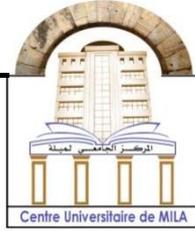


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



N° Ref :

Centre Universitaire Abdelhafid BOUSSOUF- Mila

Institut des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Biologiques et Agricoles

**Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de
Master**

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Biochimie Appliquée

Thème :

**Etude phytochimique et biologique de quelques huiles
végétales**

Présenté par :

- OUMEDOUBAT Soundos
- MOKRANI Roufeida

Devant le jury :

- Dr. AMARI Salima	MCB	Présidente
- Dr. GHOUT Agena	MCA	Examinatrice
- Dr. AMIMOUR Mouna	MCB	Promotrice

Année Universitaire : 2024/2025

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



Remerciements

Nous remercions tout d'abord Dieu Tout-Puissant pour le courage, la force et la patience qui nous ont permis de mener à bien ce travail.

Ce travail a été mené au laboratoire de l'Institut des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Abdelhafid Boussouf de Mila.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à notre directrice de thèse, Mme Amimour M., qui nous a fait l'honneur d'encadrer notre mémoire sur un sujet passionnant. Elle nous a guidés avec générosité tout au long des phases de préparation. Nous lui sommes profondément reconnaissants pour ses conseils, sa présence constante et son dévouement.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude au président du jury, le Dr. Amari Salima, pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant de présider cette soutenance. Nos remerciements vont également au Dr. Agena Ghout pour avoir généreusement consacré son temps à l'examen de ce travail.

Nous remercions également tous ceux qui ont contribué à la réussite de ce travail, en particulier les techniciens des laboratoires de biochimie du Centre universitaire Abdelhafid Boussouf de Mila.

Nous remercions également tous ceux qui nous ont apporté leur soutien moral, leur assistance technique et leurs conseils ; ils nous expriment notre profonde reconnaissance.

2025



Dédicace

À mon père , Bien que les mots ne puissent combler ton absence, je dédie ces pages à ta mémoire. Tu as été mon premier guide, ma source de force, et celui qui m'a appris à me battre pour mes rêves. Chaque effort, chaque ligne de ce mémoire porte l'empreinte de ton amour et de tes enseignements. Tu n'es plus là pour tourner ces pages, mais je sais que ton âme veille sur moi. Où que tu sois, j'espère que ce travail, fruit de tant de sacrifices partagés, te rendrait fier.

« On ne meurt que lorsque les cœurs nous oublient. »

Tu vis en moi, aujourd'hui et pour toujours.

À ma mère, mon éternel refuge

Maman, Si je devais compter les étoiles pour mesurer ton amour, le ciel entier ne suffirait pas. Tu as été ma première maison, mon premier berceau de tendresse, et même aujourd'hui, ton amour reste mon ancrage. Merci d'avoir fait de moi ton chef-d'œuvre

À mes frères et sœurs [souraya, bariza, yassmina, naim, meriem, fateh, soumia, youcef, ali, manel et ismail], merci pour votre présence réconfortante, vos conseils et vos moments de bonne humeur qui ont allégé les périodes de stress.

À mes enfants de ma famille [wisem, hadil; rahma ; mohamed, maouada, akrem, alaa, et les autre....], merci pour votre compréhension et votre soutien au quotidien, surtout lors des moments exigeants de cette aventure académique. Sans vous, ce travail n'aurait pas été possible. Vous êtes mon pilier et ma source d'inspiration.

"À ma chère [roufaida], Partenaire de travail, complice de rigolades et sœur d'études, Ce mémoire porte autant tes empreintes que les miennes. Merci pour tes idées brillantes, ta patience sans limites, Et ces moments où tu as rendu l'impossible... simplement amusant.

"À mes amis proche [bouchra, nessrine, aya , bouchra, amira] mes partenaires de café, de stress et de procrastination, Sans vous, ce mémoire aurait été terminé... mais beaucoup moins joyeux .

"À mes sœurs d'âme, mes complices de toujours, [hadil] , [ikram]

Vous avez été bien plus que des amies : Mon refuge les jours de doute, Ma source de joie dans les moments simples, Et ces rayons de soleil qui ont illuminé chaque étape de ce parcours. Ce diplôme est aussi le vôtre, car sans vos rires, vos encouragements et vos câlins (même virtuels !), je n'aurais jamais tenu bon.

Merci d'être les couleurs de ma vie. Je vous aime infiniment."

Soundos

2025





Dédicace

En premier, je remercie ALLAH, le tout puissant de m'avoir accordé la force, le courage et les moyens pour la réalisation de ce travail.

Je dédie ce travail :

A ma mère «Noura», ma raison de réussite, l'exemple parfait de la femme idéale, le symbole de l'amour, la tendresse, la sympathie et le sacrifice, qui m'a toujours orienté pour acquérir le bonheur dans cette vie.

A mon père « khireddine», qui ma donnée toujours le courage, l'espoir et la chance d'atteindre mes butes, qui m'a toujours et d'un grand secours par son soutien et son encouragement pendant les moments difficiles.

« Je vous aime mes parents ».

À ma binôme « sondous» pour son aide au cours de la préparation de ce travail.

Votre présence à mes côtés a été un véritable soutien, tant sur le plan intellectuel que moral. Ensemble, nous avons surmonté des défis, partagé des doutes, remporté des succès et, surtout, beaucoup appris.

Ce travail est le fruit de nos efforts et de notre détermination. Merci pour tout.

À mon enseignante «Amimour mouna»,

Pour votre encadrement bienveillant, votre disponibilité et la richesse de vos conseils.

Vous avez su m'inspirer rigueur, curiosité et persévérance.

A mes chères proches amies «sondous, bouchra, nessrine» qui ont vécu avec moi les meilleurs moments durant ma vie et surtout qui sont près de moi

A mes collègues en Master Biochimie Appliquée.

À tous ceux qui me sont chers.

Roufeida

2025



Résumé

L'objectif de ce présent travail consiste évaluer l'impact de l'ajout de résine de pin d'Alep sur les propriétés physico-chimiques et biologiques de quatre huiles végétales (d'olive, d'amande douce, de ricin et de *Pistacia lentiscus*).

Au cours de cette étude, nous avons déterminé les indices de qualité de l'huile d'olive brute (acidité, indice de peroxyde, les coefficients d'extinction spécifique dans l'UV (K_{270} et K_{232}) et la teneur en pigments (chlorophylle et caroténoïdes), les teneurs en polyphénols totaux et l'activité antioxydante des huiles avant et après enrichissement avec la résine de pin d'Alep.

Les résultats obtenus ont révélé que l'ajout de résine conduit à une augmentation de l'acidité (sauf pour l'huile de ricin), réduction de l'indice de peroxyde. Elévation des coefficients d'extinction spécifique (K_{270} et K_{232}) et des **pigments** (chlorophylle, caroténoïdes) et même des **polyphénols totaux** (jusqu'à +373 % pour l'huile d'amande) ainsi une amélioration de **l'activité anti-oxydante** qui est corrélée à la teneur en polyphénols.

Mots clés : les huiles d'olive, d'amande douce, de ricin et de *Pistacia lentiscus*, propriétés physico-chimiques, polyphénols, activité anti-oxydate

ملخص

الهدف من هذا العمل هو تقييم تأثير إضافة راتنج الصنوبر الحلبي على الخصائص الفيزيائية-الكيميائية والبيولوجية لأربع زيوت نباتية (زيت الزيتون، زيت اللوز الحلو، زيت الخروع، *Pistacia lentiscus*).

خلال هذه الدراسة، قمنا بتحديد مؤشرات جودة زيت الزيتون الخام (الحموضة، مؤشر البيروكسيد، معاملات الامتصاص النوعية في الأشعة فوق البنفسجية K270 و K232، ومحتوى الأصباغ كاليخضور والكاروتينات)، بالإضافة إلى محتوى الفينولات الكلية والنشاط المضاد للأكسدة للزيوت قبل وبعد الإغناء براتنج الصنوبر الحلبي .

أظهرت النتائج أن إضافة الراتنج تؤدي إلى زيادة في الحموضة (باستثناء زيت الخروع)، وانخفاض في مؤشر البيروكسيد، وارتفاع في معاملات الامتصاص النوعية (K270 و K232) وفي محتوى الأصباغ (اليخضور والكاروتينات)، وحتى في محتوى الفينولات الكلية (حتى +373% لزيت اللوز)، مع تحسين في النشاط المضاد للأكسدة الذي يرتبط طردياً بمحتوى الفينولات.

الكلمات المفتاحية: زيت الزيتون، زيت اللوز الحلو، زيت الخروع، زيت *Pistacia lentiscus*، الخصائص الفيزيائية-الكيميائية، الفينولات، النشاط المضاد للأكسدة.

Abstract

peroxide value, specific extinction coefficients in UV (K_{270} and K_{232}) and pigment content (chlorophyll and carotenoids), total polyphenol contents and antioxidant activity of the oils before and after enrichment with Aleppo pine resin.

The results obtained revealed that the addition of resin leads to an increase in acidity (except for castor oil), a reduction in the peroxide value. Increase in specific extinction coefficients (K_{270} and K_{232}) and pigments (chlorophyll, carotenoids) and even total polyphenols (up to +373% for almond oil) as well as an improvement in antioxidant activity which is correlated with Polyphenol content.

Keywords: olive, sweet almond, castor, and *Pistacia lentiscus* oils, physicochemical properties, polyphenols, antioxidant activity

Table des matières

Remerciements

Dédicace

Dédicace

Résumé

ملخص

Abstract

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

Chapitre 1 : Synthèse bibliographique

I. Généralités 4

I.1. Description botanique du pin d'Alep : 4

I.2. Toxonomie du pin d'Alep : 7

I.3. Noms usuels : 7

I.4. Répartition biogéographique : 8

I.5. La Résine : 9

I.5.1. Définition de la résine : 9

I.5.2. Composition chimique : 9

I.5.3. Synthèse de la résine : 10

I.5.4. Méthodes d'extraction : 10

I.5.5. Intérêts de la résine : 11

II. Généralité sur les huiles végétale : 12

II.1. Huile d'olive : 12

II.1.1. Généralité sur l'olivier : 12

II.1.2. Historique de l'olivier :.....	12
II.1.3. Répartition géographique des oliviers :.....	13
II.1.4. Définition	14
II.1.5. Composition biochimique :.....	14
II.1.6. Classification :.....	17
II.1.7. Caractères physico-chimiques :.....	18
II.1.8. Propriétés biologiques:.....	19
II.1.9. Différentes utilisations et ses effets thérapeutiques :.....	19
II.1.10. Effets thérapeutiques :.....	20
II.2. Huile de ricin :.....	21
II.2.1. Généralités sur la plante Ricinus communis L :.....	21
II.2.2. Classification taxonomique :.....	21
II.2.3. Répartition géographique :.....	22
II.2.4. Caractéristiques botaniques:.....	22
II.2.5. Description et propriétés :.....	25
II.2.6. Structure et composition :.....	25
II.2.7. Propriétés physico-chimique :.....	26
II.2.8. Utilisation :.....	26
II.3. Huile de Pistacia lentiscus :.....	27
II.3.1. Généralité sur Pistacia lentiscus :.....	27
II.3.2. Taxonomie de Pistacia lentiscus :.....	28
II.3.3. Description botanique :.....	28
II.3.4. Répartition géographique Pistacia lentiscus:.....	30
II.3.5. Huile de Pistacia lentiscus :.....	31
II.3.6. Composition biochimique :.....	31
II.3.7. Propriétés physico-chimiques :.....	33

II.3.8. Utilisation d'huile :.....	34
II.4. Huile d'amande douce :.....	34
II.4.1. Description de l'amandier :.....	34
II.4.2. Taxonomie de l'amandier:	35
II.4.3. Répartition géographique :.....	35
II.4.4. Morphologie de l'amande :.....	36
II.4.5. Composition chimique d'amande :.....	37
II.4.6. Huile d'amande douce :.....	38
II.4.7. Composition et propriétés :.....	39
II.4.8. Utilisations et bienfaits:	39
III. Métabolite secondaire, particulièrement sur les polyphénols :.....	40
III.1. Intérêt des métabolites secondaires:	41
III.2. Classification des métabolites secondaires:	42
III.2.1. Les alcaloïdes:	42
III.2.2. Les terpènes:	43
III.2.3. les Composés phénoliques:	48
IV. Activité anti-oxydant :.....	52
IV.1. généralité :.....	52
Figure 40 : Formation des radicaux libres.	53
IV.2. Les sources d'antioxydants :.....	53
IV.2.1. Antioxydants synthétiques :.....	53
IV.2.2. Antioxydants enzymatiques :.....	53
IV.3. Méthodes d'Exploration de l'Activité Antioxydante:	57
IV.3.1. Méthodes Basées sur le Piégeage des Radicaux Libres:	57
IV.3.2. Méthodes Basées sur la Réduction des Métaux	58
IV.3.3. Méthodes Basées sur la Peroxydation Lipidique:	59

Chapitre 2 : matériel et méthode

I. Matériel :	62
I.1. Matériel végétale :	62
II. Méthode :	62
II.1. Macération :	62
II.2. Paramètres physico-chimiques des huiles :	63
II.2.1. Détermination de l'indice de peroxyde :	63
II.2.2. Détermination de l'acidité libre:	64
II.2.3. Détermination du coefficient d'extinction spécifique :	64
II.2.4. Détermination de la teneur en pigment (chlorophylle et caroténoïde).....	65
II.3. dosage des polyphénols totaux et évaluation de l'activité anti-oxydante des huiles :...	66
II.3.1. Extraction des composés phénoliques :	66
II.3.2. Dosage des polyphénols totaux :	66
II.3.3. Evaluation de l'activité antioxydants :	68

Chapitre 3 : Résultats et discussion

I. Paramètres physicochimiques	71
I.1. Détermination de l'indice de peroxyde	71
I.1.1. Détermination de l'acidité libre :	74
I.1.2. Détermination du coefficient d'extinction spécifique :	77
I.1.3. Détermination de la teneur en pigment (chlorophylle et caroténoïde):	79
I.2. Dosage de uns polyphénols totaux:	84
I.3. Evaluation de l'activité anti-oxydante :	87
Conclusion	93

Références

Annexes

Liste des abréviations

% : Pourcentage

ABTS : 2,2'-Azino-bis(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique)

AGE:Acide gras essentiel

AGMI: Acide gras mono-insaturé

AGPI : Acide gras poly-insaturé

AGS : Acide gras saturé

BHA : Butylhydroxyanisole

BHT : le butylhydroxytoluène

°C : Degré celsius

cm : Centimètre

Cu : cuivre

CUPRAC :Capacité antioxydante de réduction du cuivre

DPPH: 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle

EAG/ KG: Equivalents d'Acide Gallique par kilogramme

FCR : Folin Ciocalteu.

Fe : fer

FPP : Faranésylpyrophosphate

FRAP:Pouvoir antioxydant de réduction du fer ferrique

g: Gramme

GGPP : Le géranyl géranyl pyrophosphate

GPx : Glutathion peroxydase

H₂O₂ : peroxyde d'hydrogène

HA: Huile d'amande douce

HDL: lipoprotéine de haute densité

HO : Huile d'olive

HP : Huile de pistacia lenticus

HPLC: Chromatographie Liquide Haute Performance

HR: Huile de ricin

IP : indice de peroxyde

IPP : Isopentényl pyrophosphate

K : potassium

Kcal :Kilocalorie

Kg : kilogramme

KI : iodure de potassium

LLL : le trilinoléyl-glycérol

MeOH: Méthanol

meq : Milliequivalents

Meq O₂/kg : milliequivalents d'oxygène par kilogramme

Mg / Kg : milligramme par kilogramme

Mg : magnésium

Mg EAG/Kg: milligrammes d'équivalents d'acide gallique par kilogramme

Mg KOH / g : milligramme d'hydroxyde de potassium par gramme

Min : Minute

ml : millilitre

mmol/L :millimoles par litre

Na : sodium

Na₂CO₃: Carbonat de sodium

NADPH : Nicotinamide Adénine Dinucléotide Phosphate réduit

nm: Nanomètre

O₂⁻ : Radical superoxyde

OH : radical hydroxyle

OOL : le dioléyl-linoléylglycérol

OOO : trioléylglycérol

ORAC : Capacité d'absorption des radicaux oxygénés

PA : l'acide phosphatidique

PE : la phosphatidyléthanolamine

PG : le gallate propylée

PG : le phosphatidylglycérol

PH : Potentiel hydrogène

PI : le phosphatidylinositol

PL : glycérophospholipides

POL : le palmitoyl-oléyl-linoléoylglycérol

POO : le palmitoyl-dioléylglycérol

PPO : le dipalmitoyl-oléylglycérol

RHA : Huile d'amande douce avec la résine

RHO : Huile d'olive avec la résine

RHP: Huile de pistacia lenticus avec la résine

RHR: Huile de ricin avec la résine

SLL : Le stéaroyl-dilinoléoylglycérol

SOD: Superoxyde dismutase

SOL : stéaroyl-oléyl-linoléoylglycérol

TAG : Triglycérides

TBARS : Substances Réagissant à l'Acide Thiobarbiturique

TBHQ: le tétrabutylhydroquinone

Liste des figures

Figure 1 : Le pin d'Alep dans la forêt de Draa El Aoud à Mecheria	4
Figure 2 : L'écorce du <i>Pinus halepensis</i>	5
Figure 3 : Les feuilles du <i>Pinus halepensis</i>	5
Figure 4 : Les cônes du <i>Pinus halepensis</i>	6
Figure 5 : Le bois mort du <i>Pinus halepensis</i>	6
Figure 6 : Les graines du <i>Pinus halepensis</i>	6
Figure 7 : Aire de répartition du <i>Pinus halepensis</i> dans le monde	8
Figure 8 : Aire de répartition du <i>Pinus halepensis</i> en Algérie	9
Figure 9 : Image représente la résine de pin.	9
Figure 10 : structure chimique d' α -pinène	10
Figure 11 : Méthode de gemmage traditionnelle	11
Figure 12 : Méthode de gemmage en vase clos	11
Figure 13 : Répartition géographique de l'oléiculture	13
Figure 14 : Photo de feuille de Ricin commun.	22
Figure 15 : Photo de tige de Ricin commun	23
Figure 16 : Photo de l'inflorescence de Ricin commun les fleurs femelle en haut et les fleurs mâles en bas.....	23
Figure 17 : Photo de fruit de Ricin commun	24
Figure 18 : Graine avec sa caroncule au sommet	24
Figure 19 : Photo de la partiesouterraine du racin.	24
Figure 20 : Structure chimique de l'acide ricinoléique.....	25
Figure 21 : <i>Pistacia Lentiscus</i> L(Loly, 2010).	28
Figure 22 : <i>Pistacia lentiscus</i> : A. Arbre (Cherif, 2016), B. Fruits (Cherif, 2016), C. Feuilles (Benmehdi, 2012), D. Ecorce et Mastic (Cherif, 2016) et E. Fleurs (Merzougui, 2015).....	30
Figure 23 : A : Fleurs femelle et B : Fleur mâle de <i>Pistacia lentiscus</i> (Benmehdi, 2012).	30
Figure 24 : Coupe longitudinale amande	36
Figure 25 : La biosynthèse des métabolites secondaires	41

Figure 26 : Structure chimique de la Colchicine et Caféine	43
Figure 27 : Structure de base d'une unité isoprène.....	44
Figure 28 : La biosynthèse des terpènes.....	44
Figure 29 : Classification des terpènes.....	45
Figure 30 : Les structures de quelques monoterpènes.	45
Figure 31 : Structure de quelques lactones sesquiterpéniques.....	46
Figure 32 : Structure de quelques diterpènes.....	47
Figure 33 : La structure du squalène.....	47
Figure 34 : La structure du bêta-carotène.....	48
Figure 35 : La structure du caoutchouc.....	48
Figure 36 : structure de deux composés phénoliques de base; acide salicylique, acide caféique.....	49
Figure 37 : structures chimiques de tannins hydrolysables.....	51
Figure 38 : Structures chimiques d'un tanin condensé.....	51
Figure 39 : structure chimique de coumarines (Muanda, 2010).....	52
Figure 40 : Formation des radicaux libres.....	53
Figure 41 : structure de Lycopène et de β -carotène.....	56
Figure 42 : protocole de dosages des polyphénols.....	68
Figure 43 : principe de l'activité antioxydant.....	68
Figure 44 : Variation de l'indice de peroxyde des huiles étudiées.....	72
Figure 45 : Les résultats d'indice de l'acidité libre des huiles étudiés	75
Figure 46 : Les résultats du coefficient d'extinction spécifique des huiles étudiés à longueur d'onde 232 nm et 270 nm.....	78
Figure 47 : Les résultats du teneur des chlorophylle à longueur d'onde 670 nm.....	80
Figure 48 : Les résultats du teneur des caroténoïde a longueur d'onde 470 nm	81
Figure 49 : Les résultats du teneur totale en polyphénols des extraits analysés.....	85
Figure 50 : Les résultats de pourcentage (%) d'inhibition.....	89

Liste des tableaux

Tableau 1 :Composition en acides gras de l'huile d'olive	15
Tableau 2 :Propriétés physico-chimiques d'huile de ricin brute	26
Tableau 3 :Propriétés physico-chimiques de l'huile de pistachier lentisque.....	33
Tableau 4 :Propriétés chimiques de l'huile de pistachier lentisque	34
Tableau 5 :Valeur nutritionnelle moyenne pour 100 g d'amande	38
Tableau 6 :Structure des principales classes des flavonoïdes	50
Tableau 7 :les formes naturelles de tocophérols.	54
Tableau 8 :les principaux groupes des polyphénols.	55
Tableau 9 :les groupes de caroténoïdes.	56
Tableau 10 :Tableau Comparatif des Méthodes.....	60
Tableau 11 :Les résultats d'indice de peroxyde des huiles étudiés	71
Tableau 12 :Les résultats d'indice de l'acidité libre des huiles étudiés	74
Tableau 13 :Les résultats du coefficient d'extinction spécifique des huiles étudiés	77
Tableau 14 :Les résultats du teneur en pigment (chlorophyle et caroténoïde).	79
Tableau 15 :Les résultats du teneur totale en polyphénols des extraits analysés.....	84
Tableau 16 :Les résultats de pourcentage (%) d'inhibition.	88
Tableau 17 :Teneurs en polyphénols et activité anti-oxydante des huiles pures.	90
Tableau 18 :Inhibition du DPPH avant/après ajout de résine.	90

INTRODUCTION

Introduction

Les huiles végétales, extraites des graines, fruits ou noix de plantes, constituent des matrices lipidiques complexes aux propriétés nutritionnelles, thérapeutiques et technologiques remarquables. Leur composition en acides gras (saturés, mono-insaturés, poly-insaturés), en composés phénoliques et en vitamines liposolubles (E, K) leur confère des rôles clés dans l'alimentation humaine, la pharmacopée traditionnelle et les industries cosmétiques (**Kadhim et al., 2021 ; Rodríguez-Gutiérrez et al., 2022**).

L'huile d'olive représente une source typique de lipides du régime méditerranéen. Elle est l'une des huiles végétales les plus anciennes et la seule qui peut être consommée sous sa forme brute sans traitement préalable (**Servili et al., 2019**).

Ses bienfaits pour la santé s'expliquent principalement par deux caractéristiques majeures : sa richesse en acide oléique (55–83 % des acides gras totaux) et la présence de composés bioactifs mineurs, notamment des polyphénols (hydroxytyrosol, oléuropéine) et des tocophérols, exerçant une puissante activité antioxydante et protectrice contre le stress oxydatif (**Farras et al., 2020 ; Pérez-Jiménez et al., 2021**).

L'huile de ricin (*Ricinus communis*), bien connue pour ses effets laxatifs, est également dotée de propriétés anti-inflammatoires et antimicrobiennes. Elle est utilisée dans plusieurs systèmes de médecine traditionnelle pour traiter les douleurs, infections et troubles digestifs (**El-Baz et al., 2020 ; Dubey et al., 2023**).

Des études récentes ont validé son efficacité contre les infections fongiques et ses effets immunomodulateurs (**Saxena et al., 2021**). Dans certaines régions africaines, comme le Nigeria, les graines détoxifiées sont encore utilisées comme condiment alimentaire (**Onifade et al., 2018**).

L'huile de *Pistacia lentiscus* (lentisque) se distingue par sa composition riche en acides gras insaturés (>70 %), en stérols, en tocophérols et en caroténoïdes (**Ben Hassine et al., 2020 ; Ammar et al., 2022**). Elle possède également des effets cicatrisants, antiseptiques et anti-inflammatoires. Elle est de plus en plus valorisée en cosmétique et en phytothérapie moderne (**Dhouib et al., 2021 ; Khouja et al., 2023**).

L'huile d'amande douce est caractérisée par sa richesse en acide oléique, linoléique, en tocophérols (surtout α -tocophérol), phytostérols (comme le β -sitostérol) et squalène. Cette composition confère à l'huile d'amande un profil nutritionnel et fonctionnel exceptionnel, bénéfique pour la santé cardiovasculaire, la peau, et les fonctions métaboliques (**Ouzir et al., 2021 ; López et al., 2022**). Des essais cliniques récents confirment son rôle protecteur contre les maladies métaboliques et le stress oxydatif.

D'un point de vue biochimique, les huiles végétales agissent comme des vecteurs naturels pour les composés bioactifs, améliorant leur solubilité, leur stabilité et leur biodisponibilité. Par exemple, l'huile d'olive, riche en hydroxytyrosol, potentialise l'absorption intestinale des polyphénols (**Luque-Rodríguez et al., 2022**).

Ces dernières années, différents procédés ont été explorés pour améliorer la qualité nutritionnelle de l'huile d'olive, dont l'enrichissement exogène par macération avec des plantes riches en antioxydants (**Malheiro et al., 2013 ; Reboledo-Rodríguez et al., 2017 ; Shoukair et al., 2024**).

La macération est une technique ancestrale d'extraction douce des composés bioactifs (polyphénols, terpènes, caroténoïdes) dans une huile végétale. Elle est couramment utilisée pour enrichir les huiles en principes actifs naturels, avec des effets antioxydants, apaisants, ou régénérants selon les plantes utilisées (**Cavaco et al., 2022**).

Parmi ces plantes, **la résine de pin** (*Pinus halepensis*) est traditionnellement utilisée en phytothérapie, notamment sous forme de macérats huileux. Elle est appliquée pour ses effets antiseptiques, anti-inflammatoires et expectorants (**Meddour & Meddour-Sahar, 2015 ; Ziani et al., 2020**).

Un macérat huileux s'obtient par la macération de la résine dans une huile végétale, permettant l'extraction de ses composés liposolubles, comme les diterpènes résineux et les acides phénoliques (**Saadaoui et al., 2023**).

Dans notre étude, la résine de pin d'Alep a été macérée dans quatre huiles végétales : olive, amande douce, lentisque et ricin. Chaque huile possédant des propriétés propres, le macérat final obtenu varie selon l'huile support, les molécules extraites et les interactions synergiques. Ce procédé permet d'obtenir des extraits enrichis en principes actifs, aux effets potentiellement bénéfiques pour la santé (**Bensalem et al., 2022**).

L'objectif de notre travail consiste à réaliser une étude comparative phytochimique et biologiques entre le macérat huileux de la résine et ces constituants et l'huile d'olive, huile de ricin, huile d'amande douce et l'huile de pistacia lenticus.

- La première partie de ce travail consiste en une partie bibliographique, sur la résine de pin, huile d'olive, huile de ricin, huile d'amande douce et huile de pistacia lenticus, métabolites secondaires et l'activité anti-oxydante.
- La deuxième partie est consacrée à la partie expérimentale et qui porte sur : La préparation des macérats de la résine de pin d'Alep dans les huiles végétales (huile d'olive, huile de ricin, huile d'amande douce et huile de *pistacia Lenticus l*), la détermination des paramètres physico-chimiques des huiles, le dosage des composés phénoliques l'évaluation de l'activité antioxydant des extraits phénoliques des quatre huiles pures et les macérats huileux préparés.
- En fin, la dernière partie est consacrée aux résultats et à leur discussion.

CHAPITRE 1 : SYNTHÈSE
BIBLIOGRAPHIQUE

Partie 1 :la résine du Pin d'Alep :

I. Généralités

Le terme « Pin » désigne de manière générale les arbres du genre *Pinus*, qui appartient à la famille des Pinacées, et qui regroupe plus de 111 espèces recensées. Ce genre, le plus vaste des conifères, comprend de nombreuses espèces, dont plusieurs sont des essences forestières majeures. Certaines d'entre elles, introduites en dehors de leur habitat d'origine, sont devenues envahissantes dans certaines régions (**Brosse, 2003**).

I.1. Description botanique du pin d'Alep :

C'est un arbre résineux de deuxième catégorie qui peut parfois atteindre 30 mètres de hauteur (**figure 01**). Il présente souvent une forme inclinée, peu droite, avec une cime aplatie, irrégulière et claire, tandis que ses branches sont relativement étendues (**Bekeret al., 1982**).



Figure 1 :Le pin d'Alep dans la forêt de Draa El Aoud à Mecheria(**TALBI, 2019**)

L'écorce, riche en tannin, est initialement lisse et de couleur argentée (**figure 02**), puis elle se fissure et développe des écailles de teinte gris-brunâtre (**Kadik, 1987**).



Figure 2 :L'écorce du Pinus halepensis(Talbi, 2019).

Les feuilles ou aiguilles : Elles mesurent entre 6 et 10 cm de long (**figure 03**) et ont une largeur d'environ 1 mm. Elles sont fines, molles, lisses et pointues, disposées par paires en pinceaux à l'extrémité des rameaux (**Nahal, 1962**).



Figure 3 :Les feuilles du Pinus halepensis(Talbi, 2019).

Les cônes : Ils sont volumineux, mesurant entre 6 et 12 cm (**figure 04**), avec un pédoncule épais de 1 à 2 cm, souvent isolés et dirigés vers l'extérieur. Leur couleur varie du pourpre au brun lustré et ils présentent des écussons aplatis, restant plusieurs années sur l'arbre. Les graines, petites, mesurent de 5 à 7 mm de long, avec une aile longue, de couleur brun-gris d'un côté et gris moucheté de noir de l'autre (**Kadik, 1987**).



Figure 4 :Les cônes du Pinus halepensis(TALBI, 2019).

Le bois : Il est utilisé pour la fabrication de caisseries, de pâte à papier et de poteaux, lorsque sa forme le permet. C'est un matériau idéal pour la construction de pilotis ou de bateaux (VENET, 1986).



Figure 5 : Le bois mort du Pinus halepensis(TALBI, 2019).

Les graines : Le pin d'Alep produit également une graine comestible, nommée « Zgougou », qui est utilisée pour préparer une crème largement consommée en Tunisie (DAHMAN, 1986).



Figure 6 :Les graines du Pinus halepensis(TALBI, 2019).

La résine : Le pin d'Alep peut également produire de la résine par une opération appelée gemmage. Celle-ci consiste à "blesser" le tronc de l'arbre pour provoquer l'exsudation de résine, qui permet de cicatriser la blessure (VENET, 1986).

I.2. Taxonomie du pin d'Alep :

Le pin d'Alep appartient au genre *Pinus*, qui fait partie de la famille des *Pinaceae* (Djerrad et al., 2015).

Il est divisé en trois sous-genres, chacun comportant des sections (Guit, 2015), avec un total de 800 espèces (Kadri et al., 2015). Le terme *Pinus* est d'origine indo-européenne et dérive de *pit*, qui signifie résine (Judd et al., 2002 ; Jacues Brosse, 2003).

Pinus halepensis Mill. a été décrit par le botaniste (Miller en 1768). Communément appelé pin d'Alep ou pin blanc, il est très répandu dans le bassin méditerranéen (Ladjal, 2012).

La systématique du pin d'Alep, telle que présentée par (Farjon, 1996), est résumée comme suit :

Règne : Plantae

Embranchement : Spermaphyta

Sous-embranchement : Gymnospermae

Classe : Pinopsida

Ordre : Abiétales

Famille : Pinaceae (Abietaceae)

Sous-famille : Pinoïdeae

Genre : *Pinus*

Sous-genre : *Eupinus*

Espèce : *Pinus halepensis* Mill

I.3. Noms usuels :

On trouve plusieurs appellations selon les pays :

- **En France:** le pin d'Alep est appelé pin de Jérusalem ou pin blanc (Nahal, 1962).
- **En pays Arabes:** SanawbarHalabi .
- **En Angleterre:** Jerusalem pine; Aleppopine .
- **En Berbère:** Tayada (Bouazza, 2013)
- **En Espagnol:** Pincarrasco, Pinoblanquillo, Pin bord, Pi blanc.

I.4. Répartition biogéographique :

A. Dans le monde :

Le Pin d'Alep (*Pinus halepensis*) est présent dans la région occidentale du bassin méditerranéen, à l'exception de l'Égypte. On le trouve couramment en Europe et en Afrique du Nord, notamment en Algérie, en Tunisie et au Maroc, où il est particulièrement répandu (**Nahal, 1986**). Dans l'ensemble de la région méditerranéenne, sa surface de répartition est estimée à environ 2,5 millions d'hectares (**Quézel, 2000**).

En Tunisie, cette essence forestière couvre environ 370 000 hectares. Au Maroc, elle s'étend sur 65 000 hectares, principalement situés dans le Rif ainsi que dans les parties moyennes et hautes de l'Atlas (**Ammari et al., 2001**).

En France, les superficies couvertes par le Pin d'Alep varient selon les estimations, allant de plus de 36 000 hectares à un maximum de 232 000 hectares (**Brochiero et al., 1999**). En Italie, sa présence est plus limitée, avec une surface totale estimée à environ 20 000 hectares (**Pardé, 1957 ; Haffane, 1982**).

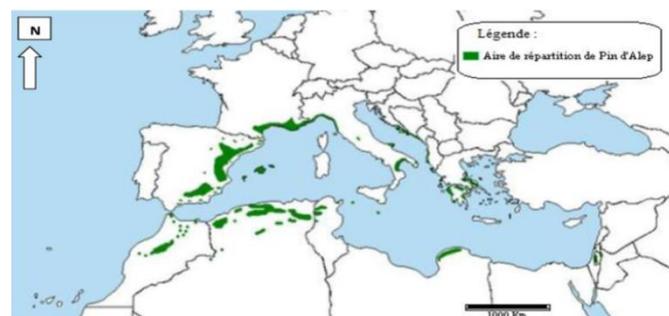


Figure 7 : Aire de répartition du *Pinus halepensis* dans le monde (FAO, 2012).

B. En Algérie :

En Algérie, le Pin d'Alep occupe une superficie estimée à 1 158 533 hectares, représentant environ 35 % de la surface forestière du pays. Cette essence est largement répartie à travers le territoire, de l'Est à l'Ouest, en passant par la région centrale. À l'Est, elle est bien implantée dans les forêts des monts de Tébessa et des Aurès. Au centre, on la retrouve dans les massifs forestiers de l'Ouarsenis. À l'Ouest, le Pin d'Alep est particulièrement présent dans les régions de Mascara, Sidi Bel Abbès, les zones boisées de Saïda, ainsi que dans l'Atlas saharien, notamment dans les forêts des monts Ouled Naïl, près de Djelfa, et du Djebel Amour, aux alentours d'Aflou (**Lakreb, 2022**).

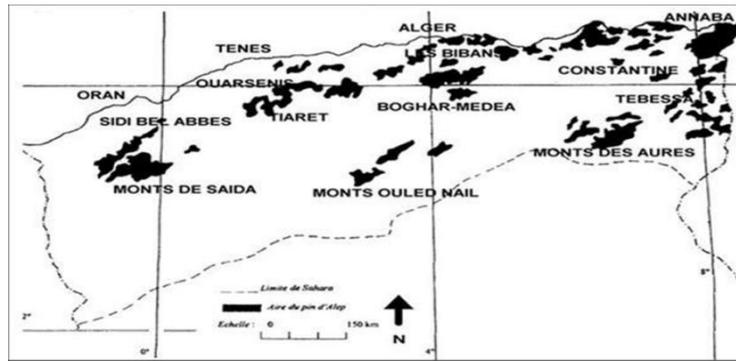


Figure 8 : Aire de répartition du *Pinus halepensis* en Algérie (BENTOUATI, 2006).

I.5. La Résine :

I.5.1. Définition de la résine :

La résine de pin d'Alep, également appelée gemme (Ravelonirina, 2022), est un mélange d'acides résiniques, produits dans des canaux résinifères et ensuite stockés par l'arbre (Joye et Lawrence, 1967).



Figure 9 : Image représente la résine de pin.

I.5.2. Composition chimique :

À l'état frais, la résine est liquide, mais elle durcit à l'air libre pour former une masse solide et cassante, de couleur jaunâtre et translucide. Insoluble dans l'éther de pétrole, elle est en revanche soluble dans l'alcool (Modugno et al., 2009).

Elles représentent des mélanges liposolubles de composés terpénoïdes, volatils ou non volatils, ainsi que de composés phénoliques, qui sont sécrétés dans des structures spécialisées situées à l'intérieur ou à la surface des organes de la plante (Langenheim, 2003).

En effet. La résine de pin d'Alep est une substance riche en acides comme l'acide obiétique et en terpènes, notamment α -pinène. dont, L'essence de térébenthine, contenant 89 %

d' α -pinène (**figure 10**), qui a montré de bonnes propriétés antibactériennes et antifongiques (**Ghanmi et al., 2007**).

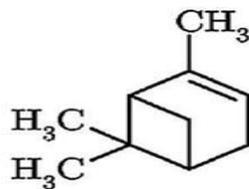


Figure 10 :structure chimique d' α -pinène (**Hmiril et al., 2011**).

Ainsi, Les produits phénoliques représentent une source importante de biomasse pour les carburants et sont souvent utilisées dans la composition de remèdes en médecine traditionnelle. Leurs composants proviennent des hydrates de carbone produits lors de la photosynthèse et des différentes voies métaboliques (**Langenheim, 2003**).

La résine du pin d'Alep (*Pinus halepensis*) renferme des composés phénoliques tels que l'acide férulique (**Xu et al., 2016**), l'acide p-coumarique (**Vijayan et al., 2016**), l'acide caféique (**Olsson et al., 2012**), ainsi que des flavonoïdes et lignanes (**Dembitsky et al., 2005**). Ces substances sont reconnues pour leurs propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et protectrices du système cardiovasculaire. Grâce à ces bienfaits, la résine est prisee en médecine traditionnelle et dans la fabrication de produits cosmétiques, notamment pour ses effets cicatrisants et antimicrobiens.

I.5.3. Synthèse de la résine :

En général, la sécrétion de la résine se produit en hiver (**Lorio, 1986**). Une baisse de la température augmente la viscosité de la résine, ce qui entraîne une réduction du flux (**Blanche et al., 1992**). Au cours de la journée, le flux maximal de résine se produit à l'aube, puis diminue l'après-midi, en raison de la diminution de la teneur en eau dans le tronc (**Pallardy, 2008**). La quantité de gomme produite par arbre est estimée à 3 kg par an (**Bouazza, 2013**).

I.5.4. Méthodes d'extraction :

A.Méthode traditionnelle :

Le gemmage est une technique d'extraction de la résine des arbres de pin d'Alep âgés de 30 ans (**Rodrigues-Garcia et al., 2014**). Selon le « **Système de Hugos** », breveté en 1844, cette méthode consiste à réaliser une blessure sur l'écorce de l'arbre à l'aide d'un outil appelé «

hâpçhot ». La résine s'écoule alors vers un pot placé au bas de la blessure, maintenu en place par un clou et une lamelle en zinc (**Figure 11**).

À la fin de l'extraction, l'acide sulfurique est appliqué sur la surface de la blessure pour empêcher sa cicatrisation et stimuler la biosynthèse de la résine (**Verma et Pant, 1978 ; Rodrigues et Fett-Neto, 2009**).



Figure 11 :Méthode de gemmage traditionnelle (**Fancès, 2019**).

B. Méthode moderne :

Il s'agit d'une récolte effectuée dans un récipient en plastique fermé (**Figure 12**), fixé à l'entaille pour éviter l'oxydation de la résine au contact de l'air (**Holiste, 2017**). Un trou est réalisé à l'aide d'une perceuse équipée d'une scie à cloche. À la fin du processus, un acide organique naturel est appliqué à la place de l'acide sulfurique, afin de protéger l'arbre (**Bernad-Dagan, 1988**).



Figure 12 :Méthode de gemmage en vase clos (**Fancès, 2019**).

I.5.5. Intérêts de la résine :

La poudre de résine est utilisée pour traiter des maladies respiratoires telles que l'asthme, la bronchite et la toux (**Kizilarслан et Sevgi, 2013**).

En médecine traditionnelle algérienne, la résine de pin d'Alep est considérée comme un antiseptique puissant. Elle est utilisée sous différentes formes, à la fois externes et internes. Pour les applications externes, elle est employée pour prévenir et traiter les maladies infectieuses respiratoires, pulmonaires, la grippe, le rhumatisme, les infections fongiques et la sinusite, généralement en la mélangeant avec du miel ou de l'huile d'olive, puis en l'appliquant sur le dos, la poitrine ou sur les zones infectées. Pour les usages internes, la résine est intégrée, soit sous forme liquide dans l'huile d'olive, soit sous forme solide dans le miel. Ces mélanges sont administrés une fois par jour (**Boulâacheb, 2010**).

II. Généralité sur les huiles végétale :

Les huiles d'origine végétale représentent des ressources naturelles riches en lipides, obtenues à partir de différentes parties des plantes telles que les graines, les fruits ou les noix. Grâce à leur composition variée en acides gras, antioxydants naturels et vitamines liposolubles, elles jouent un rôle important dans divers domaines, notamment la nutrition, la santé et les produits de soin. Leur polyvalence en fait des éléments précieux aussi bien dans l'alimentation que dans les usages médicaux et cosmétiques (**Gunstone, 2011**).

II.1. Huile d'olive :

II.1.1. Généralité sur l'olivier :

L'olivier (*Olea europaea*) est un arbre fruitier typique de la Méditerranée. Symbole de vie, de longévité et d'unité, il incarne aussi la paix. Cet arbre peut atteindre 15 à 20 mètres de hauteur et vivre plusieurs siècles, parfois jusqu'à 1 000 ans ou plus. L'olivier redoute le gel, l'humidité excessive et les arrosages trop abondants. Les jeunes arbres ne supportent pas des températures inférieures à -10 °C, tandis que les arbres plus âgés, plantés dans des sols bien drainés, peuvent résister à des températures aussi basses que -20 °C. L'olivier tolère très bien des températures élevées jusqu'à 40 °C, mais au-delà de cette limite, il commence à perdre ses fruits. Pour une bonne fructification, un ensoleillement estival optimal est nécessaire. Il préfère les sols légers et bien drainés, notamment ceux qui sont pauvres, caillouteux et légèrement calcaires. Son tronc, souvent d'apparence « torturée », est une caractéristique distinctive de cet arbre (**Connor et Fereres, 2004**).

II.1.2. Historique de l'olivier :

La culture des oliviers, ainsi que la production et l'utilisation de l'huile d'olive, sont des pratiques bien établies dans la région méditerranéenne depuis plus de 7 000 ans (**Tsagaraki E. et al., 2007**).

Cela se reflète notamment dans la mythologie grecque, où Athéna devient la protectrice d'Athènes en offrant à la ville un « olivier ». Le bois d'olivier fut également utilisé pour graver des images de divinités grecques et pour fabriquer la massue d'Hercule. Tout au long de l'histoire, l'olivier a été associé à des vertus telles que la sagesse, la paix, la victoire, la richesse et la fidélité (Besnard G. et al., 2005).

Selon la légende, c'est Isis, l'épouse d'Osiris, qui aurait enseigné aux Égyptiens la technique d'extraction de l'huile.

En Algérie, cependant, l'oliveraie n'a pas retrouvé sa pleine capacité d'adaptation aux nouvelles techniques de production, contrairement à ses voisins, la Tunisie et le Maroc, qui ne cessent d'actualiser leurs méthodes de plantation selon les principes modernes de l'oléiculture, où la rentabilité est un facteur clé (SlamGaour M., 2004).

II.1.3. Répartition géographique des oliviers :

A. Répartition dans le monde :

Le nombre mondial d'oliviers est estimé à 784 millions, dont 754 millions se trouvent dans le bassin méditerranéen. L'Europe représente 66 % du verger oléicole mondial, l'Asie méditerranéenne 17 %, et le Maghreb 14 %. Des oliveraies sont également présentes en Chine, en Australie, aux États-Unis, en Afrique du Sud, et particulièrement en Argentine (Figure 13) (Sidhoum M., 2011).

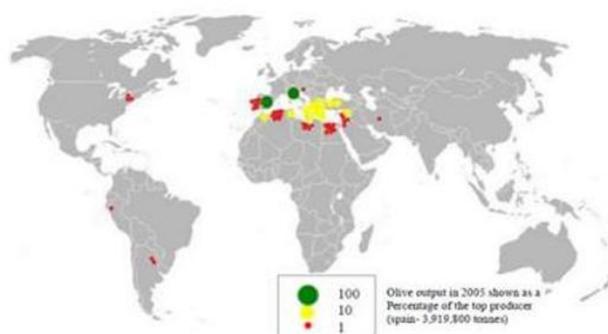


Figure 13 :Répartition géographique de l'oléiculture (Bisset S., 2018).

B. Répartition en Algérie :

L'oléiculture en Algérie est concentrée dans sept principales wilayas : Bejaïa, Tizi Ouzou, Bouira, Guelma, Jijel, Sétif et Mascara. La région centrale représente plus de 75 % de

la superficie oléicole totale de ces sept wilayas (ANDO, 2018). Il est à noter que la production d'huile d'olive en Algérie a été estimée à 80 000 tonnes pour la campagne 2017-2018.

II.1.4. Définition de l'huile d'olive :

L'huile d'olive est définie comme un jus de fruit extrait des olives, les fruits de l'olivier, uniquement par des procédés mécaniques, dans des conditions thermiques qui ne provoquent pas l'altération de l'huile. Elle ne subit aucun traitement autre que le lavage, la décantation, la centrifugation et la filtration (Boukroune, 2018).

II.1.5. Composition biochimique de l'huile :

L'huile d'olive se compose généralement de 98 % d'une fraction saponifiable et de 2 % de substances diverses, constituant sa fraction insaponifiable. Ces dernières confèrent à l'huile sa couleur, sa saveur et sa capacité de conservation (Agroliva, 2015).

A. Fraction saponifiable :

La fraction saponifiable de l'huile d'olive est composée d'acides gras et de leurs dérivés. Elle représente environ 99 % de l'huile et lui confère la majorité de ses caractéristiques physiques, chimiques et métaboliques (Ryan et al., 1998).

➤ Acides gras :

Les acides gras sont des acides carboxyliques possédant une longue chaîne aliphatique non ramifiée. Ils sont classés en fonction de leurs propriétés structurales et chimiques en acides gras saturés (AGS), acides gras mono-insaturés (AGMI) et acides gras poly-insaturés (AGPI), selon la présence ou l'absence d'une ou plusieurs doubles liaisons dans leurs chaînes carbonées (Lopez et al., 2014)(Tableau 01).

Tableau 1 :Composition en acides gras de l'huile d'olive (Amanda et al., 2010).
--

Acide gras	Formule	Pourcentage %
Acide oléique	C18:1 Δ9	55-83
Acide linoléique	C 18:2 Δ6	35-21
Acide palmitique	C 16 :0	7,5-20
Acide stéarique	C 18 :0	0,5-5
Acide palmitoléique	C 16:1 Δ7	0,3-3,5
Acide linoléique	C 18:3 Δ3	≤0,9
Acide arachidique	C 20 :0	≤0,6
Acide gadoléique	C 20:1 Δ9	≤0,4
Acide margarique	C 17 :0	≤0,3
Acide béhénique	C 22 :0	≤0,2
Acide lignocérique	C 24 :0	≤0,2
Acide mystérique	C 14 :0	≤0,05

➤ **Triglycérides :**

Les triglycérides de l'huile d'olive se distinguent par leur composition en acides gras et leur structure glycéridique(Leger, 2003). La majorité d'entre eux, soit environ 25 à 51,7 %, se présente sous forme de trioléine(Abaza et al., 2002).

B. Fraction insaponifiable :

Cette fraction représente environ 2 % de la composition totale de l'huile d'olive et comprend plus de 230 composés différents (Laribi, 2015).

➤ **Hydrocarbures :**

Les principaux composants de la fraction insaponifiable de l'huile d'olive sont le squalène, qui constitue de 30 à 50 % de cette fraction. Le squalène est un hydrocarbure polyénique, et sa teneur est plus élevée que dans toute autre huile végétale ou animale. Il sert de précurseur métabolique pour le cholestérol et d'autres stérols (**Samaniego-Sanchez et al., 2010**).

➤ **Tocophérols :**

Les tocophérols sont reconnus pour leurs effets bénéfiques doubles. En effet, ils sont tout d'abord une vitamine (la vitamine E), et possèdent également une forte activité antioxydante (**Burton et al., 1986**). Les tocophérols présents dans l'huile d'olive incluent les formes α , β , γ et δ tocophérols (**Beltrán et al., 2005**).

➤ **Stérols :**

L'huile d'olive est la seule huile contenant un taux particulièrement élevé de β -sitostérol, une substance qui inhibe l'absorption intestinale du cholestérol (**Osland, 2002**). Les stérols sont des composés essentiels pour la stabilité de l'huile, car ils agissent comme inhibiteurs des réactions de polymérisation à haute température et jouent un rôle important dans la détection des adulterations des huiles (**Velasco, 2002; García-González et al., 2007**).

➤ **Pigments colorants :**

La coloration de l'huile d'olive vierge est principalement due à la présence de pigments colorants appartenant aux familles des caroténoïdes et de la chlorophylle (**Benrachou, 2013**).

➤ **Composés phénoliques :**

Les polyphénols sont de puissants antioxydants naturels. En tant que pièges à radicaux libres, ils bloquent les réactions de propagation en chaîne de l'oxydation. De plus, les polyphénols peuvent inhiber l'oxydation des lipides de manière indirecte en désactivant l'oxygène singulet, un oxydant très puissant des acides gras insaturés, ou en chélatant les métaux de transition (Fe^{3+} , Cu^{2+}) qui accélèrent l'autooxydation des lipides. Certains polyphénols agissent également comme inhibiteurs des enzymes d'oxydation, en particulier la lipoxygénase et la cyclo-oxygénase (**Pokorny, 2003**).

L'huile d'olive est riche en composés phénoliques, tels que l'hydroxytyrosol et le tyrosol, qui agissent comme de puissants antioxydants. Ces substances aident à réduire l'inflammation et à protéger le cœur en prévenant l'oxydation des lipides (Nishi et al., 2007). L'oleuropéine, présente principalement dans les feuilles et fruits de l'olivier, offre des propriétés antioxydantes, antivirales et anti-inflammatoires (Owen et al., 2000). De plus, des lignanes comme le sesamol et le sesamin participent à la gestion du cholestérol (Gundimeda et al., 2007). Ces composés expliquent les effets bénéfiques de l'huile d'olive dans le cadre du régime méditerranéen.

II.1.6. Classification des huiles d'olive :

Les huiles d'olive peuvent être classées en différentes catégories, déterminées par leurs caractéristiques spécifiques :

A. Huile d'olive vierge :

Il s'agit d'huiles obtenues uniquement par des procédés mécaniques ou d'autres procédés physiques, dans des conditions thermiques qui n'entraînent pas l'altération de l'huile. Elles ne subissent aucun traitement autre que le lavage, la décantation, la centrifugation et la filtration. Ces huiles sont classées comme suit :

- **Huile d'olive vierge extra** : C'est une huile d'olive vierge dont l'acidité libre, exprimée en acide oléique, ne dépasse pas 0,8 g pour 100 g (COI, 2013).
- **Huile d'olive vierge** : Cette huile d'olive vierge, mais sans le qualificatif "Extra", présente une acidité libre légèrement plus élevée, ne dépassant pas 2 g pour 100 g, et peut comporter des défauts organoleptiques (COI, 2013).
- **Huile d'olive vierge courante** : C'est une huile d'olive dont l'acidité libre, exprimée en acide oléique, ne dépasse pas 3,3 g pour 100 g. Ses autres caractéristiques respectent les normes définies pour cette catégorie (COI, 2013).
- **Huile d'olive lampante** : Il s'agit d'une huile qui ne répond pas aux normes de qualité et de pureté pour la consommation. Elle est obtenue soit par un raffinage partiel ou total (huile de grignon d'olive) et présente une acidité libre supérieure à 3,3 g pour 100 g. Cette huile est destinée à l'industrie du raffinage ou à des usages techniques (COI, 2013).

B. Huile d'olive raffinée :

C'est une l'huile d'olive obtenue des huiles d'olive vierges par des techniques de raffinage qui permet de garder la structure initiale glycéridique(COI, 2013).

C. L'huile de grignon d'olive :

Cette huile résulte d'un mélange d'huiles d'olive raffinées et d'huiles d'olive vierges destinées à la consommation directe. Son acidité libre, exprimée en acide oléique, ne doit pas dépasser 1 gramme pour 100 grammes, et elle respecte les autres critères définis pour cette catégorie (CNUCED, 2005).

II.1.7. Caractères physico-chimiques de l'huile d'olive :

A. Indice d'acidité :

L'indice d'acidité est un indicateur qui permet d'évaluer la dégradation de la matière grasse, généralement causée par un mauvais traitement ou une conservation inadéquate. Cet indice est exprimé en pourcentage (%) d'acide oléique et correspond à la quantité de potasse nécessaire pour neutraliser les acides gras libres présents dans un gramme de graisse (Chimi, 2006). Les huiles d'olive dont l'acidité dépasse 3,3 % ne sont pas adaptées à la consommation et doivent être soumises à un raffinage (Mahjoub et al., 2006).

B. Indice de peroxyde :

L'altération chimique des graisses, provoquée par l'oxygène présent dans l'air, débute par la formation de peroxydes. La mesure de cet indice repose sur l'oxydation des iodures en iode par l'oxygène actif contenu dans les peroxydes. Les résultats sont exprimés en milliéquivalents d'oxygène actif par kilogramme de graisse. Selon la norme internationale recommandée pour les huiles d'olive (COI, 2003), l'indice de cet oxydant ne doit pas être inférieur à 20 meq d'oxygène actif par kilogramme d'huile.

C. Spectre en lumière ultra-violette :

La spectrophotométrie UV est une méthode utilisée pour identifier les composés oxydés dans l'huile d'olive vierge. Cette huile présente un pic d'absorption entre 203 et 208 nm, et devient transparente au-delà de 210 nm. Les produits résultant de l'oxydation de l'huile montrent des absorptions spécifiques pour les longueurs d'onde suivantes :

- 232 nm pour les hydroperoxydes.
- 270 nm pour les composés carbonylés.
- 260, 268, 280 nm pour les triènes conjugués.

Ces trois paramètres permettent d'évaluer le degré de dégradation de l'huile d'olive.

II.1.8. Propriétés biologiques de l'huile d'olive :

Un proverbe populaire dit : « L'huile d'olive fait fuir tous les maux. » Cette maxime trouve un écho dans plusieurs études épidémiologiques qui ont montré que l'huile d'olive possède des propriétés protectrices contre certains types de tumeurs malignes, notamment celles du sein, de la prostate, de l'endomètre et du tractus digestif (**Trichopoulou et al., 2000, Littman et al., 2001**).

Les effets digestifs de l'huile d'olive sont particulièrement bénéfiques pour le système biliaire. Elle stimule la sécrétion de bile par le foie (effet cholérétique) et favorise la contraction de la vésicule biliaire, ce qui permet de libérer la bile nécessaire à la digestion des graisses dans le duodénum (**Jacotot, 1997, Charbonier, 1985**).

De plus, l'huile d'olive réduit considérablement l'acidité gastrique, ce qui en fait un laxatif doux et lui confère des effets bénéfiques sur les gastrites hyperchlorhydriques et les ulcères gastroduodénaux (**Charbonier et al., 1996**).

Il a également été prouvé que la consommation d'huile d'olive renforce le système immunitaire face aux infections bactériennes et virales. Les régimes alimentaires riches en huile d'olive peuvent aussi prévenir la perte de mémoire chez les personnes âgées en bonne santé, y compris dans le cadre de la maladie d'Alzheimer (**Montpellier, 2019**).

Selon (**Berra et al 1980**), l'huile d'olive joue un rôle essentiel dans la prévention et le ralentissement de l'apparition du diabète de type 2. Elle aide à prévenir la résistance à l'insuline et ses conséquences négatives. En outre, l'huile d'olive favorise un meilleur contrôle du taux de glucose sanguin et diminue la pression artérielle. Elle améliore également l'utilisation du glucose par les cellules et réduit les niveaux de triglycérides dans le sang.

Les lipogels à base d'huile d'olive enrichis en vitamine E seraient plus efficaces pour la libération des principes actifs que les hydrogels à base de vitamine E (**Gallardo, 2005**).

II.1.9. Différentes utilisations de l'huile d'olive et ses effets thérapeutiques :

A. Utilisation alimentaire :

L'huile d'olive, traditionnellement utilisée dans l'alimentation, peut être utilisée de manière polyvalente, aussi bien crue pour les assaisonnements que pour la cuisson (**Lomenech, 2010**). L'huile d'olive est également employée de manière traditionnelle pour la

conservation des graines de légumineuses, en protégeant ces dernières contre les insectes ravageurs. **(Kellouche et al 2004)** ont démontré son efficacité contre *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae), un insecte nuisible aux graines.

B. Utilisation pharmaceutique :

L'huile d'olive est également présente dans diverses spécialités pharmaceutiques, où elle est utilisée comme principe actif, notamment dans des produits de nutrition parentérale tels que CLINOLEIC, OLIMEL et SMOFLIPID. Par ailleurs, d'autres médicaments utilisent l'huile d'olive comme excipient, comme le DERMEOL, recommandé pour traiter les dermites irritatives, ou encore le ZYMAD, qui est employé dans le traitement de la carence en vitamine D **(Lomenech, 2010)**.

C. Utilisation cosmétique :

Grâce à ses divers composés actifs, l'huile d'olive est largement utilisée dans les produits cosmétiques. Par exemple, l'ALPADERM est une crème solaire, tandis que la marque CAUDALIE propose une crème anti-rides, tirant parti des bienfaits de l'huile d'olive pour la peau **(Monteplier, 2019)**.

II.1.10. Effets thérapeutiques :

L'huile d'olive présente un large éventail d'actions biologiques et constitue un outil stratégique clé pour la gestion des pathologies dégénératives liées au vieillissement **(Coxam et al., 2014)**. Elle peut être bénéfique dans l'immunomodulation, la prévention et le traitement des maladies cardiovasculaires, des troubles métaboliques, des maladies auto-immunes, des lésions cutanées, ainsi que dans la lutte contre le cancer, grâce à l'acide oléique qu'elle contient **(Salvador et al., 2001)**.

Une étude a également mis en évidence les effets positifs de l'huile d'olive, notamment grâce au squalène, l'un de ses composés mineurs, qui agit comme un puissant antioxydant, un émoullient, un hydratant et un anti-cancer. Ce dernier participe à la prévention des maladies cardiovasculaires et au contrôle du cholestérol **(Ibrahim et al., 2020)**.

Les vitamines présentes dans l'huile d'olive, notamment les vitamines E, A, D et K, jouent un rôle important dans le renouvellement cellulaire. L'huile d'olive est ainsi utilisée pour traiter les cellules vieillissantes, nourrir et protéger la peau, et favoriser le développement osseux tant chez l'adulte que chez l'enfant. Elle favorise également la fixation

du calcium dans les os, ralentit le vieillissement cellulaire et stimule le développement cérébral (Labdaoui, 2017).

Sa richesse en composés phénoliques lui confère des activités bénéfiques pour la santé humaine, incluant des propriétés antibactériennes, antioxydantes et anti-inflammatoires (Tuck et Hayball, 2002 ; Tripoli et al., 2005).

II.2. Huile de ricin :

II.2.1. Généralités sur le plante *Ricinus communis* L :

Le nom générique *Ricinus* provient du latin et signifie « tique », en référence à la forme de la graine, qui présente des marques et une bosse ressemblant à certaines tiques (Ramprasad et Bandopadhyay, 2010).

Ricinus communis L., appartenant à la famille des Euphorbiacées, regroupe environ 8100 espèces. Cette plante est le seul représentant du genre *Ricinus* et se caractérise par un arbre à grandes feuilles palmées (Witchard, 1997; Paul et Tanigoshi, 1999 ; Malathi et al., 2006 ; Ledent et Mairesse, 2008).

Le nom de la famille, Euphorbiacée, dérive du genre *Euphorbia*, qui est le plus important de cette famille. Ce genre a été nommé en l'honneur d'Euphorbos, le médecin du roi Juba II de Mauritanie, au 1er siècle avant J.-C. Le nom a été conservé par Linnaeus. Les plantes de cette famille se distinguent par leur latex blanc, irritant pour la peau, épais et collant, et produisent des fruits à trois loges (Lagnika, 2005).

II.2.2. Classification taxonomique :

- Règne : Plantae
- Embranchement : Spermaphyte (plante à graine) (R. Alloune Et Al. 2012).
- Sous-embranchement : Angiosperme (Magnoliophyta : Plantes à fleurs).
- Classe : Magnoliopsida .
- Sous-classe: Rosidae.
- Ordre: Euphorbiales. • Famille: Euphorbiaceae.
- Genre : *Ricinus* (N'guessan et al, 2009).
- Espèce: *Ricinus communis* L.

II.2.3. Répartition géographique :

A. Répartition mondiale :

L'Inde et la Chine sont les principaux producteurs mondiaux de ricin (FAO, 2007). Cette plante est largement cultivée dans les régions tropicales, chaudes et arides (Ziyu et al., 1992). On la retrouve à travers tout le continent africain, depuis l'océan Atlantique jusqu'à la mer Rouge, et du sud de la Méditerranée jusqu'à l'Afrique australe, ainsi que dans plusieurs îles de l'océan Indien (Maroyi, 2007).

B. Répartition en Algérie :

A. En Algérie, le ricin pousse de manière spontanée. Il se développe librement dans les lits des oueds du littoral, sur les hauts plateaux, dans les zones de l'Atlas, et même dans les régions sahariennes. Cette espèce est particulièrement abondante dans le Sahara algérien (Trochain, 2016 ; Belharrane-Boumaza, 2014 ; Ghnimi, 2018).

II.2.4. Caractéristiques botaniques:

Le ricin se présente sous la forme d'une plante herbacée ou arborescente, qui peut être annuelle ou vivace selon les conditions climatiques de la région. Il peut atteindre une hauteur de 7 mètres ou plus. La plante se compose de deux parties principales :

A. Partie aérienne : Elle comprend les éléments suivants :

- **Feuilles :** Elles sont grandes, palmatilobées, avec 7 à 9 lobes. Elles sont glabres, profondément découpées, dentées et de forme lancéolée.



Figure 14 :Photo de feuille de Ricin commun (Duke, J.A. (2002).

- **Tige :** La tige est généralement glauque, parfois verte ou rouge, légèrement fistuleuse, mais reste lisse et bien unie. Elle est principalement ramifiée dans la partie supérieure de la plante (et Styner, 2000).



Figure 15 :Photo de tige de Ricin commun (Ben Douissa, F., Ncib, S., & Msaada, K. (2017).

- **Fleurs** : Elles sont regroupées en cyathes. Les fleurs femelles, situées en haut, possèdent un calice formé de trois folioles et sont surmontées de petites écailles. L'ovaire globuleux est hérissé et surmonté de trois pistils longs, rouges et hispides (Maroyi, 2007). Les fleurs mâles se trouvent en bas. Il s'agit donc d'une espèce monoïque, avec une floraison qui se produit en été.



Figure 16 :Photo de l'inflorescence de Ricin commun les fleurs femelle en haut et les fleurs mâles en bas.

- **Fruits** : sont des capsules à trois loges, chacune renfermant une graine ovale, marbrée, avec une caroncule saillante. L'albumen de la graine est riche en huile. Les capsules contiennent généralement trois graines, de couleur marron clair, marron rouge ou gris, souvent tachetées de blanc (Coopman et al., 2009).



Figure 17 :Photo de fruit de Ricin commun (Prat et al., 2005).

- **Graines** :Les graines, contenues dans chacune des loges du péricarpe, présentent une forme presque similaire à celle d'un haricot moyen, pouvant être piriformes, ovoïdes, allongées ou plates. Elles sont luisantes, marbrées de gris, rougeâtre et de blanc. À l'intérieur de la graine se trouve une amande oléagineuse, qui est extrêmement toxique (Little et Wadsworth, 1974).



Figure 18 :Graine avec sa caroncule au sommet (Van-Welzen, 2001).

- **la partie souterraine** : Possédant une racine pivotante puissante à racines latérales marquées (Guergour, 2011).

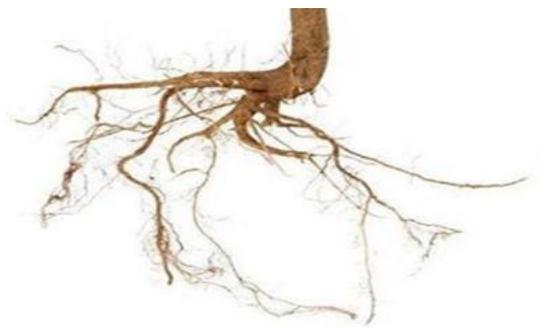


Figure 19 :Photo de la partiesouterraine du racin.

II.2.5. Description et propriétés de l'huile de ricin :

D'après les recherches effectuées sur cette plante, les graines de ricin renferment divers acides gras, dont l'acide ricinoléique (85 à 92 %), l'acide palmitique, l'acide stéarique (2 %), l'acide oléique (2,5 à 6 %), l'acide linoléique (2,5 à 7 %), l'acide linoléique (1 %) et l'acide eicosénoïque (1 %) (Olvea, 2008). Ainsi, ces graines contiennent environ 40 % d'huile, 1 à 5 % de ricine, une toxalbumine (lectine) (Sawhney et al., 1978), ainsi que 0,3 à 0,8 % de ricinine.

L'huile de ricin est extraite des graines de *Ricinus communis L.*, représente entre 35 % et 55 % du poids des graines. Cette huile est un liquide visqueux de couleur ambre pâle, souvent connue sous le nom d'huile de *Ricinus*. L'huile de ricin brute présente une couleur jaune pâle ou légèrement jaunâtre. Après un processus de raffinage et de blanchiment, elle conserve une odeur distinctive, bien que celle-ci puisse être facilement éliminée au cours du raffinage (Akpan et Mohammed, 2006 ; Sule et Sani, 2008).

On y trouve aussi des composés phénoliques antioxydants extraits des feuilles, notamment l'acide gallique, la quercétine, l'acide gentsique, la rutine, l'épicatéchine et l'acide ellagique (D'Silva et al., 1993 ; Singh et Chauhan, 2009).

II.2.6. Structure et composition(l'huile de ricin) :

Comme toutes les autres huiles végétales et animales, l'huile de ricin est un triglycéride, une molécule composée de glycérol estérifié avec un acide gras (Barbosa et al., 2010). Son principal acide gras est le 12-hydroxy-cis-9-octadécénoïque, couramment appelé acide ricinoléique(Borch-Jensena et al., 1997; Grace et al., 2004; Akpan et Mohammed, 2006; Jumat et al., 2010).

L'huile de ricin présente trois groupes fonctionnels : des doubles liaisons, des esters et des groupes hydroxyles, ce qui lui confère de nombreuses possibilités de réactions chimiques (Trivedi et Vasishtha, 1988).

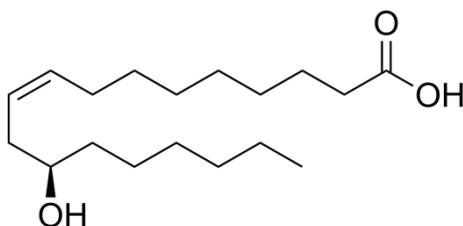


Figure 20 :Structure chimique de l'acide ricinoléique.

II.2.7. Propriétés physico chimique de l'huile de ricin :

L'huile de ricin, comme toutes les autres huiles végétales, a différentes propriétés physiques et chimiques qui changent avec la méthode d'extraction .L'huile de ricin pressée au froid a un bas indice d'acidité, la valeur basse d'iode et une valeur légèrement plus élevée de saponification que l'huile extraite par les solvants ,et elle n'est pas légère en couleurs (tableau2) .

Tableau 2 :Propriétés physico-chimiques d'huile de ricin brute (Akpanet al.,2006).

Propriétés	L'huile de ricin brute
Densité	0,9587
Viscosité à 28°C	9,42477
Indice de réfraction à 28°C	1,4686
PH	6,11
Couleur	Ambre
Indiced'acidité	1,148
Viscosité à 28°C	185,83
Valeurdesaponification	1,4686
Valeurd'iode	87,72

II.2.8. Utilisation de l'huile de ricin :

L'huile de ricin est utilisée dans divers secteurs et entre dans la composition de nombreux produits :

A. Utilisation médicinale :

L'huile de ricin est un ingrédient courant dans la formulation de traitements purgatifs et laxatifs. En usage externe, elle est exploitée en cosmétique dans la fabrication de crèmes

solaires et de crèmes antirides. En dermatologie, elle est utilisée pour soigner les durillons, les kystes et certaines plaies ouvertes (Polvèche, 1996).

B. Cosmétologie :

Dans l'industrie cosmétique, où les produits sont souvent basés sur une base lipidique, l'huile de ricin est largement utilisée, notamment dans la fabrication de rouge à lèvres et d'autres produits de beauté.

C. Lubrification :

L'huile de ricin possède des propriétés lubrifiantes exceptionnelles et durables, améliorant ainsi les performances mécaniques. Cependant, elle n'est pas très résistante aux températures élevées (Polvèche, 1996; Alexander et al., 2008). L'huile de ricin déshydratée est également utilisée dans l'industrie de la peinture et des vernis, la fabrication de produits sophistiqués tels que les fibres de nylon, les lubrifiants pour moteurs de gicleur, les fluides hydrauliques, les plastiques, le simlicuir, la fabrication d'optique pour les fibres, ainsi que dans la production de prothèses balistiques en verre et en os. Elle est aussi employée comme antigel dans les carburants et lubrifiants utilisés pour les fusées et les avions (Sujatha et al., 2008).

II.3. Huile de Pistacia lentiscus :

II.3.1. Généralité sur Pistacia lentiscus :

Pistacia lentiscus est un arbre ou un arbuste à feuillage persistant, typique de la région méditerranéenne, où il contribue à former des forêts, des broussailles et des maquis. On le trouve à l'état naturel dans le nord de l'Algérie (Quezel et Santa, 1993).

Cet arbre est largement réparti sur le littoral algérien (Lev et Amar, 2000). Il joue un rôle crucial dans le maintien des écosystèmes grâce à sa grande résistance aux changements climatiques.

Appartenant à la famille des Anacardiaceae, le pistachier lentisque produit des fruits qui sont d'abord rouges, puis noirs à maturité. Cette plante est également réputée pour ses propriétés médicinales.



Figure 21 : *Pistacia Lentiscus* L(Loly, 2010).

II.3.2. Taxonomie de Pistacialentiscus :

La systématique de *Pistacia lentiscus*, présentée par (Maameri, 2014), est résumée comme suit :

Règne : Végétal

Embranchement : Spermaphytes

Sous embranchement : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Ordre : Sapindales

Famille : Anacardiaceae

Genre : *Pistacia*

Espèce : *Pistacialentiscus* .

II.3.3. Description botanique :

Selon les recherches et études menées par des experts en botanique, voici une description détaillée des différents organes du *Pistacia lentiscus* :

- **Arbre :** Le *Pistacia lentiscus* est un arbre ou un arbuste buissonnant qui peut atteindre de 4 à 5 mètres de hauteur (Lemaistre, 1959).
- **Écorce :** L'écorce des jeunes branches est rougeâtre, mais elle devient grise avec le temps. Lorsqu'on incise l'écorce, une résine non colorée et au parfum puissant s'écoule, et elle possède des propriétés irritantes (Belfadel, 2009).
- **Bois :** Le bois présente des teintes successives allant du blanc au jaune, puis au rose, parfois avec des veines jaunes (Fatnassi, 2019).

- **Système racinaire** : Le *Pistacia lentiscus* possède un système racinaire particulièrement développé. La graine germe en produisant un pivot long, pouvant atteindre jusqu'à 7 mètres de profondeur, accompagné de racines latérales pouvant s'étendre sur 5 à 10 mètres. Ce système racinaire lui permet de résister aux périodes sèches en cherchant l'humidité dans le sol, même dans des sols peu fertiles et arides (**Boutboul, 1986 ; Lemaistre, 2000**).
- **Feuilles** : Les feuilles sont alternées, persistantes et toujours paripennées, comportant de 3 à 5 paires de folioles elliptiques, obtuses, légèrement mucronulées et coriaces. Elles sont vert foncé sur la face supérieure et vert clair en dessous. Le limbe est décurrent, et le pétiole est étroitement ailé. Les fleurs, de forme axillaire, se regroupent en grappes spiciformes denses (**Lemaistre, 1959**).
- **Fruits** : La floraison se produit entre mars et avril, et est suivie de la formation d'un fruit charnu qui mûrit en automne. En cours de maturation, la couleur de la pulpe évolue du blanc au noir, en passant par une teinte rouge intermédiaire. La couleur du fruit est un bon indicateur de la viabilité des graines : les fruits noirs contiennent principalement des graines viables, tandis que ceux de couleur rouge ou blanche sont souvent dépourvus de graines (**Verdu, 1998 ; Garcia-Fayos, 2002**).
- **Mastic** : Le mastic est récolté durant l'été par l'incision répétée des tiges. Cette méthode permet de produire de 4 à 5 kg de mastic par arbre. Ce produit résineux, de couleur jaune clair, est transparent et dégage une forte odeur balsamique (**Dorvault, 1928**).
- **Branches** : Les branches sont tortueuses et serrées, formant une masse compacte (**Belfadel, 2009**).
- **Huile de lentisque** : L'huile obtenue à partir des baies du pistachier est d'une couleur verte foncée et représente environ 20 à 25 % du poids des fruits. Elle reste complètement liquide à une température comprise entre 32 et 34 °C. En dessous de cette température, une matière blanche se dépose, et l'huile se cristallise progressivement, la rendant complètement solide (**Leprieur, 1860**).



Figure 22 : *Pistacia lentiscus*: A. Arbre (Cherif, 2016), B. Fruits (Cherif, 2016), C. Feuilles (Benmehdi, 2012), D. Ecorce et Mastic (Cherif, 2016) et E. Fleurs (Merzougui, 2015).



Figure 23 : A : Fleurs femelle et B : Fleur mâle de *Pistacia lentiscus* (Benmehdi, 2012).

II.3.4. Répartition géographique *Pistacialentiscus*:

A. Dans le monde :

Pistacia lentiscus est un arbrisseau que l'on trouve couramment en sites arides Asiatique et en région méditerranéenne de l'Europe et d'Afrique, jusqu'aux Canaries (Bellakhdar, 2003). Il pousse à l'état sauvage dans la garrigue et sur les sols en friche.

B. En Algérie :

On le trouve à l'état sauvage ou il occupe l'étage thermo-méditerranée et dans les zones forestières (More et White, 2005) subhumide et semi -aride (smail -saadoun2002) plus précisément dans le bassin du Soummam en association avec le pin d'Alep, le chêne vert et le chêne liège (Belhadj, 2000). Sa limite méridionale se situe aux environs de Saida, sa présence au Sud de l'Atlas saharien n'est pas signalée.

II.3.5. Huile de *Pistacia lentiscus* :

L'huile de lentisque, extraite du fruit comestible, est de couleur verte foncée. Elle reste entièrement liquide à une température comprise entre 32 et 34°C ; en dessous de cette température, elle forme une matière blanche susceptible de cristalliser, ce qui entraîne la solidification complète de l'huile (**Leprieur, 1860**). Cette huile grasse, qui possède une consistance visqueuse, est dix fois plus coûteuse que l'huile d'olive, et elle est caractérisée par une odeur agréable, typique de la forêt (**Mekni, 2011**).

II.3.6. Composition biochimique :

L'huile de lentisque est principalement composée d'acides gras insaturés (mono- et polyinsaturés) ainsi que d'acides gras saturés. Elle contient également des substances lipidiques mineures, appelées constituants mineurs, telles que les tocophérols, les phytostérols et des composés phénoliques (**Dhifi et al., 2013**).

A. La fraction saponifiable :

- **Acides gras** : La catégorie prédominante des acides gras dans l'huile de *Pistacia lentiscus* est constituée d'acides gras mono-insaturés (AGMI), suivis par les acides gras saturés (AGS) et polyinsaturés (AGPI). L'acide oléique (C18:1) est l'acide gras principal de l'huile de lentisque. Cet acide est reconnu pour son rôle bénéfique dans la prévention des maladies cardiovasculaires et sa valeur nutritionnelle (**Corbett, 2003**). En effet, l'acide oléique est connu pour abaisser le cholestérol LDL (mauvais cholestérol) et augmenter le cholestérol HDL (bon cholestérol) (**Michihiro et al., 1996 ; Mata, 1992**). De plus, l'huile de *Pistacia lentiscus* est également riche en acide linoléique (C18:2 ω6), un acide gras essentiel (AGE), qui présente des effets bénéfiques dans la prévention des maladies coronariennes et du cancer (**Oomah et al., 2000**).
- **Triglycérides** : L'analyse de la composition en triglycérides (TAG) de l'huile de lentisque a révélé que la majorité des TAG présents sont sous forme monoinsaturée et polyinsaturée. Les principaux constituants de ces triglycérides sont le stéaroyl-oléyl-linoléylglycérol (SOL) et le palmitoyl-dioléylglycérol (POO), représentant ensemble 27,58 % du total des TAG. Le stéaroyl-dilinéoylglycérol (SLL) et le palmitoyl-oléyl-linoléoylglycérol (POL) constituent 21,5 % du total des TAG, tandis que le trioléylglycérol (OOO), le dioléyl-linoléylglycérol (OOL) et le dipalmitoyl-oléylglycérol (PPO) apparaissent également en proportions significatives, respectivement de 12,04 %, 9,83 % et 8,51 %. De plus, le trilinéoyl-glycérol (LLL) est également présent (**Dhifi et al., 2013**). Selon une étude

menée sur les huiles des fruits noirs et rouges de *Pistacia lentiscus*, les triglycérides les plus dominants sont le LLO, PLO, OOO, POO et LOO (Charef, 2011).

- **Phospholipides** : Une étude réalisée sur trois populations de fruits de *Pistacia lentiscus* a révélé la présence de quatre classes de glycérophospholipides (PL) : l'acide phosphatidique (PA), la phosphatidyléthanolamine (PE), le phosphatidylglycérol (PG) et le phosphatidylinositol (PI). Les espèces moléculaires dominantes de glycérophospholipides sont celles contenant des acides gras C16:0 (acide palmitique), C18:1 (acide oléique) et C18:2 (acide linoléique), tandis que les espèces mineures incluent celles contenant C18:0 (acide stéarique) et C18:3 (acide linoléique) (Trabelsi et al., 2013).

B. La fraction insaponifiable :

- **Stérols** : L'huile de lentisque contient principalement le sitostérol (55,55%), suivi du cholestérol (44,45%). Toutefois, des stérols comme le stigmastérol et d'autres variantes n'ont pas été détectés dans cette huile (Dhifi et al., 2013). Par ailleurs, quatre stérols ont été identifiés dans l'huile fixe : le β -sitostérol (90%), lecampestérol, le cholestérol et le stigmastérol (Trabelsi et al., 2012).
- **Tocophérols** : L'huile de lentisque est riche en tocophérols, avec une teneur de 8111,137 mg/Kg. L' α -tocophérol, qui possède la plus forte activité antioxydante, représente 97 % du total des tocophérols présents dans l'huile. Cet antioxydant, sous ses quatre formes isométriques, est crucial pour la stabilité de l'huile de lentisque face à l'oxydation (Dhifi et al., 2013). Les résultats montrent une prédominance marquée de l'isomère α -tocophérol dans l'huile de fruits noirs de *Pistacia lentiscus*, avec une teneur de 135 mg/kg (Charef, 2011).
- **Minéraux** : L'huile de lentisque est particulièrement riche en minéraux, avec le sodium (Na) représentant le plus grand apport (25,36 mg/100g), suivi du potassium (K, 2,17 mg/100g), du calcium (Ca, 0,25 mg/100g), du magnésium (Mg, 0,19 mg/100g), du fer (Fe, 0,004 mg/100g) et du cuivre (Cu, 0,0001 mg/100g). Ces minéraux sont essentiels pour le corps humain, contribuant à la valeur nutritionnelle de l'huile (Dhifi et al., 2013). En ce qui concerne la composition minérale des fruits de *Pistacia lentiscus*, le potassium représente la plus grande proportion (2,67%), tandis que le sodium, le calcium et le phosphore se trouvent respectivement à 0,46%, 0,37% et

0,004%. Ces concentrations relativement élevées en macroéléments peuvent jouer un rôle dans le traitement des carences nutritionnelles (Hamad et al., 2011).

- **Polyphénols** : Le rendement en composés phénoliques des fruits de *Pistacia lentiscus* est d'environ 61,34%, avec une concentration d'extrait phénolique exprimée en acide gallique de 31,81 mg/kg (Arab et al., 2014). La quantité totale de composés phénoliques dans les extraits de plantes varie entre 307 et 588 mg d'acide gallique /g de matière végétale. La concentration la plus élevée a été observée dans l'extrait de *Pistacia lentiscus* L. récolté en mai, avec 588 mg d'acide gallique /g de matière végétale (Gardeli et al., 2007). Enfin, pour *Pistacia lentiscus*, la quantité élevée de polyphénols est représentée par 89 mg/g de plante en poudre (Hamad et al., 2011).

II.3.7. Propriétés physico-chimiques d'huile de Pistacialentiscus :

Les propriétés physico-chimiques de l'huile lentisque sont indiquées dans le tableau suivante (tableau 3) :

Tableau 3 : Propriétés physico-chimiques de l'huile de pistachier lentisque (Boukeloua, 2009).

Paramètres physico-chimiques	Échantillon
Densité à 20 °C	0,918 à 0,920
Indice de réfraction à 20°C	1,468 à 1,469
Indice d'acide (mg KOH / g)	5,891 à 6,203
Acidité %	2,955±0,03
Indice de saponification (mg KOH / g d'huile)	197,75 à 200,45

Tableau 4 : Propriétés chimiques de l'huile de pistachier lentisque (Charef et al., 2008).

Paramètres chimiques	Fruits mûrs (noirs)	Fruits non mûres (rouge)
Rendement en huile (%)	32.8 ± 0.8	11.7 ± 0.5
Indice d'acide (mg KOH / g)	7.7 ± 0.3	24.0 ± 0.5
Indice de saponification (mg KOH / g)	147.8 ± 0.2	154.6 ± 0.1
Indice d'iode	87.3 ± 0.2	109.0 ± 0.1

II.3.8. Utilisation d'huile de *Pistacia lentiscus* :

L'huile extraite des fruits de lentisque est largement utilisée pour ses vertus médicinales. Elle est recommandée pour les diabétiques, le traitement des douleurs d'estomac et même après la circoncision (Hmimsa, 2004).

En outre, elle est appliquée en usage externe sous forme d'onguent pour traiter les brûlures (Bensegueni et al., 2007) ou les douleurs dorsales (Bellakhdar, 1997).

Dans la médecine traditionnelle algérienne, cette huile est principalement utilisée pour soigner les petites blessures, les brûlures légères et les érythèmes.

Elle est également prise par voie orale pour traiter les problèmes respiratoires d'origine allergique et les ulcères gastriques. Ces pratiques sont particulièrement répandues dans la région d'El-Kala, à l'Est de l'Algérie, où l'huile est aussi consommée comme huile alimentaire. Son utilisation à des fins similaires est courante en Tunisie (Iserin, 2001; Baudoux, 2003; Grosjean, 2007).

II.4. Huile d'amande douce :

II.4.1. Description de l'amandier :

L'amandier (*Prunus amygdalus*) est un arbre appartenant au genre *Prunus* de la famille des Rosacées, reconnu pour ses fleurs blanches ou roses et sa forme élancée. Il mesure

généralement entre 6 et 8 mètres de hauteur, bien que certaines variétés puissent atteindre 10 à 12 mètres. En Afrique du Nord, sa taille varie entre 3 et 5 mètres. L'amandier a une longévité remarquable, dépassant souvent les 100 ans, et se reproduit soit par graines, soit par greffage. Son fruit, l'amande, est comestible pour l'homme. Il s'agit d'un fruit à noyau, dont le mésocarpe, souvent poilu, entoure un noyau allongé. La coquille, ou endocarpe, peut-être plus ou moins dure en fonction de la variété et contient une ou deux graines, appelées amandes. La texture et la couleur des graines varient selon la variété (**Roberte de la Taille, 1985**).

II.4.2. Taxonomie de l'amandier:

La systématique de l'amandier, présentée par (**Felipe, 2000**), est résumée comme suit :

Ordre : Rosales

Famille : Rosaceae

Espèce : Amygdaloideae

Genre : Prunus

Sous famille : Amygdalus

II.4.3. Répartition géographique :

A. Dans le monde :

Originaire du Moyen-Orient, notamment de la région méditerranéenne englobant la Turquie, le Pakistan et la Syrie, l'amandier appartient à un groupe de quelque 430 espèces présentes dans les zones tempérées de l'hémisphère nord (**Sana et al., 2021**). Sa diffusion s'est effectuée en trois grandes phases : d'abord en Asie centrale lors de sa domestication, puis autour de la Méditerranée, avec une présence attestée en Grèce avant 300 av. J.-C., et enfin à l'échelle mondiale grâce à son introduction en Amérique et en Australie, principalement depuis l'Espagne et la France (**Zeinalabedini et al., 2010 ; Gradziel, 2011**). Aujourd'hui, bien que cultivées dans plus de 50 pays, 95 % des amandes proviennent essentiellement de Californie, d'Australie et des pays du bassin méditerranéen (**Poonan et al., 2011 ; Musa-Velasco et al., 2016**).

B. En Algérie :

En Algérie, l'amandier s'étend sur environ 50 000 hectares, représentant 20,5 % des surfaces consacrées aux rosacées à noyau. Il est principalement cultivé dans les régions de

Médéa, Aïn Defla, Sétif, Sidi Bel Abbès et Tlemcen. Espèce rustique, l'amandier tolère bien les conditions climatiques rigoureuses (Anonyme, 2016).

Selon Tozanli (2018), on le retrouve également à l'état spontané. À l'est du pays, notamment à Guelma, Constantine, Sétif, Bejaïa et jusqu'à Alger, les vergers sont souvent implantés sur des terrains en pente. Par ailleurs, environ 5 % des amandiers donnent des amandes amères. Ces arbres, généralement sauvages, poussent en lisière de forêts entre Sétif, Bejaïa et Alger, sans qu'ils soient exploités à des fins industrielles.

II.4.4. Morphologie de l'amande :

L'amande se compose essentiellement de trois parties : le noyau, la coquille (située au centre) et la coque (en surface extérieure) (Jahanban et al., 2010).

La proportion de chacune de ces parties varie selon la variété de l'amande et les conditions environnementales. Elles représentent respectivement 32,5 %, 18,4 % et 47,9 % (Joy et al., 1991).



Figure 24 : Coupe longitudinale amande (Anaïs et al., 2017).

- **Noyau ou l'amande** : Les amandes sont constituées de deux cotylédons et d'un embryon, le tout étant enveloppé par des téguments dont la texture varie, allant de lisse à rugueuse. Leur couleur peut fluctuer du beige clair au brun noir en fonction des variétés (Vidaud, 1982). Ces téguments jouent un rôle protecteur, préservant l'amande de l'oxydation et des contaminations microbiennes (Joy et al., 1991).
- **Coquille ou endocarpe** : La coque, qui constitue la partie interne du péricarpe, protège l'amande principalement contre les chocs mécaniques. Elle est utilisée comme additif alimentaire, dans l'industrie pharmaceutique et comme nourriture pour le bétail (Jahanban et al., 2010).

- **Coque** : La coque est composée de la matière ligneuse constituant l'endocarpe épais ou le brou de l'amandier, et représente 50 % du poids sec du fruit. Elle constitue une source de charbon actif, utilisé dans les industries chimique, pharmaceutique et alimentaire (**Jahanban et al., 2010**).

II.4.5. Composition chimique d'amande :

L'amande est une source essentielles des acides gras, fibres, vitamines, et minérales. L'amande est la plante qui contient une quantité importante des protéines et en vitamines. Cette composition a donnée un rôle préventif pour l'amande contre certaine cancers (**Mohan et Jain, 2009**) (tableau 5).

Tableau 5 : Valeur nutritionnelle moyenne pour 100 g d'amande (Taylor et Francis, 2008).

Nutriments	Valeur nutritionnelle moyenne
Energie	5578kcal
Protéine	21,26 g
Carbohydrate	19,74 g
Fibre	11,8 g
Glucose	4,54 g
Calcium	248 mg
Magnésium	275 mg
Phosphore	474mg
Potassium	728mg
Sodium	1mg
Vitamine E	25,87mg
Acide gras sature	3,88g
Acide gras mono insaturé	32,16 g
Acide gras polyinsaturé	12,21g

II.4.6. Huile d'amande douce :

L'huile d'amande douce est une huile végétale obtenue par pression à froid des graines (amandes) du prunier amandier (*Prunus amygdalus*). Elle est largement utilisée pour ses

propriétés nourrissantes et hydratantes, notamment dans les produits cosmétiques et de soins de la peau. Cette huile est riche en acides gras insaturés, en particulier en acide oléique (oméga-9) et en acide linoléique (oméga-6), ainsi qu'en vitamine E, un puissant antioxydant qui aide à protéger la peau des radicaux libres (S. S. Kaur et al., 2015).

II.4.7. Composition et propriétés d'huile d'amande douce :

L'huile d'amande douce est particulièrement riche en :

- **Acides gras** : principalement en acide oléique (Oméga-9, environ 60-80 %) et en acide linoléique (Oméga-6, environ 20-30 %) (Azzi et al., 2021).
- **Vitamine E** : un antioxydant puissant qui protège la peau contre le stress oxydatif (Kamal-Eldin&Appelqvist, 1996).
- **Phytostérols et polyphénols** : ces composés possèdent des propriétés anti-inflammatoires et réparatrices pour la peau (Liu et al., 2020).

Grâce à sa richesse en composés phénoliques tels que l'acide chlorogénique, la quercétine et les tannins, l'huile d'amande douce possède des propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires qui favorisent la santé de la peau et aident à prévenir le vieillissement cutané (Saeed et al., 2012 ; Zeng et al., 2014).

II.4.8. Utilisations et bienfaits d'huile d'amande douce :

A. Cosmétique :

- Hydratation et protection de la peau (Loden, 2003).
- Réduction des irritations et des inflammations cutanées (Lin et al., 2003).
- Amélioration de l'élasticité de la peau (Morganti et al., 2010).

B. Santé et pharmacologie :

- Effet anti-inflammatoire et cicatrisant (Hajhashemi et al., 2011).
- Régulation du cholestérol et protection cardiovasculaire (Jenkins et al., 2002).
- Effet laxatif doux en usage interne (Duke, 2002).

C. Alimentation :

- Utilisée comme assaisonnement dans les plats et les pâtisseries.
- Source d'acides gras bénéfiques pour la santé cardiovasculaire (Sabate et al., 1999).

III. Métabolite secondaire, particulièrement sur les polyphénols :

L'exploration des plantes offre un potentiel immense pour la découverte de nouvelles substances. L'une des particularités les plus remarquables des végétaux est leur capacité à produire une grande variété de substances naturelles (**Rollinger et al., 2004**). Les composés d'origine naturelle se distinguent par la diversité de leurs structures chimiques et présentent également un large éventail d'activités biologiques (**Bérubé-Gagnon, 2006**).

Les métabolites primaires et secondaires sont tous deux basés sur le carbone. Les métabolites primaires sont partagés par toutes les espèces et se divisent en protéines, lipides et acides nucléiques. En revanche, les métabolites secondaires peuvent être classés en terpènes, shikimates, polykétides et alcaloïdes, selon les voies de synthèse (**Figure 25**).

Les métabolites secondaires sont des molécules organiques complexes synthétisées et accumulées en faibles quantités par les plantes autotrophes (**Lutge et al., 2002; Marouf et Reynaud, 2007**). Ces molécules ne jouent pas un rôle direct dans la croissance normale et le développement des organismes (**Agostini-Costa et al., 2012**). Cependant, elles assurent des fonctions essentielles dans la résistance des plantes aux contraintes biotiques (phytopathogènes, herbivores, etc.) et abiotiques (rayonnement UV, température, etc.) (**Naboulsi et Aboulmouhajir, 2018**).

Ces métabolites peuvent être communs à plusieurs espèces ou spécifiques à une seule espèce. Ainsi, les espèces partageant des modèles de production de métabolites secondaires similaires peuvent être classées en fonction de ces métabolites, ce qui constitue une forme de taxonomie (**Sell, 2003**).

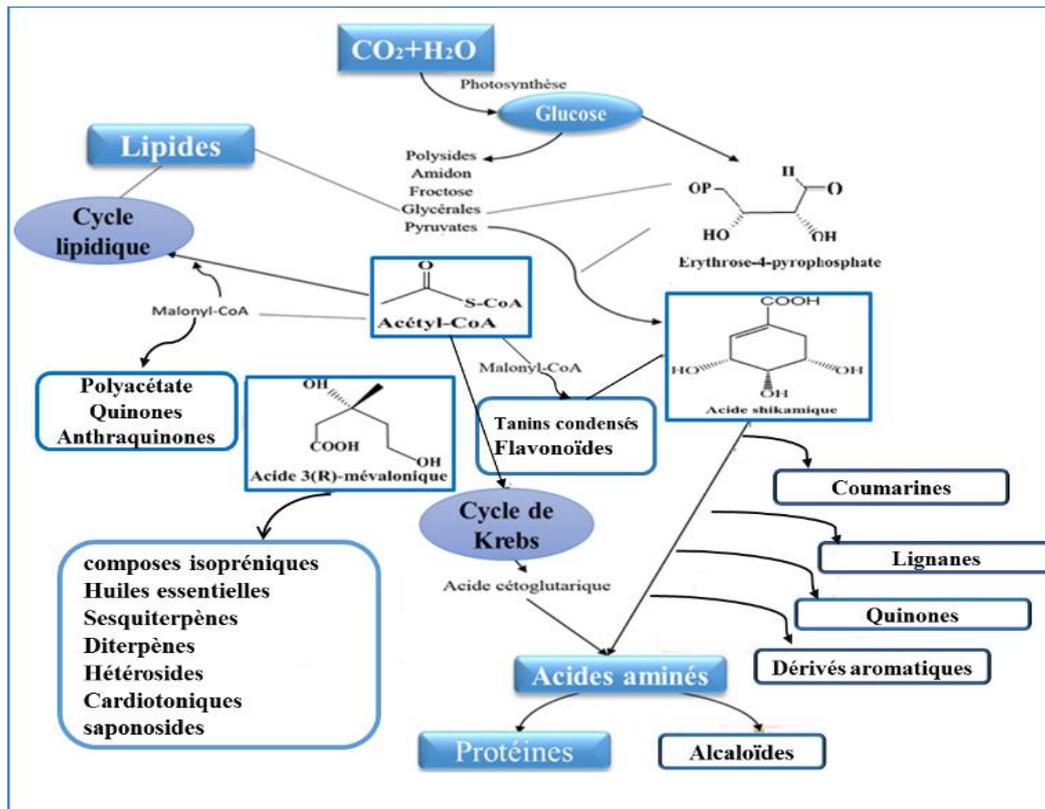


Figure 25 :La biosynthèse des métabolites secondaires (Lincoln et Zeiger,

III.1. Intérêt des métabolites secondaires:

➤ *En agronomie :*

Les métabolites secondaires jouent un rôle crucial dans la protection des cultures, en offrant une résistance contre les maladies cryptogamiques, les infections bactériennes et certains insectes (Raven et al., 2000).

➤ *En pharmacologie :*

Les métabolites secondaires représentent la fraction la plus active des composés chimiques présents dans les végétaux. On estime qu'environ un tiers des médicaments actuellement disponibles sur le marché contiennent au moins une de ces substances d'origine végétale (Newman et Cragg, 2012).

➤ *En alimentation :*

Les épices et herbes aromatiques, riches en divers métabolites, sont couramment utilisées comme condiments et aromates.

➤ *En cosmétique :*

Les métabolites secondaires sont présents dans de nombreux produits de beauté, parfums, articles de toilette et produits d'hygiène (**Ghasemzadeh et Ghasemzadeh, 2011**).

III.2. Classification des métabolites secondaires:

La classification des métabolites secondaires repose sur plusieurs critères, tels que la structure chimique, la composition, leur solubilité dans divers solvants et leur voie de synthèse. Le système de classification principal se divise en trois grandes classes :

- **Les alcaloïdes.**
- **Les terpènes.**
- **Les composés phénoliques.**

Chaque classe comporte des sous-classes, présentant une complexité croissante dans la structure (**Justin et al., 2014**).

III.2.1. Les alcaloïdes:

Un alcaloïde est un composé organique naturel, de structure hétérocyclique, contenant une base azotée plus ou moins basique. Ces substances, de structure moléculaire complexe, possèdent des propriétés pharmacologiques marquées, même à faibles doses. La plupart des alcaloïdes sont extrêmement toxiques lorsqu'ils sont consommés en grandes quantités (**Donatien, 2009**).

Les alcaloïdes sont principalement extraits de plantes à fleurs, mais on en trouve également chez certains animaux tels que les fourmis, les grenouilles et les coccinelles (**Mauro, 2006**). Ils sont utilisés pour leurs effets thérapeutiques, notamment comme agents anticancéreux, antipaludiques et antiarythmiques (**Vincenzo et Pierre, 2001**).

On estime qu'environ 12 000 types différents d'alcaloïdes sont produits par les plantes (**Jörg et Peter, 2008**), et ces derniers peuvent être classés en trois grandes catégories :

- **Les proto-alcaloïdes** : dans lesquels l'azote ne fait pas partie d'un système hétérocyclique. Ils sont dérivés des acides aminés. Un exemple est la colchicine.
- **Les pseudo-alcaloïdes** : bien qu'ils possèdent souvent toutes les caractéristiques des alcaloïdes véritables, ils ne proviennent pas des acides aminés. Un exemple est la caféine.
- **Les alcaloïdes vrais** : ces composés contiennent un atome d'azote dans un système hétérocyclique et sont biosynthétisés à partir d'un acide aminé. Ils présentent une activité pharmacologique significative (**Beddou, 2015**).

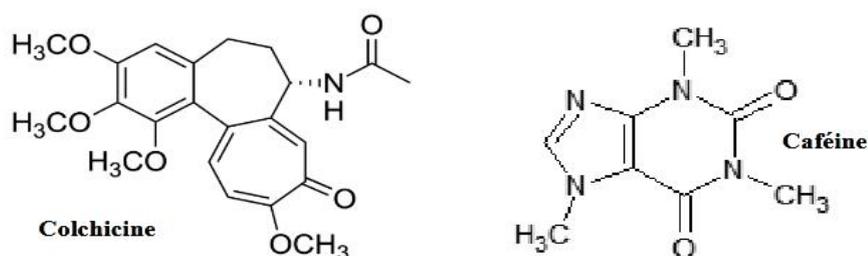


Figure 26 : Structure chimique de la Colchicine et Caféine

A. Biosynthèse des alcaloïdes:

La majorité des alcaloïdes proviennent d'acides aminés comme le tryptophane, la lysine, la phénylalanine et la tyrosine. Ces acides aminés subissent une décarboxylation pour former des amines, puis se lient à d'autres structures carbonées (Cyril, 2001).

III.2.2. Les terpènes:

Les terpènes (ou terpénoïdes) forment la plus grande classe de composés organiques naturels, avec plus de 40 000 structures identifiées à ce jour. Leur structure chimique de base est composée d'une unité d'isoprène (C₅H₈). En fonction du nombre d'unités d'isoprène, les terpènes sont classés en : monoterpènes (C₁₀), sesquiterpènes (C₁₅), diterpènes (C₂₀), triterpènes (C₃₀), tétraterpènes (C₄₀) et polyterpènes (>C₄₀) (Kyoung et al., 2017).

Les terpénoïdes sont responsables de l'odeur caractéristique de nombreuses plantes. Ils jouent également un rôle crucial dans la stabilisation des membranes cellulaires, régulent la perméabilité des membranes et les réactions enzymatiques. De plus, ces composés ont montré leur efficacité dans la chimioprévention et la chimiothérapie du cancer, et possèdent des propriétés antimicrobiennes, antifongiques, antivirales, antihyperglycémiques, anti-inflammatoires et antiparasitaires (Roman et al., 2007).

Ces molécules se trouvent sous différentes formes, telles que les huiles essentielles, les pigments (comme le carotène), les hormones (comme l'acide abscissique) et les stérols (comme le cholestérol) (Adouane, 2016).

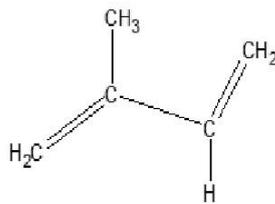


Figure 27 :Structure de base d'une unité isoprène.

B. Biosynthèse des terpènes:

L'acide mévalonique est le véritable précurseur universel de tous les terpènes. Il se forme par condensation de trois unités acétates, suivie d'une réduction par le NADPH. L'ajout de l'unité d'IPP et de son isomère donne le géranyl (C₁₀), qui, en se condensant avec une autre molécule d'IPP, forme le diphosphate de farnésyl (C₁₅), à l'origine des sesquiterpènes (Figure 28) (Malecky, 2005).

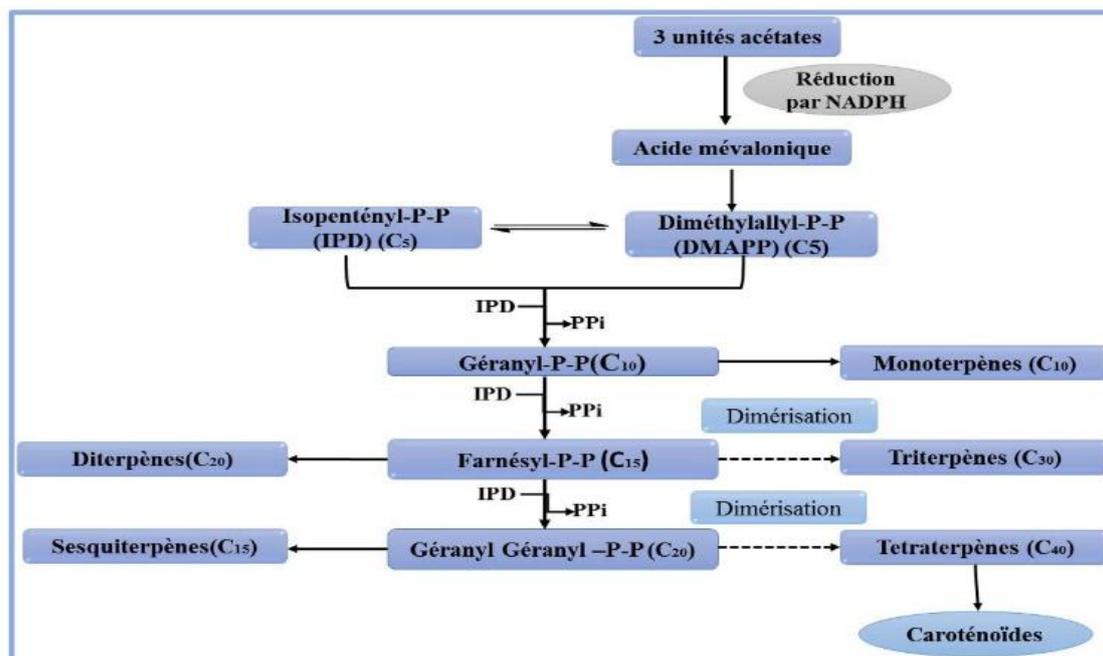


Figure 28 :La biosynthèse des terpènes.

C. Classification des terpènes:

La classification des terpenoïdes est basée sur le nombre de répétitions de l'unité de base isoprène (Figure29).

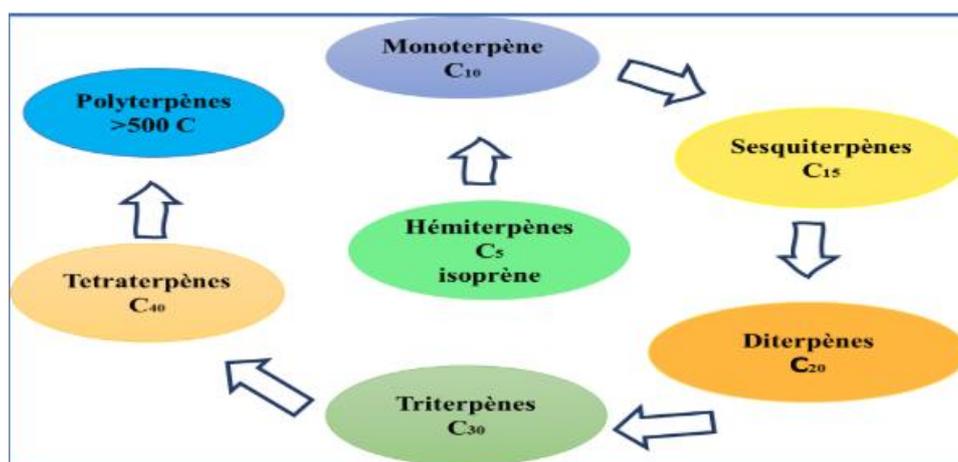


Figure 29 : Classification des terpènes.

➤ Monoterpènes :

Les monoterpènes (C₁₀H₁₆) sont composés de deux unités d'isoprène (C₅H₈) liées entre elles (Marmulla et Harder, 2014). On les trouve principalement dans trois catégories structurales : les monoterpènes linéaires (acycliques) comme le nérol (présent dans le géranium), les monoterpènes à cycle unique (monocycliques) comme le limonène, et ceux à deux cycles (bicycliques) comme l' α -pinène (Allen et al., 1977) (Figure 30).

Ces molécules sont légères, peu fonctionnalisées, et très odorantes. La plupart d'entre elles possèdent des activités biologiques bien établies et sont typiques des plantes d'où elles proviennent, si bien que leurs arômes sont facilement reconnaissables et leurs noms évocateurs.

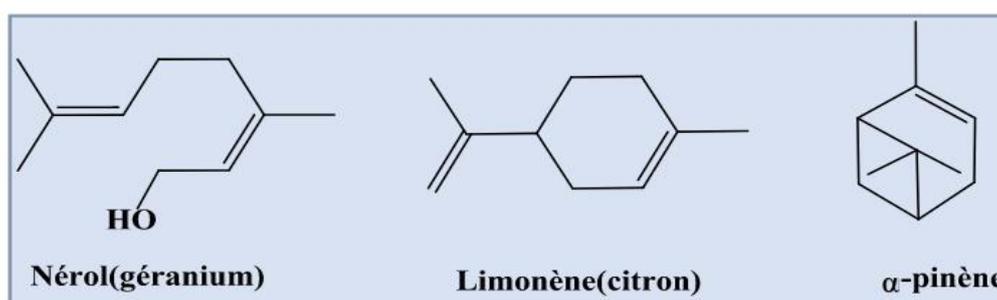


Figure 30 : Les structures de quelques monoterpènes.

➤ Sesquiterpène:

Une molécule de sesquiterpène est composée de 15 atomes de carbone. Les sesquiterpènes se classent en plusieurs catégories structurales : acycliques, monocycliques,

bicycliques, tricycliques et polycycliques. On les retrouve dans les huiles essentielles. Une grande variété de sesquiterpènes contient un cycle γ -lactone, et sont alors appelés sesquiterpènes lactones (**Barnes et al., 2007**) (**Figure 31**).

Les lactones sesquiterpéniques sont bien connues pour leurs propriétés biologiques. Elles étaient autrefois appelées "principes amers". Ces molécules ne sont pas volatiles et leur structure se dégrade à des températures élevées. Plus de 3000 structures différentes de lactones sesquiterpéniques ont été identifiées, et elles se trouvent principalement dans les Asteraceae, notamment au niveau des poils sécréteurs pluricellulaires des feuilles, des bractées et des inflorescences (**Bruneton, 1999**).

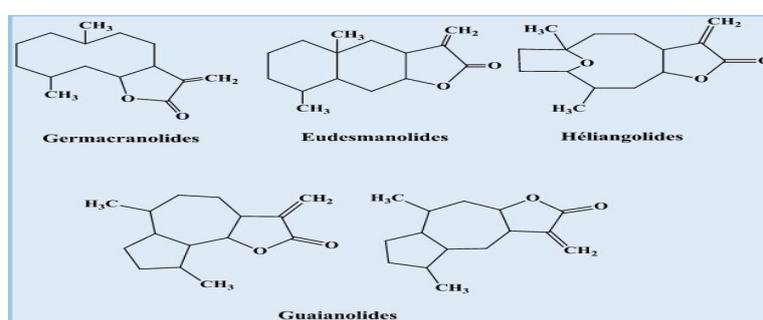


Figure 31 :Structure de quelques lactones sesquiterpéniques.

➤ Diterpènes :

Les diterpènes sont des composés constitués de 20 atomes de carbone (C₂₀), formés à partir de 4 unités d'isoprène. Ils se forment à partir de leur précurseur, le géranyl géranyl pyrophosphate (GGPP). Ces substances peuvent être acycliques, monocycliques, bicycliques ou tricycliques. On les trouve principalement dans les plantes supérieures, notamment dans les résines ou les gibbérellines, ainsi que dans certains champignons. Ils sont classés en fonction de leur diversité structurale (**Malecky, 2005**) (**Figure 32**).

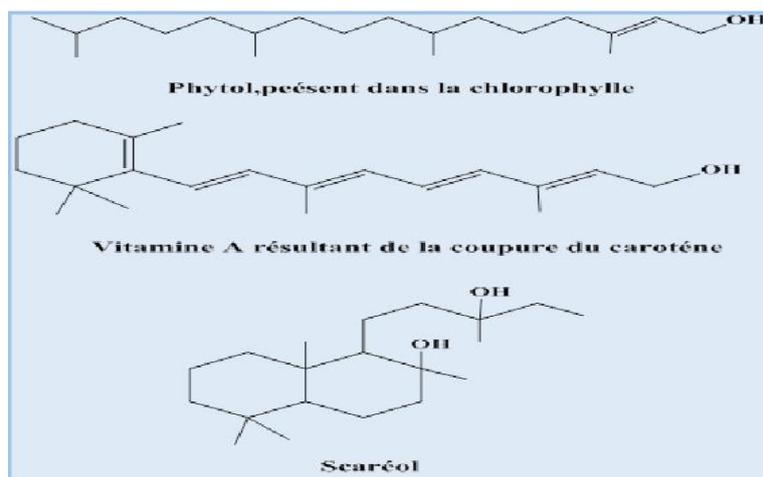


Figure 32 : Structure de quelques diterpènes.

➤ **Triterpènes :**

Les triterpènes, qui possèdent 30 atomes de carbone (C₃₀), sont formés à partir de deux molécules de farnésylpyrophosphate (FPP) par une fusion tête-à-tête. On recense plus de 1700 triterpènes dans la nature, dont la majorité prend une forme tétracyclique ou pentacyclique, tandis que la forme acyclique est très rare. Parmi les triterpènes acycliques, le squalène est le précurseur des autres triterpènes (**Figure 33**) et des stéroïdes végétaux. La plupart des triterpènes sont des alcools, présents sous forme libre, glycosidique (comme les saponines) ou ester (**Robinson, 1975**). Les triterpènes libres constituent les principaux composants des résines ou du latex des plantes.

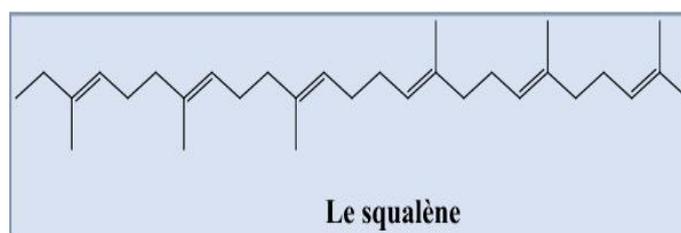


Figure 33 : La structure du squalène.

➤ **Tétraterpènes (Caroténoïdes) :**

Cette famille de terpènes, composée de 40 atomes de carbone, inclut en particulier les caroténoïdes, dont le bêta-carotène, un pigment photosynthétique majeur (**Figure 34**). On compte plus de 650 caroténoïdes dans la nature, faisant d'eux le plus grand groupe de colorants naturels. Les caroténoïdes sont biosynthétisés par les plantes, les algues, les champignons, les levures et les bactéries. Ce sont des composés isoprénoïdes, formés par la

liaison queue-à-queue de deux molécules de diphosphate de géranylgeranyle (Agostini-Costa et al., 2012).

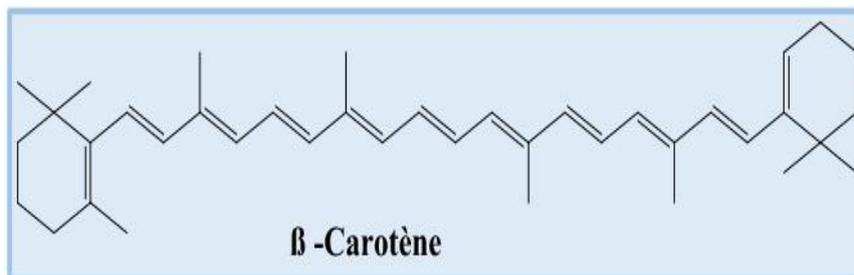


Figure 34 :La structure du bêta-carotène.

➤ **Polyterpènes :**

Les polyterpènes ou polyisoprènes ont la formule générale $(C_5H_8)_n$, où n est supérieur à 3. Ils sont constitués de plus de 8 unités d'isoprène. Le caoutchouc naturel en est un exemple, étant un composé dérivé des polyterpènes (Figure 35) (Bruneton, 1999).

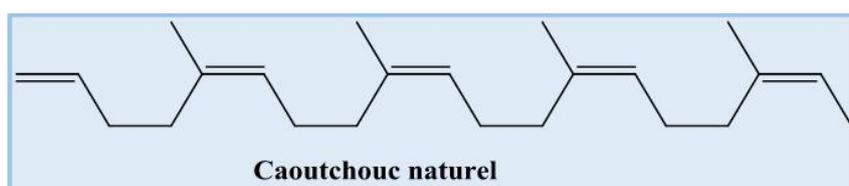


Figure 35 :La structure du caoutchouc.

III.2.3. les Composés phénoliques:

Les polyphénols forment un groupe diversifié et omniprésent de composés, allant de structures moléculaires simples à des formes beaucoup plus complexes (Marouf et Reynaud, 2007). Les composés phénoliques interviennent de manière significative dans les propriétés sensorielles et nutritionnelles des produits d'origine végétale, car ils sont largement présents dans les différents organes et tissus des plantes consommés par l'être humain (Manchandoet Cheynier, 2006).

A. Structure chimique:

Les polyphénols se distinguent par la présence d'au moins un cycle aromatique à six carbones dans leur structure, auquel sont attachés un nombre variable de groupes hydroxyles (OH) (Hennebelle et al., 2004).

La classification des composés phénoliques repose principalement sur la structure de ces molécules, notamment sur le nombre et l'agencement des noyaux aromatiques (**Figure 36**)(Bruneton, 2009).

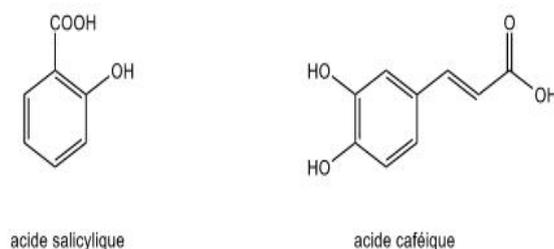


Figure 36 :structure de deux composés phénoliques de base; acide salicylique, acide caféique(**Hannebelle et al., 2004**)

B. Classification des composés phénoliques:

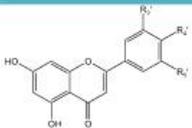
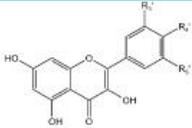
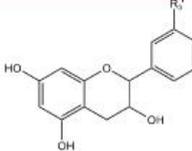
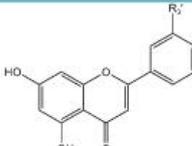
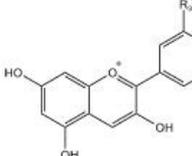
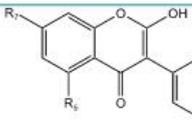
➤ Acides phénoliques:

Ces composés sont issus de deux principaux sous-groupes : les acides hydroxycinnamiques, parmi lesquels les plus courants sont l'acide caféique, l'acide férulique et l'acide chlorogénique, ainsi que les acides hydroxybenzoïques, dont les plus représentatifs sont l'acide salicylique et l'acide gallique. On retrouve ces composés dans de nombreuses plantes agricoles et médicinales, ainsi que dans toutes les céréales (**Yezza et Bouchama, 2014**).

➤ Flavonoïdes:

Ce groupe représente la catégorie la plus significative des composés phénoliques. Il se caractérise par une grande diversité de structures chimiques et des propriétés spécifiques. Les flavonoïdes sont largement présents dans les fruits, les feuilles et les graines des plantes (**Tsimogiannins et Oreopoulou, 2006**). Ils sont considérés comme des pigments végétaux quasi universels, pouvant intervenir dans des processus essentiels tels que la photosynthèse (**Mukohata et al., 1978**), la régulation génique et le métabolisme de croissance (**Havsteen, 2002**). À ce jour, environ 4000 composés flavoniques ont été identifiés (**Edenharder et Grünhage, 2003**), partageant tous une structure de base composée de quinze atomes de carbone, organisée selon une configuration C6-C3-C6 typique du squelette phényl-2-benzopyrane (**Yao et al., 2004**) (tableau 6).

Tableau 6 : Structure des principales classes des flavonoïdes (Narayana et al, 2001; werdmanet al, 2007).

Classe	Structure chimique	R'3	R'4	R'5	exemple
Flavones		H	OH	H	Apigénine
		OH	OH	H	Lutéoline
		OH	OCH3	H	Diosmétine
Flavonols		H	OH	H	Kaempférol
		OH	OH	H	Quercétine
		OH	OH	OH	Myrecétine
Flavanols		OH	OH	H	Catéchine
Flavanones		H	OH	H	Naringénine
		OH	OH	H	Eriodictyol
Anthocyanidine		H	OH	H	Pelargonidine
		OH	OH	H	Cyanidine
		OH	OH	OH	Delphénidine
isoflavones		R7	R5	R'4	
		OH	OH	OH	Genisteine
		H	O-glu	OH	Daidezine

➤ Tannins:

Cette classe regroupe de manière générale les substances phénoliques polymériques, caractérisées par une masse moléculaire comprise entre 500 et 3000 g/mol. En plus des réactions typiques des composés phénoliques, ces substances possèdent la capacité de précipiter les alcaloïdes, la gélatine ainsi que d'autres protéines (Haslam, 1996 ; Cowan, 1999). Les tanins, reconnus pour leur goût astringent, sont présents dans toutes les parties de

la plante : écorce, bois, feuilles, fruits et racines (**Scalbert, 1991**). On distingue deux grands types de tanins, différenciés par leur structure chimique et leur origine biogénétique :

Ils sont constitués d'oligo- ou de polyesters formés à partir d'un sucre, le plus souvent du D-glucose, et d'un nombre variable d'acides phénoliques. Lorsque l'acide phénolique est l'acide gallique, on parle de gallotannins ; s'il s'agit d'acide ellagique, ce sont des ellagitannins, également appelés tanins ellagiques dans la classification traditionnelle (**Bruneton, 1993 ; Cowan, 1999**).

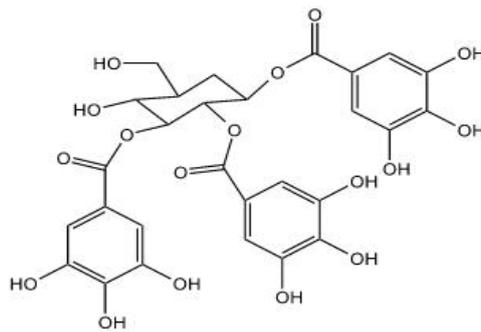


Figure 37 :structures chimiques de tannins hydrolysables.

➤ **Tanins condensés:**

Les tanins condensés, également appelés proanthocyanidines, sont des polymères composés d'unités de flavane reliées entre elles par des liaisons entre les atomes de carbone C4, C8 ou C6 (**Bruyne et al., 1999 ; O'Connell et Fox, 2001**). Contrairement aux tanins galliques et ellagiques, ils ne contiennent pas de sucre dans leur structure et sont non hydrolysables (**Paris et Hurabiellem, 1981**).

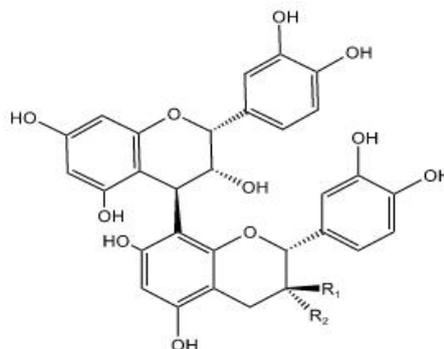


Figure 38 :Structures chimiques d'un tanin condensé.

➤ **Les coumarines:**

Les coumarines représentent une classe majeure de composés naturels, reconnaissables à leur odeur typique, proche de celle du foin fraîchement coupé. À l'exception des algues, ces substances sont caractéristiques des plantes chlorophylliennes. Les familles végétales les plus riches en coumarines sont les Légumineuses, les Rutacées, les Apiacées et les Thyméléacées. On les retrouve dans l'ensemble des parties de la plante, en particulier dans les fruits et dans les huiles essentielles extraites des graines (**Deina et al., 2003 ; Booth et al., 2004**)

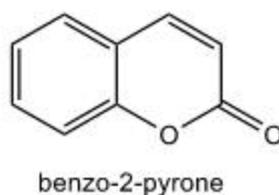


Figure 39 : structure chimique de coumarines (**Muanda, 2010**).

IV. Activité anti-oxydant :

IV.1. généralité :

La production d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) dit stress oxydatif survient naturellement dans nos cellules, notamment lors des multiples réactions chimiques qui s'y déroulent (**Halliwell & Gutteridge 2015**).

Le stress oxydatif représente un déséquilibre entre la production de radicaux libres et les défenses antioxydantes de notre organisme. Cette menace silencieuse accélère le vieillissement cellulaire et joue un rôle central sur la santé. Face à l'augmentation des facteurs de risque modernes comme la pollution et le stress, comprendre et maîtriser ce phénomène devient primordial pour préserver notre santé.

Les radicaux libres sont donc produits en permanence par l'organisme, à partir d'oxygène dans la cellule, notamment au niveau de la mitochondrie, dans la chaîne respiratoire. Ils sont instables et disparaissent vite, et les cellules disposent des mécanismes pour les neutraliser. Il arrive cependant que pendant leur courte durée de vie, elles puissent en fonction des situations physiologiques, créer des dommages irréversibles aux composants cellulaires ; ou que les dispositifs antioxydants soient dépassés. (**Sena & Chandel, 2012**).

Les antioxydants sont des molécules capables de neutraliser les radicaux libres et de protéger les cellules contre le stress oxydatif. Il est défini par (Halliwell, 1999), comme « toute substance qui, en faible concentration par rapport au substrat susceptible d'être oxydé, prévient ou ralentit l'oxydation de ce substrat ».

Un antioxydant est en mesure de neutraliser un radical libre en lui cédant simplement un électron (figure 40). Ce don n'a pas d'influence sur la stabilité de l'antioxydant mais rétablit celui du radical libre, lui offrant en quelque sorte une seconde vie d'atome stable.

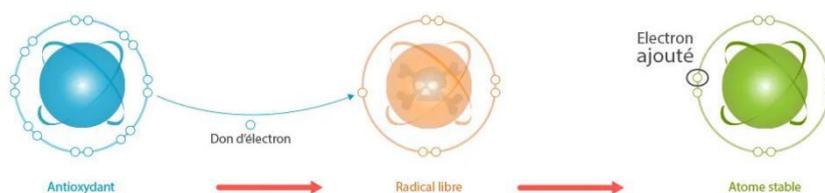


Figure 40 : Formation des radicaux

IV.2. Les sources d'antioxydants :

IV.2.1. Antioxydants synthétiques :

Utilisés dans l'industrie alimentaire sont : le Butylhydroxyanisole (BHA), le butylhydroxytoluène (BHT), le gallate propylée (PG) et le tétrabutylhydroquinone (TBHQ). Ces produits sont moins efficaces et moins chers que les antioxydants naturels (Guo *et al.*, 2006).

IV.2.2. Antioxydants enzymatiques :

Superoxyde dismutase (SOD) : Convertit le superoxyde (O_2^-) en H_2O_2 .

1. **Catalase :** Détruit le H_2O_2 en eau et O_2 .
2. **Glutathion peroxydase (GPx) :** Réduit les peroxydes lipidiques.

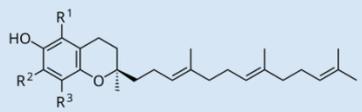
VI.2.3. Les antioxydants d'origine végétale :

Les antioxydants d'origine végétale. Constitue un apport essentiel de molécules antioxydantes : les tocophérols, les caroténoïdes et les polyphénols (Caillet *et Lacroix*, 2007).

- A. Les tocophérols :** Les tocophérols sont une famille de composés lipophiles appartenant à la vitamine E, jouant un rôle crucial comme antioxydants naturels dans les systèmes biologiques et les aliments. Il existe 4 formes naturelles de tocophérols, différenciées

par le nombre et la position des groupes méthyles sur le noyau chromanol (**tableau 07**):

Tableau 7 :les formes naturelles de tocophérols.

Structure de base de tocophérole	Forme	R ₁	R ₂	R ₃	Activité	
					Vit. (%)	E
	α-Tocophérol	CH ₃	CH ₃	CH ₃	100	
	β-Tocophérol	CH ₃	H	CH ₃	50	
	γ-Tocophérol	H	CH ₃	CH ₃	10	
	δ-Tocophérol	H	H	CH ₃	3	

La forme biologiquement la plus active est l'α-tocophérol, la plus abondante dans l'alimentation étant le γ-tocophérol. Ces molécules sont présentes en grande quantité dans les huiles végétales. Elles agissent, parallèlement à la vitamine C et au glutathion, essentiellement comme antioxydants contre les dérivés réactifs de l'oxygène produits notamment par l'oxydation des acides gras. En particulier les acides gras polyinsaturés (AGPI). (**Sebie et al., 2007**), ont signalé qu'une molécule de tocophérol peut protéger 103 à 106 molécules d'AGPI. Son activité anti-oxydante repose principalement sur l'existence du système de réduction tocophérol - tocophérylquinone.

Tocophérol-OH + ROO• → Tocophérol-O• + ROOH (non radicalaire)

En effet, une molécule de tocophérol peut réduire deux radicaux lipidiques en formant une molécule de l'α tocophérylquinone, en revanche, deux radicaux tocophéryls peuvent s'associer entre eux pour former des dimères qui peuvent avoir des propriétés antioxydants (**Traber & Atkinson (2007)**).

B. Les polyphénols :Les polyphénols constituent une vaste famille de composés phytochimiques aux propriétés antioxydantes puissantes (**Tsao 2010**), largement étudiés pour leur rôle dans la prévention des maladies liées au stress oxydatif (cancers, maladies cardiovasculaires, vieillissement).

Ils sont caractérisés par la présence d'au moins un cycle aromatique avec un ou plusieurs groupes hydroxyle (-OH). On les classe en 4 groupes principaux (**tableau 08**) :

Tableau 8 :les principaux groupes des polyphénols.

Classe	Exemples	Sources Alimentaires
Flavonoïdes	Quercétine, catéchines, rutine	Thé vert, agrumes, chocolat noir
Acides phénoliques	Acide gallique, acide caféique	Café, baies, céréales complètes
Stilbènes	Resvératrol, ptérostilbène	Raisin, vin rouge, myrtilles

Les polyphénols neutralisent les radicaux libres via plusieurs mécanismes (**Rice-Evans et al., 1996**):

- Piégeage Direct des Radicaux Libres : Donneur d'hydrogène : Le groupe -OH des polyphénols cède un H[•] au radical libre (ex. ROO[•]), formant un radical phénoxy stable.

Exemple : Quercétine + ROO[•] → Quercétine-O[•] + ROOH

- Chélation des Métaux Pro-oxydants : Ils inhibent les réactions de Fenton (Fe²⁺/Cu⁺ + H₂O₂ → [•]OH). Exemple : L'acide gallique lie le fer, empêchant la formation de [•]OH.
- Régénération d'Autres Antioxydants : Certains polyphénols (ex. acide chlorogénique) régénèrent la vitamine E oxydée.

C. Les caroténoïdes :Les caroténoïdes sont des pigments naturels liposolubles aux propriétés antioxydantes puissantes, jouant un rôle clé dans la protection des cellules contre le stress oxydatif (**Britton, 1995**). On les trouve principalement dans les plantes, les algues et certains microorganismes. Les caroténoïdes se divisent en deux groupes (**tableau 9**):

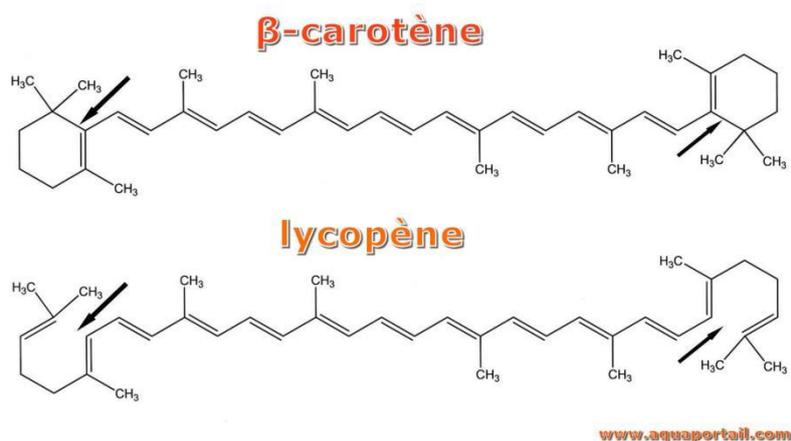
Tableau 9 : les groupes de caroténoïdes.

Type	Exemples	Structure	Sources Alimentaires
Carotènes	β -carotène, lycopène, carotène	Hydrocarbures α - (C ₄₀ H ₅₆)	Carotte, tomate, patate douce
Xanthophylles	Lutéine, zéaxanthine, astaxanthine	Contiennent des atomes d'oxygène	Épinards, maïs, saumon, krill

Les caroténoïdes sont caractérisés par une longue chaîne polyénique avec une série de doubles liaisons conjuguées (alternance de liaisons simples et doubles). Cette structure est essentielle pour leur fonction antioxydante.

Exemple de structure (**figure 41**):

- ✓ **Lycopène** : 11 doubles liaisons conjuguées.
- ✓ **β -carotène** : 9 doubles liaisons conjuguées.

Figure 41 : structure de Lycopène et de β -carotène.

Les caroténoïdes empêchent l'initiation des réactions radicalaires en neutralisant l'oxygène singulet. Néanmoins, tous ils n'ont pas la même efficacité pour inactiver l'oxygène

singulet. Par ordre décroissant d'efficacité on classe : le lycopène, puis le β - carotène et enfin la lutéine (Justine, 2005). via :

- Caroténoïde + $^1\text{O}_2 \rightarrow$ Caroténoïde (excité) \rightarrow Caroténoïde (état fondamental) + chaleur

Les caroténoïdes cèdent un électron π au radical, formant un radical caroténoïde stabilisé par résonance :

Caroténoïde + ROO• \rightarrow Caroténoïde•⁺ + ROO⁻ (Le radical caroténoïde (Car•⁺) est stable grâce à la délocalisation des électrons sur la chaîne conjuguée). (Mortensen & Skibsted, 1997)

IV.3. Méthodes d'Exploration de l'Activité Antioxydante:

L'évaluation de l'activité antioxydante est cruciale pour étudier les composés capables de neutraliser les radicaux libres et de protéger contre le stress oxydatif. Les méthodes sont classées en 3 catégories principales, chacune ayant des avantages et limites spécifiques.

IV.3.1. Méthodes Basées sur le Piégeage des Radicaux Libres:

A. Test au DPPH (2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl) :

Le test au DPPH est une méthode spectrophotométrique utilisée pour évaluer la capacité d'un composé à piéger les radicaux libres via un mécanisme de transfert d'électrons ou de dons d'hydrogène. Le DPPH, un radical stable de couleur violette (absorption maximale à 517 nm), est réduit en présence d'antioxydants, entraînant une décoloration vers le jaune/incolore (Brand-Williams et al., 1995).

Le test au DPPH est un outil incontournable pour l'évaluation in vitro de l'activité antioxydante, malgré ses limites. Il doit être complété par d'autres méthodes (ex : FRAP, ORAC) pour une caractérisation complète des propriétés antioxydantes.

B. Test à l'ABTS (2,2'-Azino-bis(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique) :

Le test à l'ABTS est une méthode spectrophotométrique largement utilisée pour évaluer la capacité antioxydante des composés en mesurant leur aptitude à neutraliser le radical cationique ABTS^{•+}. Ce radical, formé par oxydation de l'ABTS, présente une forte absorbance à 734 nm (couleur bleu-vert). En présence d'antioxydants, le radical est réduit, entraînant une diminution de l'absorbance proportionnelle à l'activité antioxydante. (Prior et al., 2005)

Le test à l'ABTS est une méthode rapide, sensible et reproductible pour évaluer l'activité antioxydante. Bien que non physiologique, il reste un outil de référence pour le screening préliminaire. Il est souvent couplé avec d'autres méthodes (DPPH, FRAP, ORAC) pour une évaluation plus complète.

C. Test ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity):

La méthode ORAC mesure la capacité d'un antioxydant à protéger une molécule fluorescente (généralement la β -phycocyanine ou la fluorescéine) contre les dommages oxydatifs induits par des radicaux libres générés thermiquement (radicaux peroxy, AAPH). La diminution de la fluorescence dans le temps est proportionnelle à l'activité antioxydante (Prior et al., 2005)

La méthode ORAC est l'une des plus fiables pour évaluer l'activité antioxydante globale, car elle simule une oxydation progressive proche des conditions physiologiques. Bien que complexe, elle reste une référence dans la recherche nutritionnelle et pharmaceutique.

IV.3.2. Méthodes Basées sur la Réduction des Métaux

A. Test FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power):

La méthode FRAP mesure la capacité des antioxydants à réduire le fer ferrique (Fe^{3+}) en fer ferreux (Fe^{2+}) dans un milieu acide. Le complexe Fe^{2+} -TPTZ (2,4,6-tripyridyl-s-triazine) formé produit une coloration bleue intense, absorbant à 593 nm, proportionnelle au pouvoir réducteur de l'échantillon (Huang et al., 2005).

Le test FRAP est une méthode simple, rapide et économique pour évaluer le pouvoir réducteur des antioxydants, idéale pour le screening initial. En revanche, il doit être complété par des méthodes comme l'ORAC ou l'ABTS pour une vision globale de l'activité antioxydante.

B. Test CUPRAC (Cupric Reducing Antioxidant Capacity):

La méthode CUPRAC mesure la capacité des antioxydants à réduire le cuivre(II) (Cu^{2+}) en cuivre(I) (Cu^{+}) en présence de néocuproïne (2,9-diméthyl-1,10-phénanthroline), formant un complexe coloré absorbant à 450 nm. L'intensité de la coloration est proportionnelle au pouvoir antioxydant (Apak et al 2004).

La méthode CUPRAC est plus polyvalente et sensible que le FRAP, car elle fonctionne à pH neutre et détecte une gamme plus large d'antioxydants. Elle est particulièrement adaptée aux matrices alimentaires complexes.

IV.3.3. Méthodes Basées sur la Peroxydation Lipidique:

A. Test TBARS (Thiobarbituric Acid Reactive Substances):

La méthode TBARS est une technique colorimétrique largement utilisée pour quantifier la peroxydation lipidique en mesurant les composés réactifs à l'acide thiobarbiturique (TBA), principalement le malondialdéhyde (MDA), un sous-produit clé de la dégradation oxydative des lipides. Le MDA réagit avec le TBA pour former un complexe rose-rouge absorbant à 532-535 nm (Buege et Aust, 1978).

Le test TBARS reste une méthode de référence pour estimer la peroxydation lipidique, malgré ses limites. Pour des résultats plus spécifiques, il est recommandé de le coupler avec des techniques comme HPLC ou spectrofluorimétrie.

B. Test d'Oxydation des LDL

Les LDL oxydées (oxLDL) jouent un rôle clé dans l'athérogenèse. Ce test mesure la susceptibilité des LDL à l'oxydation in vitro, en suivant la formation de produits oxydés (e.g., malondialdéhyde (MDA), conjugués diènes) ou la consommation d'oxygène (Esterbauer 1989). Deux approches principales existent :

1. **Oxydation induite par le cuivre (Cu^{2+})** : Les LDL isolées sont incubées avec du CuSO_4 , et l'oxydation est mesurée par TBARS, spectrophotométrie (diènes conjugués à 234 nm), ou électrochimie.
2. **Détection des oxLDL circulantes** : Via ELISA utilisant des anticorps spécifiques (e.g., anti-oxLDL).

Le test d'oxydation des LDL est un outil essentiel pour étudier le stress oxydatif en recherche cardiovasculaire. La combinaison de méthodes (diènes conjugués, TBARS, ELISA) permet une évaluation robuste. Pour des résultats cliniques, les kits ELISA standardisés sont recommandés.

On peut résumer les avantages et les limites de quelques méthodes de l'activité anti-oxydante dans le **tableau 10** :

Tableau 10 :Tableau Comparatif des Méthodes.

Méthode	Cible	Avantages	Limites
DPPH	Radicaux stables	Rapide, simple	Non physiologique
ORAC	Radicaux peroxydes	Approche cinétique	Coûteux
FRAP	Pouvoir réducteur	Bonne reproductibilité	Ignore les antioxydants non réducteurs
TBARS	Peroxydation lipidique	Applicable in vivo	Spécificité limitée

CHAPITRE 2 : MATÉRIEL ET MÉTHODE

Ce chapitre présente les matières végétales employées, les protocoles d'extraction appliqués, ainsi que les tests réalisés pour évaluer les différentes activités biologiques.

L'ensemble de l'étude a été menée au sein des laboratoires suivants :

➤ Laboratoire pédagogique de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie du Centre Universitaire de Mila.

I. Matériel :

I.1. Matériel végétale :

L'ensemble de matières végétales utilisées au cours de cette étude consiste en :

- La résine de pin est extraite des arbres de la région de Mila en janvier 2025.
- L'huile d'olive (c'est une huile commercialisée dans un marché local) .
- huile d'amande douce(c'est une huile commercialisée dans un marché local) .
- Huile de ricin(c'est une huile commercialisée dans un marché local) .
- Huile de *pistacia lentiscus* (c'est une huile commercialisée dans un marché local) .

II. Méthode :

Pour préparer les quatre macérats de résine, nous avons utilisé la méthode de macération :

- Dans l'huile d'olive.
- Dans l'huile de d'amande douce.
- Dans l'huile de ricin.
- Dans l'huile de *pistacia lentiscus*.

II.1. Macération :

La macération, une méthode traditionnelle largement utilisée, présente l'avantage d'être relativement peu coûteuse, bien qu'elle nécessite un temps d'extraction prolongé et une quantité importante de solvants. Un de ses atouts majeurs réside dans le fait qu'elle s'effectue à température ambiante, ce qui permet de préserver l'intégrité des molécules polyphénoliques, sensibles aux variations thermiques (Spigno et De Faveri, 2007).

- **Préparation des extraits : macération de la résine dans les quatres huiles (huile d'olive , d'amande douce , de ricin, de *pistacia lentiscus*) :**

- ✓ Un volume de 200 mL de chaque huile a été ajouté à 5 g de résine de pin réduite en poudre, puis le mélange a été chauffé au bain-marie à 50 °C pendant 15 minutes.
- ✓ Le mélange ensuite a été agité pendant 8 jours à vitesse 50 à température ambiante et à l'abri de la lumière.
- ✓ Après la filtration l'huile obtenues conservées dans un flacon en verre fumé dans le réfrigérateur.

II.2. Paramètres physico-chimiques des huiles :

II.2.1. Détermination de l'indice de peroxyde :

A. Principe :

L'indice de peroxyde représente la quantité des substance de l'échantillon (**exprime en milliéquivalents d'oxygène actif par Kg de matière grasse**) qui oxydent l'iodure de potassium.

Indice de peroxyde est déterminé selon la méthode décrite dans le règlement **CEE/2568/91**.

Le principe repose sur la prise d'essai est traitée par l'iodure de potassium en présence de chloroforme et acide acétique. L'iode libéré est titré en retour par une solution de thiosulfate de sodium.

B-Mode opératoire :

La méthode utilisé est celle **d'ISO 3690,2007**.

- 5g d'huile pesées dans une fiole et mélangés avec 12ml de chloroforme ;le tout est agité.
- 18ml d'acide acétique glacial ainsi que 1ml d'Iodure de potassium (KI) (solution aqueuse saturée) sont ajoutés.
- Le mélange est agité pendant 1mn et laissé reposer pendant 5mn à l'abri de la lumière et à une température de 15 à 25°C.
- 75ml d'eau distillée sont additionnés suivi d'un titrage de l'iode libéré avec une solution de thiosulfate de sodium [$C(Na_2S_2O_3)$] à 0,01N en agitant vigoureusement et en employant la solution d'amidon (1g/100ml) comme indicateur jusqu'à disparition de la couleur .

- L'indice de peroxyde en milliéquivalent d'O₂/kg est calculé selon l'équation :

$$\text{Indice de peroxyde} = N (V - V_0) \times 1000 / m$$

Ou : N : Normalité de thiosulfate de sodium (0,01).

V, V₀ : volume en ml de NaS₂O₃ nécessaire pour le titrage de l'échantillon et de l'essai à blanc respectivement.

m: masse en gramme de la prise d'essai .

II.2.2. Détermination de l'acidité libre:

Une prise d'essai d'huile 5g a été dissoute dans 20ml d'un mélange d'oxyde diéthylique-éthanol à 95 % (V/V).Le mélange a été titré en agitant à l'aide d'une solution éthanolique d'hydroxyde de sodium (0,1N) en présence de phénolphtaléine jusqu'à coloration rose persistant une dizaine de secondes.

Un essai témoin a été réalisé dans les meme condition.L'acidité est exprimée en pourcentage d'acide oléique que se determine ainsi :

$$A\%(\text{acide oléique}) = (V - V_0) \times (N \times M / 10 \times m)$$

V et V₀ : volume en millilitre dr NaOH nécessaire a la neutralisation de l'échantillon et le blanc , repectivemet

N : normalité de la solution de NaOH (0,1).

M : masse molaire de l'acide oléique qui est égale à 282 g/ml.

m : masse en gramme de la prise d'essai.

II.2.3. Détermination du coefficient d'extinction spécifique :

A-Principe :

Cet examen spectrophotométrique dans l'ultraviolet peut fournir des indications sur la qualité d'une matière grasse ainsi le coefficient d'extinction à 270 nm est un bon révélateur de la teneur de l'huile en peroxyde.

La détermination de l'absorbance à 232 nm et au voisinage de 270 nm permet la détection des produits d'oxydation des acides gras insaturés, lorsqu'il ont une structure diénique conjuguée (hydro peroxyde linoléique C18 : 2), et des produits secondaires d'oxydation ayant une structure triénique en particulier des cétones et dicétones , qui absorbent la lumière vers 270nm.

Le principe consiste à dissoudre la matière grasse dans le solvant requis, puis on détermine l'extinction de la solution à la longueur d'onde prescrite, par apport au solvant pur. Les extinctions spécifiques sont déterminées à partir des lectures spectrophotométriques.

B-Mode opératoire :

Les diènes et les triènes conjugués sont à doser dans l'huile d'olive selon la norme du conseil oléicole international 2011 :

- 0,1g de l'échantillon est dissout dans 10ml du cyclohexane. Après homogénéisation, on mesure les extinctions k_{232} et k_{270} .
- L'absorbance se fait à 232nm et 270nm avec à un spectrophotomètre UV.
- La lecture se fait dans une cuve en quartz.
- Les valeurs du coefficient d'extinctions spécifiques à 232nm et 270nm sont calculées selon la formule suivante :

$$K = A_k / C \times S$$

Ou : A_k : Absorbance à longueur d'onde k.

C : Concentration de la solution en g/100ml.

S : Chemin optique (1cm).

II.2.4. Détermination de la teneur en pigment (chlorophyle et caroténoïde)

A. Mode opératoire :

Le protocole du dosage des caroténoïdes et des chlorophylle utilisé est celui de (minguez et al., 1991) : une prise d'essai de 3g d'huile est ajustée jusqu'à 10ml de cyclohexane dans une fiole jaugé . Les absorbance maximales à 670 nm et à 470 nm nous renseignent sur la fraction chlorophyllienne et les caroténoïdes respectivement. La valeur du coefficient d'extinction spécifique utilisée

$$\text{Chlorophylle (mg/Kg)} = \frac{A_{670} \times 10^6}{613 \times 100 \times T}$$

$$\text{Caroténoïdes (mg/Kg)} = \frac{A_{470} \times 10^6}{2000 \times 100 \times T}$$

$E_0 = 613$ pour la phéophytine (composant majeur des chlorophylles).

$E_0 = 2000$ pour la lutéine (composant majeur des caroténoïdes).

A : absorbance

T : trajet optique (épaisseur de la cuve 1 cm).

II.3. dosage des polyphénols totaux et évaluation de l'activité anti-oxydante des huiles :

II.3.1. Extraction des composés phénoliques :

L'extraction des composés phénoliques des huiles suivantes : Huile d'olive **HO**, Huile d'olive avec la résine **RHO**, Huile de *pistacia lentiscus* **LHP**, Huile de *pistacia lentiscus* **L** avec la résine **RHP**, Huile de ricin **HR**, Huile de ricin avec la résine **RHR**, Huile d'amande douce **HA**, Huile d'amande douce avec la résine **RHA** a été réalisée selon le protocole de **Pirisi et al. (2000)**. Brièvement, 04 g de chaque huile ont été introduits dans un tube, additionnés de 02 ml n-hexane et 04 ml de (méthanol-eau) 60% méthanol. Après homogénéisation, la mixture a été centrifugée pendant 05 min à tpm. Le surnageant (méthanol) contenant les polyphénols a été récupéré. Cette procédure a été répétée trois fois afin d'épuiser les huiles.

Alors que les huiles HR et RHR ont été extraites selon le protocole de **Slater et al. (2015)** avec quelque modification. En effet, 04 g de chaque huile ont été introduits dans un tube, additionnés de 12 ml de méthanol. Après homogénéisation, la mixture a été centrifugée pendant 05 min à tpm. Le surnageant (méthanol) contenant les polyphénols a été récupéré et rincé avec 5ml d'éther diéthylique.

II.3.2. Dosage des polyphénols totaux :

A. Réactifs utilisés :

- ✓ FCR (Folin-Ciocalteu réactif)
- ✓ Na₂CO₃ de 7,5% (Carbonate de sodium)
- ✓ Acide Gallique
- ✓ Nos extraits
- ✓ Eau distillée
- ✓ Méthanol

B. Principe :

Le dosage est une méthode utilisée pour déterminer la teneur en composés phénoliques. Dans cette étude, la quantification des composés phénoliques présents dans nos extraits a été réalisée à l'aide de la méthode de Folin-Ciocalteu (Wong et al., 2006). Ce réactif est un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMO_{12}O_{40}$), qui se réduit en oxydes bleus de tungstène et de molybdène lors de l'oxydation des phénols. La coloration bleue ainsi formée présente un maximum d'absorbance autour de 765 nm, et son intensité est proportionnelle à la concentration en composés phénoliques.

C. Protocole expérimental :

➤ Préparation de Folin-Ciocalteu (FCR) dilué 10 fois:

✓ 5ml de FCR concentré (2M) et complété à 45 ml par l'eau distillé.

➤ Préparation de Carbonate de sodium (Na_2CO_3) à 7,5%:

✓ 7.5 gramme de Na_2CO_3 et sont dissouts dans 92.5 ml d'eau distillée.

- Une prise de 1 ml d'extrait de l'extrait dilué est mélangée avec 5 ml du réactif de Folin Ciocalteu dilué 10 fois.
- Après une agitation vigoureuse suivie d'un repos de 3 min, une prise de 3.75 ml d'une solution de bicarbonate de sodium (Na_2CO_3) (7,5%) est additionnée.
- Après une incubation du mélange réactionnel pendant 2 heures à température ambiante et à l'obscurité.
- La lecture est effectuée à une longueur d'onde de 765 nm.
- le blanc est préparé en parallèle de la même manière en remplaçant l'extrait par le solvant utilisé ((constitué de (FCR), de Na_2CO_3 (7,5%) et méthanol).
- La détermination de la quantité des polyphénols de l'extrait méthanolique doit être déterminée à l'aide d'une courbe d'étalonnage préparée avec de l'acide gallique, le standard le plus souvent employé dans la méthode de Folin-Ciocalteu. Les teneurs en polyphénols sont exprimées en mg EAG/Kg huile.
- La gamme standard est formulée avec de l'acide gallique a des concentrations variable 0,025, 0,05, 0,075, 01, 0,125, 0,15, 0,175, 0,2 mg/ml.

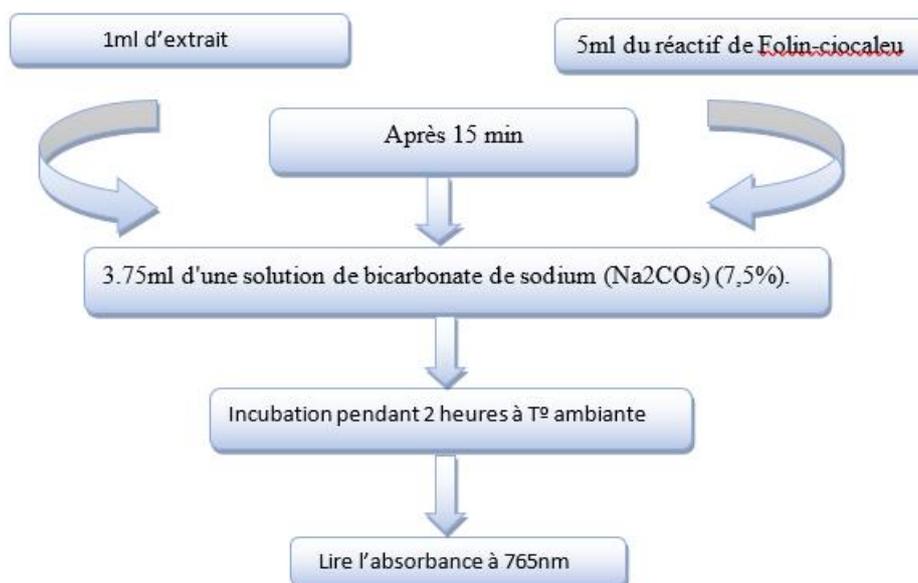


Figure 42 :protocole de dosages des polyphénols.

II.3.3. Evaluation de l'activité antioxydants :

A. Réactifs utilisés :

- ✓ DPPH

C. Principe :

Le 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH) est un radical libre instable de couleur violette, caractérisé par la présence d'un électron non apparié sur un atome de son pont azoté. Ce composé présente un maximum d'absorbance à 517 nm. Lorsqu'il est réduit par un donneur de protons, tel qu'un antioxydant, il subit un changement de couleur du violet au jaune. Cette variation est ensuite suivie par spectrométrie UV-Visible (**Chandra Shekhar et Goyal, 2014**).

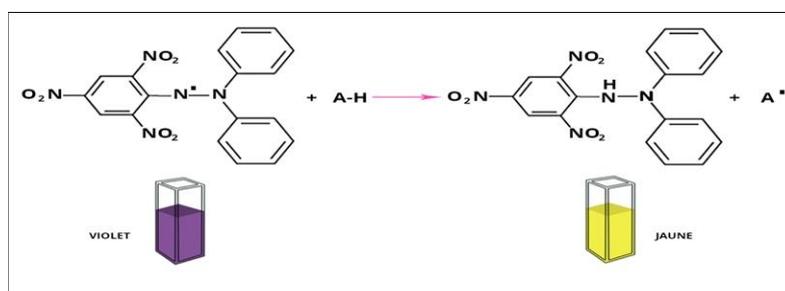


Figure 43 :principe de l'activité antioxydant.

D. Protocole expérimental :

- Préparation de la solution de DPPH 100 µmol/l : 4mg de DPPH (C₁₈H₁₂N₅O₆ : Mr 394,33g/Mol), est solubilisé dans le MeOH absolu pour obtenir une concentration de 100 µmol/l.
- Un volume de 0.5 ml de chaque extrait polyphénolique a été ajouté à 3 ml d'une solution méthanolique de DPPH (0.1 mmol/l).
- La décoloration par rapport au témoin, contenant le DPPH et le solvant, est mesurée au spectrophotomètre à 515nm après 30 min d'incubation à l'obscurité.
- L'absorbance de chaque solution mesurée par rapport à un blanc.
- le control est préparé en parallèle de la même manière en remplaçant l'extrait par le méthanol.
- L'absorbance en DPPH restant mesurée est convertit en pourcentage d'inhibition par la relation suivante :

$$I\% = \frac{\lambda(\text{control}) - \lambda(\text{extrait})}{\lambda(\text{control})} \times 100$$

I% : pourcentage d'inhibition.

$\lambda(\text{extrait})$: la densité optique du DPPH en présence de l'extrait à tester.

$\lambda(\text{control})$: la densité optique du control.

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION

I. Paramètres physicochimiques

I.1. Détermination de l'indice de peroxyde

L'indice de peroxyde (IP) est un indicateur clé de l'oxydation primaire des huiles végétales, mesurant la quantité d'hydroperoxydes formés lors des premières étapes de la dégradation des lipides, auto-oxydation, plusieurs facteurs influencent l'IP telle que : la température, exposition à la lumière et à l'oxygène, teneur en acides gras insaturés (**Tanouti et al., 2011**)

Les résultats de l'indice de peroxyde effectués sur : les huiles et les huiles avec de résine ont été rassemblés dans le tableau suivant (**tableau 11 et figure 44**) :

(Huile d'olive **O**, Huile d'amande douce **A**, Huile de ricin **R**, Huile de *pistacia lentiscus* **LP**)

(**OR, AR, RR, PR**) sont des huiles avec la résine

Tableau 11 : Les résultats d'indice de peroxyde des huiles étudiés .

Les huiles	Indice de peroxyde en meq d'O ₂ /kg
O	9,8±0,57
OR	9,2±0,28
A	5,8±1,13
AR	1,2±0,85
R	2,25±0,35
RR	1,6±0,42
P	3±0
PR	1±0

(Huile d'olive **O**, Huile d'amande douce **A**, Huile de ricin **R**, Huile de *pistacia lentiscus* **LP**)

(**OR, AR, RR, PR**) sont des huiles avec la résine

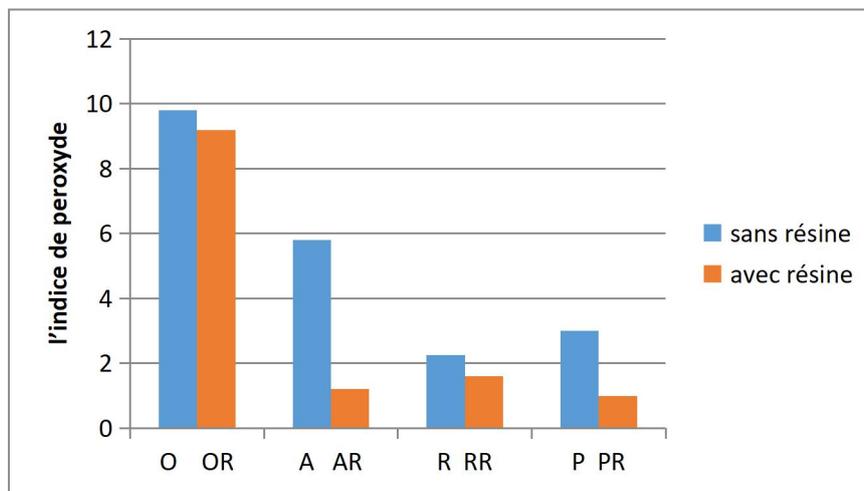


Figure 44 : Variation de l'indice de peroxyde des huiles étudiées.

✓ Huile d'olive:

L'échantillon étudié présente une teneur en peroxyde de $9,8 \pm 0,5$ meq O_2/kg d'huile. Cette valeur respecte les exigences de la norme commerciale du **Conseil Oléicole International (COI, 2015)**, qui fixe une limite maximale de 20 meq O_2/kg pour les huiles vierges. Ainsi, l'huile analysée peut être classée dans la catégorie des huiles d'olive vierges

Ce résultat est en accord avec les travaux de (**Benrachou, 2013**), qui a rapporté des teneurs en peroxyde comprises entre 7,46 et 11,4 meq O_2/kg dans des huiles issues de trois variétés d'olivier (Limli, Bouricha et Blanquette) cultivées dans l'est algérien (Jijel, Béjaïa et Guelma). Cependant, ces valeurs restent inférieures à celles publiées par (**Boulfane et al. 2015**), qui a relevé des teneurs allant de 10,96 à 18,7 meq O_2/kg dans huit variétés d'huile d'olive originaires de la région de Chaouia, au Maroc.

La faible valeur de l'indice de peroxyde (IP) observée dans notre échantillon suggère que les olives ont été transformées rapidement après la récolte, et que l'huile a été conservée dans de bonnes conditions. Il est important de souligner que l'IP tend à augmenter avec la maturité des olives, les chocs thermiques, les procédés d'extraction inadaptés, ou encore lors d'un stockage prolongé ou mal contrôlé (**Tanouti et al., 2011**).

✓ Huile d'amande douce :

Selon les normes établies par le Codex Alimentarius, la valeur maximale admise pour l'IP d'une huile d'amande extra vierge est de 10 meq O₂/kg. L'huile analysée dans cette étude présente un indice de peroxyde de 5,8±1,13 meq O₂/kg, ce qui la place largement en dessous du seuil limite, indiquant une bonne stabilité oxydative.

Cette faible valeur peut être attribuée à une extraction rapide après la récolte des amandes, ainsi qu'à un stockage approprié, deux facteurs majeurs dans la prévention de l'oxydation prématurée de l'huile. En effet, les corps gras sont sensibles à l'oxydation en présence de certains facteurs comme l'oxygène, une température élevée, la lumière, l'humidité, ou encore la présence d'enzymes ou de photo-sensibilisateurs (**Tanouti et al., 2011**).

✓ **Huile de ricin :**

L'huile de ricin présente un indice de peroxyde de 2,25±0,35 meq O₂/kg, une valeur nettement inférieure à celle rapportée par **Hejjam (2017)**, qui a obtenu 7,83 meq O₂/kg en utilisant une extraction par solvant (éther de pétrole). Cette différence suggère que l'huile a été obtenue par une méthode d'extraction plus douce et a été conservée dans de bonnes conditions.

✓ **Huile de Pistacia lentiscus L:**

La valeur de l'indice de peroxyde mesurée dans notre étude pour l'huile de lentisque est de 3±0 meq O₂/kg, cette valeur est inférieure à celle obtenue par **Merzougui (2015)**, qui a mesuré un indice de peroxyde de 5,39 meq O₂/kg dans une huile extraite des fruits de lentisque de la région d'**El-Kala**.

Ce type d'écart peut s'expliquer par la méthode d'extraction utilisée. En effet, les huiles extraites de manière traditionnelle présentent généralement des indices de peroxyde plus élevés que celles obtenues par pression mécanique à froid. Selon les normes du Codex Alimentarius, une huile obtenue par pression à froid doit présenter un indice de peroxyde inférieur à 10 meq O₂/kg, ce qui est bien le cas de l'échantillon étudié dans notre travail.

✓ **Mélange huile résine**

Lorsque nous avons ajouté de la résine aux huiles, nous avons constaté une diminution du pourcentage de peroxyde dans toutes les huiles. Ce résultat peut être expliqué par plusieurs mécanismes chimiques et antioxydants propres aux composés de la résine, dont la résine de

pin contient des terpènes (α -pinène, β -pinène) et des dérivés phénoliques, qui agissent comme : Piégeurs de radicaux libres responsables de la formation des peroxydes et des Chélateurs de métaux pro-oxydants Où Certains composés de la résine (comme les acides résiniques) peuvent complexer les ions métalliques (Fe^{2+} , Cu^{2+}) qui catalysent l'oxydation des huiles.

I.1.1. Détermination de l'acidité libre :

L'indice d'acidité est une mesure chimique qui quantifie la quantité d'acides gras libres (AGL) présents dans une substance grasse, comme une huile végétale, une graisse alimentaire ou un produit industriel. Il reflète son degré de dégradation (hydrolyse ou oxydation) et sa qualité. lorsque des triglycérides sont dégradés, les acides gras qui les constituent sont libérés dans l'huile, ils sont alors dits acides gras libres (**Boublenza, 2009**).. Les résultats d'indice de l'acidité libre effectuées sur : les huiles sec et les huiles avec de résine ont été rassemblés dans le tableau suivant (**tableau 12 et figure 45**)

(Huile d'olive **O**, Huile d'amande douce **A**, Huile de ricin **R**, Huile de *pistacia lentiscus* **LP**)

(**OR, AR, RR, PR**) sont des huile avec la résine

Tableau 12 :Les résultats d'indice de l'acidité libre des huiles étudiés .

Les huiles	Indice de l'acidité libre en %
O	0,08±0
OR	1,1±0,17
A	0,055±0,007
AR	0,28±0
R	0,85±0
RR	0,79±0,08
P	4,735± 0,078
PR	6,2± 0,40

(Huile d'olive **O**, Huile d'amande douce **A**, Huile de ricin **R**, Huile de *pistacia lentiscus* **LP**)

(**OR, AR, RR, PR**) sont des huiles avec la résine

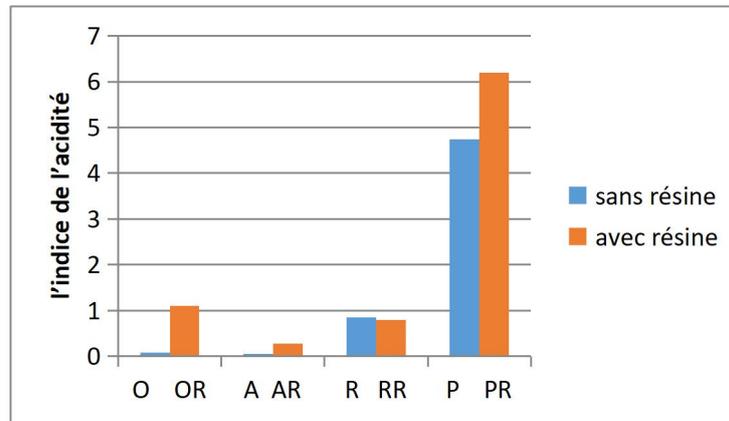


Figure 45 : Les résultats d'indice de l'acidité libre des huiles étudiés .

✓ Huile d'olive :

La teneur d'huile d'olive en acides gras libres, exprimée en pourcentage d'acide oléique (C18 :1) libre (COI, 2019). L'acidité libre compte comme étant le principal critère permettant de classer l'huile d'olive en différentes catégories de qualité. Conformément à la réglementation COI et CA, une huile extra vierge ne doit dépasser un taux d'acidité de 0,8% d'acide oléique. Selon nos résultats 0,08%, l'huile d'olive analysée peut être donc classée dans la catégorie d'huile d'olive vierge extra.

✓ Huile d'amande douce :

L'indice d'acidité de l'huile d'amande douce analysée dans cette étude est de **0,055%**. Ce résultat est nettement inférieur aux valeurs généralement rapportées dans la littérature. En effet, selon Cosmacon (2023), l'indice d'acidité de l'huile d'amande douce très pure est inférieur à **0,5%**.

Cette faible valeur témoigne d'une **faible teneur en acides gras libres**, ce qui est un indicateur de bonne qualité de l'huile. Une acidité aussi basse suggère que les amandes ont été correctement stockées, rapidement traitées après la récolte, et que l'huile a été extraite selon des conditions douces (comme la pression à froid), réduisant ainsi les phénomènes d'hydrolyse et d'oxydation.

✓ Huile de ricin :

Le résultat de taux de l'acidité d'huile de ricin obtenue dans nos étude est de **0,85 %**, Selon la norme **CODEX STAN 210-1999** relative aux huiles végétales, l'acidité maximale recommandée pour une huile de ricin de qualité alimentaire est généralement inférieure ou égale à environ **1 % d'acide oléique**. Donc, notre résultat respecte donc les standards internationaux pour une utilisation alimentaire.

Par ailleurs, une étude de **Ogunniyi (2006)** sur l'huile de ricin brute indique que les acidités peuvent varier entre **0,5 % et 1,5 %**, en fonction des méthodes d'extraction employées et de la qualité des graines utilisées. Nos résultat s'inscrit ainsi dans cette fourchette généralement observée.

Enfin, selon **Akpan et al. (2006)**, une acidité supérieure à 1 % peut être le signe d'une hydrolyse accrue des triglycérides, traduisant une dégradation de l'huile. Par conséquent, nos échantillon, avec une acidité inférieure à 1 %, apparaît comme relativement stable.

✓ **Huile de pistacia lentiscus :**

Il n'existe pas de norme Codex ou ISO spécifique pour l'huile de pistacia lentiscus, mais on se réfère aux standards des huiles végétales non raffinées. L'Acidité de l'huile de Pistacia lentiscus est élevée (4,735%) comparée aux normes (**COI 2011**) qui rapportée entre 0,8 - 3,3 et (**CEE 2005**) entre 0,8 -2,0 mais elle est proche de celle rapportée par **Charef**, pour la même huile issue d'une autre région, au nord centre du pays (**Charef et al., 2008**).

Sachant que l'acidité est liée directement à l'état de conservation et aux techniques de récolte et d'extraction utilisées. IL est possible d'expliquer ce taux élevé par l'hydrolyse des triglycérides sous l'action de Lipase contenues dans le fruit, entraînant la libération des AG libres (**Abaza et al., 2002**).

✓ **Mélange huile-résine :**

L'ajout de résine d'Alep aux huiles entraîne une augmentation significative de l'indice d'acidité dans la plupart des cas, sauf pour l'huile de ricin, où l'on observe une légère diminution (passant de 0,85 % à 0,79 %).

- Pour l'huile d'olive, l'acidité passe de 0,08 % à 1,1 %.
- Pour l'huile de Pistacia lentiscus, elle augmente de 4,735 % à 6,2 %.
- Pour l'huile d'amande douce, elle s'élève de 0,055 % à 0,28 %.

Nous pouvons expliquer cela par le fait que la résine de pin d'Alep contient des acides résiniques (tels que l'acide abiétique et pimarique), qui sont des acides carboxyliques organiques. Lorsqu'elle est mélangée à une huile, ces composés acides s'ajoutent aux acides gras libres déjà présents, augmentant ainsi l'acidité globale du mélange.

Cas particulier de l'huile de ricin : La légère baisse d'acidité pourrait s'expliquer par une possible réaction de neutralisation partielle entre les acides de la résine et certains composés spécifiques de l'huile de ricin (comme sa forte teneur en acide ricinoléique, qui présente une fonction hydroxyle réactive).

I.1.2. Détermination du coefficient d'extinction spécifique :

Le recours à la détermination des coefficients (K_{232} , K_{270}) 'absorbance dans l'ultraviolet, renseigne sur la présence Les **dienes conjugués (K_{232})** et Les **cétones et aldéhydes (K_{270})**. Les résultats du coefficient d'extinction spécifique effectuées sur : les huiles pures et les huiles avec de résine ont été rassemblés dans **le tableau 13 et la figure 46 :**

(Huile d'olive **O**, Huile d'amande douce **A**, Huile de ricin **R**, Huile de *pistacia lentiscus* **LP**)

(**OR, AR, RR, PR**) sont des huile avec la résine

Tableau 13 :Les résultats du coefficient d'extinction spécifique des huiles étudiés .

Longueur d'onde Les huiles	Coefficient d'extinction a longueur d'onde 232 nm	Coefficient d'extinction a longueur d'onde 270 nm
O	2,205	0,20
OR	2,5	1,04
A	1,88	0,089
AR	2,05	0,175
R	0,33	0,093
RR	1,072	0,261
P	2,60	0,48

PR	2,64	2,06
----	------	------

(Huile d'olive **O**, Huile d'amande douce **A**, Huile de ricin **R**, Huile de *pistacia lentiscus* **LP**)

(**OR, AR, RR, PR**) sont des huile avec la résine

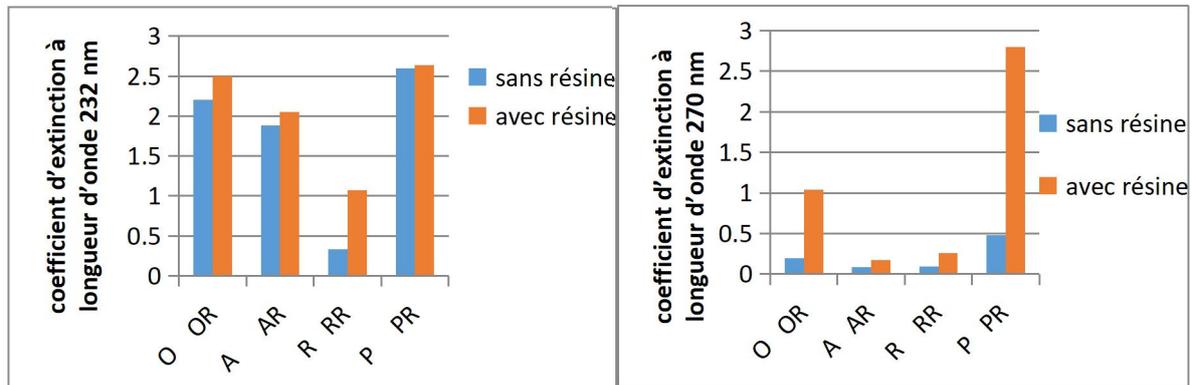


Figure 46 :Les résultats du coefficient d’extinction spécifique des huiles étudiés à longueur d’onde 232 nm et 270 nm.

✓ **Huile d'olive :**

D’après les valeurs obtenues, on remarque que l’huiles d’olive présente une extinction spécifique K_{232} et K_{270} **2.205 et 0.2** respectivement, conformes aux normes établies par le **COI (2015)**.

✓ **Huile de *Pistacia lentiscus* L:**

Les résultats d’absorbance en UV (Tableau 5) montrent que, les échantillons analysés ont des absorbances en UV qui respectent les valeurs préconisées par la norme du COI: $k_{232} \leq 2,5$; $k_{270} \leq 0,25$ (**Tanouti et al., 2010**).

Les résultats obtenus montrent que l'extinction spécifique à 270 nm et 232 nm augment après l'addition de poudre de résine

✓ **Huile d'amande douce:**

Les valeurs d’extinction spécifique en UV à 232 nm et 270nm de l’huile d’amande étudiée reste dans les normes établies par le (**COI ; 2015**).

✓ **Huile de ricin :**

Pour l'huile de ricin étudiée, les valeurs mesurées du coefficient d'extinction spécifique sont de 0,33 pour k_{232} et 0,093 pour k_{270} . La valeur obtenue pour k_{232} est proche de celle rapportée par **Frankel (2005)**, qui indique un coefficient de 0,30, suggérant une présence modérée de composés d'oxydation primaire, ce qui reste dans les limites acceptables. En revanche, la valeur de k_{270} , qui reflète l'oxydation secondaire, est nettement inférieure à la norme fixée par **(ISO 3656)**, qui est de 0,26. Cela indique une faible dégradation secondaire et suggère que l'huile analysée est peu oxydée et de bonne qualité du point de vue de la stabilité oxydative.

✓ **Mélange huile-résine :**

L'analyse des coefficients d'extinction UV (K_{232} et K_{270}) permet de détecter la présence de produits d'oxydation secondaire dans les huiles. Les résultats obtenus montrent une augmentation paradoxale de ces valeurs dans les huiles mélangées à la résine de pin, malgré une diminution de l'indice de peroxyde (IP). Cette apparente contradiction s'explique par l'apport de diènes et composés carbonylés par la résine elle-même, La résine de pin contient naturellement : **Dienes conjugués** (dans les terpènes oxydés) et les **Cétones terpéniques** (comme la carvone). Ces composés augmentent K_{232} et K_{270} sans oxydation supplémentaire de l'huile.

I.1.3. Détermination de la teneur en pigment (chlorophylle et caroténoïde):

Les pigments, composés mineurs des huiles, régulent leur stabilité oxydative via un effet antioxydant (à l'obscurité) et prooxydant (sous lumière), impactant directement leur qualité durant le stockage (**Tanouti et al., 2011**). *Les résultats de la teneur en pigment (chlorophylle et caroténoïde) effectuées sur : les huiles pures et les huiles mélangées à la résine ont été rassemblés dans le tableau 14 et les figures 47 et 48*

(Huile d'olive **O**, Huile d'amande douce **A**, Huile de ricin **R**, Huile de *pistacia lentiscus* **LP**)

(**OR, AR, RR, PR**) sont des huile avec la résine

Tableau 14 :Les résultats du teneur en pigment (chlorophylle et caroténoïde).

Longueur d'onde Les huiles	Teneur des chlorophylle en mg/kg à longueur d'onde 670 nm	Teneur des caroténoïde en mg/kg à longueur d'onde 470 nm
O	4,74	1,38
OR	16,67	6,1
A	3,40	0,73
AR	8,93	2,145
R	2,74	0,32
RR	38,5	14,1
P	26,02	13,8
PR	47,34	14,6

(Huile d'olive **O**, Huile d'amande douce **A**, Huile de ricin **R**, Huile de *pistacia lentiscus* **LP**)

(**OR, AR, RR, PR**) sont des huile avec la résine

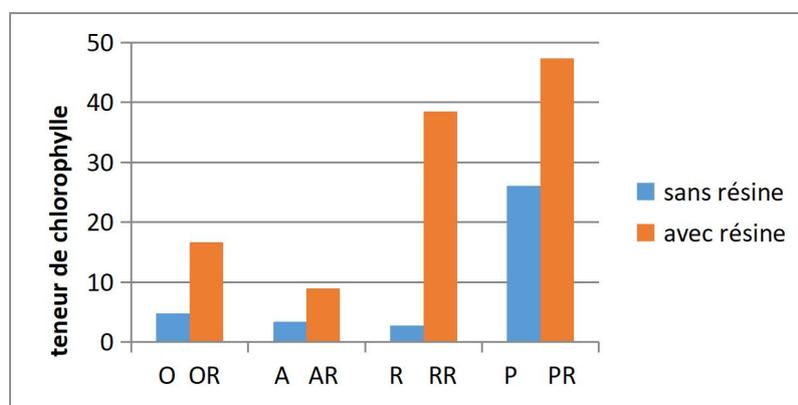


Figure 47 :Les résultats du teneur des chlorophylle à longueur d'onde 670 nm.

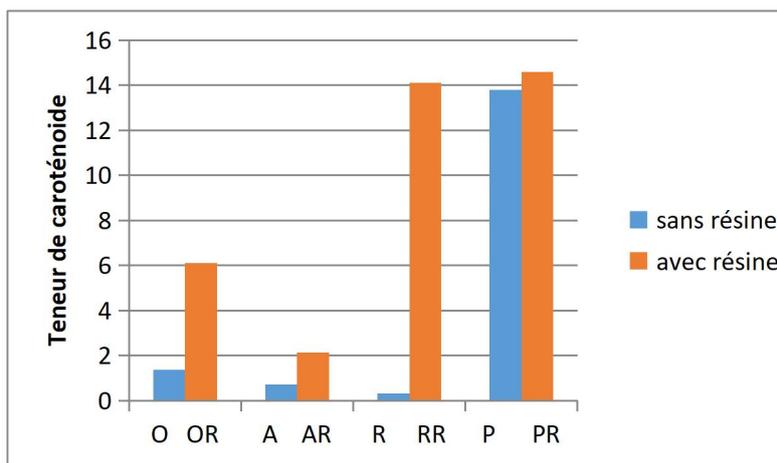


Figure 48 : Les résultats du teneur des caroténoïde a longueur d'onde 470 nm .

A. Teneur des chlorophylles à longueur d'onde 670 :

✓ Huile d'olive :

La teneur en chlorophylles mesurée dans l'échantillon d'huile d'olive est de 4,74 mg/kg. Cette valeur est conforme aux seuils généralement admis pour les huiles d'olive vierges extra. En effet, selon **Gandul-Rojas et Minguéz-Mosquera (1996)**, les teneurs en pigments chlorophylliens dans ce type d'huile varient entre 0 et 20 mg/kg.

✓ Huile de *pistacia lentiscus* :

La teneur en chlorophylles mesurée dans l'échantillon d'huile de *Pistacia lentiscus* est de 26,02mg/kg, ce qui représente une concentration relativement élevée de pigments chlorophylliens. Cette valeur dépasse significativement celle rapportée par **Iness et al. (2018)**, qui ont enregistré une teneur moyenne de $8,91 \pm 0,02$ mg /kg pour l'huile de lentisque. Cette différence pourrait être attribuée à plusieurs facteurs, tels que la variété botanique, le degré de maturité des fruits, les conditions d'extraction ou encore le stockage des échantillons. Une teneur élevée en chlorophylles confère une coloration verte prononcée à l'huile, mais elle peut aussi influencer la stabilité oxydative, puisque les chlorophylles peuvent agir comme photosensibilisateurs en présence de lumière.

✓ Huile de ricin :

Dans notre étude, la teneur en chlorophylle de l'huile de ricin a été estimée à 2,74 ppm, ce qui est relativement inférieur aux valeurs rapportées dans la littérature. En effet, selon **Minguéz-Mosquera (1991)**, la teneur en chlorophylles dans l'huile de ricin varie entre 4 et

10 ppm. Cette différence peut être liée à plusieurs facteurs, tels que le degré de maturité des graines, les conditions de stockage, la méthode d'extraction, ou encore le raffinage de l'huile.

✓ **Huile d'amande douce :**

La teneur en chlorophylle de l'huile d'amande douce obtenue dans notre étude (3,40 mg/kg à 670 nm) est plus élevée que celle rapportée par **Minguez-Mosquera et al. (1991)** et **Gharby et al. (2018)** (0,94 mg/kg). Cette différence peut s'expliquer par la variété des amandes, leur origine, le mode d'extraction utilisé (huile non raffinée), ou encore le stade de maturité des graines. Une méthode d'analyse différente peut également influencer les résultats. Une teneur élevée en chlorophylle peut améliorer l'activité antioxydante de l'huile.

✓ **Mélange Huiles-résine :**

La résine d'Alep augmente notablement la chlorophylle dans les huiles : olive (4,74 → 16,67 mg/kg), *Pistacia lentiscus* (26,02 → 47,34 mg/kg), ricin (2,74 → 38,5 mg/kg) et amande douce (3,40 → 8,93 mg/kg). "Bien que la résine de pin (*Pinus halepensis*) contienne naturellement peu de chlorophylle - puisqu'elle est produite par les canaux résinifères et non par les tissus photosynthétiques - l'augmentation observée pourrait s'expliquer par l'interférence analytique : certains composés résineux pourraient absorber dans la même plage spectrale que la chlorophylle (~670 nm), faussant les mesures spectrophotométriques.

Par conséquent, des techniques complémentaires (HPLC, spectroscopie) sont nécessaires pour distinguer la chlorophylle vraie des chlorophylles interférentes.

A. Teneur des caroténoïde a longueur d'onde 470 :

✓ **Huile d'olive :**

La teneur en caroténoïde mesurée dans l'échantillon d'huile d'olive est de 1,38mg/kg. Nos résultats concordent avec ceux obtenus sur la variété Cornicabna espagnole qui présente des teneurs en carotène variant de 2 à 14 ppm (**Salvadoretal ; 2001**). Cependant, les valeurs observées dans notre étude sont plus élevées que celles rapportées par **Boufoudi et Yakoubi (2006)** qui ont noté des teneurs variant entre 0,17 à 1,183mg/kg.

✓ **Huile de *Pistacia lentiscus***

La teneur en caroténoïdes de l'échantillon d'huile de *Pistacia lentiscus* a été mesurée à 13,8 mg/kg, ce qui indique une concentration notable en pigments liposolubles. Ce résultat est supérieur à celui rapporté par **Iness et al. (2018)**, qui ont enregistré une teneur moyenne de $9,73 \pm 0,02$ mg/kg. Cette variation pourrait s'expliquer par des différences liées à la

provenance des fruits, au degré de maturité au moment de la récolte, ainsi qu'aux méthodes d'extraction employées. Les caroténoïdes jouent un rôle important dans la protection antioxydante de l'huile et contribuent également à sa coloration jaune-orangée caractéristique.

✓ **Huile de ricin :**

La teneur en caroténoïdes mesurée dans notre échantillon d'huile de ricin est de **1,38 mg/kg**. Ce résultat est légèrement inférieur à celui rapporté par **Atta et Mohammed (2017)**, qui ont obtenu une teneur de **2,05 mg/kg**. Cette variation peut être attribuée à plusieurs facteurs, notamment les différences dans l'origine botanique des graines, les conditions agroclimatiques, ainsi que les méthodes d'extraction et d'analyse employées. En effet, la concentration en caroténoïdes peut varier considérablement selon la variété du ricin, le stade de maturité des graines, ou encore les solvants et paramètres utilisés lors de l'extraction. Malgré cette différence, la présence de caroténoïdes dans l'huile de ricin confirme son potentiel antioxydant et sa valeur nutritionnelle.

✓ **Huile d'amande douce :**

La teneur en caroténoïdes obtenue dans notre huile d'amande douce est de 0,73 mg/kg, soit presque le double de celle rapportée **Minguez-Mosquera et al. (1991) and Gharby et al. (2018)**(0,38 mg/kg). Cette différence peut s'expliquer par la variété des amandes, les conditions de culture, ou le mode d'extraction. Une extraction douce, par exemple, peut mieux préserver les pigments. La présence plus élevée de caroténoïdes est bénéfique, car elle améliore la stabilité oxydative et la valeur nutritionnelle de l'huile.

✓ **Mélange huile-résine :**

Le mélange à la résine a induit une augmentation marquée des caroténoïdes dans toutes les huiles testées, avec des multiplicateurs allant de 1,05 (Pistacia) à 44 (ricin), démontrant un effet particulièrement notable sur les huiles initialement pauvres en ces pigments. En effet :

- Huile d'olive : de 1,38 à 6,1 mg/kg (x4,4)
- Huile de Pistacia lentiscus : de 13,8 à 14,6 mg/kg (x1.05)
- Huile de ricin : de 0,32 à 14,10 mg/kg (x44)
- Huile d'amande douce : de 0,73 à 2,145 mg/kg (x2,9)

I.2. Dosage de uns polyphénols totaux:

Les composés phénoliques jouent un rôle essentiel dans la détermination des caractéristiques et de la valeur nutritionnelle des huiles. Ils constituent également les principaux agents responsables de la stabilité des huiles lors du stockage et de l'exposition à la chaleur (Brenes,2002).

La quantification des polyphénols a été faite par rapport à une courbe d'étalonnage linéaire ($Y = 11,794X - 0,1082$) réalisée par un étalon qui est l'acide gallique à différentes concentration (annexe III). Des mesures de densité optique pour chaque extrait se sont réalisées à 760 nm. Les teneurs en polyphénols totaux des différents extraits d'huiles (O, OR, A, AR, R, RR, P, PR) est exprimée en milligrammes d'équivalent d'acide gallique par Kg de l'huile (mg EAG/kg) sont représentées dans le tableau 15 le figure 49.

(Huile d'olive **O**, Huile d'amande douce **A**, Huile de ricin **R**, Huile de *pistacia lentiscus* **LP**)

(**OR, AR, RR, PR**) sont des huile avec la résine

Tableau 15 : Les résultats du teneur totale en polyphénols des extraits analysés.

Les huiles	Teneur en polyphénols en mg (EAG)/kg
O	225,47±5,00
OR	448,33±1,44
A	64,17±1,44
AR	303,33±121,79
R	591±26,92
RR	1754,67±97,86
P	269,87±16,11
PR	742,4±14,66

(Huile d'olive **O**, Huile d'amande douce **A**, Huile de ricin **R**, Huile de *pistacia lentiscus* **LP**)

(**OR, AR, RR, PR**) sont des huiles avec la résine

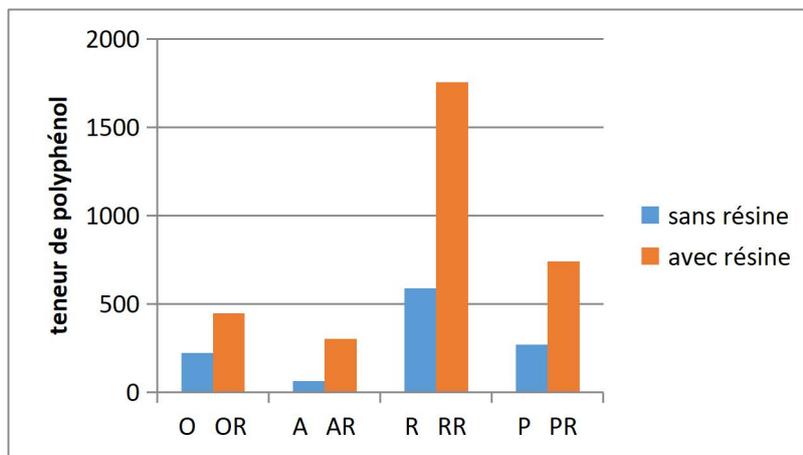


Figure 49 : Les résultats du teneur totale en polyphénols des extraits analysés.

✓ Huile d'olive :

Selon la classification proposée par **Tsimidou (1998)**, l'huile d'olive peut être catégorisée en fonction de sa teneur en polyphénols totaux comme suit :

- Teneur faible : entre 50 et 200 mg/kg.
- Teneur moyenne : entre 200 et 500 mg/kg.
- Teneur forte : > 500 mg/kg

Divers facteurs peuvent influencer la concentration en composés phénoliques dans l'huile d'olive (**Evangelisti, 1984 ; Ranalli et al., 1999**), notamment :

- La variété des olives.
- Le stade de maturité des fruits (la teneur diminue avec la surmaturation).
- Le niveau d'infestation par la mouche de l'olive (*Dacus oleae*).
- Les conditions climatiques.
- La qualité du sol.
- Le procédé d'extraction employé pour séparer la phase huileuse de la phase aqueuse.
- Les conditions de stockage de l'huile.

Les résultats de notre étude révèlent que, selon la classification de **Tsimidou (1998)**, l'huile d'olive analysée présente une teneur moyenne en polyphénols totaux, estimée à 225,467 mg (EAG)/kg.

✓ **Huile d'amande douce :**

La teneur en polyphénols pour l'huile d'amande douce dans notre étude est de 64,167mg (EAG)/kg, valeur inférieure à celle trouvée par **Melhaoui et al. (2021)**, pour lesquelles les teneurs en polyphénols sont comprises entre 85,33 mg/kg et 141,66 mg/kg. Cependant, Notre résultat est en accord avec les travaux de **Qi et al. (2019)** qui ont indiqué que la teneur totale en phénols dans l'huile d'amande extraite variait entre 47,1 mg/kg et 117,5 mg/kg.

Il convient toutefois de souligner que plusieurs facteurs peuvent influencer la teneur en polyphénols, notamment les conditions climatiques et environnementales, les caractéristiques génétiques des plantes, ainsi que les procédures expérimentales utilisées. De plus, les variations entre les méthodes d'extraction, les techniques d'évaluation, et les unités d'expression des résultats peuvent également expliquer les écarts observés entre les différentes études (**Bouhadi et al., 2021**).

✓ **Huile de ricin :**

La teneur en polyphénols totaux déterminée dans notre échantillon d'huile de ricin est de **591 mg EAG/kg**, une valeur nettement plus élevée que celles rapportées dans la littérature. En effet, selon **Santos et al. (2018)**, l'extraction des composés phénoliques de ricin a donné une teneur maximale de **135,06 mg EAG/kg** avec l'éthanol, tandis que les extraits obtenus avec l'acétate d'éthyle et l'hexane ont présenté des valeurs respectives de **50,24 mg EAG/kg** et **25,50 mg EAG/kg**. Cette différence peut s'expliquer par plusieurs facteurs, notamment la partie de la plante analysée, la méthode d'extraction utilisée, ainsi que l'origine botanique et géographique des échantillons. De plus, le protocole adopté dans notre travail pourrait avoir favorisé une meilleure libération ou solubilisation des composés phénoliques. Ce résultat met en évidence la richesse potentielle de l'huile de ricin en antioxydants naturels, et renforce son intérêt pour des applications biologiques et pharmacologiques.

✓ **Huile de *pistacia lentiscus* :**

L'analyse révèle que l'huile de *Pistacia lentiscus* étudiée présente une teneur élevée en polyphénols totaux, atteignant 269,867 mg EAG/kg. Cette valeur, significativement comparable aux données de la littérature (258,6 mg EAG/kg selon Messaoudi et al., 2019 pour des échantillons issue de la région de Béjaïa (Algérie)),

✓ **Mélange huile-résine :**

Nos analyses révèlent une augmentation significative des polyphénols totaux dans toutes les huiles après traitement avec la résine de pin **avec des gains varie de +99% (olive) à +373% (amande)**. Les concentrations (exprimées en mg EAG/kg) évoluent comme suit :

- Huile d'olive : **de 225,47±5,00 à 448,33±1,44 (×1,99)**
- Huile d'amande : **de 64,17±1,44 à 303,33±121,79 (×4,73)**
- Huile de ricin : **de 591±26,92 à 1754,67±97,86 (×2,97)**
- *Pistacia lentiscus* : **de 269,87±16,11 à 742,4±14,66 (×2,75)**

Cette augmentation serait liée à la solubilité des polyphénols de la résine dans les huiles

I.3. Evaluation de l'activité anti-oxydante :

Le test au DPPH est largement utilisé pour évaluer la capacité des composés antioxydants à neutraliser les radicaux libres, soit en agissant comme piègeurs de radicaux, soit en tant que donneurs d'atomes d'hydrogène (Molyneux, 2004).

La Figure 50 et le Tableau 16 présentent les résultats de l'activité anti-oxydante vis-à-vis du radical DPPH, exprimée en pourcentage d'inhibition (%) des extraits phénoliques des différentes huiles.

(Huile d'olive **O**, Huile d'amande douce **A**, Huile de ricin **R**, Huile de *pistacia lentiscus* **LP**)

(**OR, AR, RR, PR**) sont des huiles avec la résine

Tableau 16 :Les résultats de pourcentage (%) d'inhibition.

Les huiles	I%
O	18,76±2,26
OR	63,33±1,41
A	1,89±0,89
AR	63,62±1,82
R	21,72±0,69
RR	85,48±0,80
P	19,41±2,22
PR	68,55±2,64

(Huile d'olive **O**, Huile d'amande douce **A**, Huile de ricin **R**, Huile de *pistacia lentiscus* **LP**)

(**OR, AR, RR, PR**) sont des huile avec la résine

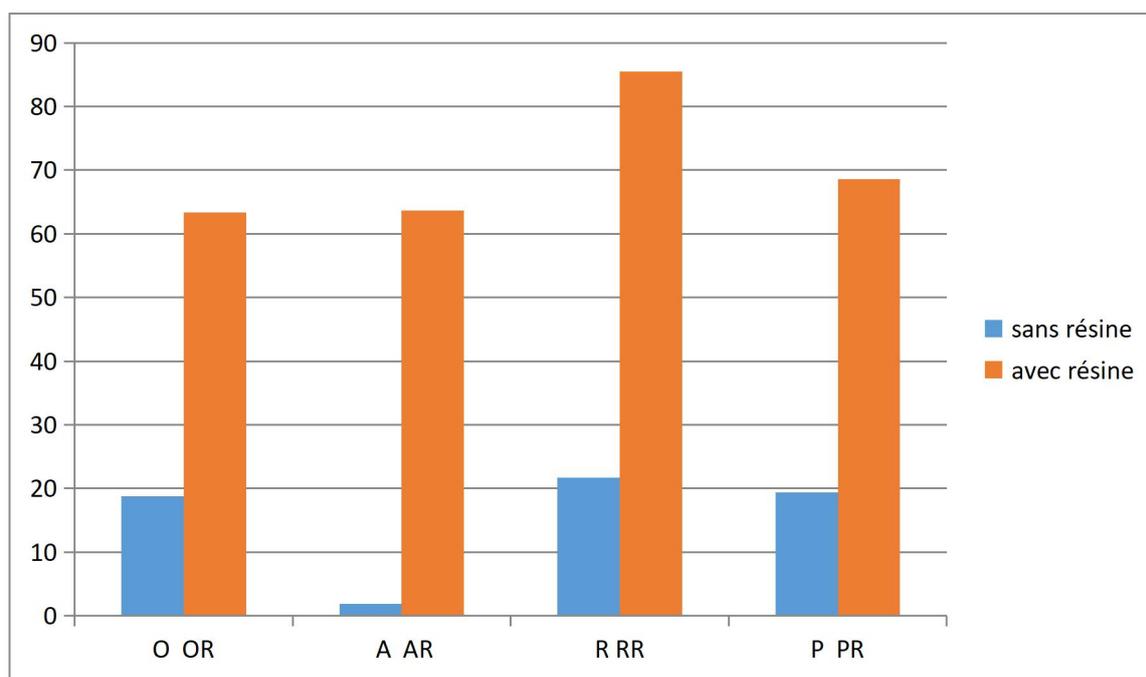


Figure 50 : Les résultats de pourcentage (%) d'inhibition.

Les résultats suggèrent une corrélation entre l'activité anti-oxydante et la teneur en polyphénols des huiles. Cette observation est cohérente avec les travaux rapportés dans la littérature, **Riam et al. (2009)** ont montré que la capacité réductrice dépend du degré d'hydroxylation des composés phénoliques et **Bonanome et al. (2000)** et **Benmlih & Ganam (2012)** : ont rapporté que l'activité anti-oxydante de l'huile d'olive est principalement liée à sa richesse en composés phénoliques, efficaces *in vivo*.

Les quatre huiles pures analysées montrent des teneurs en polyphénols variables, reflétées par leur inhibition du DPPH (**Tableau 17**):

Tableau 17 :Teneurs en polyphénols et activité anti-oxydante des huiles pures.

Huile	Teneur en polyphénols (mg EAG/kg)	Inhibition DPPH (%)
Huile d'olive	225,47 ± 5,00	18,76 ± 2,26
Huile d'amande	64,17 ± 1,44	1,89 ± 0,89
Huile de ricin	591,00 ± 26,92	21,72 ± 0,69
<i>Huile de Pistacia lentiscus</i>	269,87 ± 16,11	19,41 ± 2,22

Par ailleurs, l'ajout de résine aux huiles entraîne une augmentation notable de leur teneur en polyphénols, ce qui se traduit par une amélioration significative de leur activité anti-oxydante (**tableau18**) :

Tableau 18 :Inhibition du DPPH avant/après ajout de résine.

Huile	Inhibition pure (%)	Inhibition (mélange huile-résine) (%)	Gain relatif
Huile d'olive	18,76 ± 2,26	63,33 ± 1,41	×3,4
Huile d'amande	1,89 ± 0,89	63,62 ± 1,82	×33,7
Huile de ricin	21,72 ± 0,69	85,48 ± 0,80	×3,9
<i>Pistacia lentiscus</i>	19,41 ± 2,22	68,55 ± 2,64	×3,5

Cette augmentation confirme le rôle clé des polyphénols dans l'activité anti-oxydante, avec un effet particulièrement marqué pour l'huile d'amande.

CONCLUSION

Conclusion

Dans cette étude, nous avons réalisé une analyse comparative des huiles d'olive, d'amande douce, de ricin et de *Pistacia lentiscus*, ainsi que de leurs mélanges avec la résine de pin d'Alep. Pour évaluer les modifications induites par l'incorporation de la résine, nous avons tout d'abord

Nous avons effectué plusieurs analyses physico-chimiques pour déterminer différents paramètres : l'indice de peroxyde, l'acidité libre, les coefficients d'extinction spécifique dans l'UV (K_{232} et K_{270}), ainsi que la teneur en pigments (chlorophylle et caroténoïdes). Les résultats obtenus révèlent une légère diminution de l'indice de peroxyde dans les mélanges huile-résine par rapport aux huiles pures. En revanche, une augmentation significative de l'acidité a été observée pour toutes les huiles, à l'exception du mélange huile de ricin-résine, qui présente une diminution par rapport à l'huile pure. Concernant les coefficients d'extinction K_{232} et K_{270} , une augmentation systématique a été constatée dans tous les mélanges. Enfin, l'analyse comparative des teneurs en pigments (chlorophylle et caroténoïdes) montre que l'incorporation de résine entraîne une augmentation significative de ces composés dans toutes les huiles étudiées.

En outre, les résultats du dosage des polyphénols totaux révèlent une augmentation significative dans tous les macérats huileux. Une progression particulièrement marquée a été observée, atteignant jusqu'à +373% pour l'huile d'amande. Nous avons constaté une corrélation claire entre la teneur en polyphénols et l'activité antioxydante : l'ajout de résine de pin a engendré une élévation du pourcentage d'inhibition dans toutes les huiles testées.

Toutefois, cette étude présente certaines limites qui ne permettent pas de tirer des conclusions définitives quant à l'efficacité de ces préparations. Plusieurs pistes de recherche méritent d'être explorées pour approfondir ces travaux :

- ✓ Évaluer la stabilité des huiles enrichies en résine
- ✓ Identifier les composés bioactifs présents *dans les huiles avant et après traitement* en utilisant *techniques analytiques telles que la LC-MS/MS, HPLC.....*
- ✓ Mesurer la cytotoxicité potentielle des extraits
- ✓ Examiner leurs éventuelles propriétés pharmacologiques supplémentaires.

RÉFÉRENCES

Références

(A)

- **Abaza L, Msalem M, Daoud D, Zarrouk M.** Caractérisation des huiles de sept variétés d'olivier tunisiennes. *Oléagineux Corps gras Lipides*. 2002; 9 (2): 9-174.
- **Abaza L., Msallem M., Daoud D. & Zarrouk M., 2002.** -Caractérisation des huiles de sept variétés d'olivier tunisiennes. John Libbey Eurotext, *Oléagineux Corp gras Lipides*, Vol. 9, N°2 : 174-9.
- **Adouane, S. (2016).** Etude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région méridionale des Aurès. Thèse de magistère en Sciences Agronomiques. Université Mohamed Khider- Biskra.
- **Agostini-costa, T. S., Vieira, R. F., Bizzo, H. R., Silveira, D., & Gimenes, M. A. (n.d.). (2012).** Secondary Metabolites, Chromatography and Its Applications, Dr. Sasikumar Dhanarasu (Ed.) InTech, Available from : <http://www.intechopen.com/books/chromatography-and-itsapplications/secondary-metabolites>
- **Agostini-costa, T. S., Vieira, R. F., Bizzo, H. R., Silveira, D., & Gimenes, M. A.(n.d.).(2012).**Secondary Metabolites, Chromatography and Its Applications, Dr. Sasikumar Dhanarasu (Ed.) InTech,
- **AGROLIVA.** Laboratoire international. Sfax, Tunisie, brochure.2015.Ryan D, Robards K. Critical Review. Phenolic compounds in olives. *Analyst*. 1998 ; 123(5) :31R-44R
- **Ahmad, Z. (2010).**The uses and properties of almond oil. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 16(1), 10-12.
- **Akpan, U. G., Jimoh, A., & Mohammed, A. D. (2006).** Extraction, characterization and modification of castor seed oil. *Leonardo Journal of Sciences*, 8(8), 43–52.
- **Akpan, U.G., Jimoh, A., Mohammed, A. D. (2006).** Extraction, Characterization and Modification of Castor Seed Oil. *Leonardo J. Sci.*8:4352.
- **Akpan, U.G., Jimoh, A., Mohammed, A. D. (2006).** Extraction, Characterization and Modification of Castor Seed Oil. *Leonardo J. Sci.*8:4352.
- **Alba, F., et al. (2007).** "Phenolic compounds and antioxidant activity of Pistacia lentiscus L. seed oil." *Food Chemistry*, 103(1), 120-124.
- **Alexander, J., Diane, B., Andrew, C., Jean Pierre, C., Eugenia, D., Alessandro, D. D., Maria Luisa, F., Peter, F., Fink Gremmels, J., Corrado, L. G. (2008).** Ricin (from *Ricinus communis*) as undesirable substances in animal feed 1 Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. *EFSA J.*726738.

- **ALI JAHANBAN ESFAHLAN, RASHID JAMEI, RANA JAHANBAN ESFHLAN, 2010:** The importance of almond (*Prunus amygdalus*) and its by-products. Food chemistry, Volume 120, P 349 – 360.
- **Allen, K. G., D. V. Banthorpe, & B. V. Charlwood. (1977).** Metabolic pools associated with monoterpene biosynthesis in higher plants. *Phytochemistry*
- **Ammari, M., Mechouche, K. (2017).** Contribution à l'étude des activités biologiques de la résine de *Pinus halepensis* Mill. Mémoire de Master 2 : Pharmacologie moléculaire. Université A.Mira-Béjaïa. 11p.
- **Ammari, Y., Sghaier, T., Khaldi, A., Garchi, S. (2001).** Productivité du pin d'Alep en Tunisie: Table de Production. *Annales de l'Ingréf N° Special*, 239-246.
- **Ammar, I., et al. (2022).** *Chemical composition and functional properties of Pistacia lentiscus oil*. *Industrial Crops and Products*, 177, 114467.
- **ANAÏS ALCOVER, MATTHIEU BAMEULE, ISABELLE BOYER, HENRI DUVAL, FLORENCE FRAISSE, FABRICE LHEUREUX, MURIEL MILLAN, JEAN MICHEL MONTAGNON, 2017**
- **ANDO.** Association nationale de la promotion et du développement de la filière oléiculture 2018.
- **Anonyme., 2016.**
- **Apak, R., Güçlü, K., Özyürek, M., & Karademir, S. E. (2004).** Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(26), 7970-7981.
- **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.). *J. Fundment. Appl. Sci.*6, (1):79-93.
- **Arkcoll, D. (1988):** Lauric oil resources. *Economic botany*, 42(2), 195-205.
- **Atanasova M., Ribarova F. (Avril 2009),** Phénols et flavonoïdes totaux dans les extraits secs des feuilles des bouleaux argentés bulgares (*Betula pendula*), *Revue de génie industriel*.

- **Atta, N. M., & Mohamed, E. S. A. (2017).** Determination of fat-soluble vitamins and natural antioxidants in seventeen vegetable oils. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 8(8), 323-330. <http://dx.doi.org/10.21608/jfds.2017.38892>
- **Azzi, R., et al. (2021).** Phytochemical composition and biological activities of almond oil: A review. *Journal of Natural Products Research*, 35(2), 123-135.

(B)

- **Barbosa,D.D.C.,Tatiana,M.S.,Simoni,M.Plentz,M.,Mario,R.M. (2010).**Biodiesel production by ethanolysis of mixed castor and soybean oils.*Fuel*.89:3791–3794.
- **Barnes, J., Anderson, L.A., & Phillipson, J.D. (2007).** Herbal Medicine. 3ème Edition,Pharmaceutical Press, London
- **Barreca, D., et al. (2013).**“Flavonoids and other polyphenols in Pistacia lentiscus L. oil.”; *Food Research International*, 54(1), 350-355.
- **Baudoux D., 2003 .-**L’aromathérapie : Se soigner par les Huiles Essentielles, édition Amyris,pp 145-146 .
- **Beddou, F. (2015).** Etude phytochimique et activités biologique de deux plantes médicinales sahariennes Rumex vesicarius L et Anvillea radiata Coss. & Dur. Thèse de doctorat en biologie cellulaire et biochimie. Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen
- **BEKER M., PICARD J.F et TIMBAL J., (1982).**Larousse des arbres et arbustes de l’Europe occidentale Librairie Larousse, Paris, 330 p.
- **Belfadel,F, Z , (2009).** Huile de Fruits de Pistacia lentiscus Caractéristiques Physicochimiques et Effets Biologiques (Effet Cicatrisant Chez Le Rat). Magister en Chimie, Université Mentouri, Faculté des Sciences Exactes, Constantine .139 p.
- **Belhadj S., 2000.** Les pistacheraies algériennes: Etat actuel et dégradation, Centre Universitaire de Djelfa,Algérie, p 108.
- **Belharrane-Boumaza 2014 ;** Contribution à l’étude du cortège floristique de Ricinus communis (Famille des Euphorbiacées) dans la région de Tlemcen. Thèse de mémoire en écologie végétale. Université de Tlemcen, Algérie. 94 pp.
- **Bellakhdar J., 1997.-** La pharmacopée marocaine traditionnelle, Médecine arabe ancienne et savoirs populaires ,p764, Paris : Ibis Press.
- **Bellakhdar J., 2003.** Le Maghreb à travers ses plantes: plantes, productions végétales et traditions au Maghreb. Eds. Le fenec.

- **Beltrán G, Aguilera MP, Del Rio C, Sanchez S, Martinez L.** Influence of fruit ripening process on the natural antioxidant content of Hojiblanca virgin olive oils. *Food Chemistry*. 2005; 89: 207-215.
- **Bendini, A., Cerretani, L., Di Virgilio, F., Belloni, P., BONOLI-CARBOGNIN, M. A. T. T. E. O., & Lercker, G. (2007).** Preliminary evaluation of the application of the FTIR spectroscopy to control the geographic origin and quality of virgin olive oils. *Journal of Food Quality*, 30(4), 424-437.
- **Benmlih, M., & Ganam, A. (2012).** *Étude de l'activité antioxydante des huiles végétales. Revue Marocaine des Sciences*, 8(2), 45-53.
- **Benmehdi,I ,(2012).** Contribution a Une Etude Phyto Ecologique des Groupements a Pistacia lentiscus du Littoral De Honaine (Tlemcen, Algérie Occidentale). Mémoires de Magister, Université Abou Bakr Belkaid-Tlemcen. 7980 p.
- **Benrachou N.** Etude des caractéristiques physicochimiques et de la composition biochimique d'huiles d'olive issues de trois cultivars de l'Est algérien. Thèse de doctorat. Université d'Annaba. 2013 ; 57-112 p
- **Benrachou, M. (2013).** *Caractérisation physico-chimique et qualité des huiles d'olive extraites de différentes variétés locales de l'Est algérien* [Mémoire de Master]. Université de Jijel, Algérie
- **Bensegueni A., 2007.** -Les onguents traditionnels dans le traitement des plaies et des brûlures. Thèse d'Etat en sciences vétérinaires. Université Mentouri. Constantine. p. 21-22.
- **Bensalem, S., et al. (2022).** *Development of natural oil-based macerates with bioactive resins*. *Journal of Herbal Medicine*, 35, 100580.
- **BENTOUATI A. et BARITEAU M., (2006).** Réflexion sur le dépérissement du Cèdre de l'Atlas des Aurès (Algérie).
- **Bernard-Dagan, C. (1988).** Les substances de réserve du Pin maritime: Rôle éventuel des métabolites secondaires. *Bulletin de la Société Botanique de France .Actualités Botaniques* 135, 2540. <https://doi.org/10.1080/01811789.1988.10826883>
- **Berra G, De Gasperi R.** Qualité nutritionnelle de l'huile d'olive. En Congrès international sur la valeur biologique de l'huile d'olive - La Conea, Crète (Grèce), 8-12 septembre. 1980 ; p.427.

- **Bérubé-Gagnon, J. (2006).** Isolation et identification de composés antibiotiques des écorces de *Picea mariana*. Mémoire de la maîtrise en ressources renouvelables. Université du Québec à Chicoutimi.
- **Besnard G, Berville A.** Les Origines de Olivier (*Olea europaea* L.) et des oléastres. Ed. AITAE, AEP. 2005
- **Bisset S.** Activité antioxydante vis-à-vis de élastase extrait depolyphénols d'olive (*Olea europaea* L.) (Doctoral dissertation, Université de Setif). 2018.
- **Blanche, C. A., Lorio, P.L., Sommers, R.A., Hodges, J.D., Nebeker, T.E. (1992).** Seasonal cambial growth and development of loblolly pine: Xylem formation, inner bark chemistry, resin ducts, and resin flow .*Forest Ecology and Management* 49, 151-165.[https://doi.org/10.1016/03781127\(92\)90167-8](https://doi.org/10.1016/03781127(92)90167-8)
- **Bonanome, A., Testa, U., & Rossi, M. (2000).***Antioxidant effects of olive oil phenolics in vivo: A review. Nutrition Research, 20(8), 1031-1041*
- **Booth, W. C., Colomb, G. G., & Williams, J. M. (2003/2008/2016).** *The Craft of Research.* University of Chicago Press
- **BorchJensen,C.,BennyJensen., Mathiasen,K., Jørgen,M. (1997).**Analysis of Seed Oil from *Ricinus communis* and *Dimorphoteca pluvialis* by Gas and Supercritical Fluid Chromatography. *JAOCS.74(3):277284.*
- **Bouazza, F. (2013).** Intérêt de la mycorhization contrôlée du Chêne vert (*Quercus ilex* L.) et du Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Miller) par deux espèces de Terfez, en conditions gnotoxéniques et axéniques. Université d'Oran Es-Senia Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Département de Biotechnologie. 99 pages.
- **Bouazza, F. (2013).** Intérêt de la mycorhization contrôlée du Chêne vert (*Quercus ilex* L.) et du Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Miller) par deux espèces de Terfez, en conditions gnotoxéniques et axéniques. Université d'Oran Es-Senia Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Département de Biotechnologie. 99 pages
- **Boublenza, I., & Chemat, F. (2009).** Algerian carob (*Ceratonia siliqua* L.) populations: Morphological and chemical variability of their fruits and seeds. *Scientia Horticulturae, 121(2), 234–239.*
- **Boufoudi N. et Yakoubi K. (2006)** Caractérisation physico –chimique de quelques variétés locales da l'huile d'olive vierge. Mémoire d'ingénieur en contrôle de qualité et d'analyse : Université Abderrahmane mira de Bejaia.

- **Boukeloua, A. (2009).** Caractérisation botanique et chimique et évaluation pharmacotoxicologique d'une préparation topique à base de l'huile de Pistacia lentiscus L. thèse de magister mémoire en Biologie. Spécialité : Biotechnologie végétale. Université Mentouri Constantine.
- **Boulâacheb, N. (2010).** La résine de pinus halepensis Mill. Usage traditionnel par la Population de la petite Kabylie (Algérie, Nord Afrique). *Acta Horticulturae. International Symposium on Medicinal and Aromatic Plants*. 853: 435-438.
- **Boulfane, S., El Yamani, M., & Chabir, R. (2015).** Évaluation de la qualité physico-chimique de différentes variétés d'huile d'olive de la région de Chaouia au Maroc. *Journal of Materials and Environmental Science*, 6(11), 3138–3144.
- **Boulkroune H.** L'oléiculture en petite Kabylie : améliorer la qualité du produit participe au développement durable de la filière. Thèse université Sétif. 2018; 14p.
- **Boullard . 2001.** Dictionnaire des plantes médicinales du monde: Réalités et Croyance. 414 - 415.
- **Boutboul, H , (1986).** La Relance de La Culture du Pistachier Fruitier dans Le Midi Méditerranéen. *Rev. Hort.* No 264, 25-29 p.
- **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.
- **Brenes, M., García, A., Dobarganes, M. C., Velasco, J., & Romero, C. (2002).** Influence of thermal treatments simulating cooking processes on the polyphenol content in virgin olive oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(21), 5962-5967.
- **Britton, G. (1995).** Structure and properties of carotenoids in relation to function. *The FASEB Journal*, 9(15), 1551-1558.
- **Bruneton, J. (1999).** Pharmiognosie, phytochimie, plantes médicinales, 2ème édition, Paris, Ed : médicales internationales, Tec et Doc Lavoisier
- **Bruneton, J..** Pharmacognosie : Phytochimie, Plantes Médicinales. 3ème édition, Lavoisier Techniques & Documentation, Paris. 1999.
- **Bruyne T., Pieters L., Deelstra H. Et Vlietink A. Condensed vegetable tannins: Biodiversity in structure and biological activities.** *Biochemical Systematic and Ecology*. 1999 ; 27:445-459
- **Buege, J. A., & Aust, S. D. (1978).** [30] Microsomal lipid peroxidation. In *Methods in enzymology* (Vol. 52, pp. 302-310). Academic press.

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

(C)

- **Caillet S. & Lacroix M. (2007).** Les huiles essentielles : leurs propriétés antimicrobiennes et leurs applications potentielles en alimentaire, INRS-Institut Armand-Frappier, (RESALA), p. 1-8.
- **Cavaco, T., et al. (2022).** *Plant macerates in vegetable oils: Extraction techniques and functional properties.* Molecules, 27(9), 2887.
- **CEE 2005 Communauté économique européenne.** (2005, 31 mars). *Spécification technique n° E4-05 relative aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive.*
- **Chandra Shekhar, Tailor, & Goyal, Anju. (2014).** Antioxidant Activity by DPPH Radical Scavenging Method of Ageratum conyzoides Linn. Leaves. American Journal of Ethnomedicine, 1(4), 244–249.
- **Charbonier A, Richard J.** L'huile d'olive, aliment –santé, Ed, FrisonRoche, France.1996 ; p 1000.
- **Charef 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. Thèse de doctorat En Sciences Chimiques Option : Chimie Organique Appliquée, Université Kasdi Merbah Ouargla, 137p.
- **Charef M., Yousfi M. & M. Saidi , 2008.** -Determination of fatty acid composition of acorn (Quercus), Pistacia Lentiscus seeds growing in Algeria . Journal of the American Oil Chemists' Society, 85: 921–924.
- **Charef M., Yousfi M., Saidi M., Stocker P., (2008)** Determination of the Fatty Acid Composition of Acorn (Quercus), Pistacia lentiscus Seeds Growing in Algeria, Springerlink.
- **Cherif, M,A, (2016).** Effets Cicatrisants de Produits a Base d'huile de Lentisque (Pistacia lentiscus L.) sur Les Brûlures Expérimentales Chez Le Rat. Mémoire de Magistersciences biologiques, Université des Frères Mentouri Constantine 1. 43-44 p.
- **Chimi H. et Atouati BY. (2006).** Détermination du stade optimal des olives de la picholine marocaine par le suivi de l'évolution des polyphénols totaux, Olivae, n°54,56-60.

- **Codex Alimentarius Commission(1999).** *Norme pour les huiles végétales portant un nom spécifique: CODEX STAN 210-1999.* FAO/OMS.
- **COI (Conseil Oléicole International).Hejjam, A. (2017).***Étude de l'indice de peroxyde de l'huile de ricin extraite par solvant (éther de pétrole).* [Mémoire de Magister, Université de Jijel, Algérie]. Non publié.conditions.
- **COI. (Conseil Oléicole International). 2003.** Norme commercial applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive. COI/T. 15/NC. N° 3/Rev 1.
- **COI. CONSEIL OLÉICOLE INTERNATIONAL COI/T.15/NC N° 3/Rév. 14** Novembre 2019 .
- **Conférence des Nations Unies sur le Commerce et le Développement (CNUCED). (2005).** Accord international de 2005 sur l'huile d'olive et les olives de table. Nations Unies TD/OLIVE.OIL.10/6.
- **Connor D.J., Fereres E. (2004).** The Physiology of Adaptation and Yield. Expression in Olive. In. Janick, J. (Eds.). Horticultural Reviews. John Wiley & Sons, Inc., Oxford, UK.
- **Conseil Oléicole International (COI, 2013)** - Estimations pour 2013/14, market newsletter no76 – October 2013, p 6.
- **Conseil Oléicole International , 2009 . COI / T.15 / NC n°3 / Rév.4 (Novembre).** Norme commerciale applicable aux huiles d'olive et huiles de grignons d'olives.
- **Conseil Oléicole International, 2011. COI /T.15 / NC n° 3/ Rév.6 (Novembre).** Norme commerciale applicable aux huiles d'olive et huiles de grignons d'olives.
- **Conseil Oléicole International. (2015).** Norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive (COI/T.15/NC n°3/Rev. 10). Madrid : COI
- **Conseil Oléicole International. (2019).** Norme commerciale applicable aux huiles d'olive et aux huiles de grignons d'olive (COI/T.15/NC n°3/Rev. 13). Madrid : COI.
- **Coopman, V., Marc, D. L., Cordonnier, J., Werner, J. (2009).** Suicidal death after injection of a castor bean extract (*Ricinus communis L.*).Forensic Sci. Internatl.189:e13 e20.
- **Cosmacon, W., & Kröpke, R.(2023)** Ingredients in marigold extract.
- Couplan, F., Styner, E. (1994). Guides des plantes sauvages : comestibles et toxiques (1994), Paris, pp : 367-368.
- **Cowan, M.M.** Plant Products as Antimicrobial Agents. Clin. MicrobiolRe. 12 (4): 564-582

- **Coxam, V., Wauquier, F., Darie, C., Spilmont, M., Davicco, M. J., & Wittrant, Y. (2014).** Huile d'olive et santé osseuse. *OCL*, 21(5), D511.

(D)

- **DAHMAN M., (1986).** les produits du pin d'Alep en Tunisie .option 86/1CIHEAM.
- **Deina, M., Rosa, A., Casu, V., Cottiglia, F., Bonsignore, L.,** **Natural product: their chemistry and biological significance.** *Journal of the American Oil Chemistry Society.* 2003 : 80:65-70
- **Dembitsky, V. M., & Shulman, G. L. (2005).** Flavonoids and lignans from plants and their biological activity. *Phytochemistry*, 66(3), 307-316. [DOI: 10.1016/j.phytochem.2004.11.024].
- **determination of flavonoids via metal-flavonoid complexing reactions.** *Journal of the*
- **Dhifi W., Jelali N., & E. Chaabani, 2013.** -Chemical composition of Lentisk (*Pistacia lentiscus* L.) seed oil. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 8(16):1395-1400.
- **Dhouib, A., et al. (2021).** *Nutritional and therapeutic potential of Pistacia lentiscus.* *Phytotherapy Research*, 35(3), 1367–1378.
- **Djerrad., Kadik, L & Djouahri, A. (2015).** Chemical variability and antioxidant activities among *Pinus halepensis* Mill. Essential oils provenances, depending on geographic variation and environmental conditions. *Industrial Crops and Products* 74:440–449.
- **Djerrou, Z , (2011).** Etude des Effets Pharmaco Toxicologiques de Plantes Médicinales D'algérie :Activité Cicatrisante et Innocuité de L'huile Végétale de *Pistacia lentiscus* L. Thèse de Doctorat, Université Mentouri de Constantine. 156 p.
- **Donatien, K. (2009).** Enquête ethnobotanique de six plantes médicinales maliennes - extraction, identification d'alcaloïdes - caractérisation, quantification de polyphénols: étude de leur activité antioxydant. Thèse de doctorat. Université Bamako
- **Dorvault, F, (1928).** L'officine ou Répertoire Général de Pharmacie Pratique. 17ème Edition .VigotFrères Ed .Paris. 2012 p.
- **Douzane M., Bellal M. 2004.** Etude Des Caractéristiques Physicochimiques Des Huiles De Quelques Variétés Populations D'Olive De La Région De Bejaia. *Sciences et Technologie C, Biotechnologies*, 86-93.
- **D'Silva, I., Vaidyanathan, C. S., & Podder, S. K. (1993).** Ribosome-inactivating proteins and agglutinins from callus and suspension cultures of *Ricinus communis* L. and *Abrus precatorius* L. *Plant Science*, 94(1-2), 161-172.

- **Duke, J.A. (2002).** *Handbook of Medicinal Herbs* (2nd ed.). CRC Press. pp. 613-614. ISBN: 9780849312847.
- **Dubey, A., et al. (2023).** *Pharmacological perspectives of Ricinus communis: A review.* Journal of Ethnopharmacology, 309, 116340.

(E)

- **Edenharder, R., Grünhage, D..** Free radical scavenging abilities of flavonoids as mechanism of protection against mutagenicity induced by tert-butyl hydroperoxide or cumene hydroperoxide in Salmonella typhimurium TA102. Mutat. Res. 2003; 540: 1–18.
- **El-Baz, A., et al. (2020).** *Ricinus communis oil: Therapeutic roles beyond laxative effect.* Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2020, 3814056.
- **Emerenciano V. P., Barbosa K. O., Scotti M. T, Ferriro M. J. P., (2007),** Selforganising maps in chemotaxonomic studies of Asteraceae : a classification of tribes using flavonoid data. Journal of brazilian chemical society
- **Esterbauer, H., Striegl, G., Puhl, H., Oberreither, S., Rotheneder, M., EL-SAADANI, M. O. H. A. M. M. E. D., & Jürgens, G. (1989).** The Role of Vitamin E and Carotenoids in Preventing Oxidation of Low Density Lipoproteins a. Annals of the New York Academy of Sciences, 570(1), 254-267.
- **Evangelisti F. Zunin P.** Dacus olea infestation and its consequences on the phenolic compounds in virgin olive oil. Riv. Ital. Sostanze Grasse (1984), 71,507-511.

(F)

- **Fancès, M. (2019).** Eude de la mise au point d'un vernis industriel à base de colophane et d'huile végétale. Thèse doctorat : Polymères. Université de Pau et des Pays de l'Adour, 21 25p.
- **FAO, 2007.** Food and Agriculture Organization of the United Nations - for a world without hunger, p67.
- **FARJON A.K., (1996).** Biodiversity of Pinus (Pinaceae) in Mexico : Speciation and palaeoendemism. Bot. J. Linn. Soc, London .121(4). 365-384.
- **Farras, M., et al. (2020).** *Health benefits of olive oil polyphenols: Human evidence.* Trends in Food Science & Technology, 99, 227–239.

- **Fatnassi, T, (2019).** Caractérisation Phytochimique et Physicochimique d'un Extrait de Pistacia lentiscus Issue de Deux Régions (Nord –Est Et Est) Algériennes. Mémoire de Magister Biochimie Appliquée, Université Mohamed Khider de Biskra.40 p.
- **FELIPE, A. J, 2000:** El almendro: el material vegetal. Mira Editores.
- **Ferradji.A.(2011).** Activités antioxydante et anti-inflammatoire des extraits alcooliques et aqueux des feuilles et desbaies Pistacia lentiscus.Mémoire de MAGESTER. Université Ferhat Abbas –SETIF,68p.

(G)

- **Gallardo V, Munoz M, Ruiz M.** Formulation of hydrogels and lipogels with vitamin E. J. cosmet. Dermatol. 2005 ; 4 :187-192.
- **Gandul-Rojas B. and Minguez-Mosquera M.I. (1996)** Journal of the Science of Food and Agriculture 72: 31-39.
- **Gardeli.C., Papageorgiou.V., Mallouchos.A., Theodosis .K., Komaitis.M.(2008).** Essential composition of Pistacia lentiscusL. and Myrtus communisL.: Evaluation of antioxidant capacity of methanolic extracts. Food Chemistry 107:1120-1130.
- **Ghanmi, M., Satrani, B., Chaouch, A., Aafi, A., Al Abid, A., Ismaili, M.R. and Farah, A. (2007).** Composition chimique et activité antimicrobienne de l'essence de térébenthine du pin maritime (pinus pinaster) et du pin d'Alep (pinus halepensis) du maroc. Acta Botanic Gallica. 154 (2) : 293-300.
- **Gharby, S., Harhar, H., Farssi, M., Taleb, A. A., Guillaume, D., & Laknifli, A. (2018).** Influence of roasting olive fruit on the chemical composition and polycyclic aromatic hydrocarbon content of olive oil. Ocean Coast Law J., 25, A303. <https://doi.org/10.1051/oclj/2018013>.
- **Ghasemzadeh, A. & Ghasemzadeh, N. (2011).** Flavonoids and phenolic acids: Role and biochemical activity in plants and human. Journal of Medicinal Plants Research. 5(31) : 6697-6703
- **Ghedira k., (2005),** Les flavonoïdes : structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. Phytothérapie.
- **Gradziel T. M., (2011).** 2 Origin and Dissemination of Almond. Horticultural reviews, 38, 23.
- **Grosjean N., 2007.** –L'Aromathérapie, édition Eyrolles, p 163.
- **Guergour, H(2011).** Etude de la toxicité d'huile de Ricinus communis L. sur les animaux de laboratoire ,Magister :Biochimie . Sétif: Université Farhat Abbas –Setif ,81p.

- **Guit, B. (2015).** Croissance et état sanitaire des peuplements de Pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) dans le massif forestier de senalba (région de Djelfa). Thèse de Doctorat en Sciences Agronomiques, Ecole nationale supérieure d'agronomie, Alger.
- **Gundimeda, U., et al. (2007).** "Protective effects of olive oil and its polyphenolic compounds on cardiovascular health." *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109(11), 1106-1116.
- **Guo L., Xie M. Y., Yan AP., Wan Y. Q & Wu Y. M. (2006).** Simultaneous determination of five synthetic antioxidants in edible vegetable oil by GC-MS analytical and bioanalytical and bioanalytical. *Chemistry*, 386(6), 1881-1887.

(H)

- **Haffane, M. (1982).** Contribution à l'étude du comportement de *Pinus halepensis* dans les reboisements de Zoumi Mokrissat. Mémoire 3 cycle, I.A.V. Hassan II, Rabat.
- **Hajhashemi, V., et al. (2011).** Anti-inflammatory and wound healing properties of almond oil in experimental models. *Phytotherapy Research*, 25(4), 632-638.
- **Halliwell, B. (1990).** How to characterize a biological antioxidant. *Free radical research communications*, 9(1), 1-32.
- **Halliwell, B., & Gutteridge, J. M. (2015).** *Free radicals in biology and medicine.* Oxford university press.
- **Hamad H., Hasan I., Habib H., Mariam H., Gonaïd M H ., Mojahidul I. 2011.** Comparative phytochemical and antimicrobial investigation of some plants growing in al jabal al akhdar. *J Nat Prod Plant Resour*, 1 (1), 15-23
- **Hammadi C (2006).** Technologie d'extraction de l'huile d'olive et gestion de sa qualité. *Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA, Rabat, N°141.*
- **Haslam, E. (1996).** Natural polyphenols (vegetable tannins) as drugs: possible modes of action. *J. Nat Pro.* 59: 205 215
- **Havsteen, B.H.** *The biochemistry and medical significance of the flavonoids.* Ph. 2002
- **Hejjam, A. (2017).** *Étude de l'indice de peroxyde de l'huile de ricin extraite par solvant (éther de pétrole).* [Mémoire de Magister, Université de Jijel, Algérie]. Non publié. conditions.
- **Hennebelle T., Sahpaz S., Bailleul F.** Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. *Phytothérapie.* 2004 ; 1: 3-6

- **Hmimsa Y., 2004.** -L'agrobiodiversité dans les agrosystèmes traditionnels de montagnes: Cas du Rif marocain. Mémoire de troisième cycle. Université Abdelmalek Essaâdi, Faculté des Sciences, Tétouan, Maroc, 100 pp.
- **Hmiril, S., Rahouti, M., Habib, Z., Satrani, B., Ghanmi, M. and El Ajjouri, M. (2011).** Evaluation du potentiel antifongique des huiles essentielles de mentha pulegium et d'eucalyptus camaldulensis dans la lutte biologique contre les champignons responsables de la détérioration des pommes en conservation. Bulletin de la société royale des sciences de liège. 80 : 824- 836
- **Holiste. (2017).** Biogemme is innovating the way pine resin is collected. Holiste Laboratoire et Développement.
- **Huang, D., Ou, B., & Prior, R. L. (2005).**The chemistry behind antioxidant capacity assays. Journal of agricultural and food chemistry, 53(6), 1841-1856.

(I)

- **Ibrahim, N. I., Fairus, S., Zulfarina, M. S., & Naina Mohamed, I. (2020).** The Efficacy of Squalene in Cardiovascular Disease Risk-A Systematic Review. Nutrients, 12(2), 414.
- **Imelouane B., Amhamdi H., Wathelet J.P., Ankit M., Khedid K., El Bachiri A., (2009),**Chemical composition of the essential oil of thyme (*Thymus vulgaris*) from Eastern Morocco. Int. J. Agric. Bio
- **Iness, A., Bouaziz, M., & Ben Salah, H.(2018).** Physicochemical characterization and antioxidant activity of *Pistacia lentiscus* oil from Tunisia. *Journal of Food Science and Technology*, 55(2), 578–586.
- inhibitor in photophosphorylation. FEBS Lett. 1978; 85: 215– 218
- **Iserin P., 2001** .-Encyclopédie des Plantes Médicinales, Identification, Préparation, Soins 2ième édition Ed Larousse/VUEF, pp13-16, p 250, pp291-296.

(J)

- **Jacotot B.** Intérêt nutritionnel de la consommation de l'huile d'olive. OCL 4(5), 373374. 1997.
- **Jacus brosse, (2003).** Larousse des arabes dictionnaire des arbres et des arbustes, Edition Rustica/FLER, N°de l'éditeur ;48396N1 (F12062). Paris, 325p.
- **Jamshed, H., Sultan, F. A. T., Iqbal, R., & Gilani, A. H. (2015):** Dietary almonds increase serum HDL cholesterol in coronary artery disease patients in a randomized controlled trial. The Journal of nutrition, 145(10), 2287-2292. journal d'agriculture

traditionnelle de botanique appliquée, p 359- 360. M'Hhamed Bougada -Boumerdes. Pp.1-149 .

- **Jenkins, D. J. A., et al. (2002).** Nuts, blood lipid levels, and cardiovascular disease. *British Journal of Nutrition*, 88(4), 353-361.
- **Jörg, Z., Peter, J. F. (2008).** Alkaloid Biosynthesis :Metabolism and Trafficking. *Annual Review of Plant Biology*, vol
- **JOY M., MUNOZ F., ALIBES X, 1991 :** Valeur nutritive des sous produits du fruit de l'amandier (*Prunus amygdalus*). *CIHEAM Options Méditerranéennes*, Espagne, N° 16, pages 109 – 112.
- **Joye, N. M., Lawrence, R.V. (1967).** Resin Acid Composition of Pine Oleoresins. *Journal of Chemical and Engineering Data* 12, 279–281
- **Judd, W. S., Campbell, C. S., Kellog, E.A., Stevens P. (2002).** Relation phylogenetique entre les principaux groupes de trachéophytes à l'exclusion des angiospermes « Spermaphytes non angyospermes ».In : « Botanique système ». Ed. De Boeck. ISBN, Paris.152, pp. 2-7445- 0123-9.
- **Justin, N. K., Edmond, S., Ally, R. M. and Xin, H. (2014).** Plant Secondary Metabolites: Biosynthesis, Classification, Function and Pharmacological Properties. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 2 : 377-392.
- **Justine Pastre. (2005).** Intérêt de la supplémentation en antioxydants dans l'alimentation des carnivores domestiques. Thèse de doctorat. 2005-TOU3-4116.

(K)

- **KADIK B., (1987).** Contribution à l'étude du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill) en Algérie : Ecologie, Dendrométrie, Morphologie. Office des publications universitaires (Alger). 585p
- **Kadri., Khettal, B., Aid, Y., Kherfellah, S., Sobhi, W., & Barragan-Montero V. (2015).** Some physicochemical characteristics of pinus (*Pinus halepensis* Mill, *Pinus pinea* L., *Pinus pinaster* and *Pinus canariensis*) seeds from North Algeria, their lipid profiles and volatile contents. *Food chemistry* 188:184-192.
- **Kadhim, M. M., et al. (2021).** *Review on vegetable oils: Composition, nutrition and applications.* *Food Science and Nutrition*, 9(7), 3779–3792.
- **Kamal-Eldin, A., & Appelqvist, L. A. (1996).** The chemistry and antioxidant properties of tocopherols and tocotrienols. *Lipids*, 31(7), 671-701.

- **Kang, S. S., Cordell, G. A., Soejarto, D. D., & Fong, H. H. (1985).** Alkaloids and flavonoids from *Ricinus communis*. *Journal of natural products*, 48(1), 155-156.
- **Karaali A., Boyacioğlu D., Güneş G., Özçelik B., (2004),** Flavonoids in fruit and vegetables : their impact on food quality, nutrition and health–STREP or CA. European commission's the 6th framework programme for research. Istanbul technical university. Turkey
- **Kaur, S. S., et al. (2015).** Almond Oil: Therapeutic Properties and Nutritional Benefits. *International Journal of Dermatology*.
- **Khalil, M., et al. (2017).** "Phytochemical Composition and Antioxidant Activity of *Pistacia lentiscus* L. Oil." *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(10), 3420-3425.
- **Khogali A, Barakat S, Abou-Zeid H (1992)** Isolation and identification of the phenolics from *Ricinus communis* L. *Delta J Sci* 16: 198–211
- **Khouja, M. L., et al. (2023).** *Biological and chemical insights into the lentisk oil: A North African heritage*. *Natural Product Research*, 37(4), 581–591.
- **Kızılarşlan, C., Sevgi, E. (2013).** Ethnobotanical uses of genus *Pinus* L. (Pinaceae) in Turkey. *Indian J Tradit Knowle*.12, p. 209 -220.
- **Koul O., Walia S., Dhaliwal G.S, (2008),** Essential oils as green pesticides: potential and constraints. *Biopestic. Int*
- **Kulisic T., Radonic A., Katalinic V., Milos M., (2004),** Use of different methods for the testing activity of oregano essential oil. *Food Chemistry*
- **Kyoung, S. C., Young-ran, L., Kyungho, L., Jaeseok, L., Jang, H. L. and Im- Soon, L.(2017).** Terpenes from Forests and Human Health. *Toxicological Research*, vol.33, No.2, pp : 97-106. <https://doi.org/10.5487/TR.2017.33.2.097>.

(L)

- **La productivité des forêts de pin d'Alep en France.** *Ann., E.N.E.F et S.R.E.*, 15 (2): 367-414.
- **Labdaoui, D. (2017).** Impact socio-économique et environnemental du modèle d'extraction des huiles d'olives à deux phases et possibilités de sa diffusion dans la région de Bouira (Algérie). Thèse de Doctorat Université de Abdelhamid Ibn Badis de Moustghanem.

- **Ladjal, S. (2012).** Activité antimicrobienne des métabolites secondaires des champignons endophytes isolés du pin d'Alep (*Pinus halepensis* Mill.) de la région de M'sila, Université Ferhat Abbas-Sétif. 76pages.
- **Lagnika, L. (2005).** Etude phytochimique et activité biologique de substances naturelles isolées de plantes béninoises. Thèse doctorat .Université Louis Pasteur, Strasbourg.
- **Lakreb, N., Sen, U., Bezzazi, B., & Pereira, H. (2022).** The physicomechanical and thermal properties of Algerian Aleppo pine (*Pinus halepensis*) wood as a component of sandwich panels. *iForest – Biogeosciences and Forestry*, 15(2), 106-111.
- **Langenheim, J.H. (2003).** Plant resins - Chemistry, Evolution, Ecology and Ethnobotany. Edition p. 24-24
- **Lemaistre, J, (1995).** Le Pistachier (Etude Bibliographique). Institut Français de Recherches Fruitières Outre Muer (I .F.A .C .) . Vol. 14, No 2, 59-77 p.
- **Lemaistre, J, (2000).** Le Pistachier (Etude Bibliographique).Institut Français de Recherches Fruitières Outre Muer (I .F.A .C .) Vol. 14 No 2.12-15 p.
- **Leprieur, J, (1860).** De Médecine, Chirurgie et de Pharmacie, 3éme Volume, Publié par La Société de Science Médicale et Naturelle de Bruscelles, 614-615 p.
- **Lev, E., Amar, Z., (2000).** Ethnopharmacological survey of traditional drugs sold in Israel at the end of the 20th century. *Journal of Ethnopharmacology* 72, 191 205.
- **Lin, T. K., et al. (2003).** Fatty acids and skin health. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(1), 70-85.
- **Lincoln, T. et Zeiger, E. (2006).**Secondary Metabolites and Plant Defense in: *Plant Physiology* (4é éd), Sinauer Associates, chap. 13.700 pages. (4): 286.
- **Little, E.L., Wadsworth, F.H. (1974).** Trees of Puerto Rico and the Virgin Islands. *Agriculture Handbook*. 449. U.S. Depart. Agricul. Forest. Serv. Washington,DC. 2.
- **Liu, X., et al. (2020).** Antioxidant and anti-inflammatory effects of plant-based oils. *Food Chemistry*, 315, 126-136.
- **Lo Cantore P., Iacobellis N.S., De Marco A., Capasso F., Senatore F., (2004),** Antibacterial activity of *Coriandrum sativum* L. and *Foeniculum vulgare* Miller var.vulgare (Miller).
- **Loden, M. (2003).** Effect of topically applied lipids on surfactant-irritated skin. *British Journal of Dermatology*, 148(3), 456-463.
- **Lomenech, H. (2010).** L'olivier: Intérêts dans les produits cosmétiques (p. 97). Nantes.

- **Lopez S, Bermudez B , Montserrat-de la Paz S, Jaramillo S, Varela L, Ortega Gomez A, Muriana F.** Membrane composition and dynamics: a target of bioactive virgin olive oil constituents. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) Biomembranes*. 2014 ; 1838(6) : 1638- 1656.
- **López, A., et al. (2022).** *Chemical characterization and bioactivity of almond oil*. *Journal of Food Science and Technology*, 59(2), 434–442.
- **Lorio, P.L. (1986).** Growth-differentiation balance: A basis for understanding southern pine beetle-tree interactions. *Forest Ecology and Management* 14, 259–273.
- **Lucchesi M. E., (2005).** Extraction sans solvant assistée par micro-ondes conception et application à l'extraction des huiles essentielles. Thèse de doctorat. Université de La Réunion,
- **Luque-Rodríguez, J. M., et al. (2022).** *Bioavailability of phenolic compounds in olive oil enriched with plant extracts*. *Food Chemistry*, 373, 131452.
- **Lutge, U., Kluge, M., Bauer, G. (2002).** Botanique (3^e éd). Technique et documentation.Lavoisier. Paris. 211p.

(M)

- **Maameri, Z. (2014).** Pistacia lentiscus L.: Evaluation pharmaco- toxicologique. Thèse de Doctorat.Universite Constantine 1 .p 4.
- **Macheix J. J., Fleuriot A., Jay-Allemand C., (2005),** Les composés phénoliques des végétaux un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Ed Presses polytechnologiques et universitaires romande
- **Malathi, B., Ramesh, S., Venkateswara, K. R., Dashavantha, V. R. (2006).**Agrobacterium- mediated genetic transformation and production of semilooper resistant transgenic castor (*Ricinus communis* L.). *Euphytica*. 147: 441–449.
- **Malecky, M. (2005).** Métabolisme des terpenoïdes chez les caprins, thèse Pour obtenir le grade de docteur de l'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement, Agro Paris Tech.
- **Malešev D., Kuntić V., (2007),** Investigation of metal-flavonoid chelates and the
- **Malheiro, R., Casal, S., Teixeira, H., Bento, A., & Pereira, J. A. (2013).** Effect of olive leaves addition during the extraction process of overmature fruits on olive oil quality. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 509-521.

- **Manchado P. S. and Cheynier V.** Les polyphénols en agroalimentaire. Lavoisier, Paris.2006 ;398 p.
- **Marmulla, R.; Harder, J. (2014).** Microbial monoterpene transformations — a
- **Marouf A and Reynaud J.**La botanique d’A à Z : 1662 définitions. Dunod, Paris. 2007; 352p
Masquelier, J. Plant extract with a proanthocyanidins content as therapeutic agent having radical scavenger effect and use thereof. 1987; (Patent No. 4698360)
- **Marouf, A., & Reynaud, J. (2007).** La botanique de A à Z. Ed Dunod. Paris. 177p.
- **Maroyi A., 2007.** Ricinuscommunis L. In: van der Vossen, H.A.M. & Mkamilo, G.S. (Editeurs). PROTA 14: Vegetable oils/Oléagineux. PROTA, Wageningen, PaysBas.
- **Maroyi, A., (2007).** Ricinus communis L. In : van der Vossen, H.A.M. & Mkamilo, G.S.(Editeurs). PROTA 14 : Vegetable oils/Oleagineux. PROTA, Wageningen, Pays Bas.
- **Mauro, N. M.(2006).** Synthèse d’alcaloïdes biologiquement actifs : la (+)- anatoxine-a et la (±)- camptothécine. Thèse de doctorat en Chimie. Université Joseph-Fourier -Grenoble I.
- **Medić-Šarić M., Jasprica I., Smolčić-Bubalo A., Monar A., (2004),** Optimisation of chromatography of flavonoids and phenolic acids. CROATICA CHEMICA ACTACCACAA.
- **Mekni N. 2011.** GC/MS Chemical Analysis of Pistashia lentiscus fatty oil from the north of Tunisia.International Journal of Pharm Tech Research. 3, (4):2245-2248
- **Merzougui, A., Housseine, A., Laiadi, D., & Labed, N. (2015).**Modeling of liquid–liquid equilibrium of systems relevant for biodiesel production using Backtracking Search Optimization. *Fluid Phase Equilibria*, 388, 84–92.
- **Merzougui, I , (2015).** Caractérisation Physicochimique et Biochimique d’un Extrait de Pistacialentiscus et Détermination de ses Effets sur Certains Paramètres Biologiques. Thèse de Doctorat , Université Badji Mokhtar Annaba,142 p.
- **Messaoudi, M., et al. (2019).** "Chemical composition and biological properties of Pistacia lentiscus oil from different Algerian regions." Journal of Applied Pharmaceutical Science.
- **Mínguez-Mosquera M.I., Jaren-Galan M. (1995)** Journal of the Science of Food and Agriculture 67: 153-61.
- **Mínguez-Mosquera, M. I., Gandul-Rojas, B., Montaña-Asquerino, A., & Garrido-Fernández, J. (1991).**Dertermination of chlorophylls and carotenoids by high-

- performance liquid chromatography during olive lactic fermentation. *Journal of Chromatography A*, 585(2), 259-266.
- **MOHAN. S ET JAIN. P, 2009:** breeding plantation tree crops: temperate specie. ISBN: 978-0-387-71202-4, library of congress control number: 2008937489/ springer science business media, llc.
 - **Molyneux, P. (2004).** The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 26(2), 211–219.
 - **Montpellier C.** L’huile d’olive : intérêts alimentaire et cosmétique. Thèse université Aix marceille pharmacie 2019; P32.
 - **Montpellier, C. (2019).** L’huile d’olive : intérêts alimentaire et cosmétique.
 - **More D. et White J., (2005)** Encyclopédie des Arbres plus de 1800 Espèces et Variétés du Monde, Flammarion, pp(18 -797)
 - **Morganti, P., et al. (2010).** Anti-aging and moisturizing effects of vegetable oils in dermatology. *Journal of Applied Cosmetology*, 28(1), 45-52.
 - **Morin, L., Dronne, Y., & Requillart, V. (1994) :** La demande non alimentaire des huiles et graisses Oleag. *Corps Gras Lipides*, 3, 188-191.
 - **Mortensen, A. Skibsted, L.H. (1997).** Carotenoid radical chemistry. *J. Agric. Food Chem.* 45 (8), 2970.
 - **Moscato, S., et al. (2017).**“Flavonoid content and antioxidant properties of Pistacia lentiscus L. oil.” *Antioxidants*, 6(3), 69.
 - **Muanda, M.** Title of the Work in Italics. Publisher, 2010.
 - **Mukohata, Y., Nakabayashi, S., Higashida, M.**Quercetin, an energy transfer
 - **Musa-Velasco K., Paulionis L., Poon T., Lee H.Y., (2016).** L'effet de la consommation d'amandes sur les taux de lipides sanguins à jeun : une revue systématique et une méta analyse d'essais contrôlés randomisés. *J Nutr Sci* 5:e34.

(N)

- **Naboulsi, I. & Aboulmouhajir, A. (2018).** Plants extracts and secondary metabolites, their extraction methods and use in agriculture for controlling crop stresses and improving productivity. *Acad. J. Med. Plants*, 6(8) : 223–240
- **NAHAL I., (1962).** Le Pin d'Alep. Étude taxonomique, phytogéographique, écologique et sylvicole. *Annales de l'école nationale des eaux et forêts*. 19. (4). 533- 627.

- **Nahal, I. (1986).** Taxonomie et aire géographique des pins du groupe halepensis. In : options méditerranéennes, Série Etude Ciheam 86/1. Le pin d'Alep et le pin brutia dans la sylviculture méditerranéenne ,1-9 p.
- **Narayana K. R., Reddy M. S., Chaluvadi M. R., Krishna D. R.,** Bioflavonoids Classification, pharmacological, biochemical effects and therapeutic potential. *Indian journal of pharmacology*. 2001; 33 : 2-16.
- **Newman, D.J. & Cragg, G.M. (2012).** Naturel products as sources of new drugs over the 30 years from 1981 of 2010. *J.Nat. Prod*, 75 : 311-335
- **N'guessan, K., Kouassi Konan, E., Kouadio, K, 2007.** Ethnobotanical Study of Plants Used to Treat Diabetes, in Traditional Medicine, by Abbey and Krobou People of Agboville (Côte d'Ivoire). *Amer Scires*. 4: 45-58.
- **Nijveldt R. J., Van Nood E., Van Hoorn D. E. C., Boelens P. G., Van Norren K., Van Leeuwen P. A. M. (2001).** Flavonoids : a review of probable mechanisms of action and potential applications. *American journal of clinical nutrition*,
- **Nishi, S., et al. (2007).** "Antioxidant properties of olive oil polyphenols and their potential health effects." *Food Research International*, 40(7), 867-876.

(O)

- **O'Connell J.E., Fox P.F.** Signification and applications of phénolic compounds in the production and quality of milk dairy products: a review. *International Dairy Journal*. 2001;11(3): 103-120.
- **Ogunleye, O.O., Oyawale, F.A., Suru, E. (2008)** .Effects of Castor Oil on the Physical Properties of Polyether Based Flexible Polyurethane Foam. *J. Adv. Nat. Appl. Sci.* 2(1): 1015.
- **Ogunniyi, D. S. (2006).** Castor oil: A vital industrial raw material. *Bioresource Technology*, 97(9), 1086–1091. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.03.028>
- **Olsson, K., Sandberg, B., & Johansson, C. (2012).** The presence of caffeic acid in resins and their antioxidant properties. *Food Chemistry*, 134(1), 97-102. [DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.02.010].
- **Onifade, A. K., et al. (2018).** *Nutritional potential of detoxified castor seeds in traditional diets.* *African Journal of Food Science*, 12(5), 99–106.
- **Ouzir, M., et al. (2021).** *Health benefits of almond oil: Nutritional and clinical perspectives.* *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(15), 2445–2462.

- **Owen, R. W., et al. (2000).** Olive oil and its phenolic compounds: Potential effects on health. *Free Radical Research*, 33(6), 645-650.

(P)

- **Pérez-Jiménez, J., et al. (2021).** *Polyphenols in olive oil and their health effects.* *Nutrients*, 13(6), 1811.
- **Piquemal G., (2008),** Les flavonoïde
- **Pirisi FM, Cabras P, Cao CF, Migliorini M, Magelli M.** Phenolic compounds in virgin oil. 2. Reappraisal of the extraction HPLC separation, and quantification procedures. *Journal of Agricultural and Food Chemistr.* 2000 ; 48: 1191–1196.
- **Pitchford, P. (2002):** Healing with whole foods: Asian traditions and modern nutrition.
- **Pokorny J.** Problème de stabilité des produits alimentaires liés à la présence des lipides. *Lipides et corps gras alimentaires.* Paris : Technique et documentation, Lavoisier. 2003; 147-87.
- **Polvèche,V.(1996).**La culture de ricin en Europe.*Ingénieries-EAT.* 6:4958
- **Poonam V, Raunak G., Kumar CS., Reddy L., Jain R., Sharma SK., Prasad AK., Parmar VS., (2011).**Constituants chimiques du genre *Prunus* et leurs propriétés médicales. *Curr Med Chem* 18:3758–3824.
- **Prat R., Michèle M., Vonarx V., 2005.** Les Fruits: Le Ricin: une capsule déhiscente. *Biologie et multimédia*, pp 15-17.
- **Prichard.A.J.N.(2004).** The Use of Essential Oils to Treat Snoring. *PHYTOTHERAPY RESEARCH* 18: 696- 699
- **Prior, R. L., Wu, X., Schaich, K. (2005).** Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(10), 4290-4302.

(Q)

- **Qi et al. (2019)**Z. Qi, J. Xiao, L. Ye, W. Chuyun, Z. Chang, L. Shugang, H. Fenghong.The effect of the subcritical fluid extraction on the quality of almond oils: Compared to conventional mechanical pressing method.
- **Quezel P. et Santa S., (1962-1993)** - Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques Méridionales. Paris C.N.R.S., 2 volumes. 1170p.
- **Quézel, P. (2000).** Taxonomy and biogeography of Mediterranean pines (*Pinus halepensis* and *Pinus brutia*). In: *Ecology, Biogeography and Management of Pinus*

halepensis and P. Brutia Forest Ecosystems in the Mediterranean Basin. Eds., Néeman G., Trabauds L., Backhuys Publishers, Leiden, pp. 1-12.

(R)

- **R. Melhaoui, Melhaoui et al. (2021)**R. Melhaoui, S. Kodad, N. Houmy, K. Belhaj, F. Mansouri, M. Abid, M. Addi, A. Mihamou, M. Sindic, H. Serghini-Caid Characterization of sweet almond oil content of four european cultivars (ferragnes, ferraduel,ournat, and marcona) recently introduced in Morocco.
- **Rabiei, Z., Rafieian-Kopaei, M., Mokhtari, S., & Shahrani, M. (2020).** *The effect of almond oil enriched with rosemary extract on oxidative stress markers and memory in diabetic rats.* **Food Science & Nutrition**, 8(3), 1507-1515.
- **Ranalli A, Ferrante ML, DeMattia G, Costantini N.** Analytical evaluation of virgin olive oil of first and second extraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1999 ; 47: 417–424
- **Raven, H., Evert, R.F., & Eichhorn S.E. (2000).** *Biologie végétale (6^e éd).* (B. Jules., et M.Charles, Trad.). Paris
- **Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., & Paganga, G. (1996).** Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free radical biology and medicine*, 20(7), 933-956.
- **ROBERTE, 1985** : les arbres à fruits secs : amandier –châtaignier- noisetier- noyer. flammariion.
- **Robinson, 1975.** — Macrolepidoptera of Fiji and Rotuma. A taxonomic and geographic study. In: *Bulletin de la Société entomologique de France*, volume 80 (9-10), Novembre-décembre 1975
- **Rodrigues, K.C.S., Fett-Neto, A.G. (2009).** Oleoresin yield of *Pinus elliottii* in a subtropical climate: Seasonal variation and effect of auxin and salicylic acid-based stimulant paste.
- **Rodríguez-García, A., López, R., Martín, J.A., Pinillos, F., Gil, L. (2014).** Resin yield in *Pinus pinaster* is related to tree dendrometry, stand density and tapping-induced systemic changes in xylem anatomy. *Forest Ecology and Management* 313, 47–54.
- **Rollinger, J.M., Haupt, S., Stuppner, H. & Langer T. (2004).** Combining Ethnopharmacology and Virtual Screening for Lead Structure Discovery: COX-Inhibitors as Application Example. *Chem. Inf. Comput. Sci.*,44(2) :480-488.

(S)

- **Saadaoui, N., et al. (2023).** *Extraction and analysis of bioactive diterpenes from Pinus halepensis resin.* Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants, 32, 100438.
- **Sabate, J., et al. (1999).** Almond consumption and lipid metabolism. American Journal of Clinical Nutrition, 70(3), 537S-542S.
- **Saeed, M., et al. (2012).** Chemical composition and antioxidant activity of sweet almond oil. Food Chemistry, 131(2), 524-529.
- **Salvador M.D., Aranda F., Gomez Alonso S., Fregapane G. (2001).** Cornicabra virgin olive oil study of five crop seasons .Composition, quality, and oxidative stability. Food chemistry. 74, p 267-274.
- **Salvador, M. D., Aranda, F., Gómez-Alonso, S., & Fregapane, G. (2001).** Cornicabra virgin olive oil: a study of five crop seasons. Composition, quality and oxidativestability. Food Chemistry, 74(3),267-274.
- **Samaniego-Sanchez C, Quesada-Granados J, Lopez-Garcia H, De La Serrana M , Lopez-Martinez J.** Beta-Carotene, squalène and waxes determined by chromatographic method in Picual extra virgin olive oil obtained by a new cold extraction system. Journal of Food Composition and Analysis. 2010; 23: 671–676.
- **Sana S., Akhter N., Amjum F., Khan S. G., et Akram M., (2021).** Genetic Diversity in Almond (Prunus dulcis). In Prunus-Recent Advances. IntechOpen. DOI : 10.5772/intechopen.99249.
- **Santos, P. M., Batista, D. L. J., Ribeiro, L. A. F., Boffo, E. F., de Cerqueira, M. D., Martins, D., de Castro, R. D., de Souza-Neta, L. C., Pinto, E., Zambotti-Villela, L., Colepicolo, P., Fernandez, L. G., Canuto, G. A. B., & Ribeiro, P. R. (2018).** Identification of antioxidant and antimicrobial compounds from the oilseed crop Ricinus communis using a multiplatform metabolite profiling approach. *Industrial Crops and Products*, 124, 834-844. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.08.061>
- **Bouhadi et al (2021)** .N. Bouhadi, B. Chennit, F. Chebrouk, L. Boudriche .Physicochemical characteristics, phenol content and fatty acids of bitter almond oil.
- **Sawhney, A. N., Khan, M. R., Ndaalio, G., Nkunya, M. H. H., & Wavers, H. (1978).** Studies on the rationale of African traditional medicine. Pak. J. Sci. Ind. Res., 215/6, 193, 196.

- **Saxena, A., et al. (2021).** *Phytochemical and therapeutic attributes of Ricinus communis L.* International Journal of Molecular Sciences, 22(5), 2576.
- **Scalbert. A.** Antimicrobial properties of tannins. *Phytochemistry*, 1991 ; 30: 3875-3883.
- **Sebei K., Boukhchina S., Kallel H. (2007).** Évolution des tocophérols en relation avec les acides gras insaturés au cours de la maturation des graines de colza de printemps (*Brassica napus L.*). *C. R. Biologies* 330 ,55–61.
- **Seigue A., 1985.** La forêt circum méditerranéenne et ses problèmes. Techniques agricoles et productions méditerranéennes. G.P. Maisonneuve et Larousse. 502 p.
- **Sell, C.S. (2003).** *Fragrant Introduction to Terpenoid Chemistry.* The Royal Society of Chemistry (R.S.C.). p1-2
- **Sena LA, Chandel NS. 2012.** Physiological roles of mitochondrial reactive oxygen species. *Mol. Cell* 48:158–67 .
- **Servili, M., et al. (2019).** *Olive oil phenolics in human health.* *Nutrients*, 11(8), 1776.
- **Sidhoum M.** Contribution à l'étude pédologique et génétique de quelques variétés de l'olivier dans la wilaya de Tlemcen. *Mém. Mag. Univ. Tlemcen.* 2011 ; 144.
- **Slam-Gaouar M.** Bioécologie de la mouche de l'olive *Bactrocera oleae* (Gmel) et de sa microflore associée en vue d'une proposition de lutte intégrée. *Mag. En biologie, Université de Tlemcen, Algérie.* 2004.
- **Smail-Saadoun N., 2002.** Types stomatiques du genre *Pistacia*: *Pistacia atlantica* Desf. ssp. *atlantica* et *Pistacia lentiscus L.* p369.
- **Spigno, G De Faveri, D.M.** Antioxidants from grape stalks and marc: Influence of extraction procedure on yield, purity and antioxidant power of the extracts. *Journal of Food Engineering*, 2007 ; 78(3), 793-801. Total Polyphenol Contents and Antioxidant and Antibacterial Activities of Black Tea. *Food Chem.* 12, 484-496
- **Sujatha, M., Reddy, T.P., Mahasi, M.J. (2008)** .Role of biotechnological interventions in the improvement of castor (*Ricinus communis L.*) and *Jatropha curcas L.* *Biotechnol. Adv.* 26(5):424-435.

(T)

- **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 *Quality Improvement of Olive Oils Produced In The Eastern Morocco*, Volume 6, N°22.

- **Tanouti, K., CAID, H. S., Abid, M., Mihamou, A., Khiar, M., Hachem, M. E., et al. (2011).** Isly Huile d'Olive Vierge Analyse des Triglycérides et Composition en Acides Gras. *Les technologies de laboratoire*, 6(23).
- **Tanouti, K., Elamrani, A., Serghini-Caid, H., Khalid, A., Bahetta, Y., Benali, A., Harkouss, M et Khiar, M. (2010).** Caractérisation d'huiles d'olive produites dans des coopérative pilotes (Iakrarma et Kenine) au niveau du Maroc Oriental. *Les technologies de laboratoire*, 5(18).
- **Tanouti, K., Harhar, H., & Gharby, S. (2011).** Influence des conditions de stockage sur la stabilité oxydative des huiles végétales. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 1(2), 45–52.
- **TAYLOR & FRANCIS, 2008** : souci, fenchon, menthe : la composition des aliments. tableaux des valeurs nutritives, 7e édition, medpharm scientific publishers /, (ISBN 978-3 8047-5038-82003 *Journal of Food Engineering* 60 (2003) page 315–320.
- **Tozanli S., (2018).** Étude du marché algérien intérieur et import/export de la pistache, de la châle, de l'amande amère et du safran
- **Trabelsi H., Sakouhi F., Renaud J., Villeneuve P., Khouja M. L., Mayer P. Boukhchina S. 2012.** Fatty acids, 4-desmethylsterols, and triterpene alcohols from Tunisian lentisc (*Pistacia lentiscus*) fruits. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 114: 968–973
- **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.
- **Traber, M. G., Atkinson, J. (2007).** Vitamin E, antioxidant and nothing more. *Free radical biology and medicine*, 43(1), 4-15.
- **Trichopoulou A, Ligiou P, Kuper H, Trichopoulos D.** Cancer and Mediterranean dietary traditions. Department of Hygiene and Epidemiology. University of Athens Medical School, Greece. *Cancer Epidemiol Biomarkers*. 2000 ; 9 : 869-873
- **Trivedi, R.K., Vasishtha, A.K. (1988).** Low Pressure Hydrogenation of Castor Oil. *JAOCs*. 65:1467-1469.
- **Trochain J., 2016.** Le Ricin (suite). In : *Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale*, 10^e année, bulletin n°107, 2016. pp. 578-589.
- **Tsagariki E, Harris N, Lazarides B, Konstantionos P.** Olive mill waste water treatment. Ed. Springer link. 2007; 133-157.

- **Tsao, R. (2010).** Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. *Nutrients*, 2(12),1231-1246.
- **Tsimidou, M. Z. (1998).** Polyphenols and quality of virgin olive oil in relation to storage conditions. *Grasas y Aceites*, 49(3-4), 259–267.
- **Tsimogiannins, D.I., Oreopoulou, V.** The contribution of flavonoid C-ring on dpph free radical scavenging efficiency. A kinetic approach for the 3', 4'-hydroxy substituted members. *Innovat Food SciEmerg Tech*, 2006 ; 7: 140-146.
- **Tuck, K. L., Hayball, P. J. (2002).** Major phenolic compounds in olive oil: metabolism and health effects. *The Journal of nutritionalbiochemistry*, 13(11), 636-644.

(U)

- **Uke, J. A. (2002).** Handbook of Medicinal Herbs. CRC Press.
- **Urquiaga I., Leighton F., (2000),** Plant polyphenol antioxidants and oxidative stress. *Biological Research*.

(V)

- **Van Welzen P.C., 2001.** Revisions and phylogenies of Malesian Euphorbiaceae: Subtribe Lasiococcinae (Homonoia, Lasiococca, Spathiostemon) and Clonostylis, Ricinus, and Wetria. *Blumea* 43: 131–164.
- **Velasco J, Dobarganes C.** Oxidative stability of virgin olive oil. *European Journal of Lipids and Science Technology*, 2002 ; 104 : 661–676.
- **VENET J., (1986).** Identification des outils et méthodes utilisées à Dynafor concernant la Dendrochronologie.
- **Verdu, M .,Garcia-Fayos, P , (1998).**Female Biased Sex Ratios in Pistacia lentiscus L. (Anacardiaceae). *Kluwer Academic Publishers*. Printed In Belgium.135: 95–101 p.
- **Verma, V.P.S., Pant, S.P. (1978).**Performance of slash pine (*Pinus elliottii* Engelm.) vis-a vis chirpine (*Pinus roxburghii* Sargent) in respect of oleoresin yield at Dehra Dun. *Indian forester*.
- **Vijayan, M., & Nair, A. (2016).** Chemical composition of resin from *Pinus halepensis* and its applications. *Journal of Applied Phytochemistry*, 4(2), 70-75. [DOI: 10.1016/j.apptox.2016.06.015].(Vidaud, 1982).
- **Vincenzo, D. L., Pierre, L (2001).**The expanding universe of alkaloid biosynthesis. *Current Opinion in Plant Biology*, W

(W)

- **Webmaster 4 :** % C3 % AF de consulté le 30/04/2016

- **Wong, S. P., Leong, L. P., & Koh, J. H. W. (2006).** Antioxidant activities of aqueous extracts of selected plants. *Food Chemistry*, 99(4), 775–783. X

(X)

- **Xu, F., Yang, X., Wei, Y. (2016).** Antioxidant activity and phenolic compounds in resin from *Pinus halepensis* trees. *Industrial Crops and Products*, 87, 44-50. [DOI:10.1016/j.indcrop.2016.04.025].

(Y)

- **Yao, L.H., Jiang, Y.M., SHI, J., Tomas-Barberan, F.A., Datta, N., Singanusong, R., Chen, S.S.** Flavonoids in Food and their health benefits. *Plant.Food Hum.Nutr*, 2004; 59:113- 122
- **Yezza S., et Bouchama S.,** index des métabolites secondaires végétaux, université kasdimerbah, Ouargla faculté des sciences de la nature et de la vie département des sciences biologiques. 2014 ; 47 pages.

(Z)

- **Zeinalabedini M., Khayam-Nekoui M., Grigorian V., et al., (2010).** L'origine et la dissémination de l'amandier cultivé telles que déterminées par l'analyse des marqueurs SSR nucléaires et chloroplastiques. *Sci Hortic* 125: 593–601.
- **Ziani, H., et al. (2020).** *Evaluation of the therapeutic properties of Pinus halepensis resin-based preparations.* *Journal of Medicinal Plants Research*, 14(8), 401–407.
- **Ziyu Dai., Gerald E. E., Maurice S. B. K., 1992.** Control of Photosynthesis and Stomatal Conductance in *Ricinus communis* L. (Castor Bean) by Leaf to Air Vapor Pressure Deficit. *Plant Physiol.* 99 : 1426- 1434.

ANNEXE

Annexe I : Matériel et réactifs

Verreries et autres	Appareillage	Réactifs et solvants
- papier aluminium	- étuve	- Ethanol
- Papier filtre	- plaque chauffante	- Méthanol
- tubes avisée	-hotte	- Hexane
- tubes à essai	- spectrophotomètre UV-VIS	- Acétone
- spatule	-agitateur magnétique	- eau distillé
- erlenmeyers	- balance analytique	- acide gallique
- béchers	- balance de précision	- carbonate de sodium Na ₂ CO ₃
- entonnoirs	- vortex	- réactif de Folin-Ciocalteau
- pipettes de Pasteur	- bain-marie	FEC13
- verre de montre		- NaOH
- pipettes graduées		- DPPH
- éprouvettes		-cyclohexane
-micropipettes		-chlorophome
		-acide acétique glacial
		- odure de potassium (KI)
		- iode
		- thiosulfate de sodium [C(Na ₂ S ₂ O ₃)]
		- amidon

Annexe II: Macération et Filtration



Figure 1 : représente la résin en poudre .



Figure 02 : représente la méthode de macération.



Figure 03 : représente la méthode de filtration .

Annexe III: Dosage des polyphénols



Figure 04 : Préparation de la gamme d'étalonnage de l'acide gallique.

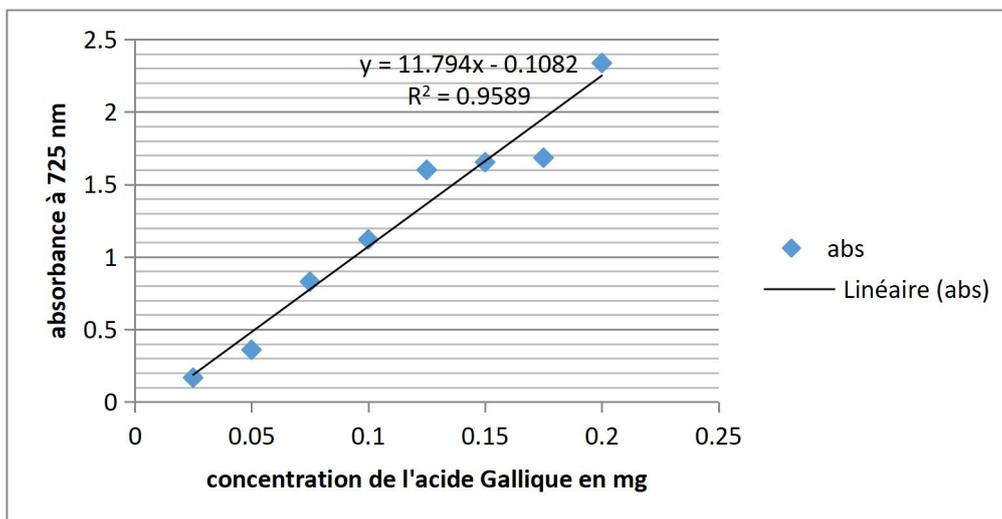


Figure 05 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique pour l'évaluation des teneurs en polyphénols.

Annexe IV: l'activité anti-oxydante



Figure 06: évaluation de l'activité anti-oxydante.