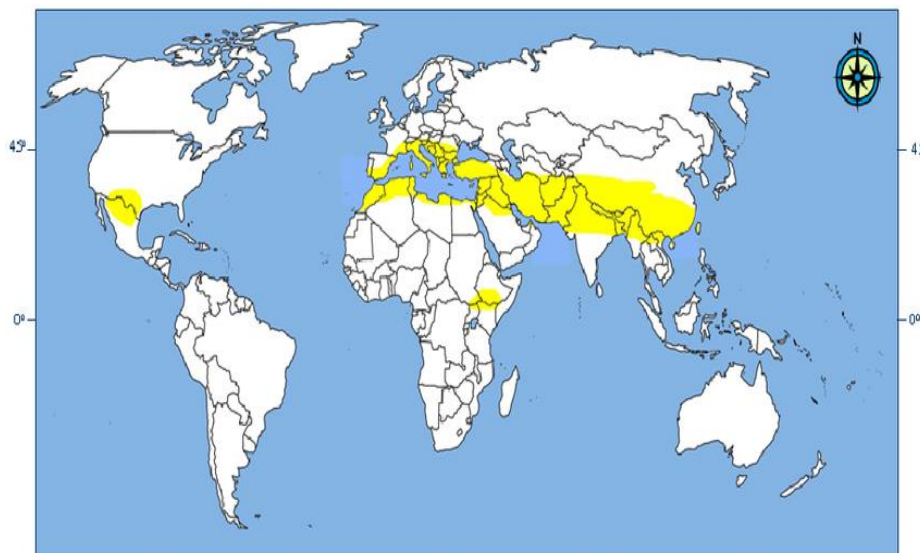
*terebinthus*, *Pistacia vera* et *Pistacia atlantica* (Boukeloua, 2009). La classification botanique de lentisque est représentée dans le (tableau II).

**Tableau II** : Classification botanique de *Pistacia lentiscus* (Nahida et al., 2012).

<b>Règne</b>	Plantae
<b>Embranchement</b>	Spermatophyta
<b>Sous embranchement</b>	Angiospermae
<b>Division</b>	Magnoliophyta
<b>Classe</b>	Dicotylédones
<b>Sous classe</b>	Dialypétales
<b>Ordre</b>	Sapindales
<b>Famille</b>	Anacardiaceae
<b>Genre</b>	<i>Pistacia</i>
<b>Espèce</b>	<i>Pistacia lentiscus</i>

### I.3 Répartition géographique du pistachier

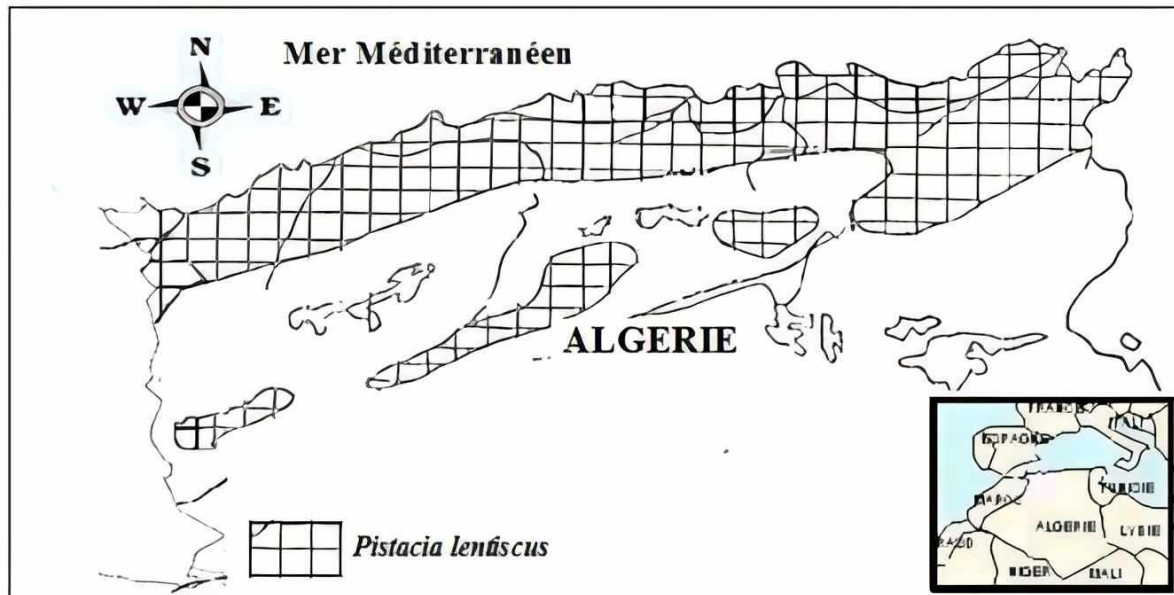
*Pistacia lentiscus* est un arbrisseau que l'on trouve couramment en sites arides d'Asie et de la région méditerranéenne de l'Europe et d'Afrique (figure1) (Chaabani, 2019).



**Figure 1** : Répartition géographique de *Pistacia lentiscus* dans le monde est représentée en couleur jaune (Avi Golan,2009).



Il pousse naturellement dans la garrigue et les sols en friche, se retrouvant sur différents types de sols dans les régions subhumides et semi-arides d'Algérie (**Figure 2**), notamment dans le bassin de la Soummam où il coexiste avec le pin d'Alep, le chêne vert et le chêne liège (**Belfadel, 2009**).



**Figure 2** : Aire de répartition de *Pistacia lentiscus* en Algérie (**Quezel et Santa, 1963**).

#### I.4 Description botanique de la plante

*Pistacia lentiscus* est un arbuste dioïque thermophile, à odeur résineuse forte, caractéristique et atteint une hauteur de 1 à 5 mètres. Dans des conditions favorables qui lui permettent de croître sans contraintes, il peut parfois atteindre une hauteur de 7 mètres, atteignant sa taille maximale vers l'âge de 40 à 50 ans (**Figure3(B)**) (**Boukeloua, 2009**).

Selon **More et White (2005)** *Pistacia lentiscus* est caractérisée par :

##### I.4.1. Fleurs

Les fleurs de *Pistacia lentiscus* sont toutes de petite taille, mesurant environ 2 à 3 mm de large, et peuvent être vertes ou rougeâtres. Elles sont unisexuées et sont disposées en épis cylindriques courts et serrés, situés latéralement à l'aisselle des feuilles. Les fleurs mâles (**Figure 3(A)**) présentent un calice à 5 pointes et sont composées de 8 à 10 petites étamines de couleur rouge foncé. Chaque fleur mâle produit de 47 000 à 60 000 grains de pollen. En revanche, les fleurs femelles (**Figure 3(C)**) sont de couleurs verts jaunâtres, avec un calice à 3-4 pointes et peuvent parfois être légèrement velues. Elles ont un style avec 5 stigmates, un ovaire uniloculaire et contiennent un seul ovule anatrope. Les fleurs femelles sont regroupées

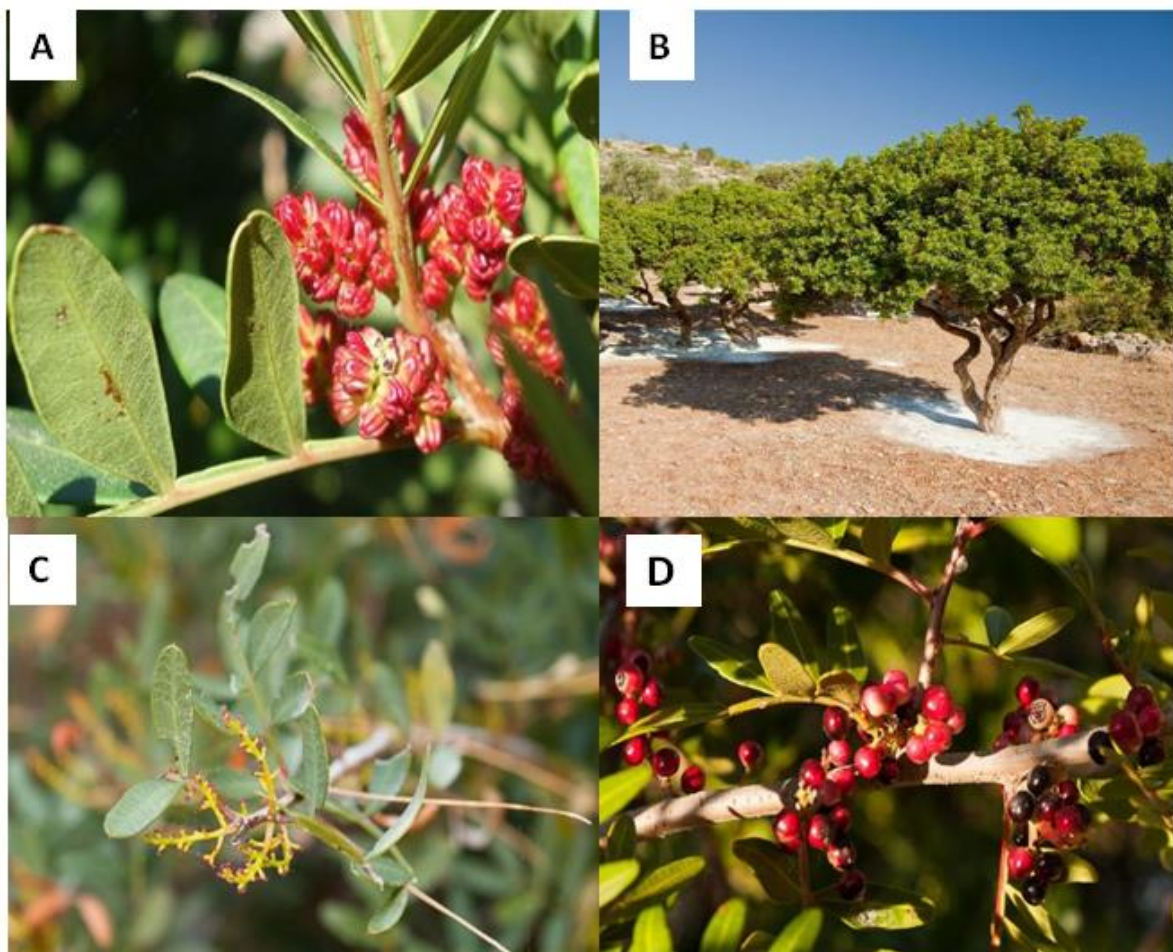
en inflorescences de 4 à 21 fleurs et peuvent avoir des ovaires uni et tri-carpelles (**Garnier et al., 1961; Bayer et al., 1987, Verdu et Garcia-Fayos, 1996; Baba-Aissa, 1999**).

#### I.4.2. Feuilles

Sont persistantes et légèrement alternes, sont attachées à la tige par un pétiole ailé court. Elles sont composées de 4 à 10 folioles, toujours en nombre pair, et ont une couleur vert foncé brillante sur la face supérieure et vert mat plus clair sur la face inférieure (**Hans, 2007**).

#### I.4.3. Fruits

Le fruit du lentisque est une drupe sèche petite et globuleuse, comestible, légèrement comprimée, mesurant environ 4 mm de long, soit la taille d'un pois. Au départ rouge, il devient noir à maturité (**Figure 3(D)**) (**Garnier et al., 1961; Bayer et al., 1987**).



**Figure 3** : Photographies correspondantes aux différents constituants de *Pistacia lentiscus* ; fleurs mâles (A); Arbuste (B); fleurs femelles (C) et fruits (D) (**Lamare et Pavon, 2022**).

## I.5 Etude chimique de l'espèce *Pistacia lentiscus*

Plusieurs études phytochimiques ont été menées pour identifier les principes actifs des différentes parties de cette espèce. Des composés responsables d'activité biologiques ont été révélés. Ces dernières impliquent des composés phytochimiques bioactifs, notamment phénoliques (**Boudieb et al., 2019**).

### I.5.1 Feuilles

Les feuilles de *Pistacia lentiscus* ont une composition chimique qui se caractérise par la présence de glycosides de flavonoles tels que la quercétine, la myricétine et la lutéoline, ainsi que de l'isoflavone et de la genistéine. Elles renferment également environ 6 à 7 % de gallotanins, à savoir l'acide gallique et les dérivés d'acide quinique 5-O-, 3,5-O-di- et 3, 4,5-O-trigalloyl (**Romani et al., 2002**).

### I.5.2 Fruits

Les anthocyanines, notamment la cyanidine 3-O-glucoside (70%), la delphinidine 3-O-glucoside (20%) et la cyanidine 3-O-arabinoside (10%), sont présentes dans les fruits de *Pistacia lentiscus* à une concentration de 5,4 mg/ml (**Luigia et al., 2007**). L'acide gallique et le pentagallinoléylglucose, sont des composés phénoliques présents dans le fruit d'après (**Abdelwahed et al., 2007**), les protéines représentent 5% du poids des fruits de *Pistacia lentiscus* (**Hasan et al., 2011**).

## I.6 Propriétés biologiques et pharmacologiques de *Pistacia lentiscus*

De multiples activités biologiques des molécules présentes dans diverses parties de cette plante (feuilles, fruits) ont été signalées dans de nombreuses études pharmacologiques, résumée dans le (**tableau III**) :

**Tableau III:** Propriétés biologiques et pharmacologiques de *Pistacia lentiscus*.

Activités biologiques	Partie de la plante	Avantage	Références
Anti-oxydante	Feuilles	Très riches en composés phénoliques.	(Salhi et al., 2019)
Anti-inflammatoire	Feuilles	Réduction de la production d'IL-6 et de TNF- $\alpha$ par les cellules polymorphonucléaires induites par le LPS (lipopolysaccharide). Cette propriété est due à leurs richesses en polyphénols.	(Qabaha et al., 2016)
Anti mutagénèse et anti cancéreuse	Fruits	Une importante activité antiproliférative.	(Bouyahya et al., 2019)
Activité antidiabétique	Feuilles	Augmentation de l'insuline plasmatique et une diminution des taux des lipides sériques, Effet inhibiteur de l'activité de l' $\alpha$ -amylase	(Cherbal et al., 2017)
Hypo-lipidémiant	Fruits	Réduit le cholestérol total, le cholestérol LDL et les triglycérides. Cette propriété peut être attribuée à sa richesse en acide oléique.	(Djerrou, 2014)
Antimicrobienne	Fruits	Inhibition des souches bactériennes (Staphylococcus aureus et Aspergillus niger)	(Mezni et al., 2015)
Cicatrisation	Fruits	Favorise la contraction de la plaie et réduit la période d'épithélisation chez les lapins	(Djerrou et al., 2010)

## I.7 Huile végétale des fruits de *Pistacia lentiscus*

### I.7.1 Généralités

L'huile de lentisque provient du fruit comestible, qui peut représenter 38,8 % de son poids, sous forme d'un liquide épais et vert. Elle atteint son point de fusion uniquement entre les températures qui varie entre 32 et 34 °C (Belfadel, 2009). Les fruits de lentisque présentent une variation de la teneur en matières grasses brutes, allant de 32,8 % pour les fruits noirs (mûrs) à 11,70 % pour les fruits rouges. Par conséquent, les fruits noirs peuvent être assimilés à des graines oléagineuses riches en matières grasses, à l'instar de l'arachide, de l'olive, du tournesol et du coton (Charef et al., 2008).

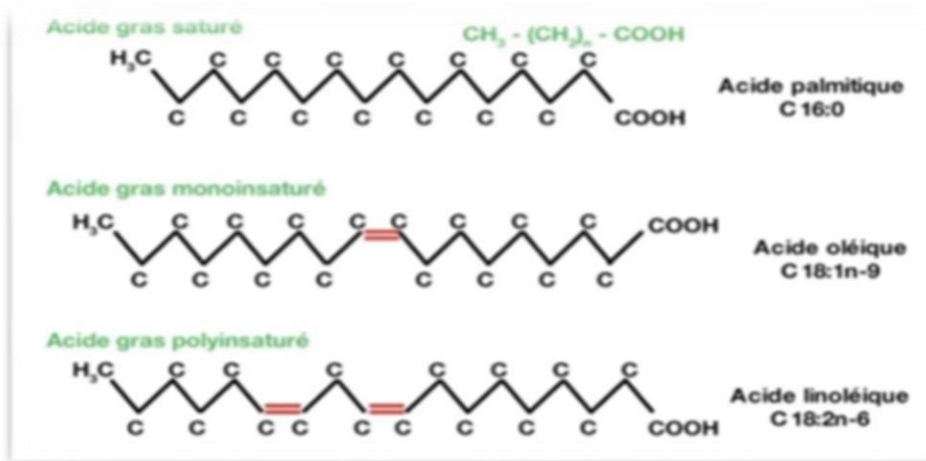
### I.7.2 Composition chimique

L'huile de lentisque se distingue par la présence d'acides gras insaturés (à la fois mono et polyinsaturés) ainsi que d'acides gras saturés. La partie non saponifiable de l'huile renferme des tocophérols, des stérols et des composés phénoliques (Charef et al., 2008).

#### I.7.2.1 Les acides gras

La classe la plus importante des acides gras dans l'huile de *Pistacia lentiscus* L est représentée par les acides gras mono-insaturés (52,4%), suivie par les acides gras saturée (21,18%) et les polyinsaturés 11% (Dhifi et al., 2013).

Le principal acide gras est l'acide oléique (C18 :1) (50 -72%), suivi de l'acide palmitique (C16 :0) (23,2%) et l'acide linoléique (C-18 :2) (21,7%) (Figure 4) (Djerrou et al., 2014). Les autres acides gras retrouvés en faible quantités sont l'acide palmitoléique (1,3%), l'acide stéarique (1,1%), l'acide linoléique (0,8%), l'acide gadoléique (0,2%) et l'acide arachidique (trace). Quatre stérols ont été trouvés dans l'huile fixe, le  $\beta$ -sitostérol (90%), le camestérol, le cholestérol et le stigmastérol (Trabelsi et al., 2012).



**Figure 4** : Les trois acides gras dominants dans l'huile de *Pistacia lentiscus* (Colette et Monnier, 2011).

### I.7.2.2 Les triglycérides

Les lipides simples apolaires dans l'huile de lentisque sont principalement constitués de triglycérides, qui représentent 90 à 99% de ces lipides. Les triglycérides sont des esters triples de glycérol et d'acides gras (AG) (Cuvelier et Maillard, 2012).

Dans l'huile de lentisque, les triglycérides se présentent sous des formes mono et polyinsaturées. Les principaux composants sont le stéariqueloléique-linoléique-glycérol et palmitique-dioleique-glycérol suivie par stéaroiique-dilinoileiqueglycérol. Il a été trouvé de faibles quantités de trioléylglycérol, d'oléyl-dilinoileique-glycérol, dipalmitoique-oléyl-glycérol, de palmitoique-dilinoileique-glycérol, d'oléyl-dilinoileique-glycérol, de dipalmitoyllinoileique-glycérol et de trilinoileique-glycérol (Dhifi et al., 2013).

### I.7.2.3 Les phospholipides

Les phospholipides sont des composés dérivés du glycérol, où les positions sn-1 et sn-2 sont estérifiées par des acides gras, tandis que la fonction alcool en sn-3 est naturellement estérifiée par un acide phosphorique. Cet acide phosphorique est ensuite associé à un sucre (inositol) ou à une amine (choline, éthanolamine, sérine) (Belfadel, 2009). Sur trois populations de fruits de *P.lentiscus*; l'acide phosphatidique (PA) a été détecté (Figure 5) (Trabelsi et al., 2012).



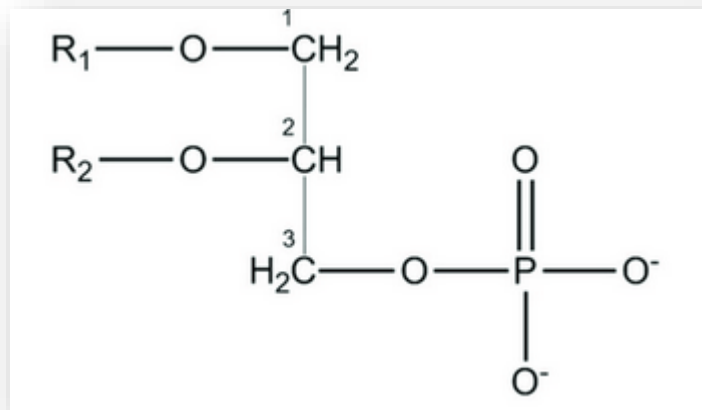


Figure 5 : Structure d'un acide phosphatidique (PA).

#### I.7.2.4 Les tocophérols

Les tocophérols, communément connus sous le nom de vitamine E, sont des antioxydants naturels solubles dans la matière grasse (Iserin, 2005), les tocophérols jouent un rôle dans la préservation des huiles en raison de leur capacité à capturer les radicaux libres (Reboul et al., 2007). Ils se trouvent sous quatre formes isomériques  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  et  $\delta$  (Dhifi et al., 2013).

#### I.7.2.5 Les stérols

Les stérols végétaux, également connus sous le nom de phytostérols, sont des graisses communes à toutes les plantes supérieures (Bouic et Lamprecht, 1999). Au cours de toutes les phases de maturation des baies de lentisque, seuls quatre stérols ont été identifiés et quantifiés. Le  $\beta$ -sitostérol a été le stérol principal, suivi du campestérol. Le cholestérol et le stigmastérol ont été détectés en quantités très faibles (Trabelsi et al., 2012).

#### I.7.2.6 Les polyphénols

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires caractérisés par la présence d'un ou plusieurs cycles benzéniques avec une ou plusieurs fonctions hydroxyles (Urquiaga et Leighton, 2000).

#### I.7.2.7 Les acides phénoliques simples

Les acides phénoliques sont de petites molécules composées d'un noyau benzénique et contenant au moins un groupe hydroxyle. Ils ont la capacité de subir des estérifications et de former des liaisons avec des sucres pour former des hétérosides. Leur production

biosynthétique est issue de l'acide benzoïque et de l'acide cinnamique (Collin et Crouzet, 2011).

### I.7.2.8 Les flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des substances très répandues dans le règne végétal, elles ont en commun la structure du diphenylpropane ( $C_6-C_3-C_6$ ). Elle renferme deux noyaux A et B et un cycle hétérogène C portant de l'oxygène (cycle pyridinique) (figure 6) (Hamdi, 2014).

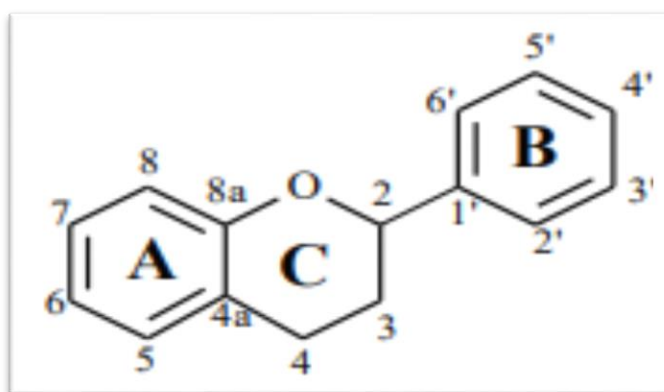


Figure 6 : Structure générale du noyau des flavonoïdes (Pyrzynska et Biesaga,2009).

### I.7.2.9 Les tanins

Les tanins sont des composés chimiques qui ont la capacité de créer diverses associations stables avec des protéines et d'autres polymères végétaux tels que les polysaccharides. Les tanins se présentent sous forme de molécules phénoliques de grande taille, avec des masses moléculaires variant de 600 à 3500 daltons (Gauthuret, 1968). Ils sont souvent contenus dans l'écorce ou dans les feuilles, ils sont solubles dans l'eau, d'après leur structure et leur propriété, deux types de tanins sont distingués ; les tanins hydrolysables et les tanins condensés (Bruneton,1999).

### I.7.2.10 Les anthocyanes

Selon l'étude de Djedaia (2017), les fruits du Pistacia lentiscus se caractérisent par des concentrations élevées de polyphénols, atteignant 154,34 mg équivalent acide gallique par gramme de matière sèche, ainsi que des niveaux significatifs de flavonoïdes, avec 75,2 mg équivalent catéchine par gramme de matière sèche, et de tanins, qui sont présents à hauteur de 51,5 mg équivalent catéchine par gramme de matière sèche. Ces résultats fournissent une explication plausible de l'usage de cette plante dans la médecine traditionnelle.



### I.7.2.11 Les terpènes

Les terpènes sont des hydrocarbures formés par assemblage de deux ou plusieurs unités isopréniques. Ce sont des polymères de l'isoprène de formule brute  $(C_5H_8)_n$ .

Selon le nombre d'unités associées, on distingue : les mono- en (C10); les sesqui- en (C15); les di- en (C20) ; les tri- en (C30); les tétraterpènes- en (C40) et les polyterpènes. Les huiles végétales contiennent particulièrement des monoterpènes, des sesquiterpènes et peu souvent de diterpènes (**Finar I,1994**) . Leurs structures sont très diverses (acycliques, monocycliques, bicycliques,...) et contiennent la plupart des fonctions chimiques des matières organiques.

### I.7.2.12 Les minéraux

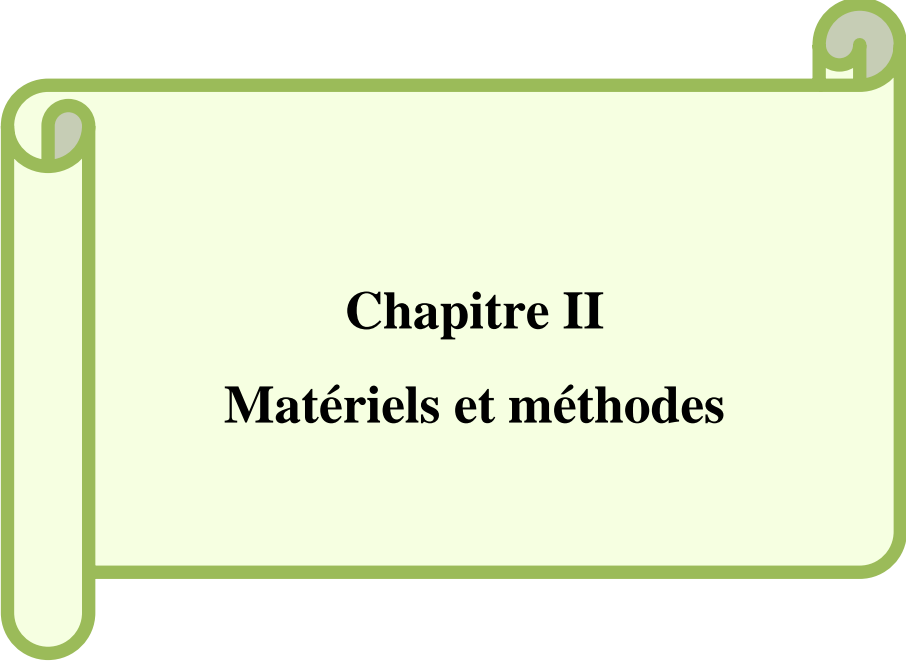
Dans l'huile de lentisque, le sodium (Na) est le minéral le plus présent, avec une quantité de 25,36 mg pour 100 g ; ensuite, le potassium (K), le calcium (Ca), le magnésium (Mg), le fer (Fe) et le cuivre (Cu) (**Dhifi et al., 2013**).

Ces minéraux ont une importance cruciale dans le fonctionnement du corps humain. Ils sont impliqués dans la transmission des signaux nerveux, l'équilibre osmotique et acido-basique des fluides corporels, et agissent comme cofacteurs dans plusieurs réactions métaboliques liées aux glucides uniquement. De plus, ils sont indispensables à la structure du squelette et des dents, ainsi qu'à la coagulation sanguine (**Hasan et al., 2011**).

## I.8 Utilisation et aspects pharmacologiques de l'huile végétale de lentisque

La région méditerranéenne accorde une grande attention aux propriétés potentielles de *Pistacia lentiscus*. Cette huile suscite un intérêt particulier dans la médecine traditionnelle pour les diabétiques, pour le traitement des douleurs de l'estomac et en cas de circoncision; pour soigner les douleurs dorsales (**Hmimsa, 2004**). Ainsi elle est très utilisée dans le traitement des troubles respiratoires et les brûlures cutanées (**Djerrou et al., 2011**).

L'huile végétale de lentisque est très recommandée en tant que remède pour les troubles hépatiques et anti diarrhéique en Algérie (**Trabelsi et al., 2012**). De plus, cette huile se distingue par sa valeur nutritionnelle élevée, car des études ont démontré ses propriétés anti-hyperlipidémiques, notamment en réduisant les niveaux de LDL-cholestérol et de triglycérides totaux (**Djerrou et al., 2011**).



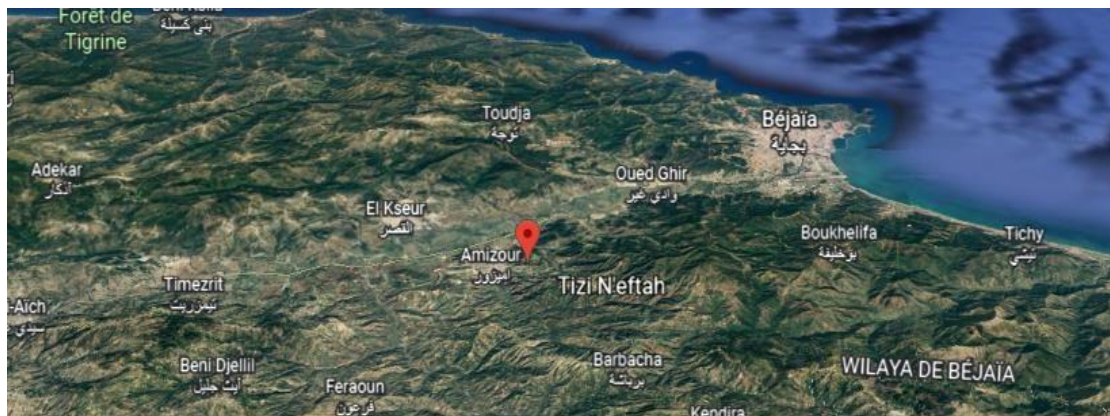
**Chapitre II**  
**Matériels et méthodes**

## II. Matériel et méthodes

L'objectif de ce travail est d'étudier les caractéristiques physico-chimiques et d'évaluer l'activité antioxydant de l'huile végétale pure et enrichie de *Pistacia lentiscus* obtenue par extraction soxhlet, issue de la régions d'Amizour de la Wilaya de Bejaia. Cette étude a été réalisée conjointement au niveau du laboratoire de contrôle de qualité de la **COGB La belle** de Bejaia, et le laboratoire de génétique au département de biologie physico-chimique de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Bejaia.

### II.1 Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé comprend les feuilles et les fruits noirs (mûrs) de *P. lentiscus*, qui sont très abondants et très étudiés en Algérie. La zone de récolte est au niveau du village tizi N'ftah situe à Amizour, wilaya de Bejaïa (**figure 7**). La collecte s'est faite en période automnale entre le mois de novembre et décembre 2022. Le matériel utilise au laboratoire pendant le déroulement des expériences est mentionner dans (Annexe 1)



**Figure 7** : Localisation géographique de la zone de récolte des fruits et des feuilles de *Pistacia lentiscus*.

### II.2 Méthodes

#### II.2.1 Séchage, broyage et conservation du matériel végétal

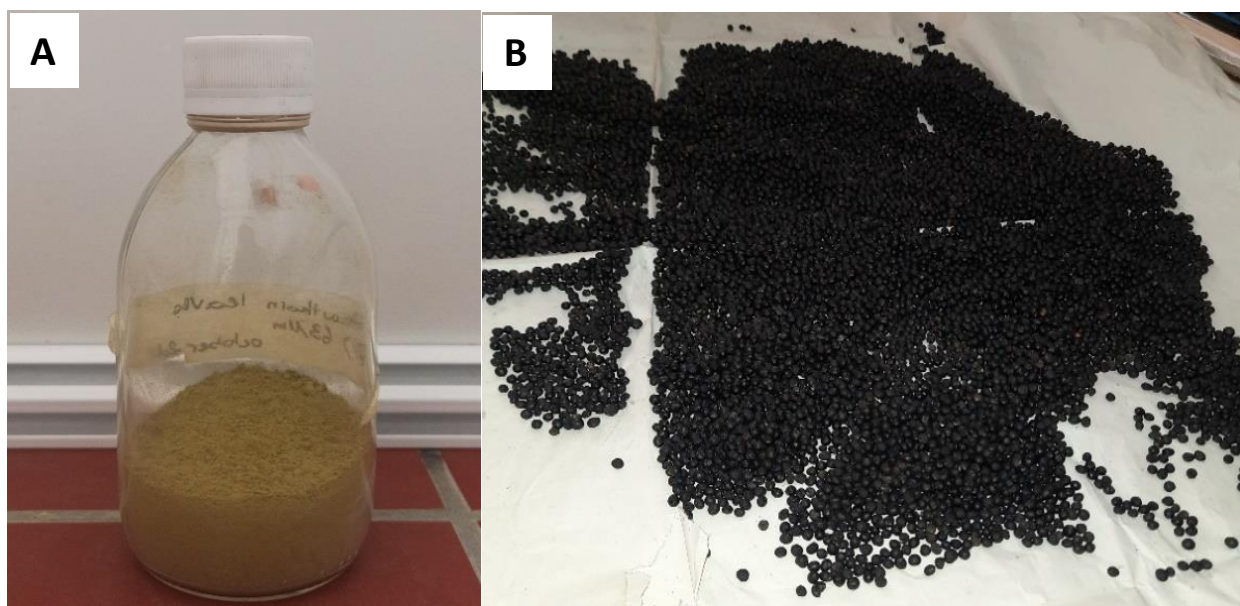
##### II.2.1.1 Fruits

Les fruits ont été récoltés au stade de maturité, la couleur des graines est noire ou semi-noire tout en évitant le stade rouge (**figure 8 (B)**), qui pourrait influencer sur le rendement de l'huile et sa conservation.

Après la récolte les fruits ont été séchés et mis dans des sacs en plastique perforés, puis sont conservés au réfrigérateur jusqu'à utilisation.

### II.2.1.2 Feuilles

Le séchage est réalisé à l'abri de la lumière et d'humidité, ensuite les feuilles sont broyées et tamisées afin d'obtenir une poudre fine de 63 $\mu$ m. Cette dernière est conservée dans des bocaux en verre bien fermés et étiquetés (**Figure 8(A)**), stockés à l'abri de la lumière dans un endroit frais et sec à l'écart de toute source d'humidité jusqu'à utilisation.



**Figure 8** : Poudre des feuilles (A) et des fruits murs de *Pistacia lentiscus* (B)(Photo original)

### II.2.2 Extraction par soxhlet

L'huile végétale de lentisque est extraite à l'aide de soxhlet (**Figure 9**), pour obtenir une huile à partir d'un échantillon humide, il est recommandé d'utiliser des mélanges de solvants qui sont à la fois polaires et hydrophiles. En revanche, lorsqu'il s'agit d'extraire des huiles à partir d'échantillons secs, il est préférable d'utiliser des solvants apolaires tels que l'éther de pétrole ou l'hexane (**Kim et al., 2002**).



**Figure 9** : Montage d'extraction liquide-solide « soxhlet » des huiles de lentisque (**Photo original**)

➤ **Mode opératoire**

60 g de pâte du fruit de *Pistacia lentiscus* a été placé dans une cartouche en cellulose Whatman et soumis à une extraction hexanique à l'aide d'un appareil de soxhlet. Un volume d'hexane de 200 ml a été ajouté au ballon, puis chauffé pour démarrer l'extraction. Une fois chauffé, le solvant est évaporé et condensé dans le réfrigérant, puis recueilli dans le réservoir de la cartouche ; pendant ce temps, le contenu de cette dernière s'écoule à partir du siphon dans le ballon, ce qui permet de commencer un nouveau cycle d'extraction, lorsque le liquide environnant la cartouche devient transparent, indiquant ainsi que le solvant n'extrait plus de composés solides. Ce matériau végétal a été soumis à environ 15 cycles d'extraction à une température de 40°C. L'huile végétale de lentisque, a été évaporée à l'aide d'un évaporateur rotatif (**Figure 10**), puis finalement conservé à une température ambiante dans des flacons fermés à l'abri de la lumière.





Figure 10 : L'évaporateur rotatif (Photo original)

## II.2.3 Etude phytochimique de l'huile de lentisque

### II.2.3.1 Dosage des tocophérols totaux

#### ➤ Principe

Le dosage des tocophérols totaux a été effectué selon la méthode de dosage colorimétrique d'Emmerie et Engel (1939). Cette méthode est basée sur la réaction d'oxydoréduction entre les tocophérols et le fer ferrique ( $Fe^{3+}$ ) qui est réduit en fer ferreux ( $Fe^{2+}$ ). Ce dernier, en présence de réactifs spécifiques comme l'orthophénantroline, forme un complexe rouge-orangé absorbant à 510 nm.

#### ➤ Mode opératoire

Dans cette méthode, 1 ml d'une solution éthanolique de l'huile végétale a été mélangé avec 1 ml d'une solution éthanolique à 0,4% d'orthophénantroline ( $C_{12}H_8N_2$ ) et 0,5 ml d'une solution éthanolique à 0,12% de chlorure ferrique ( $FeCl_3$ ). Le mélange est maintenu à l'obscurité pendant 5 minutes. Les absorbances ont été mesurées à l'aide d'un spectrophotomètre à 510 nm. Les quantités des tocophérols totaux ont été calculées à l'aide d'une courbe d'étalonnage de l' $\alpha$ -tocophérols (vitamine E) traité de la même façon que celle de l'huile. Les résultats sont exprimés en mg équivalent en  $\alpha$ - tocophérols par gr d'huile végétale *Pistacia lentiscus*.

## II.2.4 Dosage spectrophotométrie

### II.2.4.1 Détermination de la concentration des carotènes totaux

Les caroténoïdes sont des composés hautement insaturés, ce sont des hydrocarbures qui présentent une gamme de couleurs allant du jaune à l'orange (Aiais, 2003). Ils incluent les carotènes et les xanthophylles.

#### ➤ Principe

La méthode de Deymie et al.(1981),consiste à l'extraction des carotènes par l'hexane. Les lectures des absorbances sont réalisées à 450 nm, les teneurs en carotène sont déterminées en utilisant la courbe d'étalonnage.

#### ➤ Mode opératoire

Une masse de 1 mg d'huile végétale est mise dans un bécher, additionné de 9 ml d'hexane, après avoir bien mélangé, la densité est mesurée à 450 nm. Les concentrations en carotène de notre huile sont calculées par rapport à l'équation de la courbe d'étalonnage (annexe 2).

### II.2.4.2 Détermination de la concentration en chlorophylle

Ce sont les pigments verts des végétaux qui ont un rôle essentiel dans le processus de photosynthèse. Leur liposolubilité est notamment due à la présence de la chaîne phetyle (Tremoliere et al., 1980).

#### ➤ Principe

La teneur en chlorophylles dans les huiles est déterminée selon la méthode décrite par (Miguez-Mosquera et al., 1990) et(Wolff, 1968), basée sur une quantification par spectrophotométrie.

#### ➤ Mode opératoire

À l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible et une cellule en verre de 10 mm, l'absorbance des échantillons est mesurée à différentes longueurs d'onde 630, 670 et 710 nm. La teneur en chlorophylle de l'huile est exprimée en milligramme de pheophytine par kilogramme d'huile (mg/kg).

#### ➤ Expression des résultats

$$C = \frac{345,3. [A_{670} - 0,5. (A_{630} + A_{710})]}{L}$$

C : Concentration en chlorophylle.

L : Epaisseur de la cuve (10mm).

A630, A670, A710 : Les absorbances mesurées.

## II.2.5. Détermination des paramètres physiques l'huile de lentisque

### II.2.5.1 Densité

La densité, également connue sous le nom de poids spécifique ou masse volumique, est définie comme le rapport du poids d'un volume spécifique d'un corps gras à une température T, par rapport à la même température et au même poids du même volume d'eau.

#### ➤ Principe

À l'aide d'une balance analytique, des mesures successives sont réalisées en utilisant des quantités équivalentes d'huile et d'eau distillée à 20°C.

#### ➤ Mode opératoire

La masse initiale d'un tube est mesurée ( $m_0$ ), ensuite le tube est mis dans une fiole contenant de l'eau distillée qui sera placée dans un bain-marie (20°C pendant 30mn). Le tube est retiré, séché puis refroidi. La masse tube eau est mesurée ( $m_1$ ). Le tube vide est séché et les étapes précédentes sont répétées en remplaçant l'eau par l'huile, la masse ( $m_2$ ) est obtenue dans les mêmes conditions que le control.

#### ➤ Expression des résultats

$$D^{20} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0}$$

$m_0$  : Masse (g) de tube vide.

$m_1$  : Masse (g) du tube d'eau.

$m_2$  : Masse (g) du tube rempli d'huile

### II.2.5.2 Indice de réfraction

L'indice de réfraction (d'une substance) est le rapport de la vitesse de la lumière à une longueur d'onde définie dans le vide (C) à sa vitesse dans la substance (V). Il est représenté par

le symbole "n" 
$$n = \frac{c}{v}$$

L'indice de réfraction varie avec la longueur d'onde de la lumière incidente et avec la température.

#### ➤ Principe

La mesure a été effectuée à l'aide d'un refractomètre ABBE de marque ATAGO (**figure 11**), l'indice de réfraction de l'échantillon est déterminé à une température de 20°C.



### ➤ Mode opératoire

Mettre en marche le réfractomètre puis régler la distance entre les oculaires pour avoir une vision nette du réticule et de l'échelle de lecture des indices de réfraction. Déposer ensuite le liquide (huile) en quantité suffisante à l'aide d'une pipette sur la face horizontale du prisme réfractométrique (Baaziz *et al.*, 2005).

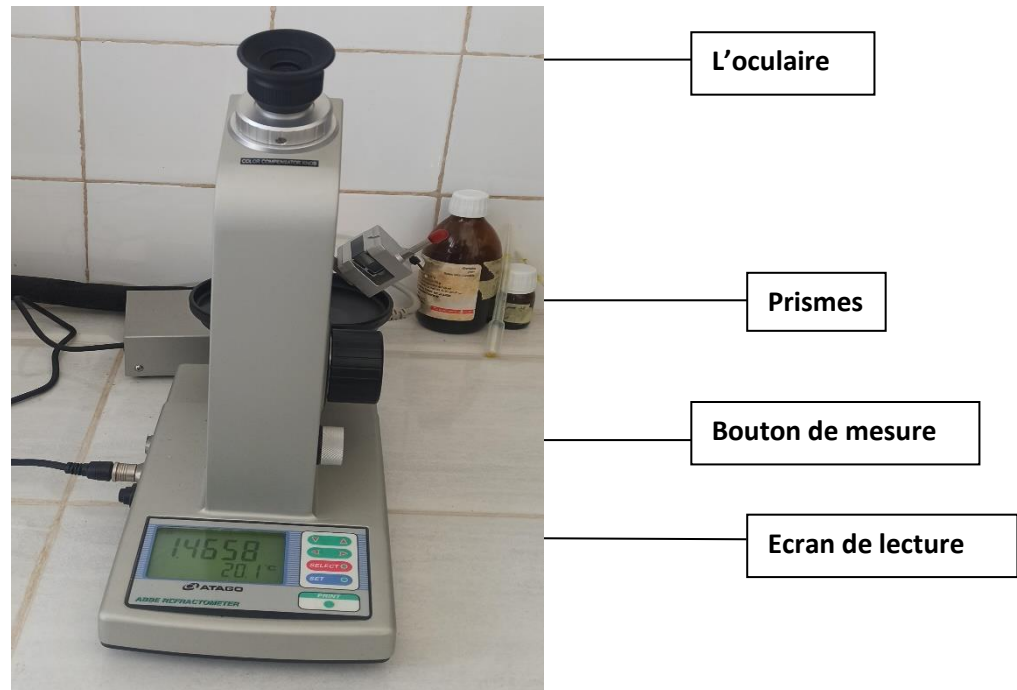


Figure 11 : Appareil de réfractomètre ABBE (Photo original)

### II.2.5.3 Teneur en eau (humidité)

L'humidité fait référence à la perte en masse d'un échantillon chauffé, elle est exprimée en pourcentage massique (Haouli *et al.*, 2015).

#### ➤ Principe

Une quantité de l'huile est chauffée jusqu'à évaporation complète de l'eau (Karleskind, 1992).

#### ➤ Mode opératoire (ISO 662, 1998)

Une quantité de 2 à 3 g d'huile est placée dans une étuve à  $103 \pm 2$  °C pendant 1H ; après refroidissement de l'échantillon, ce dernier est mis dans le dessiccateur puis pesé. L'échantillon obtenu est mis dans l'étuve pendant des périodes de 20 mn successives, après avoir subi les

étapes de chauffage-refroidissement et pesée avant chaque cycle, jusqu'à obtention d'un poids constant.

➤ **Expression des résultats**

$$H \% = \frac{(P0 + Pe) - Pf}{(Pe)} \times 100$$

Pe: Masse de la prise d'essai en grammes.

P0: Masse du cristalliseur vide en grammes.

Pf : Masse du cristalliseur contenant l'échantillon après chauffage en grammes.

#### II.2.5.4 Imputées insolubles (IMP)

Les impuretés désignent les substances présentes dans une huile, à l'exclusion de l'eau, des solvants, des glycérides, des acides gras et des saponifiables qui font partie intégrante de l'huile. Une estimation de l'altération des corps gras peut être obtenue en calculant le pourcentage d'impuretés (**Barka, 2016**).

➤ **Principe**

La méthode consiste à un traitement d'une prise d'essai avec une quantité excessive de solvant (n-hexane), suivie d'une filtration de la solution obtenue. Le filtre est ensuite lavé avec le même solvant pour éliminer les résidus d'huile, puis séché à 103 °C avant d'être pesé.

➤ **Mode opératoire (ISO663, 2000)**

Le filtre est mis dans une étuve préchauffée à 103°C, puis refroidi dans un dessiccateur. Une quantité d'huile (20g) est mise dans une fiole (250 ml) stérile avec 200 ml d'hexane, après agitation, le mélange est laissé reposer (30 mn à température ambiante). L'échantillon est filtré puis pesé, le papier filtre est lavé plusieurs fois avec du n-hexane pour éliminer toute matière grasse résiduelle. Le papier est séché dans l'étuve (103°C) pendant 1heure, puis refroidi et pesé.

➤ **Expression des résultats**

$$IMP \% = \frac{(P2 - P1) \times 100}{PE}$$

PE : Prise d'essai.

P1 : Poids du papier filtre après premier séchage et sans résidus.

P2 : Poids du papier filtre avec résidus.

## II.2.6 Analyse des paramètres chimiques de l'huile de lentisque

### II.2.6.1 Teneur en insaponifiables

L'insaponifiable d'un corps gras désigne l'ensemble des composants présentant une solubilité réduite dans l'eau, mais facilement solubles dans les solvants organiques après hydrolyse basique (saponification) (Wolf, 1968). La teneur des corps gras en ces composants est extrêmement minime, bien inférieur à 1% (Roger, 1974).

#### ➤ Principe

L'insaponifiable d'un corps gras est l'ensemble des composés extractibles par les solvants apolaires (hexane, éther éthylique) après traitement par une solution alcoolique de potasse.

#### ➤ Mode opératoire (NE 1.2-44-1985)

Le mode opératoire de cette analyse est démontré suivant le schéma présenté dans la (Figure 12).

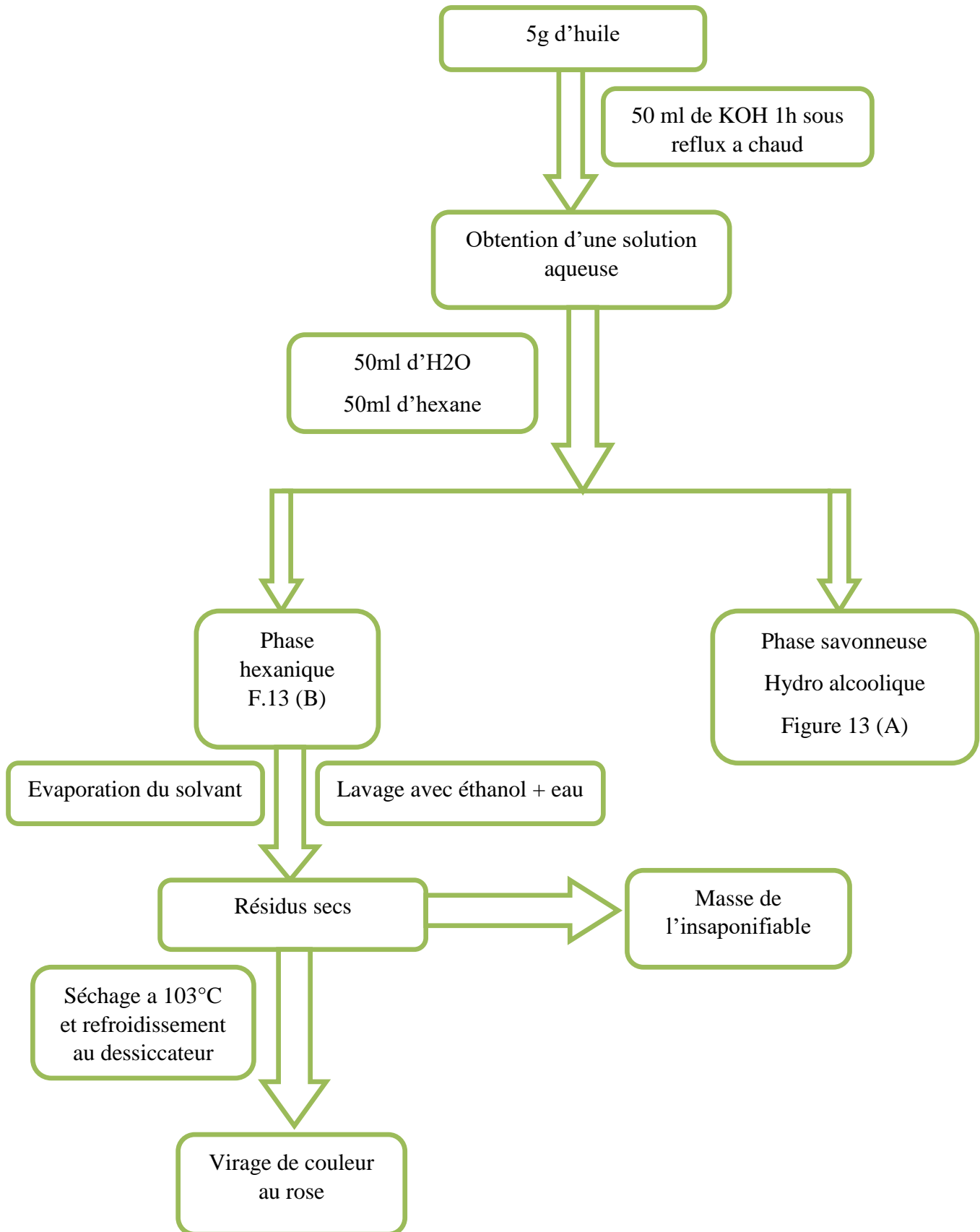
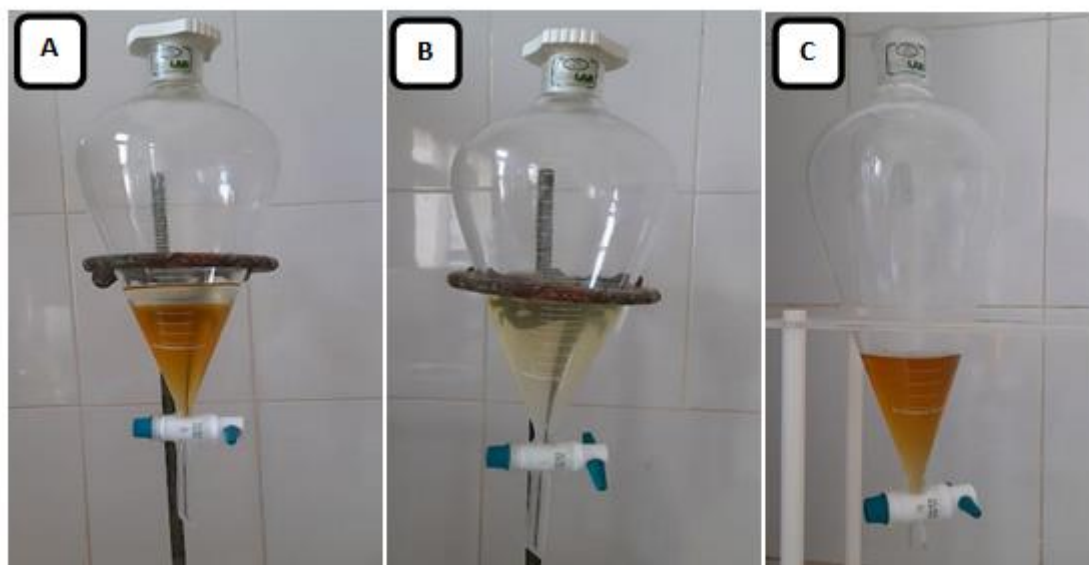


Figure 12 : Schéma d'extraction des insaponifiables



**Figure 13 :** Séparation des 2 phases hexanique et savonneuse hydroalcoolique (A) ; la phase savonneuse hydro alcoolique (B) ; la phase hexanique (C).

### II.2.7 Enrichissement de l'huile de *Pistacia lentiscus*

L'enrichissement de l'huile de *Pistacia lentiscus* a été réalisé selon la méthode décrite par **Bouaziz et al.(2008)** avec quelque modification. Une quantité de la poudre des feuilles de lentisque a été macérée pendant 1h avec un volume d'huile végétale du fruit de lentisque afin d'obtenir la concentration de l'huile de 400 ppm, ensuite on a procédé à la sonication du mélange pour une dissolution complète de la poudre dans l'huile pendant 30 minute à 30 °C ; et enfin une centrifugation a 4000 rpm pendant 5 minute pour éliminer la poudre en excée.

Une partie de l'échantillon préparé est conservés à l'abri de la lumière dans l'étuve à 60°C pendant 14 et 28 jours, Dans le cadre d'analysé l'huile enrichie en évaluant divers paramètres de qualité tels que l'indice de peroxyde, l'acidité, ainsi que d'autres paramètres incluant la saponification, la teneur en chlorophylle et caroténoïdes, et la activités antioxydants.

### II.2.8 Détermination des indices de qualité de l'huile de lentisque

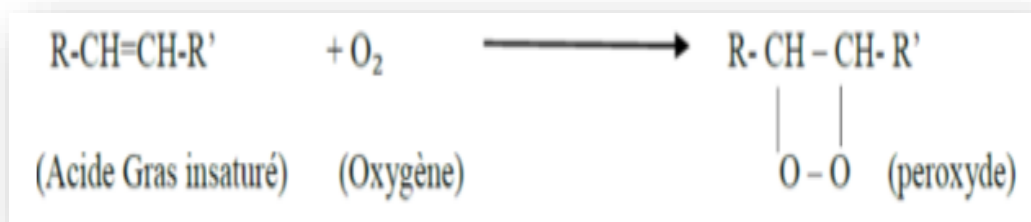
#### II.2.8.1 Indice de peroxyde (IP)

L'indice de peroxyde est une mesure de la quantité de peroxyde présente dans l'échantillon, exprimée en milliéquivalents d'oxygène actif par kilogramme de produit. Il est déterminé en oxydant l'iodure de potassium, ce qui entraîne la libération d'iode, et titration de celui-ci par le

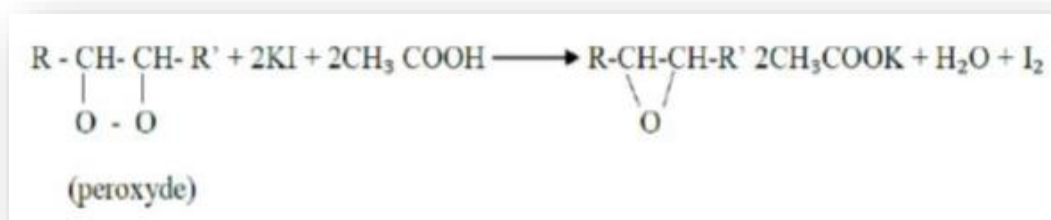
thiosulfate de sodium. Ce paramètre permet d'évaluer la fraîcheur de l'huile (Moncef et al., 2020). L'indice de peroxyde est mesuré conformément à la norme ISO 3960-1977.

### ➤ Principe

La prise d'essai est traitée en solution dans un mélange d'acide acétique et de chloroforme, en ajoutant une solution d'iodure de potassium KI. Ensuite, l'iode libéré est titré en utilisant une solution titrée de thiosulfate de sodium  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ . La présence d'empois d'amidon est utilisée comme un indicateur coloré. Lorsque les acides gras insaturés s'oxydent, ils produisent des peroxydes par le biais de la réaction suivante :



Une molécule de peroxyde contient une molécule d'oxygène attachée. Parmi les deux atomes d'oxygène attachés, un seul est réactif et capable d'oxyder les iodures (2KI) en suivant la réaction ci-dessous :



Cet indice permet d'évaluer les phases initiales d'une altération oxydative de l'huile (Ollé, 2002).

### ➤ Mode opératoire

Dans un flacon stérile, 1g d'huile a été mélangé à 10 ml de chloroforme. Ensuite une solution d'iodure de potassium (1 ml) est ajoutée avec agitation pendant 1 min, après incubation de 5 min. Un volume de 75 ml d'eau distillée est ajouté. Ensuite la solution est agitée

vigoureusement en ajoutant quelques gouttes d'empois d'amidon puis une titration de l'iode libéré en utilisant une solution de thiosulfate de sodium a été réalisée.

➤ **Expression des résultats**

$$IP(\text{meq/Kg})\text{d'O}_2 = \frac{(V_2 - V_1) \times N \times 1000}{m}$$

V : Le volume de thiosulfate de sodium ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) nécessaire pour l'essai à blanc en (ml).

V2: Le volume de thiosulfate de sodium nécessaire pour la prise d'essai en (ml).

N: La normalité de la solution de thiosulfate de sodium utilisé.

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

### II.2.8.2 Indice d'acidité (IA)

Elle correspond à la teneur en pourcentage d'acide gras présent dans l'huile de lentisque. Cet indice est un paramètre important dans l'évaluation de la qualité de l'huile. Ce dosage nous renseigne sur le degré d'altération de l'huile et d'estimer le taux d'acides gras libres dans l'huile (Perrin, 1992). L'acidité est mesurée selon la norme (ISO : 660-2003).

➤ **Principe**

Il consiste à neutraliser les acides libres par une solution alcoolique d'hydroxyde de potassium de (0,1N) (Essiari et al., 2014). Pour donner des savons selon la réaction suivante :



➤ **Mode opératoire**

Une quantité de 5g d'huile est dissoute dans 75 ml d'alcool neutralisé puis chauffé jusqu'à l'obtention d'une solution homogène, des gouttes de phénolphtaléine (1%) sont additionnées, la solution obtenue est titrée avec du KOH (1%) jusqu'à l'obtention de la couleur rose.

➤ **Expression des résultats**

L'acidité de l'huile est exprimée en gramme d'acide oléique par 100 g d'huile.

$$\%A = \frac{V \text{ KOH} \times M \times C}{m}$$

V: Le volume en ml de la solution titrée de KOH utilisé.

C: La concentration exacte, en moles /litre, de la solution titrée de KOH utilisé.

M: Le poids molaire, en g/mole, de l'acide adopté pour l'expression du résultat (=282).

m: La prise d'essai en grammes.

### II.2.8.3 Indice de saponification (IS)

L'indice de saponification est une mesure exprimée en milligrammes de potasse (hydroxyde de potassium) nécessaire pour saponifier 1 gramme de matière grasse.

Cet indice est utilisé pour estimer la longueur des chaînes de carbone des acides gras présents dans une huile, ainsi que pour calculer les poids moléculaires moyens des acides gras et des triglycérides présents dans cette huile (Moncef et al., 2020).

➤ **Principe**

Il s'agit d'un dosage en retour impliquant la réalisation d'une ébullition à reflux d'un échantillon avec un excès d'une solution éthanolique d'hydroxyde de potassium (KOH). Cet excès est ensuite dosé par une solution d'acide chlorhydrique (HCl aqueux).

Lors de la réaction, le KOH réagit avec les acides gras (triglycérides) présents pour produire un savon selon la réaction suivante :





➤ **Mode opératoire (ISO3657, 2002)**

Dans une fiole conique stérilisée, 2g d'huile ont été ajoutés, 25ml de la solution éthanolique d'hydroxyde de potassium (0,5 N), après une agitation, la solution est mise à ébullition (60mn) sous réfrigérant à reflux, ensuite 3 gouttes de phénolphthaleine (indicateur de PH) sont additionnées et un titrage par la solution HCl (0,5 N) jusqu'au virage à la couleur rose (point équivalent). Un test à blanc a été effectué en suivant le même protocole sans l'ajout de l'huile.

➤ **Expression des résultats**

$$IS = \frac{(V0 - V1) \times M \times N}{P}$$

V0 : Volume de la solution d'HCl (0,5N) utilisé pour l'essai à blanc.

V1 : Volume de la solution d'HCl (0,5N) utilisé pour l'échantillon.

N : Normalité de la solution d'HCl (0,5N).

P : Volume de la prise d'essai.

M : Masse molaire de KOH

## II.2.9 Evaluation de l'activité antioxydant de l'huile de lentisque

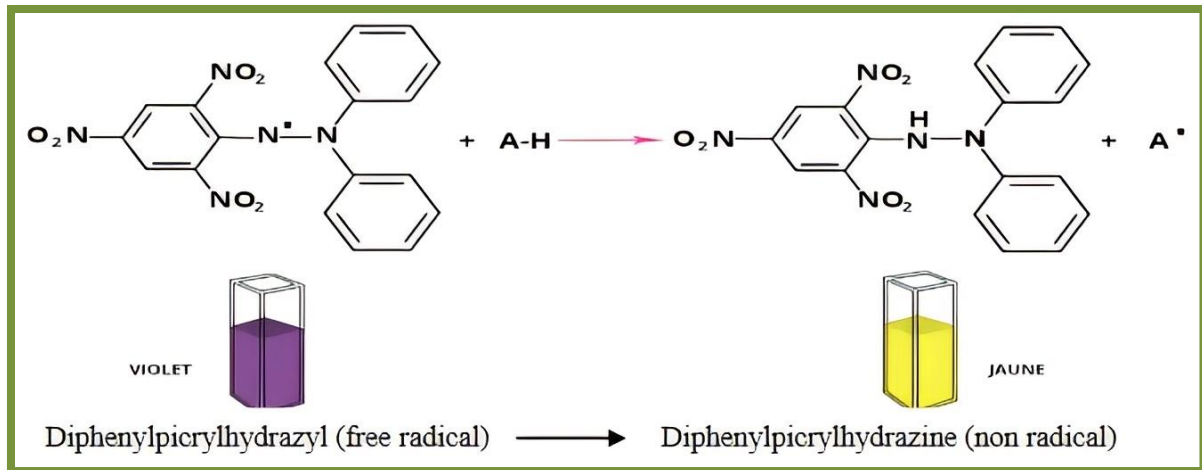
### II.2.9.1 Activité scavenging du radical DPPH

L'évaluation de l'activité anti-radicalaire a été réalisée en utilisant le DPPH, qui a été l'un des premiers radicaux libres utilisés pour étudier la corrélation entre la structure et l'activité antioxydant (**Brand et al., 1995**).

Le DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl), est un radical libre stable qui possède un électron non apparié sur un atome d'azote. Cette particularité confère au DPPH sa stabilité en l'empêchant de polymériser, ce qui lui permet de rester sous forme monomère relativement stable à température ambiante. Ainsi, cette configuration électronique induit l'émergence d'une couleur violette foncée caractéristique de la solution de DPPH.

➤ **Principe**

Lors de cette expérience, les antioxydants provoquent une diminution de la couleur violette du diphényl picryl-hydrayl en le transformant en un composé jaune appelé diphényl picryl-hydrazine (**Figure 14**). L'intensité de cette couleur jaune est inversement proportionnelle à la capacité des antioxydants présents dans le milieu à libérer des protons. (**Sanchez-Moreno, 2002**).



**Figure 14** : Mécanisme réactionnel intervenant lors du test DPPH• entre l'espèce radicalaire DPPH• et un antioxydant (A-H) (Molyneux, 2004).

### ➤ Mode opératoire

L'activité antioxydant de l'huile a été évalué selon le protocole décrit par **Ambarwati et al., (2018)**, un volume de 20  $\mu$ l de différentes concentrations d'huile végétale pure et enrichie testée (12,5 ; 25 et 50 mg/ml) sont mélangés avec 180  $\mu$ l d'une solution éthanolique contenant du DPPH (4 mg/100 ml éthanol). Après une incubation de 30 minutes à l'abri de la lumière et à température ambiante, L'absorbance a été mesurée à l'aide d'un lecteur de microplaques à une longueur d'onde de 517 nm.

$$I \% = \frac{\text{Absorbance contrôle} - \text{Absorbance Echantillon}}{\text{Absorbance contrôle}} \times 100$$

I (%) : Pourcentage d'inhibition

A contrôle : Absorbance du contrôle négatif.

A échantillon : Absorbance de l'échantillon testé.

### II.2.9.2 Activité scavenging du radical ABTS

#### ➤ Principe

Le test de piégeage du radical ABTS est largement utilisé pour quantifier la concentration de radicaux libres. Il repose sur la neutralisation d'un radical-cation généré par l'oxydation du chromophore synthétique appelé acide 2,2'-azino-bis-(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique) (ABTS•) (**Figure 15**). Cette réaction est surveillée par spectrophotométrie en mesurant les changements dans le spectre d'absorption (**Re et al., 1999**).

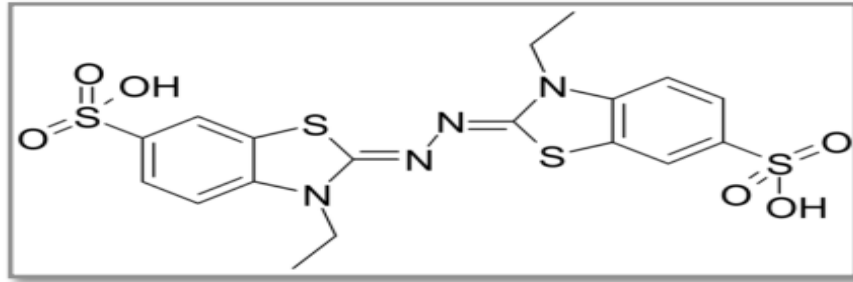


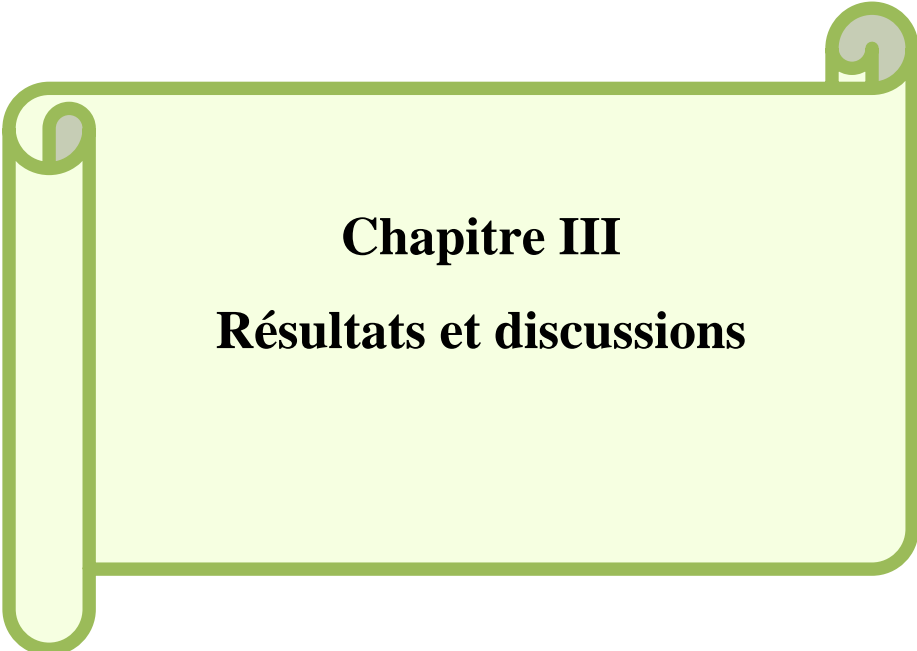
Figure 15 : L'acide 2,2'- azino-bis-(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique) (ABTS•)

### ➤ Préparation de la solution d'ABTS

Une solution d'ABTS a été préparée en dissolvant de l'ABTS dans de l'eau à une concentration de 7 mM, pour générer le cation radical ABTS•+, la solution d'ABTS a été mélangée avec du persulfate de potassium à une concentration finale de 2,45 Mm. Le mélange a ensuite été laissé réagir dans l'obscurité à température ambiante pendant une durée allant de 12 à 16 heures. Cependant, en raison du rapport stœchiométrique de 1:0,5 entre l'ABTS et le persulfate de potassium, l'oxydation de l'ABTS était incomplète. Il a fallu plus de 6 heures pour que l'absorbance atteigne son maximum et se stabilise. Le radical ABTS•+ ainsi formé était stable dans cette forme pendant plus de deux jours lorsqu'il était conservé dans l'obscurité à température ambiante.

### ➤ Mode opératoire

La méthode ABTS décrite par **Roberta et al., (1998)**, a été utilisée pour réaliser ce test. Pour cela, 180 µl de solution d'ABTS préparée ont été ajoutés à 20 µl de l'huile végétale de *Pistacia lentiscus* pure et enrichie, ou de la solution standard (Acide gallique) dans une solution de NaCl à 0,9%. Différentes concentrations d'huile végétale pure et enrichie testée (12,5 ; 25 et 50 mg/ml ainsi que de l'acide gallique (100, 50, 25, 12,5 µg/ml). Les mélanges ont ensuite été incubés à l'abri de la lumière pendant 5 minutes à température ambiante. L'absorbance a été mesurée à l'aide d'un lecteur de microplaques à une longueur d'onde de 734 nm.



**Chapitre III**  
**Résultats et discussions**

### III. Résultats et Discussion

#### III.1. Rendement de l'extraction

Nous avons réalisé une extraction de l'huile du fruit noir de *Pistacia lentiscus* sur un appareil de type soxhlet en utilisant un solvant organique hexane à une température de 40 °C, après plusieurs cycles on a pu obtenir notre huile mélangée avec le solvant.

Le rendement désigne la masse de l'huile, déterminée après évaporation du solvant, exprimée en pourcentage par rapport à la masse initiale de la plante soumise à l'extraction. Le taux d'extraction des fruits de *Pistacia lentiscusa* été calculé et répertorié dans le (**Tableau IV**) ci-dessous :

**Tableau IV** : Rendement de l'huile végétale obtenue à partir des fruits *Pistacia lentiscus*.

Huile végétale des fruits de <i>Pistacia lentiscus</i>	Rendement
	<b>40,25%</b>

Le rendement de notre huile végétale est plus élevé à ceux trouvées par **Barbouchi et al. (2020)**, dont la récolte a été effectuée dans deux régions différentes du Maroc et qui ont rapportés des rendements de 39,50% et 36,25% pour les extraits méthanoliques et éthanoliques des fruits noirs du pistachier respectivement. La valeur signalée par **Mezni et al. (2014)** est supérieur à celle trouvé dans notre étude, avec une valeur de 45,97% pour les fruits de *Pistacia lentiscus* récoltés dans la région d'Ain Draham située au nord-ouest de la Tunisie.

Le taux d'extraction peut être influencé par divers éléments, notamment l'origine de la plante, la composition de ses parties utilisées, la taille des particules, le nombre de cycles d'extraction, la période de la récolte, ainsi que la méthode d'extraction (**Arab et al., 2014**).

#### III.2. Etude phytochimique de l'huile de lentisque

##### III.2.1. Dosage des tocophérols totaux

Les tocophérols sont des constituants importants dans les lipides des végétaux, car ils sont dotés de plusieurs activités biologiques ; le dosage des tocophérols totaux nous permet de connaître l'importance et l'évaluation des lipides de notre huile végétale.

Les quantités des tocophérols totaux ont été calculées à l'aide de la courbe d'étalonnage de la vitamine E (**Annexe 3**), elles sont quantifiées en mg équivalent de la vitamine E par gramme de l'huile (**Tableau V**).

**Tableau V** : Teneur en tocophérols de l'huile végétale de *Pistacia lentiscus*

	<b>l'huile végétale de <i>Pistacia lentiscus</i></b>
<b>Teneur en tocophérols</b>	<b>0,008 ± 0,61 (mg équival Vit. E/g huile)</b>

On constate que l'huile des fruits de *Pistacia lentiscus*, a une faible teneur en tocophérols totaux avec  $0,008 \pm 0,61$  mg/g, par rapport aux fruits de *Pistacia atlantica* qui est de  $0,34 \pm 0,51$  mg/g (**Guenane et al., 2015**), ainsi que *Pistacia terebinthus* avec  $0,39 \pm 0,51$  mg/g (**Matthäus et al., 2006**).

Les tocophérols se trouvent en quantité significative dans les huiles végétales, sous différentes formes isomériques ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ), avec les formes  $\alpha$  et  $\gamma$  étant les plus courantes (**Dolde et al., 1999**). La vitamine E participe à de nombreux processus physiologiques, tels que les fonctions neurologiques et immunitaires, bien que les mécanismes précis ne soient pas encore complètement compris (**Moncef et al., 2001**). Elle joue un rôle essentiel en tant qu'antioxydant alimentaire, principalement en inhibant la peroxydation lipidique (**Sokol, 1996**). Sa fonction principale consiste à réagir avec les radicaux oxygénés lipidiques pour entraver leur propagation (**Liebler et al., 1986**). En d'autres termes, elle a la capacité de fournir des atomes d'hydrogène aux radicaux libres afin de les stabiliser (**Charef, 2010**).

La variabilité des teneurs en tocophérols totaux serait due au milieu où évoluent les plantes, leur origine, la variété, la saison de récolte, les conditions climatiques et environnementales, la localisation géographique, les conditions biotiques et abiotiques (facteurs édaphiques et climatiques) (**Mezni et al., 2014**).

### III.3 Dosage spectrophotométrie

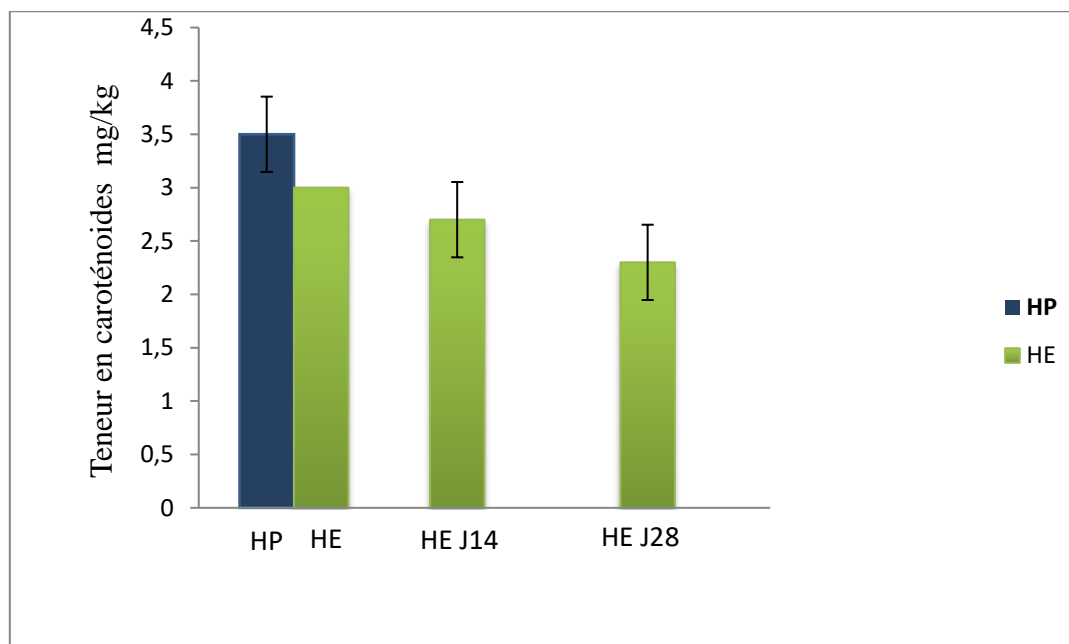
#### III.3.1 Détermination de la concentration des carotènes totaux

Les caroténoïdes se révèlent être des agents inhibiteurs extrêmement efficaces du photoxydation provoquée par les pigments chlorophylliens (**Kammoun, 1999**).

Le résultat obtenu dans notre étude indique que l'huile pure de lentisque présente une teneur en caroténoïdes de 3,5 mg/kg. Cette valeur est supérieure à celle enregistré par **Iness et al. (2020)** soit 9,73 mg/kg. Cependant, notre résultat est en accord avec celui de **Salvador et al. (2001)** sur l'huile d'olive, qui présente des teneurs en carotènes variant de 2 à 14 mg/kg.

Ces variations de teneur en caroténoïdes sont dues au stade de maturation du fruit, au processus d'extraction et aux conditions du stockage (**Ramdan et Mörsel, 2003**). En effet, au cours de la maturation, la teneur en caroténoïdes diminue graduellement. Cette diminution s'accroît au fur et à mesure que la synthèse des anthocyanes augmente (**Roca et Minguez-mosquera, 2001**). Cette faible teneur en ce pigment est peut-être attribuée à l'oxydation du fruit de pistachier qui se produit pendant le processus de maturation à cause de leur degré d'insaturation élevé, la longue chaîne de double liaisons conjuguées (**Graille, 2003**), ainsi qu'à leur fonction protectrice contre la photo oxydation en neutralisant l'oxygène singulet (**Perrin, 1992**).

Après enrichissement par les feuilles de *P. lentiscus* à J0, on identifie une légère diminution de cette teneur (**Figure 16**).



**Figure 16** : Evolution de teneur en caroténoïdes de l'huile végétale de *Pistacia lentiscus* pure et enrichie pendant 28 jours d'étuvage à 60°C. HE : Huile végétale de *Pistacia lentiscus* enrichie HP : Huile végétale pure de *Pistacia lentiscus*. Les valeurs sont exprimées en moyenne  $\pm$  écart type (n=3).

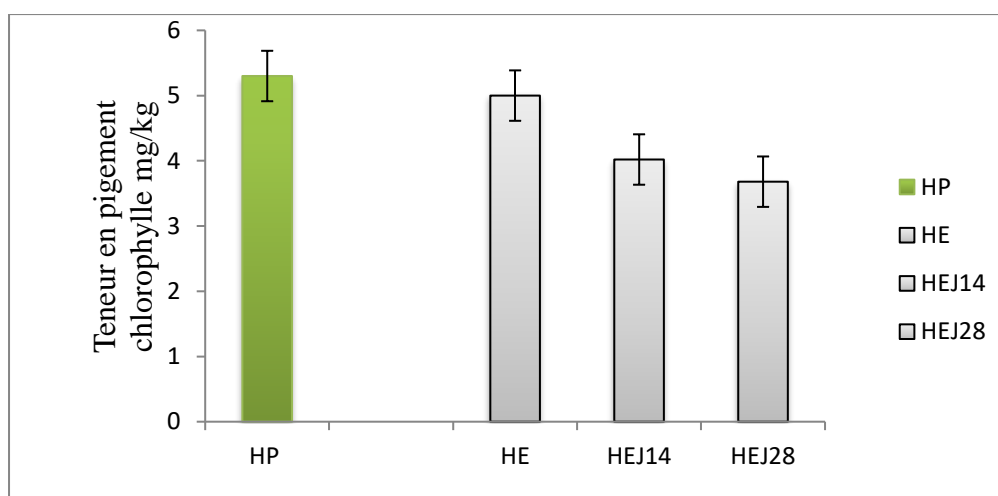
Cette diminution constante et continue au bout de 28 jours de stockage à 60°C montre que les pigments caroténoïdes sont aisément dégradés en présence des températures élevées (Marty et Berset, 1988).

La présence des pigments caroténoïdes en quantité suffisante dans l'huile permet de ralentir la photo-oxydation et de maintenir les paramètres de qualité de l'huile au cours du stockage (Lazzer et al., 2006).

### III.3.2 Détermination de la concentration en chlorophylle

Le résultat obtenu dans notre étude révèle que l'huile de lentisque pure renferme une quantité en chlorophylles de 5,3 mg/kg. Cette valeur est supérieure à celle déterminée par Behachat (2019), concernant l'huile de lentisque extraite à partir des fruits murs noirs, soit 4,32 mg/kg, mais inférieure à l'huile extraite des fruits rouges avec une teneur de 8,52 mg/kg. La teneur de notre huile en ce pigment est inférieure à celle enregistrée par Iness et al. (2018) soit 8,91 mg/kg. Ces différences sont liées au degré de maturité des fruits de lentisque. En effet, les concentrations de la chlorophylle sont élevées au début de la maturation des fruits, puis ils diminuent rapidement par la suite. Cette diminution est causée par la dégradation de la chlorophylle en phéophytines, qui confèrent à l'huile sa couleur jaune (Ait yacine, 2001 ; Psomiadou et al., 2000).

Après enrichissement par les feuilles de *P. lentiscus* à J0, on constate une légère diminution de la teneur en ce pigment (Figure 17), une faible teneur en chlorophylle permet de diminuer les risques d'oxydation des différentes huiles (Tanouti, 2010).



**Figure 17:** Evolution de Teneur en pigment chlorophylle de l'huile végétale de *Pistacialentiscus* pure et enrichie pendant 28 jours d'étuvage à 60°C. HE : Huile végétale de *Pistacialentiscus* enrichie HP : Huile végétale pure de *Pistacialentiscus*. Les valeurs sont exprimées en moyenne  $\pm$  écart type (n=3).



Au bout de 28 jours d'enrichissement et d'étuvage à 60°C, on note une diminution continue de la teneur en ce pigment. Des études ont démontré que les pigments des chlorophylles sont facilement dégradés lorsqu'ils sont exposés à des températures élevées et à la lumière (Mingez-mosquera et Jeren-galan, 1995).

Il est préférable d'avoir des niveaux de chlorophylle faibles afin de prévenir l'action oxydante des pigments chlorophylliens, ce qui contribue à une meilleure conservation des huiles (Kiritsakis et al., 1987).

### III.4 Détermination des paramètres physiques

#### III.4.1 Densité

La densité est reconnue comme un critère physique permettant de contrôler la pureté de l'huile extraite (Belarbi, 2010). Elle est en fonction de la composition chimique des huiles et de la température (Karlesking, 1992).

Le résultat de notre étude révèle une valeur de 0,913 g/cm<sup>3</sup>, ceci est conforme aux exigences des normes CODEX Alimentarius ( $\leq 0,93$ ) et AFNOR 2000 (0,906 – 0,923). Cette valeur est en accord avec celle mentionnée par Boukeloua et al. (2014) et Habibatni-M(2014) pour l'huile de lentisque, soit 0,92 g/cm<sup>3</sup> et 0,91 g/cm<sup>3</sup> respectivement.

La densité d'une huile diminue au fur et à mesure de la formation d'acides gras libres de faibles poids moléculaires. Cette réaction d'hydrolyse est catalysée par l'eau contenue dans l'huile (El shami et al., 1992). Cependant, une augmentation de la densité d'une huile en présence d'oxygène, serait due à la formation des ponts de types éther C-O-C et peroxydes C-O-O-C (Pampeo, 1989).

D'après ces résultats, l'huile de *P. lentiscus* est apparemment constituée de chaînes moyennes de carbones et riche en oxygène ce qui la rend plus dense.

#### III.4.2 Indice de réfraction

Ce paramètre est proportionnel au poids moléculaire des acides gras présents dans l'huile. Cette mesure varie de manière significative en fonction du degré d'insaturation des lipides, ce qui nous donne une indication sur la prédominance d'un acide gras insaturé par rapport à un autre dans l'huile (Ollé, 2002).

Le résultat obtenu dans notre étude indique une valeur de 1,465, elle est conforme aux exigences des normes **CODEX Alimentarius** ( $\leq 1,482$ ).

Cette valeur d'indice de réfraction est bien comparable avec celles de **Merzougui (2015)** et **Klibet (2016)** dans la région d'El-Kala et Annaba avec des valeurs de 1,469 et 1,469 respectivement.

D'autre part, cet indice est aussi similaire à d'autres huiles végétales, ces derniers possèdent des valeurs très proches les unes des autres et cela quel que soit l'espèce étudiée, (**Tableau V**).

**Tableau VI** : Indice de réfraction de quelques huiles végétales.

Huile végétale	IR (20°C)	Référence
Huile d'olive	1,468-1,470	<b>Karleskind (1992)</b>
Huile de gland de chêne vert	1,466 – 1,468	<b>(Belarbi, 2003)</b>
Huile d'arganier	1,4685	<b>(Khaldi, 2007)</b>

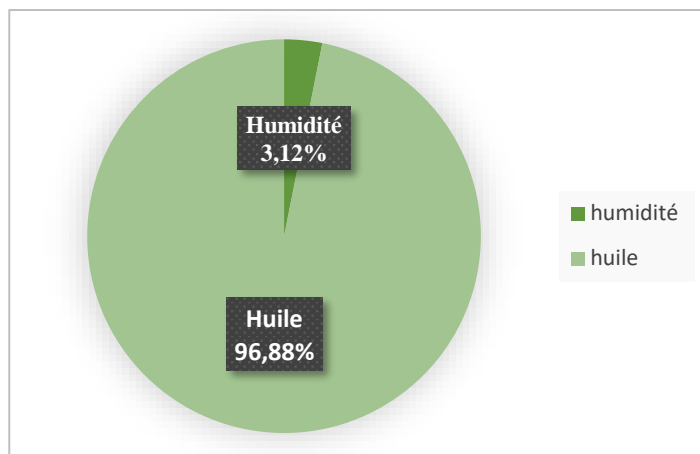
Cet indice varie en fonction de la teneur en monoterpènes et en dérivés oxygénés. Une forte teneur en ce composé donnait un indice élevé (**Koba et Sanda, 2003**).

### III.4.3 Teneur en eau (humidité)

Une faible teneur en eau est absolument essentielle pour assurer la stabilité d'une huile, car la présence d'eau favorise les réactions d'altération (**Aissi et al., 2009**).

D'après les résultats obtenus (**Figure 18**), la teneur en eau est de 3,12%, cette valeur est légèrement supérieure aux normes établies par le Comité Oléicole International (**COI, 2015**) ( $\leq 1\%$ ) et **CODEX** ( $\leq 0,2\%$ ) (**CODEX STAN 210-1999**).

D'autre part, ce résultat est inférieur à celui trouvé par **Haouli et al. (2015)** dans la région d'El Tarf, et supérieur à celui trouvé par **Kechidi et al. (2020)** dans la région d'Ain Defla pour l'huile de lentisque, soit 9,98 % et 0,47% respectivement.



**Figure 18** : Taux d'humidité de l'huile végétale de *P. lentiscus*.

Les valeurs élevées d'humidité confirment des conditions d'extraction médiocres et cela peut expliquer une valeur d'acide élevée. En effet, lorsque le taux d'humidité est élevé, cela provoque la libération d'acides gras libres qui sont dix fois plus susceptibles de s'oxyder que lorsqu'ils sont sous forme liée (**Haouli et al., 2015**).

Afin de diminuer la teneur en humidité présente à l'intérieur des fruits, il peut être nécessaire de les soumettre à un processus de séchage supplémentaire avant d'effectuer l'extraction (**Negash et al., 2019**).

#### III.4.4 Imputées insolubles (IMP)

Les impuretés comprennent des particules mécaniques, des substances minérales, des hydrates de carbone, des composés azotés, différentes résines, des savons de calcium, des acides gras oxydés, des lactones d'acides gras et, en partie, des savons alcalins, des acides gras hydroxylés et leurs glycérides (**Journal officiel N°64, 2011**).

La teneur en impuretés insolubles enregistré est de 0,18 %, cette valeur est légèrement située dans l'intervalle recommandée par les normes **COI 2015, Codex 2013 et FAO 2013**, soit ( $\leq 0,1$ ) et (0,05-0,1) respectivement. D'autre part, cette valeur est largement inférieure à celle mentionné par **Slim et al. (2018)** avec des valeurs comprises entre 1,43% à 3,62 %.

En effet, ce taux légèrement élevé est probablement lié au processus de séchage des fruits de *P. lentiscus*, qui a été réalisé dans des conditions d'hygiène peu recommandables.

Par ailleurs, l'extraction par pression à froid est souvent considérée comme une méthode qui permet de maintenir un taux d'impuretés relativement faible. Par contre, l'extraction par solvant, quant à elle, peut entraîner un taux d'impuretés plus élevé, car des résidus de solvants

peuvent rester dans l'huile si le processus d'élimination n'est pas bien contrôlé. Cela nous permet d'envisager la corrélation qui peut exister entre la méthode d'extraction et le taux d'impuretés insolubles dans l'huile de lentisque.

Un taux élevé d'impuretés explique la couleur jaune pâle d'une huile (**haouli et al., 2015**). Selon nos observations, il est constaté que notre huile ne présente pas ce critère, cela est considéré comme bénéfique, car il témoigne d'une qualité supérieure de l'huile, d'une meilleure pureté et d'une moindre contamination.

### III.5 Analyse des paramètres chimiques de l'huile de lentisque

#### III.5.1 Teneur en insaponifiables

Malgré la faible teneur des huiles en fraction insaponifiables, elle revête une importance capitale à cause des nobles composés (tocophérols, stérols et composés phénoliques) qu'elle contient (**Rahmani, 2006**).

Cette fraction représente la partie non glycéridiques de l'huile et qui est très riche en métabolites secondaires (du cholestérol, des phytostérols, de l'ergostérol, des pigments, des vitamines liposolubles, des hydrocarbures, ...etc.) (**Bereau, 2001**).

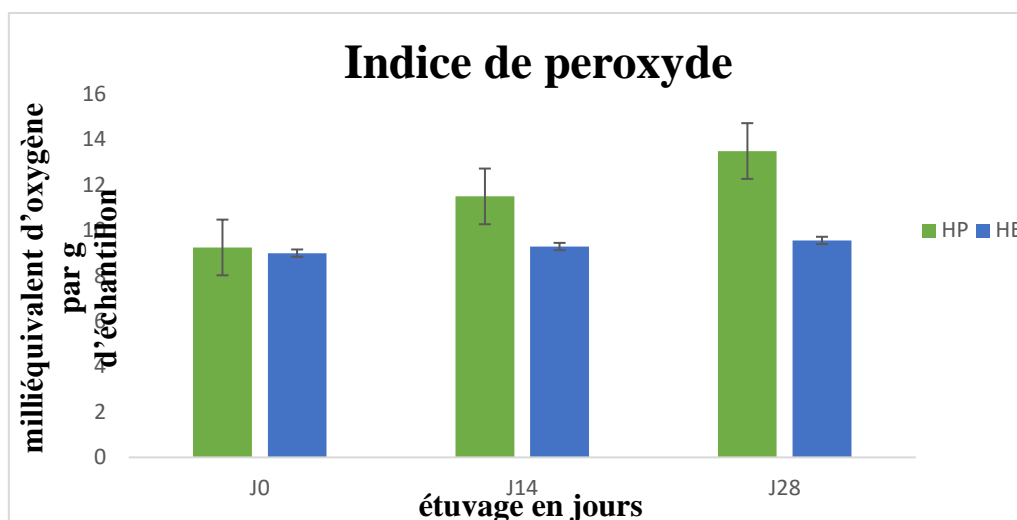
L'huile de *Pistacia lentiscus* présente 1,76 % d'insaponifiables, cette valeur est située dans les normes décrites par le manuel des corps gras (0,5 – 2%), mais reste légèrement supérieure aux normes **CODEX Alimentarius** ( $\leq 0,5$ ). Ce résultat est comparable à celui de l'huile d'argan qui présente une teneur de (1,46 à 1,71 %) (**Kouidri, 2008**), à celui de l'huile d'olive avec 1,5% d'insaponifiables (**Aberkan, 1992**) et à celui de l'huile de sésame dont la teneur est de 1,69% (**Tir, 2005**).

Certains types d'huiles peuvent naturellement contenir une plus grande quantité de composés insaponifiables. Les variations de taux en ces composés peuvent être dues à une éventuelle dégradation partielle de ces derniers lors de l'extraction, ou bien à une augmentation des composés non glycéridiques extraits, tels que les pigments et la chlorophylle (**Bereau, 2001**).

### III.6 Détermination des indices de qualités de l'huile de lentisque

#### III.6.1 Indice de peroxyde (IP)

Les valeurs de l'indice de peroxyde de l'huile de *Pistacialentiscus* pure et enrichie qui ont fait l'objet de notre étude sont données dans la (**figure 19**).



**Figure19** : Evolution de l'indice de peroxyde de l'huile végétale de *Pistacia lentiscus* pure et enrichie pendant 28 jours d'étuvage à 60°C. HE : Huile végétale de *Pistacia lentiscus* enrichie HP : Huile végétale pure de *Pistacia lentiscus*. Les valeurs sont exprimées en moyenne  $\pm$  écart type (n=3).

La valeur de l'indice de peroxyde de l'huile de lentisque pur est de 9,25 még d'O<sub>2</sub>/Kg, cette valeur est conforme aux exigences des normes commerciales, (CODEX FAO 2013), (CEE 2013) et (COI 2015), dont l'indice de peroxyde est fixé respectivement à  $IP \leq 10$ ,  $IP \leq 20$  et  $IP \leq 20$ .

Cependant le résultat de notre étude est supérieur à ceux obtenu avec l'huile des fruits de lentisque, qui est de 6,23 még d'O<sub>2</sub>/Kg sur la région de Guelma (**Moncef et al., 2020**) et 6,0 még d'O<sub>2</sub>/kg de la région d'Ain Defla (**Kechidi et al., 2020**). D'autres études réalisées dans la région de Jijel, ont signalé des valeurs supérieures à celles de notre huile, soit 11,41 még d'O<sub>2</sub>/kg (**Bensalem, 2015**).

L'enrichissement de l'huile végétale de *Pistacialentiscus* à 400 ppm par la poudre des feuilles du même arbuste nous a permis d'évaluer l'oxydation avant et après étuvage à 60°C. Avant l'étuvage à J<sub>0</sub> IP de l'huile enrichie (HE) représente un résultat de 9 még d'O<sub>2</sub>/Kg qui est inférieur à celui de HP.

Au bout de 28 jours d'étuvage, on observe une augmentation continue de l'indice de peroxyde de l'huile de lentisque pour les deux échantillons HP et HE ceci explique l'influence de la durée de stockage et la température 60 °C sur l'oxydation de l'huile ; ce qui démontre que la chaleur est l'un des facteurs d'oxydation (**Dairi et al., 2014**). L'huile de lentisque non enrichie HP présente IP le plus élevé par rapport à l'huile de lentisque enrichie à 400 ppm par les feuilles du même arbuste.

L'évolution de cet indice pour l'huile de pistachier enrichie (HE) a un rythme moins accentué que celle de HP avec un IP final de 9,56 méqO<sub>2</sub>/kg par rapport à HP qui atteint 13,5 méqO<sub>2</sub>/kg.

L'indice de peroxyde permet d'évaluer le degré d'auto-oxydation des huiles, un processus lent mais inévitable. En effet, les matières grasses peuvent s'oxyder en présence d'oxygène et de certains facteurs favorables tels que la température élevée, l'eau, les enzymes et les traces de métaux comme le cuivre et le fer. Cette auto-oxydation, également appelée rancissement aldéhydique, entraîne initialement la formation de peroxydes (ou hydroperoxydes) à partir des acides gras non saturés, qui se décomposent ultérieurement en produisant des dérivés carbonylés tels que des aldéhydes et des cétones responsables de l'odeur de rance, ainsi que divers produits oxygénés tels que des alcools et des acides (Tanouti *et al.*, 2011).

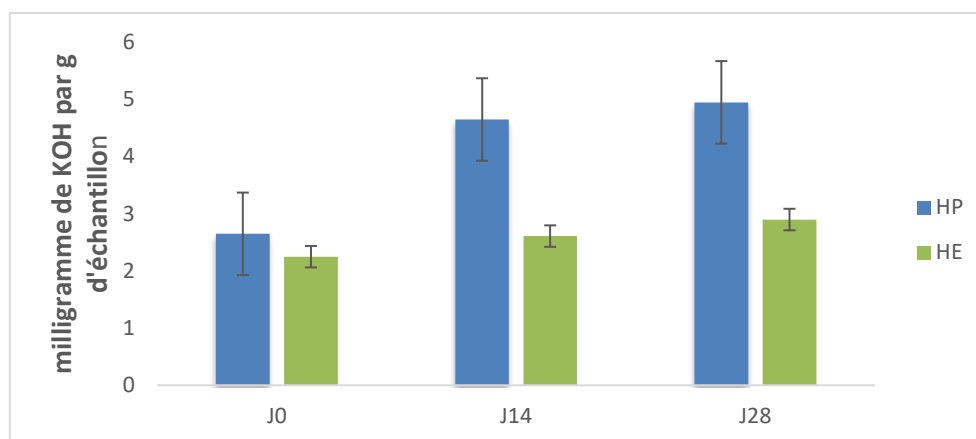
Une concentration élevée de peroxyde pourrait résulter de la présence de composés tels que les caroténoïdes et les vitamines A et E, qui sont susceptibles de subir des réactions d'oxydation similaires entraînant la formation de peroxyde (Kandji, 2001).

L'oxydation de l'huile débute dès la récolte du fruit de l'arbre et se prolonge tout au long du stockage et de la transformation ; ceci, donc, explique les variations de l'IP enregistrés dans les huiles végétales (Moncef *et al.*, 2020).

La diminution de l'indice de peroxyde après l'enrichissement indique que ce processus a contribué à réduire l'oxydation de l'huile. Cela est dû aux propriétés antioxydants des composés phénoliques ajoutés ou à d'autres facteurs liés au processus d'enrichissement tels que la méthode suivie; il semble aussi améliorer la stabilité oxydative. Nos observations sont similaires avec celle de Lkrik *et al.* (2015), Qui confirment que les composés phénoliques des feuilles exercent un effet marquant sur le piégeage de l'O<sub>2</sub> actif par la réduction des composés primaires et secondaires générés au cours de l'oxydation.

### III.6.2 Indice d'acidité

La détermination de l'indice d'acidité d'une huile est largement reconnue comme un moyen fiable pour évaluer son niveau d'altération. C'est un critère chimique permettant d'évaluer la fraîcheur et la pureté d'une huile (Belarbi, 2010). Nous avons effectué des mesures de ce paramètre afin d'évaluer la stabilité de notre huile et d'étudier l'impact de la chaleur sur son acidité, aussi bien qu'avant et après enrichissement par les feuilles de lentisque au cours de 28 jours de stockage à 60°C dans l'étuve. Les résultats sont représentés dans la (figure 20).



**Figure 20 :** Evolution de l'indice d'acidité de l'huile végétale de *Pistacia lentiscus* pure et enrichie pendant 28 jours d'étuvage à 60°C. HE : Huile végétale de *Pistacia lentiscus* enrichie HP : Huile végétale pure de *Pistacia lentiscus*. Les valeurs sont exprimées en moyenne  $\pm$  écart type (n=3).

La valeur d'acidité de notre huile pure est de 2,65 %, le résultat est conforme à la norme (COI 2015) qui exige un intervalle entre 0,8-3,3 %, elle est légèrement élevée à la norme (CEE 2013) qui est fixée entre 0,8-2% et supérieure à la norme (CODEX FAO 2013) qui est à moins de 1 %.

L'huile végétale de *Pistacia lentiscus* présente une valeur proche à celle signalée par Djedaia (2017) qui est de 2,34 % ; et faible par rapport à celle obtenus par Kechidi et al. (2020) avec 14,41 % ; et celle obtenue par Bensalem (2015) de la région El-Milia et Skikda qui sont respectivement de 3 ,361% et 6,72 %.

L'acidité permet de contrôler le niveau de dégradation hydrolytique, enzymatique ou chimique, des chaînes d'acides gras des triglycérides. Ceci est à l'origine d'acides gras libres et de glycérides partiels (mono et diglycérides) (Abaza et al., 2002).

Après enrichissement par les feuilles de *P. lentiscus*, on constate une diminution minime de cet indice avec 2,61% à J0. Plusieurs études, notamment celles de Gharby et al. (2014) et Lkrik et al. (2015), ont indiqué une faible évolution de l'indice d'acidité des huiles testées, car les polyphénols extraits des margarines, les tourteaux et les feuilles d'olivier ont été associés à cette stabilité oxydative, protégeant les acides gras des triglycérides contre l'hydrolyse et l'oxydation. Ceci, donc confirme la contribution de l'enrichissement contre les phénomènes d'hydrolyse et d'oxydation.

Au cours de 28 jours de stockage à 60 °C, une augmentation de l'indice d'acidité est remarquée par rapport à la valeur initiale à J0 pour les deux huiles. Le HP présente la valeur d'acidité la plus élevée avec 4,95% comparé à HE qui est de 2,9%.

Cette augmentation d'acidité est due à l'hydrolyse des triglycérides sous l'action de la lipase contenues dans le fruit, entraînant la libération des acides gras libres (**Abaza et al., 2002**).

D'autre part, selon les recherches menées par **Charef et al. (2008)** sur les fruits de lentisque et sa composition en acides gras libres, il a été démontré que la présence d'un faible nombre d'acides gras libres dans une huile est corrélée à un indice d'acidité bas. Par conséquent, l'augmentation observée dans notre étude est attribuée à la concentration élevée d'acides gras libres.

En plus des polyphénols des fruits qui rendent l'huile riche, l'ajout des composés phénoliques des feuilles de lentisque, connus pour leur puissante capacité antioxydante démontrée dans des études comme celle de **Salhi et al. (2019)**, pourrait expliquer pourquoi l'acidité de cette huile enrichie évolue peu. Cela pourrait être dû à l'action de ces composés qui ralentirait la dégradation des triglycérides en acides gras libres.

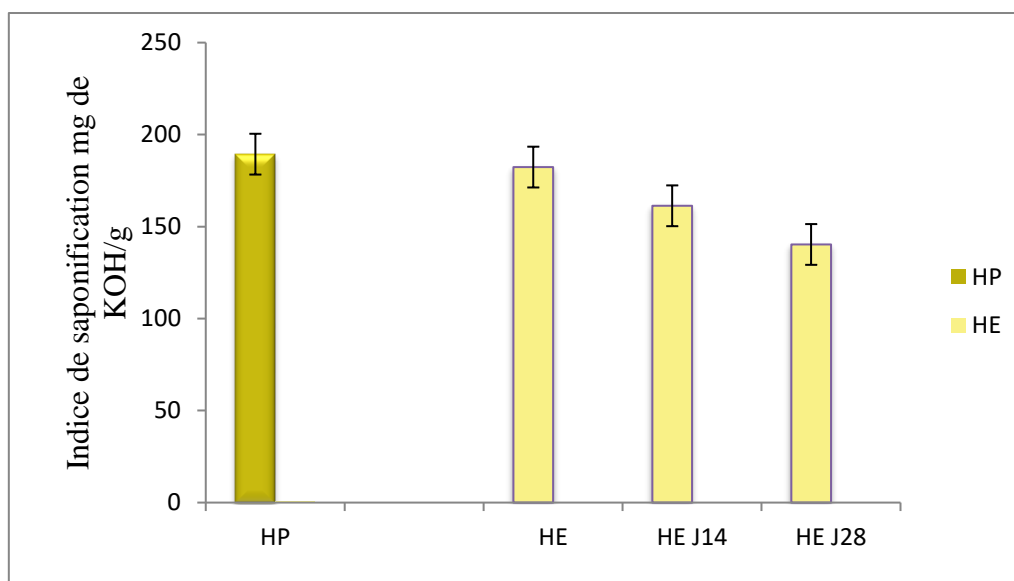
Une autre recherche menée par **Gharbyet al. (2014)** a également observé une légère modification de l'indice d'acidité dans les huiles examinées. Leur étude avait pour but d'évaluer, comment les polyphénols extraits des margarines influençaient la stabilité oxydative de l'huile de tournesol. Ils ont attribué ces observations à une insuffisante hydrolyse des triglycérides pour compenser ou accroître les niveaux d'acides gras libres, lesquels étaient piégés par polymérisation ou éliminés sous forme volatile au cours de la phase d'oxydation.

### III.6.3 Indice de saponification

L'indice de saponification permet d'évaluer la longueur moyenne des chaînes d'acides gras constitutifs du corps gras (**Mordret, 1992**).

Les résultats illustrés dans la (**figure 21**) indiquent que l'huile de lentisque pure renferme un indice de saponification de l'ordre de 189,37 mg/g. Cette valeur reste conforme aux exigences des normes **COI 2015, CODEX Alimentarius et AFNOR 2000** avec les valeurs de ( $184 \leq IS \leq 196$ ), ( $173 \leq IS \leq 195$ ) et ( $170 \leq IS \leq 210$ ) respectivement.





**Figure 21 :** Evolution de l'indice de saponification de l'huile végétale de *Pistacia lentiscus* pure et enrichie pendant 28 jours d'étuvage à 60°C. HE : Huile végétale de *Pistacia lentiscus* enrichie HP : Huile végétale pure de *Pistacia lentiscus*. Les valeurs sont exprimées en moyenne  $\pm$  écart type (n=3).

Notre résultat est comparable à celui reporté par **Boukeloua et al. (2012)** dans la région de Skikda et celui de **Merzougui et al. (2015)** dans la région d'El Kala, soit 193,30 mg/g et 191,45 mg/g respectivement. En revanche, il est inférieur à celui signalé par **Kechidi et al. (2020)** dans la région d'Ain Defla, avec 269,28 mg/g.

Ces variations d'indice de saponification peuvent être dues à des facteurs pédoclimatiques (température, humidité et aération du sol) et au stade de maturité. Cependant, cet indice est généralement similaire à ceux d'autres huiles végétales indiqués dans le (tableau VI) (**Karleskind, 1992**).

**Tableau VII.** Indices de saponifications de quelques huiles.

Huiles	Indices de saponifications	Références
Huile de soja	189-195	CODEX STAN 210 - 1999
Huile de tournesol	188-194	
Huile d'arachide	187-196	
Huile de coton	189-198	

Après enrichissement à 400 ppm par les feuilles de *P. lentiscus* à J0, on note une diminution très minime de cet indice. Cette baisse persiste et continue au fil du stockage à 60°C.

La représentation graphique des résultats obtenus après stockage montre que cette diminution est constante et stable, cela peut être attribué à l'enrichissement de cette huile par les feuilles, qui maintient une certaine stabilité oxydative. D'autre part, cette diminution est due à l'allongement de la chaîne hydrocarbonée des acides gras estérifiant la molécule de glycérol pour former les triglycérides (**Rafik, 1986**).

En outre, ces triglycérides formés s'oxydent en présence d'une haute température et d'une durée considérable de stockage. Ces derniers vont ensuite former des polymères par le pontage intermoléculaire de ces triglycérides oxydés (**Perrin, 1992**).

Puisque l'indice de saponification est inversement proportionnel aux masses moléculaires des acides gras et triglycérides (**Adrian et al., 1998**), on peut dire que notre huile possède des acides gras de chaînes hydrocarbonées plus ou moins courtes.

### III.7 Evaluation de l'activité antioxydant de l'huile de lentisque in vitro

L'activité antioxydant peut être due à des mécanismes différents, tels que la prévention de l'amorçage de la chaîne oxydative, la décomposition des peroxydes et la prévention de l'abstraction continue de l'hydrogène, le balayage des radicaux libres, la capacité de réduction et la liaison des catalyseurs d'ions de métaux de transition (**Huang et al., 2005 ; Carochio et Ferreira, 2013**).

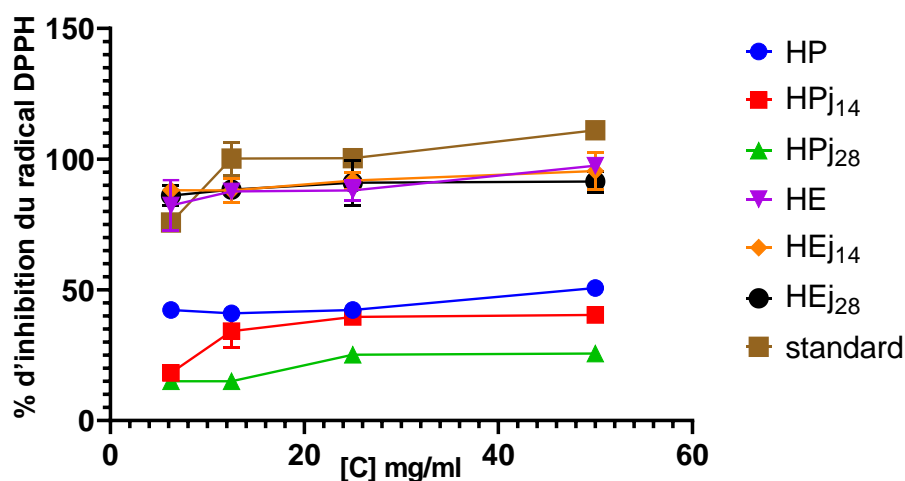
Cependant, de nombreuses techniques sont disponibles pour évaluer l'activité antioxydant des plantes. Dans ce cadre, l'huile végétale pure et enrichie de *Pistacia lentiscusa* a été testée pour leur activité antioxydant en utilisant deux essais *in vitro* : Piégeage du radical libre DPPH et ABTS.

#### III.7.1 Activité scavenging du radical DPPH

Le dosage de l'activité scavenger du radical DPPH est une méthode couramment utilisée pour évaluer la capacité de piégeage des radicaux libres. Le DPPH représente un radical libre qui accepte facilement un électron ou un radical hydrogène afin de se transformer en une molécule diamagnétique stable (**Blois, 1958**). Il est réalisé à une température ambiante, ce qui élimine tout risque de détérioration thermique des molécules thermolabiles (**Cai et al., 2006**).

Le radical DPPH est l'un des substrats les plus utilisés généralement pour l'évaluation rapide et directe de l'activité antioxydante en raison de sa stabilité en forme radicale et la simplicité de l'analyse (Zhou et al., 2012).

Les résultats obtenus lors de la mesure du pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH des différents échantillons de l'huile sont représentés dans la (figure22) au-dessous.

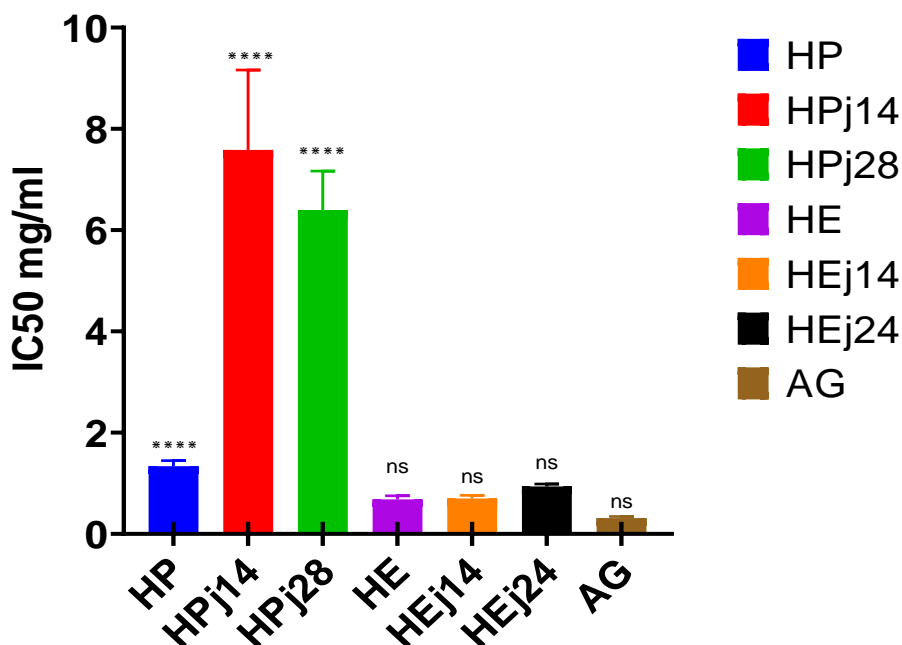


**Figure 22 :** Activité antioxydant de l'huile végétale des fruits *Pistacia lentiscus* et l'acide gallique contre le radical DDPH pendant 28 jours d'étuvage à 60°C. HE : Huile végétale de *Pistacia lentiscus* enrichie, HP : Huile végétale de *Pistacia lentiscus* pure, AG : Acide gallique. Les valeurs sont exprimées en moyenne  $\pm$  écart type (n=3).

Selon les résultats enregistrés dans la (figure 22), nous observons une augmentation de l'activité antioxydant des échantillons de l'huile en fonction des concentrations. L'effet d'inhibition du radical DPPH de l'huile végétale, des fruits de *Pistacia lentiscus* à 50 mg/ml, est très élevée pour l'huile enrichie avec  $97,46 \pm 2,5 \%$  ;  $95,42 \pm 1,23 \%$  et  $91,46 \pm 1,61 \%$  pour HE à J<sub>0</sub>, HE à J<sub>14</sub> et HE à J<sub>28</sub> respectivement, ces valeurs sont presque proche du standard, l'acide gallique qui représente  $111,04 \pm 1,39 \%$ , et une faible activité anti-radicalaire pour le HP à J<sub>0</sub>, HP à J<sub>14</sub> et HP à J<sub>28</sub> avec  $50,68 \pm 0,71 \%$  ;  $40,38 \pm 1,39 \%$  et  $25,65 \pm 0,71 \%$ ) pour la même concentration. Afin de comparer les échantillons, nous avons déterminé les valeurs d'IC<sub>50</sub> de HP, HE et du standard. Ces valeurs sont représentées dans la figure20.

Les résultats révèlent que l'huile végétale enrichie de *P. lentiscus* présente l'activité la plus élevée avec une IC<sub>50</sub> =  $0,68 \pm 0,07$  mg/ml ;  $0,70 \pm 0,06$  mg/ml ;  $0,93 \pm 0,05$  mg/ml pour HE à J<sub>0</sub>, HE à J<sub>14</sub> et HE à J<sub>28</sub> respectivement ; par contre HP à J<sub>0</sub>, HP à J<sub>14</sub> et HP à J<sub>28</sub> représente

une  $IC_{50} = 1,34 \pm 0,11$  mg/ml ;  $7,58 \pm 1,58$  mg/ml ;  $6,39 \pm 0,77$  mg/ml qui est élevée par rapport à l'huile enrichie (**figure 23**).



**Figure 23** : Histogramme désigne le pouvoir inhibitrice  $IC_{50}$  exprimés en mg/ml, de l'huile végétale des fruits *Pistacia lentiscus* et l'acide gallique contre le radical DDPH pendant 28 jours d'étuvage à  $60^{\circ}$ . HE : Huile végétale de *Pistacia lentiscus* enrichie HP : Huile végétale de *Pistacia lentiscus* pure AG : Acide gallique. Les valeurs sont exprimées en moyenne  $\pm$  écart type ( $n=3$ ). ns : Non significatif ; \*\*\*\* $P<0,001$  (comparaison de chaque concentration au standard) présente la différence significative entre les pourcentages d'inhibition. One-Way ANOVA, suivie par le test de comparaison multiple Tuckey a été utilisé pour l'analyse statistique.

On constate également que l'activité de l'acide gallique a un pouvoir antioxydant le plus élevé de l'ordre  $0,31 \pm 0,03$  mg/ml comparable à celui de nos huiles. Plus la valeur de l' $IC_{50}$  est petite plus l'échantillon est considéré comme un antioxydant puissant (**Hebi et Eddouks, 2016**).

Le profil d'activité anti-radicalaire obtenu révèle que HE possède une activité anti-radicalaire dose dépendante élevée par rapport HP. Ceci peut s'expliquer par la présence des antioxydants naturels dans les feuilles de *Pistacia lentiscus*.

Les polyphénols semblent être des donateurs efficaces d'hydrogène au radical DPPH en raison de leur structure chimique (**Turkmen et al., 2007**).

Les résultats de la présente étude, semblent être remarquables, car l'huile étudié a montré une capacité antioxydant efficace par rapport à ceux rapportés par **Charef, (2011)**, ont montré que les huiles des fruits rouges et noirs de *P. lentiscus* ont un effet scavenger important avec une  $IC_{50}=11,68$  mg/ml et  $1,07$  mg/ml respectivement.

L'huile de *Pistacia lentiscus* de Jendouba (Nord de la Tunisie) et celles récoltée dans le nord-ouest d'Algérie (Ain Kebira, Tlemcen) ont prouvé un effet marqué avec une valeur de  $IC_{50}=5,34$  mg/ml et  $20,619 \pm 0,312$  mg/ml respectivement (**Daoued et al., 2016**) ; (**Benhammou et al., 2008**).

Les extraits des feuilles de cette plante ont démontré une forte capacité anti radicalaire, notamment en inhibant des enzymes telles que la xanthine oxydase, qui est responsable de la production de radicaux libres (**Berboucha et al., 2010**).

Les différences des variations de l'activité antioxydant observées des huiles peuvent être dues aux impacts des facteurs environnementaux sur la composition chimique ou bien des procédés d'extraction de l'huile. Aussi certainement liées à la nature et aux taux des composés bioactifs (**Zitouni, 2017**) ; qui varient au cours de la maturation des fruits (**Grati et al., 1999**). Au vu des résultats obtenus, on constate que HE de *Pistacia lentiscus* a prouvé une meilleur activité antioxydant vis-à-vis le DPPH compare avec le HP.

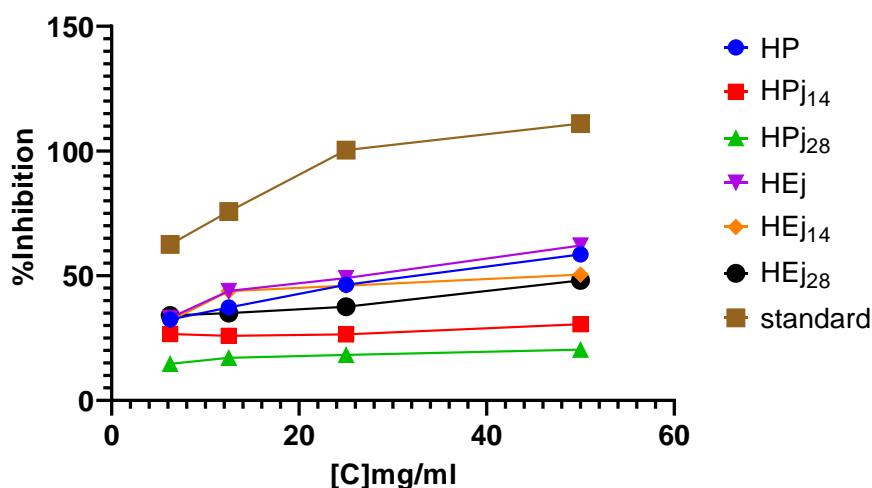
### III.7.2 Activité scavenging du radical ABTS

L'efficacité anti-radicalaire des huiles est évaluée au moyen d'une méthode qui repose sur la diminution du radical  $ABTS^{+\bullet}$ , également connu sous le nom de "2,2'-Azinobis (acide 3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique)" (**Moon et Shibamoto, 2009**). Ce radical cationique est facilement formé par oxydation en présence de persulfate de potassium pour donner une solution colorée en bleu-vert (**Prouillac, 2009**). La neutralisation du radical  $ABTS^{+\bullet}$  par un antioxydant se traduit par la décoloration de la solution et la diminution de l'absorbance (**Gülçin, 2010**).

Le profil de l'activité anti-radicalaire obtenue (**Figure 24**) a montré que, le pourcentage d'inhibition du radical  $ABTS^{+\bullet}$  est proportionnellement à la concentration. En outre, la capacité de piégeage du radical  $ABTS^{+\bullet}$  par HE et HP représentent la plus grande activité qui correspond à  $62,10 \pm 0,25$  % et  $58,55 \pm 0,18$  % respectivement qui est supérieur aux autres échantillon HE J14, HE J28, HP J14 et HPJ 28 avec une activité d'ordre  $50,44 \pm 0,23$  ;  $48,10 \pm$

0,67 ;  $30,59 \pm 1,20$  et  $20,34 \pm 0,85$  respectivement testé a une concentration de 50 mg/ml mais qui est inférieur à celle du standard avec  $100,26 \pm 0,34$  % à 25 mg/ml.

La concentration nécessaire pour réduire 50 % des radicaux ABTS+• (IC<sub>50</sub>) est utilisé pour estimer l'activité antioxydant d'un composé, les valeurs d'IC<sub>50</sub> de HP, HE et du standard sont exprimé dans le (Tableau VII).



**Figure 24 :** Activité antioxydant de l'huile végétale des fruits *Pistacia lentiscus* et l'acide gallique contre le radical ABTS pendant 28 jours d'étuvage à 60°C. HE : Huile végétale de *Pistacia lentiscus* enrichie HP : Huile végétale de *Pistacia lentiscus* pure, standard : Acide gallique. Les valeurs sont exprimées en moyenne  $\pm$  écart type (n=3).

**Tableau VIII :** Valeurs de l'IC<sub>50</sub> de HP, HE du fruit de *Pistacia lentiscus* et de l'acide gallique

	HP	HE	HEj14	Acide Gallique
IC <sub>50</sub> (mg/ml)	$24,51 \pm 0,18$ (mg/ml)	$21,32 \pm 0,65$ (mg/ml)	$25,03 \pm 0,23$ (mg/ml)	$14,45 \pm 0,34$ (mg/ml)

En comparant les IC<sub>50</sub> des huiles à celle du standard, on peut dire que l'activité anti-radicalaire de HE représente la meilleure activité avec IC<sub>50</sub>= $21,32 \pm 0,65$  (mg/ml) comparée aux autre échantillons HP, HEJ 14 avec  $24,51 \pm 0,18$  mg/ml et  $25,03 \pm 0,23$  mg/ml respectivement. Tandis que l'huile pure a J0, J 14 et J 28 ainsi HE à 28 J, ont montré une très faible activité à 50 mg/ml. L'acide gallique a enregistré la meilleure activité anti-radicalaire avec une IC<sub>50</sub>  $14,45 \pm 0,34$  mg/ml à la même concentration.

L'un des avantages de l'ABTS réside dans sa capacité à être solubilisé à la fois dans des milieux aqueux et organiques. Par conséquent, l'activité antioxydant de l'échantillon étudié peut

être attribuée à la présence de molécules hydrophiles ou lipophiles, en fonction du solvant utilisé (Arnao, 2001). L'ajout d'un antioxydant, qui agit en tant que donneur de H• (hydrogène), à une solution du radical cation ABTS•+ entraîne sa réduction. L'atome d'azote concerné piège un H•, formant ainsi l'ABTS+, ce qui entraîne une diminution de la couleur et de l'absorbance du mélange (Lien *et al.*, 1999).

Notre résultat est bien meilleur que l'huile végétale de l'espèce *Scabiosa comosaa* un faible pouvoir anti radicalaire avec une valeur d'IC50 de 223,5 mg/ml (Ma *et al.*, 2016).

D'après les résultats, l'huile végétale enrichie semble avoir une activité antioxydante plus élevée que l'huile pure. Cela pourrait être dû à la plus grande quantité de polyphénols présents dans les feuilles de *P. lentiscus* qui ont été utilisées pour l'enrichissement. Cette activité n'est pas spécifique à un composé phénolique particulier, mais elle est largement répartie parmi les différentes familles de polyphénols, notamment les flavonoïdes et les acides phénoliques (Calliste *et al.*, 2001). Ces composés sont responsables de la capacité antioxydante, qui s'explique par leur structure chimique contenant un nombre élevé d'atomes d'hydrogène, de groupements hydroxyles et de noyaux phényles (Torres de Pinedo *et al.*, 2007). Ces caractéristiques leur permettent de capturer les radicaux libres en neutralisant leurs électrons célibataires (Wojdyło *et al.*, 2007).



**Conclusion et perspectives**



### Conclusion

Suivant les conditions de fabrication et de conservation, divers éléments constitutifs d'une huile peuvent subir des modifications plus ou moins importantes pouvant porter préjudice à la qualité de l'huile.

L'objectif fondamental de cette recherche réside dans l'exploration des paramètres de qualité associés à l'utilisation des feuilles de *Pistacia lentiscus* en tant qu'antioxydants alternatifs, avec une application spécifique visant leur incorporation dans l'huile de lentisque. Cette démarche vise à élucider la dynamique de la stabilité oxydative de cette huile, tant avant qu'après l'enrichissement. Cette évaluation de la stabilité est conduite dans des conditions de stockage rigoureusement définies.

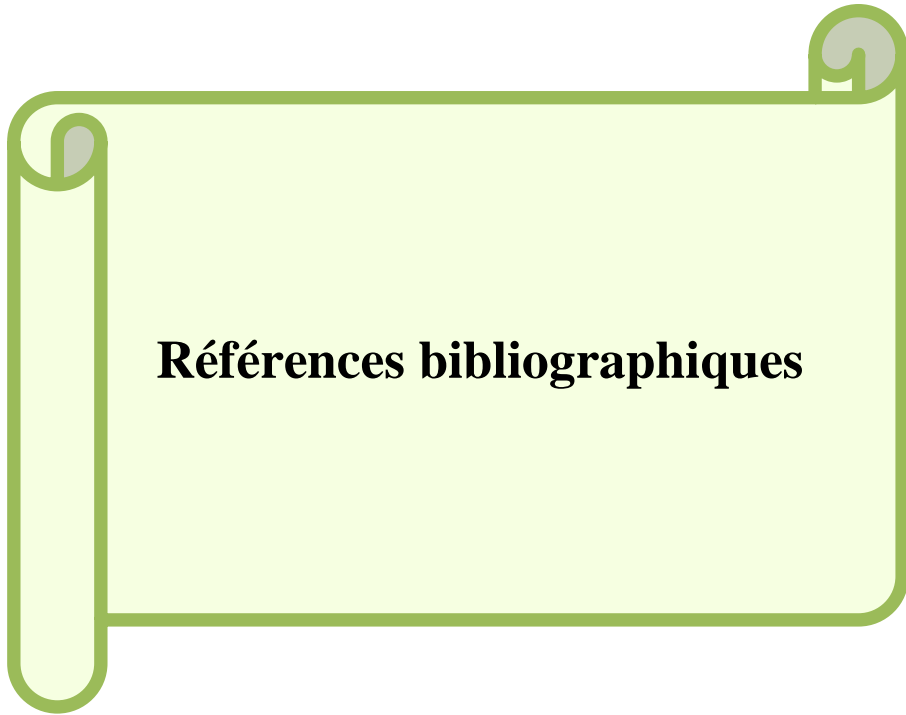
Ce travail a été initié par une étude des caractéristiques physico-chimique de l'huile de *Pistacia lentiscus* à savoir l'humidité, l'acidité, l'indice de peroxyde, l'indice de réfraction, l'indice de saponification, l'impuretés insolubles, la densité, la teneur en insaponifiables et le dosage en pigments. Les résultats obtenus de cette huile végétale sont conformes aux normes du COI, Codex, CEE et AFNOR.

D'après l'étude de la stabilité oxydative de l'huile après un stockage de 28 jours à 60°C ; nous pouvons conclure qu'il existe une amélioration de la qualité de l'huile de *Pistacia lentiscus* enrichie avec des feuilles de la même plante, mais elle reste peu considérable. On poursuivant notre étude, d'autres tests ont été élaboré pour évaluer l'activité antioxydant, dont l'estimation du potentiel antioxydant de cette huile par les méthodes du piégeage du radical libre DPPH et ABTS à différentes concentrations, attestant que l'huile enrichie présente une capacité antioxydant supérieure à celle observée dans l'huile pure.

À la suite de cette investigation, nous sommes en mesure de dire que l'utilisation de l'huile de lentisque dans le cadre de la médecine traditionnelle trouve sa justification dans la mesure où cette huile végétale a démontré un potentiel antioxydant substantiel à l'égard des radicaux libres synthétiques, dont l'effet est dépendant de la dose.

Dans les perspectives, nous aspirons à ce que notre recherche soit considérée par d'autres chercheurs en vue d'une évaluation plus approfondie de la qualité de l'huile végétale de *Pistacia lentiscus*. De plus, nous envisageons les études suivantes :

- Enrichissement avec d'autres composées naturelles tel que l'acide caféique et le gallate de propyle afin de pouvoir comparer les résultats.
- Détermination de la toxicité de cette huile et la réalisation de quelques tests *in viv*



**Références bibliographiques**

### A

**Abaza, L., Msallem, M., Daoud, D., & Zarrouk, M. (2002).** Caractérisation des huiles de sept variétés d'olivier tunisiennes. *Oléagineux, Corps Gras, Lipides*, 9(2), 174-179.

**Abdellatif, B., & Cherif, A. M. (2017).** Effets cicatrisants de produits à base d'huile de lentisque (*Pistacia lentiscus* L.) sur les brûlures expérimentales chez le rat.

**Abdelwahed, A., Bouhlel, I., Skandrani, I., Valenti, K., Kadri, M., Guiraud, P., ... & Chekir-Ghedira, L. (2007).** Study of antimutagenic and antioxidant activities of Gallic acid and 1, 2, 3, 4, 6-pentagalloylglucose from *Pistacia lentiscus*: Confirmation by microarray expression profiling. *Chemico-biological interactions*, 165(1), 1-13.

**Aberkane, F. (1992).** Contribution à l'étude biochimique et organoleptique des huiles d'olive vierges Algériennes. *Th... Ing, INA El-Harrach, Alger*, p45.

**Adrian, J., Potus, J., Poiffat, A., & Dauvillier, P. (1998).** Introduction à l'analyse nutritionnelle des denrées alimentaires. Edition : Tec et Doc, Lavoisier, Paris. pp :47-171.

**AL-Saghir, M. G., & Porter, D. M. (2012).** Taxonomic revision of the genus *Pistacia* L.(Anacardiaceae). *American Journal of plant sciences*, 3(1), 12.

**Ambarwati, N. S. S., Elya, B., Malik, A., Hanafi, M., & Omar, H. (2018).** Antibacterial activity against *Bacillus subtilis* and antioxidant properties of methanol extracts from *Garcinia latissima* miq. Leaves. *International Journal of Applied Pharmaceutics*, 24-27.

**Arab, K., Bouchenak, O., & Yahiaoui, K. (2014).** Etude phytochimique et évaluation de l'activité antimicrobienne et antioxydante de l'huile essentielle et des composés phénoliques du pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus* L.). *Journal of fundamental and applied sciences*, 6(1), 79-93.

**Ater, M., & Hmimsa, Y. (2005, November).** L'Agrobiodiversité dans les agrosystèmes traditionnels du bassin versant d'Oued Laou (Maroc). In *Proceedings of the MEDCORE International Conference Florence* (pp. 10-14).

### B

**Baba Aissa, F. (1999).** Encyclopédie des plantes utiles. *Flore d'Algérie et du Maghreb. Substances végétales d'Afrique, d'Orient et d'Occident*", Librairie Moderne Rouiba, EDAS, Alger.

**Baba-Aissa, F. (1999).** Encyclopédie des plantes utiles, Flore d'Algérie et du Maghreb. Substances végétales d'Afrique, d'Orient et d'Occident, Librairie Moderne Rouiba, EDAS, Alger. 1-218.

**Bachrouch, O., Msaada, K., Wannas, W. A., Talou, T., Ksouri, R., Salem, N., ... & Marzouk, B. (2015).** Variations in composition and antioxidant activity of Tunisian *Pistacia lentiscus* L. leaf essential oil. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, 149(1), 38-47.

**Barbouchi, M., Elamrani, K., & El Idrissi, M. (2020).** A comparative study on phytochemical screening, quantification of phenolic contents and antioxidant properties of different solvent extracts from various parts of *Pistacia lentiscus* L. *Journal of King Saud University-Science*, 32(1), 302-306.

**Barka, E. A., Vatsa, P., Sanchez, L., Gaveau-Vaillant, N., Jacquard, C., Klenk, H. P., ... & van Wezel, G. P. (2016).** Taxonomy, physiology, and natural products of Actinobacteria. *Microbiology and molecular biology reviews*, 80(1), 1-43.

**Bayer, E., Buttler, K.P., Finkenzeller, X. & Grau, J. (1987).** Guide de la flore méditerranéenne, caractéristiques, habitat, distribution et particularité de 536 espèces. La Martinière Groupe. 94.

**Belarbi F., (2010)** Contribution à l'étude phytochimique et l'évaluation du pouvoir antioxydant des grains du figuier de barbarie (*Opuntia ficus-indica*) de la région de Tlemcen, mémoire de master en biologie, université Abou bekr Belkaid –Tlemcen.

**Belfadel F.Z. (2009).** Huile de fruits de *Pistacia lentiscus* Caractéristiques physico-chimiques et effets biologiques (Effet cicatrisant chez le rat). Mémoire de magister en Chimie organique. Université mentouri Constantine. p : 47.

## Références bibliographiques

- Belfadel, F. Z., & Boulebda, N. (2009).** Huile de fruits de Pistacia lentiscus. Caractéristiques physico-chimiques et effets biologiques (Effet cicatrisant chez le rat).
- Benalia, M., Djeridane, A., Gourine, N., Nia, S., Ajandouz, E., & Yousfi, M. (2015).** Fatty acid profile, tocopherols content and antioxidant activity of algerian pumpkin seeds oil (*Cucurbita pepo* L). *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, 8(1), 9-25.
- Benhammou, N., Bekkara, F.A & Kadifkova Panaskova, T. (2008).** Antioxidant and antimicrobial of the Pistacia Lentiscus and Pistacia atlantica extracts. African journal of pharmacy and pharmacologie. 2(2) : 08-022.
- Benhammou, N., Bekkara, F.A & Panovska, T.K. (2008).** Antioxidant and antimicrobial activities of the Pistacia lentiscus and Pistacia atlantica extracts atlantica extracts. African J of Pharmacy and Pharmacology, 2(2): 22-28.
- Bensalem, G. (2015).** L'huile de lentisque (*Pistacia lentiscus* L.) dans l'est algérien caractéristiques physico-chimiques et composition en acides gras. *Mémoire Magister, universite constantine*.
- Berboucha, M., Ayouni, K., Atmani, D., Atmani, D., & Benboubetra, M. (2010).** Kinetic study on the inhibition of xanthine oxidase by extracts from two selected Algerian plants traditionally used for the treatment of inflammatory diseases. *Journal of medicinal food*, 13(4), 896-904.
- BEYROUTHY, M., & ARNOLD APOSTOLIDES, N. A. (2003).** Contribution à l'étude de quelques familles médicinales de la flore libanaise. *Annales de recherche scientifique*, (4), 47-59.
- Blois, MS. (1958).** Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*. 181:1199– 1200.
- Bouaziz, M., Fki, I., Jemai, H., Ayadi, M., & Sayadi, S. (2008).** Effect of storage on refined and husk olive oils composition: Stabilization by addition of natural antioxidants from Chemlali olive leaves. *Food Chemistry*, 108(1), 253-262.
- Boudieb, K., Kaki, S. A. S. A., & Amellal-Chibane, H. (2019).** Effect of maturation degree on the fixed oil chemical composition, phenolic compounds, mineral nutrients and antioxidant properties of *Pistacia lentiscus* L. fruits. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47(3), 836-847.

**Bouic, P. J., & Lamprecht, J. H. (1999).** Plant sterols and sterolins: à review of their immune-modulating properties. *Altern Med Rev*, 4(3), 170-7.

**Boukeloua, A. H. M. E. D., Belkhiri, A. B. D. E. L. M. A. L. I. K., Djerrou, Z., Bahri, L., Boulebda, N., & Pacha, Y. H. (2012).** Acute toxicity of *Opuntia ficus indica* and *Pistacia lentiscus* seed oils in mice. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 9(4), 607-611.

**Boukeloua, A., & Belkhiri, A. (2009).** *Caractérisation botanique et chimique et évaluation pharmaco-toxicologique d'une préparation topique à base d'huile de Pistacia lentiscus L.(Anacardiaceae)* (Doctoral dissertation, Université Frères Mentouri-Constantine 1).

**Bouyahya, A., Assemian, I. C. C., Mouzount, H., Bourais, I., Et-Touys, A., Fellah, H., ... & Bakri, Y. (2019).** Could volatile compounds from leaves and fruits of *Pistacia lentiscus* constitute a novel source of anticancer, antioxidant, antiparasitic and antibacterial drugs?. *Industrial crops and products*, 128, 62-69.

**Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. L. W. T. (1995).** Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, 28(1), 25-30.

**Bruneton, J., (1999).** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. Technique et Documentation Lavoisier. Paris. PP : 418-419.

## C

**Cai, L., Friedman, N. & Xie, X. (2006).** Expression stochastique des protéines dans des cellules individuelles au niveau d'une seule molécule. *Nature*. 440 :358–362.

**Calliste, C.A., Le Bail, J.C., Trouillas, P., Pouget, C., Habrioux, G., Chulia, A.J., Duroux, J.L. (2001).** Chalcones : structural requirements for antioxidant, estrogenic and antiproliferative activities. *Anticancer Research*, 21 (6).

**Carocho, M., & Ferreira, I. C. (2013).** A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: Natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives. *Food and chemical toxicology*, 51, 15-25.

## Références bibliographiques

**Chaabani E. (2019).** Eco-extraction et valorisation des métabolites primaires et secondaires des différentes parties de *Pistacia lentiscus*. Thèse de doctorat en Sciences Biologiques. Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse. 23.

**Charaf, M. (2011).** *Contribution à l'étude de la composition chimique et étude des propriétés phytochimiques et nutritionnelles des lipides des fruits de Pistacia lentiscus et du Quercus* (Doctoral dissertation, Université Kasdi Merbah Ouargla).

**CHARAF, M. (2011).** *Contribution à l'étude de la composition chimique et étude des propriétés phytochimiques et nutritionnelles des lipides des fruits de Pistacia lentiscus et du Quercus* (Doctoral dissertation, Université Kasdi Merbah Ouargla).

**Charef, M., Yousfi, M., Saidi, M., & Stocker, P. (2008).** Determination of the fatty acid composition of acorn (*Quercus*), *Pistacia lentiscus* seeds growing in Algeria. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 85, 921-924.

**Cheikh-Rouhou S., Besbes S., Hentati B., Blecker C., Deroanne C., & Attia H. (2007).** *Nigella sativa* L.: chemical composition and physicochemical characteristics of lipid fraction. *Food Chem*, 101: 673–681.

**Cherbal, A., Kebieche, M., Yilmaz, E. M., Aydoğmuş, Z., Benzaouia, L., Benguessoum, M., ... & Madani, K. (2017).** Antidiabetic and hypolipidemic activities of Algerian *Pistachia lentiscus* L. leaves extract in alloxan-induced diabetic rats. *South African Journal of Botany*, 108, 157-162.

**Collin, S. et Crouzet, J. (2011).** Polyphénols et procédés. Edition Lavoisier TEC & DOC. PP: 5-13-16235.

**Cuvelier, M. E., & Maillard, M. N. (2012).** Stabilité des huiles alimentaires au cours de leur stockage. *OCL Oilseeds and fats crops and lipids*, 19(2), 125-132.

## D

**Dagmey, A. (2020).** Enrichissement d'huiles alimentaires riches en acides gras polyinsaturés, par des composés phénoliques d'origine naturelle, afin de les protéger de la peroxydation lipidique, en vue d'une encapsulation pour augmenter la durée de conservation de ces huiles (Doctoral dissertation, Université de Technologie de Compiègne).

## Références bibliographiques

- Dairi, S., Galeano-Díaz, T., Acedo-Valenzuela, M. I., Godoy-Caballero, M. P., Dahmoune, F., Remini, H., & Madani, K. (2015).** Monitoring oxidative stability and phenolic compounds composition of myrtle-enriched extra virgin olive during heating treatment by flame, oven and microwave using reversed phase dispersive liquid–liquid microextraction (RP-DLLME)-HPLC-DAD-FLD method. *Industrial Crops and Products*, 65, 303-314.
- Daoued, K., Chouaibi, M., Gaout, N., Haj, O.B. & Hamdi, S. (2016).** Chemical composition and antioxidant activities of cold pressed lentisc (*Pistacia lentiscus* L.). seed oil. *Rivista Italiana delle Sostanze Grasse*. (93): 31–38.
- Dhifi, W., Jelali, N., Chaabani, E., Beji, M., Fatnassi, S., Omri, S., & Mnif, W. (2013).** Chemical composition of Lentisk (*Pistacia lentiscus* L.) seed oil. *African Journal of Agricultural Research*, 8(16), 1395-1400.
- Dhifi, W., Jelali, N., Chaabani, E., Beji, M., Fatnassi, S., Omri, S., & Mnif, W. (2013).** Chemical composition of Lentisk (*Pistacia lentiscus* L.) seed oil. *African Journal of Agricultural Research*, 8(16), 1395-1400.
- Djedaia, M. S. (2017).** Etude physico-chimique et caractérisation du fruit de la plante lentisque (*Pistacia Lentiscus* L.). *UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR-ANNABA*.
- Djerrou Z. (2014).** Anti-hypercholesterolemic effect of *Pistacia lentiscus* fatty oil in egg yolk-fed rabbits: A comparative study with simvastatin. *Chinese Journal of Natural Médecine*, 12(8), 561–566.
- Djerrou, J., Maameri, Z., Hamdo-Pacha, Y., Serakta, M., Riachi, F., Djaalab, H., & Boukeloua, A. (2010).** Effect of virgin fatty oil of *Pistacia lentiscus* on experimental burn wound's healing in rabbits. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 7(3).
- Djerrou, Z. (2014).** Anti-hypercholesterolemic effect of *Pistacia lentiscus* fatty oil in egg yolk-fed rabbits: A comparative study with simvastatin. *Chinese Journal of Natural Medicines*, 12(8), 561-566.
- Dolde, D., Vlahakis, C., & Hazebroek, J. (1999).** Tocopherols in breeding lines and effects of planting location, fatty acid composition, and temperature during development. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 76(3), 349-355.



### E

**Emmerie, A., & Engel, C. (1939).** Colorimetric determination of tocopherol (vitamin E): II Adsorption experiments. *Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas*, 58(4), 283-289.

### F

**FINAR I. L.(1994)** «Organic chemistry», Ed. Longman Scientific et Technical 1994, Vol. II, 354.

### G

**Garnier, G., Bézanger-Beauquesne, L., & Debranx, G. (1961).** Ressources médicinales de la flore française. Edition, Vigot Frères Editeurs, 665-666.

**Gauthuret R.J. (1968).** Les composés phénoliques des végétaux. Université de Bordeaux. 7-12-34-87-133.

**Gharby, S., Harhar, H., Bouzoubaa, Z., Roudani, Z., Chafchaoui, I., Kartah, B., & Charrouf, Z. (2014).** Effet des Polyphénols extraits des margines sur la stabilité de l'huile de tournesol (Effect of polyphenols extracts from margins on the stability of sunflower oil). *J. Mater. Environ. Sci*, 5(2), 464-469.

**Golan-Goldhirsh, A. (2009).** Bridging the gap between ethnobotany and biotechnology of Pistacia. *Israel Journal of Plant Sciences*, 57(1-2), 65-78.

**Graille, J. (2003).** *Lipides et corps gras alimentaires*. Lavoisier Tec et Doc.

**Grati Kammoun, N., Khlif, M., Ayadi, M., Rekik, H., Rekik, B. & Hamdi, M. T. (1999).** Evolution des caractéristiques chimiques de l'huile au cours de la maturation des olives. *Revue Ezzaitouna*. 5:30- 46.

**Guenane, H., Bombarda, I., OuldElhadj, M. D., & Yousfi, M. (2015).** Effect of maturation degree on composition of fatty acids and tocopherols of fruit oil from Pistacia atlantica growing wild in Algeria. *Natural Product Communications*, 10(10).

**Guichard, C. (1967).** Elément de technologie pharmaceutique. Médicale éd. Paris VI ep ; Flammarion, 239-260.

**Gülçin, İ., Huyut, Z., Elmastaş, M., & Aboul-Enein, H. Y. (2010).** Radical scavenging and antioxidant activity of tannic acid. *Arabian journal of chemistry*, 3(1), 43-53.

### H

**Habibatni-M Z. (2014).** Pistacia lentiscus L. :Evaluation pharmaco- toxicologique. Thèse de doctorat en sciences. université Constantine 1. Année 2013 /2014 p :2 -48

**Habibatni-M, Z. (2014).** Pistacia lentiscus L. : Evaluation pharmaco- toxicologique. Thèse de doctorat en sciences. université Constantine 1. Année 2013 /2014 p :2 -48.

**Haddada, F. M., Krichène, D., Manai, H., Oueslati, I., Daoud, D., & Zarrouk, M. (2008).** Analytical evaluation of six monovarietal virgin olive oils from Northern Tunisia. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110(10), 905-913.

**Hamdi, P. Y., & Kahlouche-Riachi, F. (2014).** Évaluation chimique et activite antibacterienne de quelques plantes medicinales d'Algerie.

**Hamlat, N. & Hassani, A. (2008).** Analyse des flavonoïdes présents dans les feuilles du lentisque par les méthodes chromatographiques. Biotech 2008, XIes Journées Scientifiques du réseau « Biotechnologies végétales / Amélioration des plantes et sécurité alimentaire » de l'Agence universitaire de la Francophonie. 30 juin-3 juillet 2008, Agrocampus Rennes, France. Page 46.

**Hans, W. K. (2007).** 1000 plantes aromatiques et médicinales. Edition Ibis : Terre. 242.

**Haouli, A., Seridi, R., Djemli, S., Bourdjiba, O., & Frih, H. (2015).** Contribution to the analysis of Pistacia lentiscus extracted oil. *Am.-Eur. J. Agric. Environ. Sci*, 15, 1075-1081.

**Haouli, A., Seridi, R., Djemli, S., Bourdjiba, O., & Frih, H. (2015).** Contribution to the analysis of Pistacia lentiscus extracted oil. *Am.-Eur. J. Agric. Environ. Sci*, 15, 1075-1081.

**Hasan H. H., Habib I. H., Gonad M. H., & Islam M. (2011).** Comparative phytochemical and antimicrobial investigation of some plants growing in Al Jabal Al-Akhdar. *J. Nat. Prod. Plant Resour.*, 1(1), 15–23.

**Hasan, H. H., Habib, I. H., Gonaïd, M. H., & Islam, M. (2011).** Comparative phytochemical and antimicrobial investigation of some plants growing in Al Jabal Al-Akhdar. *J. Nat. Prod. Plant Resour*, 1(1), 15-23.

## Références bibliographiques

**Hmimsa, Y., (2004).** L'agro biodiversité dans les agrosystèmes traditionnels de montagnes : Cas du Rif marocain. Mémoire de troisième cycle. Université Abdelmalek Essaâdi, Faculté des Sciences. Tétouan. Maroc. PP : 100.

### I

**Iness J. Karoui., Jihene A., Nessorine G., & Manef A.(2020).** Physicochemical and biochemical characterizations of some Tunisian seed oils.EDP Sciences, OCL, 27,29.

**Iserin, P., Masson, M., Restellini, J. P., Ybert, E., DeLaage de Meux, A., & Moulard, F. (2005).** Larousse des plantes médicinales. Identification, préparation, soins. Edition Larousse. Paris. PP: 10-12.

### J

**JORA. (2012).** Journal officiel de la république algérienne N° 65. La méthode de détermination de l'indice de réfraction des corps gras d'origine animale et végétale. P12.

**Journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire (J.O.A.D et P) ,(2012).**

### K

**Kammoun, N. G., Khlif, M., Ayadi, M., Rekik, H., Rekik, B., & Hamdi, M. T. (1999).** Evolution des caractéristiques chimiques de l'huile au cours de la maturation des olives. *Revue Ezzaitouna*, 5(1-2), 30-47.

**Kandji, N. A. (2001).** Etude de la composition chimique et de la qualité d'huiles végétales artisanales consommées au Sénégal. *Docteur en pharmacie. Université cheikh anta diop de dakar.*

**Karleskind, A. (Ed.). (1992).** *Manuel des corps gras.* Technique et Documentation-Lavoisier.

**Kechidi, M., Chalal, M. A., Bouzenad, A., Gherib, A., Touahri, B., Mustapha, M. A., & Ourihene, M. (2020).** Determination of the fixed oil quality of ripe pistacia lentiscus fruits and Opuntia-ficus indica seeds. *bioRxiv*, 2020-11.

## Références bibliographiques

**Kim, C. H., Cho, H. J., Shin, J. B., Moon, C. H., & Matsuoka, K. (2002).** Regeneration from hyaline cysts of *Cochlodinium polykrikoides* (Gymnodiniales, Dinophyceae), a red tide organism along the Korean coast. *Phycologia*, 41(6), 667-669.

**Koba, K., Sanda, K., Raynaud, C., Mandin, D., Millet, J., & Chaumont, J. P. (2003).** Activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Cymbopogon citratus* L.(DC) Stapf., *C. nardus* L. Rendle et *C. schoenanthus* L. Spreng. *Journal de mycologie médicale (Paris)*, 13(4), 175-180.

**Kouidri, M., (2008).** Extraction et caractérisation physico-chimique de l'huile d'Argan extraite des fruits d'arganier (*Argania spinosa*) de deux régions de l'Algérie (Tindouf et Mostaganem), Mémoire de magister, Université de Chlef.

### L

**Lamare, V., & PAVON, D. (2022) :** *Pistacia lentiscus* L.,  
<https://doris.ffessm.fr/ref/specie/5174>.

**Laval-Martin, D., & Tremolières, A. (1980).** Three chloroplast membrane models corresponding to different photosynthetic potentialities in the same plant. *Planta*, 149, 34-43.

**Lecerf, J. M. (2011).** Les huiles végétales: particularités et utilités: Vegetable oils: Particularities and usefulness. *Médecine des maladies Métaboliques*, 5(3), 257-262.

**Liebler, D. C., Kling, D. S., & Reed, D. J. (1986).** Antioxidant protection of phospholipid bilayers by alpha-tocopherol. Control of alpha-tocopherol status and lipid peroxidation by ascorbic acid and glutathione. *Journal of Biological Chemistry*, 261(26), 12114-12119.

**Lkrik A., Souidi K., & Martin P. (2015).** Effet des polyphénols extraits à partir des tourteaux et feuilles de l'olivier (*Olea europaea* L) sur la stabilité oxydative de l'huile d'olive. P :1-10.

**Lolita Bodjolle-D'almeida. (2018).** Intérêt des plantes issues de la biodiversité brésilienne et africaine dans les soins capillaires Université d'Aix Marseille –Faculté de Pharmacie, 15.

**Longo, L., Scardino, A., & Vasapolo, G. (2007).** Identification and quantification of anthocyanins in the berries of *Pistacia lentiscus* L., *Phillyrea latifolia* L. and *Rubia peregrina* L. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 8(3), 360-364.

### M

**Mahjoub, F., Rezayat, K. A., Yousefi, M., Mohebbi, M. & Salari, R. (2018).** *Pistacia atlantica* Desf. A review of its traditional uses, phytochemicals and pharmacology. *Journal of medicine and life*. 11(3) :180-186.

**Maria del Pilar G M. (2020).** Enrichissement d'huiles végétales par des antioxydants de type phénolique en vue d'applications alimentaires. thèse de doctorat en Génie des procédés. Université de bordeaux .p :23 ,41.

**Marty, C., & Berset, C. (1988).** Degradation products of trans- $\beta$ -carotene produced during extrusion cooking. *Journal of Food Science*, 53(6), 1880-1886.

**Matthäus, B., & Özcan, M. M. (2006).** Quantitation of Fatty Acids, Sterols, and Tocopherols in Turpentine (*Pistacia terebinthus* s Chia) Growing Wild in Turkey. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(20), 7667-7671.

**Merzougui I. (2015).** Caractérisation physicochimique et biochimique d'un extrait de *Pistacia Lentiscus* et détermination de ses effets sur certains paramètres biologiques. Thèse de Doctorat En Biochimie Option: Biochimie Appliquée. Université Badji Mokhtar Annaba,142. p.

**Meziani, S., Menadi, N., Haoud, K., Mehidda, H., Benattouche, Z., & Benali, M. (2021).** Inhibition de l'oxydation de l'huile de Tournesol produite en Algérie par les produits de Maillard. *Nature & Technology*, (24), 72-80.

**Mezni, F., Aouadhi, C., Khouja, M. L., Khaldi, A., & Maaroufi, A. (2015).** In vitro antimicrobial activity of *Pistacia lentiscus* L. edible oil and phenolic extract. *Natural product research*, 29(6), 565-570.

**Mezni, F., Khouja, M. L., Grégoire, S., Martine, L., Khaldi, A., & Berdeaux, O. (2014).** Effect of growing area on tocopherols, carotenoids and fatty acid composition of *Pistacia lentiscus* edible oil. *Natural product research*, 28(16), 1225-1230.

## Références bibliographiques

**Minguez-Mosquera, M. I., & Jaren-Galan, M. (1995).** Kinetics of the decolouring of carotenoid pigments. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 67(2), 153-161.

**Minguez-Mosquera, M. I., Gandul-Rojas, B., Garrido-Fernandez, J., & Gallardo-Guerrero, L. (1990).** Pigments present in virgin olive oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 67(3), 192-196.

**Molyneux, P. (2004).** The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarinn J. sci. technol*, 26(2), 211-219.

**Moncef B., Abdennour B., Radia D., & Amel L. (2020).** Physicochemical Characterization and Antibacterial and Antifungal Activities of Pistacia lentiscus Oil in Northeastern Algeria. *Egyptian society for environmental sciences*, 22(1): 57-69.

**Moon, J. K., & Shibamoto, T. (2009).** Antioxidant assays for plant and food components. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(5), 1655-1666.

**Mordret, F. (1992).** Analyse des corps gras. In : Manuel des corps gras. Ed. Tec & Doc, Lavoisier, Paris, p.1147-1182.

**Nahida, A. S., & Siddiqui, A. N. (2012).** Pistacia lentiscus: A review on phytochemistry and pharmacological properties. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 4(4), 16-20.

**Negash, Y. A., Amare, D. E., Bitew, B. D., & Dagne, H. (2019).** Assessment of quality of edible vegetable oils accessed in Gondar City, Northwest Ethiopia. *BMC research notes*, 12(1), 1-5.

## O

**Ollé M., (2002).** Direction de la concurrence, de la consommation et de repression des fautes Interregional de Montpellier, Dossier P3325, Technique d'analyse Vol papier n° : TA4.

## P

**Pampeo, C. (1989).** Les produits de l'évolution des hydroperoxydes. *R.F.C.G*, 36 (7), pp.317-323.

## Références bibliographiques

**Perrin, J.L. (1992).** Manuel des Corps Gras, tome 2. Ed. Technique et documentation Lavoisier, Paris.

**Prouillac, C., Videmann, B., Mazallon, M., & Lecoœur, S. (2009).** Induction of cells differentiation and ABC transporters expression by a myco-estrogen, zearalenone, in human choriocarcinoma cell line (BeWo). *Toxicology*, 263(2-3), 100-107.

**Psomiadou, E., Tsimidou, M., & Boskou, D. (2000).**  $\alpha$ -Tocopherol content of Greek virgin olive oils. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(5), 1770-1775.

**Pyrzynska, K., & Biesaga, M. (2009).** Analysis of phenolic acids and flavonoids in honey. *TrAC trends in analytical chemistry*, 28(7), 893-902.

### Q

**Qabaha, K., Ras, S. A., Abbadi, J., & Al-Rimawi, F. (2016).** Anti-inflammatory of both Eucalyptus spp. And Pistacia lentiscus were investigated along with their phenolic compounds analysis using HPLC with UV detection. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 13(5), 1-6.

**Quézel, P., Santa, S., & Schotter, O. (1962).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales-v. 1-2.

### R

**Rahmani M. (1989).** Mise au point sur le rôle des pigments chlorophylliens dans la photo-oxydation de l'huile d'olive vierge. *Olivae*. 26, 30-32.

**Rahmani N. & Zouia S. (2016).** Evaluation de l'activité antioxydante des extraits de deux plantes locales : Pistacia lentiscus et Clematis flammula . Mémoire de master en Biochimie appliquée Université A. MIRA - Bejaia. Année : 2015/2016.P:1.

**Ramadan, M. F., & Mörsel, J. T. (2003).** Oil cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L.). *Food chemistry*, 82(3), 339-345.

**Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999).** Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free radical biology and medicine*, 26(9-10), 1231-1237.

## Références bibliographiques

**Reboul, E., Thap, S., Perrot, E., Amiot, M. J., Lairon, D., & Borel, P. (2007).** Effect of the main dietary antioxidants (carotenoids,  $\gamma$ -tocopherol, polyphenols, and vitamin C) on  $\alpha$ -tocopherol absorption. *European journal of clinical nutrition*, 61(10), 1167-1173.

**Romani, A., Pinelli, P., Galardi, C., Mulinacci, N., & Tattini, M. (2002).** Identification and quantification of galloyl derivatives, flavonoid glycosides and anthocyanins in leaves of *Pistacia lentiscus* L. *Phytochemical Analysis: An International Journal of Plant Chemical and Biochemical Techniques*, 13(2), 79-86.

**Rsfik, R. (1986).** The fatty acids indigenous resources for possible industrial application. *J.S.I.R.* Vol 29. N°3, p.193-5.

### S

**Salas, J. J., Bootello, M. A., Martínez-Force, E., & Garcés, R. (2009).** Tropical vegetable fats and butters: properties and new alternatives. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*, 16(4-5-6), 254-258.

**Salhi A., Bellaouchi R., Barkany S., El, Rokni Y., Bouyanzer A., Asehrou A., Amhamdi H., Zarrouk A., & Hammouti B. (2019).** Total phenolic content, antioxidant and antimicrobial activities of extracts from *Pistacia lentiscus* leaves . *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 17(3), 189–198.

**Salvador, M. D., Aranda, F., Gómez-Alonso, S., & Fregapane, G. (2001).** Cornicabra virgin olive oil: a study of five crop seasons. Composition, quality and oxidative stability. *Food Chemistry*, 74(3), 267-274.

**Sánchez-Moreno, C. (2002).** Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. *Food science and technology international*, 8(3), 121-137.

**Slim, S. (2018).** Effet de la méthode artisanale d'extraction sur les caractéristiques chimiques de l'huile végétale de lentisque pistachier du nord de la Tunisia (*Pistacia lentiscus* L.). *Hammamet, Tunisia*.

**Sokol R.J. (1996).** Vitamin E. In: Ziegler EE, Filer LJ, editors. *Presnet knowledge in nutrition*. Washington (DC): ILSI Press.

### T



## Références bibliographiques

**Tanouti, K., Elamrani, A., Serghini-Caid, H., Khalid, A., Bahetta, Y., Benali, A., ... & Khiar, M. (2010).** Caractérisation d'huiles d'olive produites dans des coopérative pilotes (lakrarma et kenine) au niveau du Maroc Oriental. *Les technologies de laboratoire*, 5(18).

**Tanouti, K., Serghini-Caid, H., Chaieb, E., Benali, A., Harkous, M., & Elamrani, A. (2011).** Amélioration qualitative d'huiles d'olive produites dans le Maroc oriental. *Les technologies de laboratoire*, 6(22).

**Torres De Pinedo, A., Pen alver, P., & Morales, J. C. (2007)** Synthesis and evaluation of new phenolic-based antioxidants: structure-activity relationship. *Food Chem*, 103, 55–61.

**Tir, R. (2005).** *Extraction et analyse de l'huile de graine de sésame* (Doctoral dissertation, Alger).

**Trabelsi, H., Cherif, O. A., Sakouhi, F., Villeneuve, P., Renaud, J., Barouh, N., ... & Mayer, P. (2012).** Total lipid content, fatty acids and 4-desmethylsterols accumulation in developing fruit of *Pistacia lentiscus* L. growing wild in Tunisia. *Food chemistry*, 131 (2), 434-440.

### U

**Urquiaga, I. N. E. S., & Leighton, F. (2000).** Plant polyphenol antioxidants and oxidative stress. *Biological research*, 33(2), 55-64.

### V

**Verdu, M., & García-Fayos, P. (1996).** Nucleation processes in a Mediterranean bird-dispersed plant. *Functional ecology*, 275-280.

### W

**Wojdylo A., Oszmianski J., Czemerys R. (2007).** Antioxidant activity and phenolic compound in 32 selected herbs. *Food Chem*, 105:940–949.

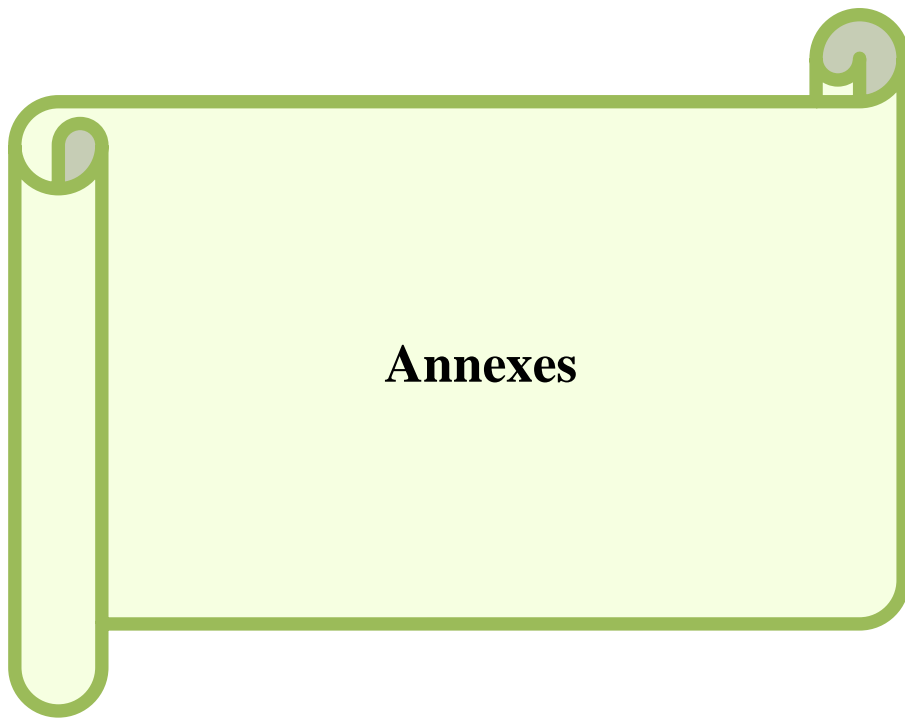
**Wolff, J. P. (1968).** Manuel d'analyse des corps gras. Tokyo University of Fisheries.

### Z

## Références bibliographiques

**Zhou, M., Hannah, L., Dunson, D. & Carin, L. (2012).** Beta-Negative Binomial Process and Poisson Factor Analysis. *Journal of Machine Learning Research*. 22:1462-1471.

**Zitouni, A., Belyagoubi, B. N., Ghembaza, N., Toul, F. & Atik, B. F. (2016).** Assessment of phytochemical composition and antioxidant properties of extracts from the leaf, stem, fruit and root of *Pistacia lentiscus* L. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*. 8: 627-633.



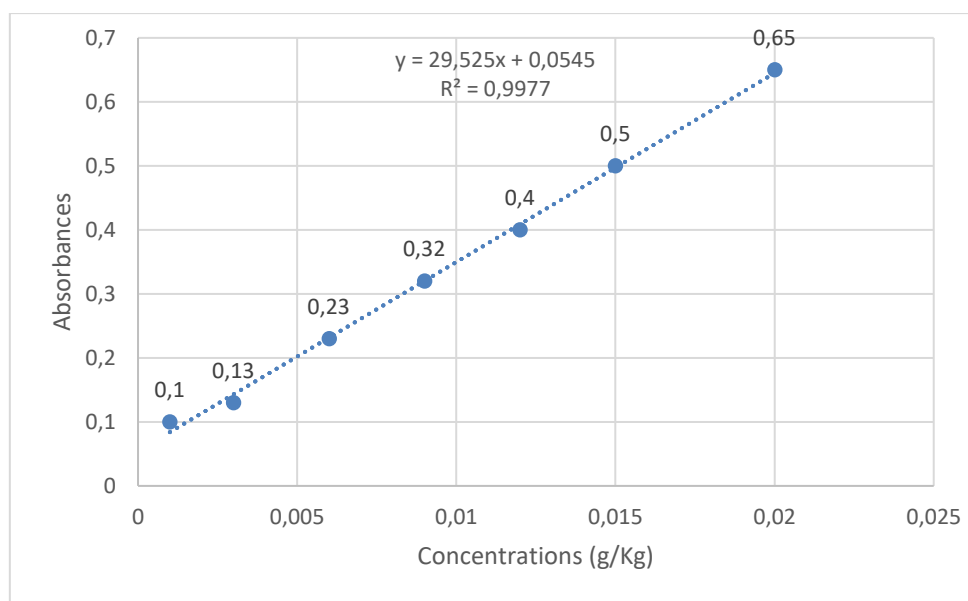
**Annexes**

## Annexes

**Annexe 1 :** Le matériel utilise au laboratoire pendant le déroulement des expériences est mentionner

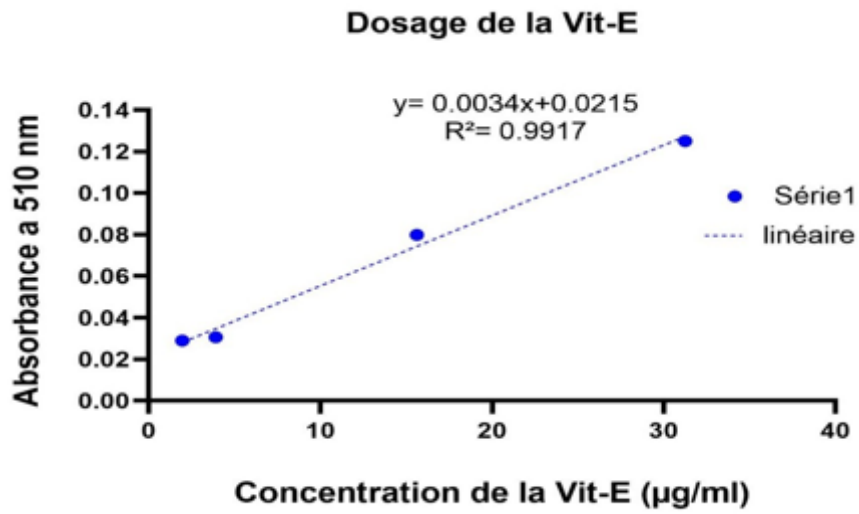
Produits chimiques	Appareillage
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ethanol</li> <li>• Hexane</li> <li>• DPPH</li> <li>• Chloroforme</li> <li>• Acide acétique</li> <li>• Iodure de potassium</li> <li>• Thiosulfate de sodium</li> <li>• Phénolphtaléine</li> <li>• Acide chlorhydrique</li> <li>• Oxyde diéthylique</li> <li>• Solution éthanolique(0,1 N)</li> <li>• Tétrachlorure de carbone</li> <li>• β-carotène</li> <li>• Tween</li> <li>• Acide linoléique</li> <li>• Vitamine E</li> <li>• DMSO</li> <li>• Hydroxyde de potassium</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balance analytique</li> <li>• Soxhlet</li> <li>• Rotavapeur</li> <li>• Réfrigérateur</li> <li>• Agitateur magnétique</li> <li>• Vortex</li> <li>• Etuve</li> <li>• Refractomètre</li> <li>• Spectrophotomètre</li> <li>• Centrifugation</li> <li>• Lecteur microplaque</li> <li>• Plaque chauffante</li> <li>• Dessiccateur</li> <li>• Bain à ultrasons</li> <li>• Bain-marie</li> <li>• Broyeur</li> <li>• Tintometer</li> </ul>

## Annexe2



**Figure 1 :** Courbe d'étalonnage des concentrations des carotènes (g/kg) en fonction des absorbances

## Annexe 3



**Figure 2 :** Courbe d'étalonnage des concentrations de la vitamine E ( $\alpha$ -Tocophérol) en fonction des absorbances.

## Résumé

Au fil des récentes années, l'amélioration de la qualité nutritionnelle des huiles végétales en utilisant des composants d'origine végétales a suscité un intérêt considérable. Dans ce contexte, notre étude se fixe pour objectif à la caractérisation physico-chimique de l'huile végétale des fruits de *Pistacia lentiscus* extraite par solvant hexanique à chaud, ensuite on procède à l'enrichissement de cette huile végétale, en y incorporant la poudre des feuilles de la même plante à 400 ppm. Nous envisageons de mesurer la teneur en tocophérols totaux, d'évaluer les paramètres physico-chimique d'huile, ensuite d'évaluer la stabilité oxydative de ce l'huile enrichie et pure et de mesurer certaines activités antioxydants (DPPH et ABTS) après un stockage à 60°C pendant 28 jours de l'huile enrichie.

La mesure de la teneur en tocophérols de l'huile végétale a révélé une teneur importante en d' $\alpha$ -tocophérols ( $0,008 \pm 0.61$  mg/g). Le résultat initial des indices de qualité de l'huile pure à savoir l'indice de peroxyde ( $9,25$  méq d'O<sub>2</sub> /Kg) IP et l'indice d'acidité ( $2,65$  %) IA a révélé que ces valeurs sont conformes aux normes. L'huile enrichie a subi une augmentation des deux indices (IP, IA), cependant cette augmentation demeure moins importante par rapport à celle de l'huile pure.

L'activité antioxydante a montré que l'huile végétale enrichie de *P. lentiscus* présentent un pouvoir antioxydant plus puissant que celui d'huile pure, vis-à-vis du radicale DPPH• estimé par une IC<sub>50</sub> de  $0,6817 \pm 0,071$  mg/ml ;  $1,34 \pm 0,11$  mg/ml respectivement, et du radical ABTS par une IC<sub>50</sub> de  $21,32 \pm 0,65$  mg/ml  $24,51 \pm 0,18$  mg/ml respectivement.

Par conséquence, il est possible de déduire que les feuilles du pistachier lentisque, en tant qu'antioxydants naturels, pourraient contribuer à renforcer sa stabilité oxydative et d'améliorer sa qualité, éventuellement se substituer aux antioxydants synthétiques.

**Mots clés :** *Pistacia lentiscus*, huile végétale, enrichissement, extraction, antioxydants naturels.

## Abstract

Over recent years, there has been considerable interest in improving the nutritional quality of vegetable oils using plant-derived components. In this context, our study aims to characterize the physicochemical properties of *Pistacia lentiscus* fruit oil extracted with hot hexane solvent. Subsequently, we enrich this vegetable oil by incorporating powdered leaves from the same plant at 400 ppm. We intend to measure the total tocopherol content, evaluate the physicochemical parameters of the oil, assess the oxidative stability of both the enriched and pure oil, and measure certain antioxidant activities (DPPH and ABTS) after storage at 60°C for 28 days.

The measurement of tocopherol content in the vegetable oil revealed a significant amount of  $\alpha$ -tocopherols ( $0.008 \pm 0.61$  mg/g). The initial results of the quality indices for pure oil, namely peroxide value ( $9.25$  meq O<sub>2</sub>/kg) and acidity index ( $2.65\%$ ), indicated that these values comply with standards. The enriched oil experienced an increase in both indices (peroxide value and acidity index), although this increase was less pronounced compared to pure oil.

The antioxidant activity demonstrated that *P. lentiscus*-enriched vegetable oil exhibited a stronger antioxidant capacity than pure oil, as evidenced by a DPPH• radical IC<sub>50</sub> of  $0.6817 \pm 0.071$  mg/ml and  $1.34 \pm 0.11$  mg/ml, respectively, and an ABTS radical IC<sub>50</sub> of  $21.32 \pm 0.65$  mg/ml and  $24.51 \pm 0.18$  mg/ml, respectively.

Therefore, it is possible to infer that the leaves of *Pistacia lentiscus*, as natural antioxidants, could contribute to enhancing its oxidative stability and improving its quality, potentially replacing synthetic antioxidants.

**Keywords:** *Pistacia lentiscus*, vegetable oil, enrichment, extraction, natural antioxidants.

ملخص :

خلال السنوات الأخيرة، كان هناك اهتمام كبير بتحسين الجودة الغذائية للزيوت النباتية باستخدام مكونات من أصل نباتي. وفي هذا السياق تهدف دراستنا إلى إثراء زيت الفستق المستخلص بالمذيب الهكساني الساخن من خلال دمج مستخلص من أوراق النبات نفسه. بعد ذلك، نخطط لتقييم الاستقرار التأكسدي لهذا الزيت المخصب وقياس بعض أنشطة مضادات الأكسدة (DPPH، ABTS) ومحتوى إجمالي التوكوفيرول وتقليل قيمة المعلمات الفيزيائية والكيميائية لزيت فاكهة *P. lentiscus*. من منطقة بجاية (أميزور)، سعيا لتحديد ما إذا كانت خصائص النفط ستبقى دون تغيير بعد عملية التخصيب هذه.

وأظهرت النتائج الأولية لمؤشرات جودة الزيت، وهي مؤشر البيروكسيد (9.25 ملي أو 2/كغ) ومؤشر الحموضة (2.65%)، أن هذه القيم مطابقة للمعايير، كما تم قياس هذه المؤشرات نفسها على النفط المخصب بنسبة 400 جزء في المليون.

علاوة على ذلك، أظهرت النتائج أن زيت *P. lentiscus* النقي يحتوي على كمية كبيرة من  $\alpha$ -tocopherols ( $0.008 \pm$  ملغم / مل) في اختبار جذري، و  $IC_{50}$  من  $(0.18 \pm 24,51)$  ملغم / جم) ويظهر نشاطاً ملحوظاً مضاداً للأكسدة، مع  $IC_{50}$  يبلغ  $(1.34 \pm 0.11)$  ملغم / مل في اختبار ABSS في اختبار

وبالتالي، يمكن الاستنتاج أن المستخلصات من أوراق شجرة الفستق المستكة، باعتبارها مضادات أكسدة طبيعية، يمكن أن تساهم في تعزيز استقرارها التأكسدي وتحسين جودتها، وربما تحل محل مضادات الأكسدة الاصطناعية.

الكلمات الدالة: الفستق العدسي، الزيوت النباتية، تخصيب، استخلاص، مضادات الأكسدة الطبيعية.