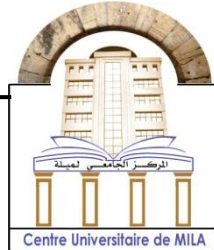


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

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 de Biotechnologie végétale

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

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biotechnologie

Spécialité : Biotechnologie végétale

Thème :

**Activités biologiques des huiles de graines de deux plantes
médicinales :**

Lepidium sativum et Lagenaria siceraria

Présenté par :

- HEMOUDA RAMLA
- DJOUAMBI ROMISSA

Devant le jury :

DOULA Aicha

DJEBILI Samah

BENKARA MOSTEFA
Sabrina

Grade :

Grade :

Grade : MAB

Présidente

Examinatrice

Promotrice

Année Universitaire : 2024/2025

Remerciements

Avant tout, nous remercions ALLAH, le Miséricordieux, le Tout-Puissant et le plus Clément, qui nous aide et nous donne le courage de tout faire.

Nous exprimons notre profonde gratitude à Mme. BENKARA MOSTEFA SABRINA, notre encadrante, pour son accompagnement précieux, sa rigueur scientifique et sa grande disponibilité. Son encadrement attentif et ses conseils judicieux ont été d'une grande importance pour la conduite et l'aboutissement de ce travail.

Nous adressons également nos vifs remerciements à Dr.DOULA AICHA et Dr. DJEBILI SAMAH, membres du jury, pour l'attention qu'elles ont portée à notre mémoire et pour l'intérêt accordé à notre recherche à travers leurs observations et leurs remarques enrichissantes.

Nos pensées les plus reconnaissantes vont à nos familles, pour leur soutien constant, leur patience et leur présence bienveillante qui ont été, tout au long de ce parcours, une source inestimable de motivation.

Enfin, nous remercions chaleureusement toutes les personnes, enseignants, collègues, techniciens et amis, qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire. À chacun d'eux, nous exprimons notre sincère reconnaissance

Dédicace

*À mes chers parents **ABD ELHAMID, SAMIRA**, pour leur amour inconditionnel, leur patience et leur soutien indéfectible. Vous avez toujours cru en moi et m'avez encouragée à poursuivre mes rêves, même dans les moments les plus difficiles. Votre sagesse et vos conseils m'ont guidée tout au long de ce parcours.*

*À mes sœurs **Jawida et Khadidja**, des âmes douces et lumineuses qui ont su apaiser mes doutes et alléger mes silences. Votre tendresse, vos sourires sincères et votre présence discrète mais constante ont été pour moi un refuge et une source de réconfort inestimable. Grâce à vous, les jours difficiles ont semblé plus légers, et les moments de joie, encore plus précieux.*

*À mes frères **Chawki et Amine**, pour leur présence rassurante, leur affection et leurs encouragements constants. Votre soutien et votre compréhension ont été d'un grand réconfort à chaque étape.*

*À **AZAD**, fils de ma sœur, petit trésor dont le sourire innocent et la présence lumineuse ont illuminé mes journées et adouci les moments difficiles. Tu es une source précieuse d'amour et d'inspiration*

*À ma grand-mère **louiza**, pour son amour et ses prières. Ta sagesse et tes bénédictions m'ont donné la force d'aller toujours plus loin.*

*À max ! binôme de travail **ROMISSA**, ma compagne d'efforts et de fatigue, merci d'avoir franchi avec moi la ligne d'arrivée*

*À mes amies chères **Marwa et Zineb**, pour votre présence sincère et votre amitié précieuse. Vous avez su être là dans les moments de doute comme dans ceux de joie. Vos paroles réconfortantes, vos éclats de rire et votre bienveillance m'ont accompagnée et portée tout au long de ce parcours. Votre amitié est une lumière qui a illuminé bien des journées sombres*

*À mes collègues de promotion **Oumnia, Layla Samar** vous avez été un soutien précieux et inoubliable. Merci du fond du cœur.*

*À la mémoire de **Majda**, ma cousine, ma sœur de cœur, mon âme jumelle. Bien que ton absence laisse un vide immense, ta présence demeure vivante dans mon cœur et dans chaque souvenir partagé. Ton sourire, ta douceur et ton amour continuent de m'accompagner et de m'inspirer chaque jour. Ce travail t'est aussi dédié, avec tout l'amour que je te porte. Qu'Allah t'accorde Sa miséricorde et t'offre le plus beau des paradis.*

RAMLA

Dédicace

*À celle avec qui j'avais tant rêvé de partager la joie de cet accomplissement,
mais dont la vie s'est arrêtée avant que ce jour n'arrive...*

*À celle qui est partie trop tôt, alors que ce moment faisait encore partie de ses rêves,
à celle dont les prières étaient la clé de toute réussite,*

*À l'âme de ma chère mère : « **Massika** » que Dieu te fasse miséricorde autant que tu m'as
souhaité la réussite, et qu'Il fasse du paradis ta demeure éternelle.*

*À mon cher père : « **Abdelhamid** » source de force et pilier de mon chemin ; merci pour ta
tendresse, ta patience et ton soutien constant.*

*À mes chères sœurs : « **Bohra, Chahrazad, Sabrina** »
vous avez été pour moi une chaleur constante et un appui dans chaque difficulté.*

*À mon petit être spécial : « **Leyth** »
ton sourire a été un baume au milieu de la fatigue, ta petite présence a eu un grand impact.*

*À ma chère cousine : « **Nadjoua** » merci pour ta présence constante tout au long du chemin.*

*À ma binôme de travail : « **Ramla** » ma compagne d'efforts et de fatigue, merci d'avoir
franchi avec moi la ligne d'arrivée.*

*À mes collègues de promotion : « **Oumnia, Layla Samar** » vous avez été un soutien
précieux et inoubliable. Merci du fond du cœur.*

*À mes fidèles amies : « **Amel, Amina, Ikram, Khadidja** » vous êtes à jamais dans ma
mémoire ; merci pour chaque moment de soutien, de sincérité et d'amour.*

À mes familles.

À tous que j'aime.

À toutes celles et ceux qui ont cru en moi.

Cet accomplissement est le fruit de votre présence à mes côtés.

ROMISSA

Résumé

Dans un contexte de recherche croissante d'alternatives naturelles aux composés de synthèse, cette étude s'intéresse aux propriétés physico-chimiques et biologiques d'huiles végétales extraites à froid à partir des graines de *Lepidium sativum* et de *Lagenaria siceraria*, deux espèces médicinales utilisées en phytothérapie. L'extraction par pression à froid, choisie pour préserver l'intégrité des composés bioactifs thermosensibles, a permis d'obtenir des huiles de bonne qualité, caractérisées par un faible indice de peroxyde, des valeurs de saponification élevées (>336 mg KOH/g), et une richesse en esters, témoignant d'un potentiel fonctionnel et industriel intéressant.

Sur le plan biologique, les tests DPPH et ABTS ont révélé une activité antioxydante modérée, plus marquée chez *Lagenaria siceraria*, malgré des IC_{50} relativement élevées (>800 μ g/mL), attribuables à la nature lipophile des extraits. En revanche, une inhibition notable de l' α -amylase a été observée, atteignant 37,51 %, suggérant un potentiel dans la modulation enzymatique et la régulation postprandiale de la glycémie. L'activité anti-inflammatoire, quant à elle, s'est avérée peu significative dans les conditions expérimentales utilisées, appelant à des investigations complémentaires avec d'autres matrices extractives.

Ces résultats soulignent l'intérêt de ces huiles végétales comme sources potentielles de composés bioactifs à visée nutritionnelle, cosmétique ou thérapeutique. Des travaux ultérieurs, incluant des approches de fractionnement, d'extraction ciblée et des validations in vitro, permettraient de mieux exploiter leur valeur fonctionnelle.

Mots-clés : Huiles végétales, *Lepidium sativum*, *Lagenaria siceraria*, pression à froid, composés bioactifs, activité antioxydante, inhibition enzymatique, potentiel thérapeutique.

Abstract

In the growing search for natural alternatives to synthetic compounds, this study investigates the physicochemical and biological properties of cold-pressed vegetable oils extracted from the seeds of *Lepidium sativum* and *Lagenaria siceraria*, two medicinal plants widely used in traditional medicine. Cold pressing was selected to preserve heat-sensitive bioactive compounds and yielded oils of good quality, characterized by low peroxide values, high saponification indices (>336 mg KOH/g), and a richness in esters, indicating promising functional and industrial potential.

Biological assays revealed moderate antioxidant activity in both oils, particularly in *Lagenaria siceraria*, as measured by DPPH and ABTS radical scavenging tests, though IC_{50} values remained relatively high (>800 μ g/mL), likely due to the lipophilic nature of the extracts. Notably, α -amylase inhibition reached 37.51% for *Lagenaria siceraria*, suggesting potential applications in enzyme modulation and postprandial glycemic control. Anti-inflammatory activity was not significant under the conditions tested, possibly due to the low extraction of hydrophilic active compounds.

These findings highlight the potential of these plant-based oils as sources of bioactive compounds for nutritional, cosmetic, or therapeutic applications. Further studies involving oil fractionation, targeted extraction techniques, and in vitro validation are recommended to fully exploit their functional value.

Keywords: Vegetable oils, *Lepidium sativum*, *Lagenaria siceraria*, cold pressing, bioactive compounds, antioxidant activity, enzyme inhibition, therapeutic potential.

الملخص

في ظل الاهتمام المتزايد بالبدائل الطبيعية للمركبات الاصطناعية، تهدف هذه الدراسة إلى تقييم الخصائص الفيزيائية-الكيميائية والأنشطة البيولوجية لزيت نباتية مستخلصة بالضغط البارد من بذور نباتي *Lepidium sativum* (حب الرشاد) و *Lagenaria siceraria* (القرع القلبي)، وهما نباتان طبيّان يُستخدمان على نطاق واسع في الطب التقليدي. وقد تم اختيار طريقة الاستخلاص بالضغط البارد حفاظاً على المكونات الحيوية الحساسة للحرارة، وأسفرت عن زيوت ذات جودة جيدة، تَمَزَّت بانخفاض قيمة البيروكسيد وارتفاع قيمة التصبين (<336 ملغ/KOH غ)، وغني بالأسترات مما يدل على إمكانات وظيفية وصناعية واحدة.

أظهرت التحاليل البيولوجية نشاطاً مضاداً للأكسدة بدرجة معتدلة، خاصة لدى *Lagenaria siceraria*، وذلك باستخدام اختباري DPPH و ABTS، رغم أن قيم IC_{50} بقيت مرتفعة نسبياً (<800 ميكروغرام/مل) وهو ما يُعزى غالباً إلى الطبيعة الدهنية للمستخلصات. من جهة أخرى، أظهرت النتائج قدرة مثيرة للاهتمام على تثبيط إنزيم ألفا-أميلاز، بلغت 37.51٪ لدى زيت *Lagenaria siceraria*، مما يشير إلى إمكانية استخدامها في تنظيم نسبة السكر بعد الأكل. أما النشاط المضاد للالتهاب فلم يكن ملحوظاً في الظروف التجريبية المعتمدة، وهو ما قد يرتبط بقلة المركبات النشطة المحبة للماء في الزيوت.

تُبرز هذه النتائج القيمة المحتملة لهذه الزيوت النباتية كمصادر للمركبات الحيوية، لاستخدامات غذائية وتجميلية وعلاجية. ويوصى بإجراء دراسات إضافية تشمل تجزئة الزيوت، واستعمال مذيبيات استخلاص متنوعة، وإجراء تجارب *in vitro* للتحقق من الفعالية وآليات التأثير.

الكلمات المفتاحية: الزيوت النباتية، *Lepidium sativum*، *Lagenaria siceraria*، الضغط البارد، المركبات الحيوية، النشاط المضاد للأكسدة، تثبيط الإنزيمات، الإمكانات العلاجية.

Tables des matières

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction générale 1

PRÈMIÈRE PARTIE

SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : Généralités sur les plantes médicinales

I.1. Introduction 3

I.2. Définition d'une plante médicinale 3

I.3. Importance des Plantes Médicinales 4

I.3.1. Soins de santé primaires..... 4

I.3.2. Source de médicaments modernes 4

I.3.3. Valeur économique 4

I.3.4. Préservation des savoirs traditionnels 4

I.3.5. Moins d'effets secondaires perçus 5

I.4. Histoire et Usages Traditionnels 5

I.5. *Lepidium sativum* (Cresson alénois / حبالرشاد) 6

I.5.1. Historique 6

I.5.2. Classification botanique 6

I.5.3. Morphologie et identification 7

I.5.4. Répartition géographique et habitat 9

I.5.5. Composition chimique et nutritionnelle 10

I.5.6. Propriétés biologiques	10
I.5.7. Usages traditionnels et médicinaux	10
I.6. <i>Lagenaria siceraria</i> (Calebasse / اليقطين)	11
I.6.1. Historique	11
I.6.2. Classification botanique	12
I.6.3. Morphologie et identification	12
I.6.4. Répartition géographique et habitat	13
I.6.5. Composition chimique et nutritionnelle	14
I.6.6. Propriétés biologiques	14
I.6.7. Usages traditionnels et médicinaux	14

Chapitre II : Les huiles végétales

II.1. Définition et classification des huiles végétales	16
II.2. Critères de classification des huiles végétales	16
II.2.1. Origine botanique (plante source)	16
II.2.2. Méthode d'extraction	17
II.2.3. Niveau de raffinage	17
II.2.4. Profil nutritionnel (composition en acides gras)	17
II.3. Composition chimique des huiles végétales	17
II.3.1. Fraction saponifiable	17
II.3.1.1. Glycérides	17
II.3.1.2. Acides gras	18
II.3.1.3. Phospholipides	20
II.3.2. Fraction insaponifiable	20
II.3.2.1. Stérols	20
II.3.2.2. Tocophérols	21
II.3.2.3. Alcools triterpéniques	21
II.3.2.4. Hydrocarbures	21
II.3.2.5. Composés phénoliques	21
II.3.2.6. Pigments	22
II.4. Propriétés physico-chimiques des huiles végétales	22
II.4.1.1. Point de fusion	22

II.4.1.2. Densité	22
II.4.1.3. Solubilité	22
II.4.1.4. Viscosité	23
II.4.1.5. Point de solidification	23
II.4.1.6. Indice de réfraction	23
II.4.2. Propriétés chimiques	23
II.4.2.1. Hydrolyse et saponification	23
II.4.2.2. Hydrogénation	24
II.4.2.3. Indice d'acide	24
II.4.2.4. Indice d'iode	24
II.4.2.5. Indice de peroxyde	24
II.4.2.6. Insaponifiables	24
II.4.2.7. Indice d'ester	24
II.5. Techniques d'extraction des huiles végétales	25
II.5.1.1. Pressage à froid	25
II.5.1.2. Pressage à chaud	25
II.5.2. Extraction par solvant	26
II.5.3. Extraction assistée par ultrasons	26
II.5.4. Extraction au CO ₂ supercritique	27
II.6. Comparaison des méthodes d'extraction	29
II.7. Utilisations des huiles végétales	30
II.8. Intérêt des huiles issues de plantes médicinales	31

Chapitre III : Activités biologiques des huiles végétales

III.1. Introduction aux activités biologiques	33
III.2. Activité antioxydant	34
III.3. Activité anti-inflammatoire in vitro	35
III.4. Activité antidiabétique in vitro	37

DÈUXIEME PARTIE

PARTIE EXPÉRIMENTALE

Chapitre IV : Matériel et méthodes

IV.1. Matériel végétal	39
IV.1.1. Préparation des échantillons	39
IV.1.2. Préparation des graines avant l'extraction	41
IV.2. Méthodes expérimentales	41
IV.2.1. Extraction des huiles	41
IV.2.2. Rendement d'extraction	42
IV.2.3. Caractérisation organoleptiques	43
IV.2.4. Caractérisation physico-chimique	43
IV.2.4.1. Indice d'acide	43
IV.2.4.2. Indice de saponification	45
IV.2.4.3. Indice de peroxyde	47
IV.2.4.4. Indice d'ester	52
IV.2.5. Évaluation des activités biologiques	52
IV.2.5.1. Activité antioxydant (DPPH)	52
IV.2.5.1. Activité antioxydant (ABTS)	55
IV.2.5.2. Activité anti-inflammatoire	57
IV.2.5.3. Activité antidiabétique (inhibition de l'α-amylase)	59
IV.3. Traitement statistique des résultats	64

Chapitre V : Discussion des résultats

V.1. Rendement d'extraction des huiles végétales	70
V.2. Caractéristiques organoleptiques des huiles	70
V.3. Indices physico-chimiques des huiles	72
V.3.1. Indice d'acide	72
V.3.2. Indice de saponification	72
V.3.3. Indice de peroxyde	73
V.3.4. Indice d'ester	73

V.4. Discussion	74
V.4.1. Rendement d'extraction	74
V.4.2. Caractéristiques organoleptiques	74
V.4.3. Indice d'acide	74
V.4.4. Indice de saponification	74
V.4.5. Indice de peroxyde	75
V.4.6. Indice d'ester	75
V.5. Résultats et discussion des activités biologiques	76
V.5.1. Activité antioxydant : test DPPH radical libre	76
V.5.2. Activité antioxydant : test ABTS (scavenging activity)	78
V.5.3. Activité anti-inflammatoire in vitro	82
V.5.4. Activité antidiabétique (inhibition de l'α-amylase)	84
Conclusion et perspectives	87
Références bibliographiques	89
Annexes	101

Liste des abréviations

Abréviation	Signification
ABTS	2,2'-Azinobis-(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique acid)
BHT	Butylated HydroxyToluene (hydroxytoluène butylé)
BHA	Butylated HydroxyAnisole (hydroxyanisole butylé)
BSA	Bovine Serum Albumin (Albumine sérique bovine)
CRBT	Centre de Recherche en Biotechnologie
DPPH	2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl
HCl	Acide chlorhydrique
IKI	Réactif à l'iode (solution de Lugol)
ISO	International Organization for Standardization
KOH	Hydroxyde de potassium
NaCl	Chlorure de sodium
NaOH	Hydroxyde de sodium
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Thiosulfate de sodium pentahydraté
NF	Norme Française
ppm	Partie par million

Tris-HCl	Tris(hydroxyméthyl)aminométhane - Acide chlorhydrique
UV	Ultraviolet
IC50	Concentration inhibitrice à 50 %
PI	Pourcentage d'inhibition
ET	Écart Type

Liste des tableaux

N°	Titre du tableau	Page
Tableau 01	Acides gras mono-insaturés présents dans les huiles végétales	19
Tableau 02	Acides gras saturés présents dans les huiles végétales	20
Tableau 03	Disposition des groupes expérimentaux en microplaque (test d'inhibition enzymatique)	67
Tableau 04	Caractéristiques organoleptiques des huiles végétales	71
Tableau 05	Indices d'acide des huiles végétales étudiées	72
Tableau 06	Indices de saponification des huiles végétales étudiées	73
Tableau 07	Indices de peroxyde des huiles végétales étudiées	73
Tableau 08	Indices d'ester des huiles végétales étudiées	73
Tableau 09	Pourcentage d'inhibition (%PI) des huiles testées et des antioxydants standards (Trolox et acide ascorbique) selon la concentration (test DPPH)	76
Tableau 10	Pourcentage d'inhibition (%PI $\pm$ ET) des huiles testées (<i>Lagenaria siceraria</i> et <i>Lepidium sativum</i>) et des standards (Trolox et acide ascorbique) – ABTS	79
Tableau 11	Données brutes de l'activité anti-inflammatoire in vitro (lecture d'absorbance à 660 nm)	81
Tableau 12	Effet inhibiteur des huiles de <i>Lepidium sativum</i> et <i>Lagenaria siceraria</i> sur l'activité de l' α -amylase comparé à l'acarbose	83

FIGURE	LISTES DES FIGURES Titre	Page
Figure 1	Papyrus Ebers, Leipzig University	5
Figure 2	Partie aérienne du <i>Lepidium sativum</i>	8
Figure 3	Feuilles du cresson alénois à gauche, variété culturale à larges feuilles	8
Figure 4	Morphologie d 'une fleur de l'inflorescence de <i>Lepidium sativum</i>	8
Figure 5	Les graines de <i>Lepidium sativum</i>	9
Figure 6	Représentation schématique d'une graine de <i>Lepidium sativum</i>	9
Figure 7	Diversité de la couleur des fruits, de la forme des fruits et de la texture des fruits parmi les génotypes de <i>Lagenaria siceraria</i>	13
Figure 8	Diversité de la couleur des feuilles et de la marge des feuilles parmi les génotypes de <i>Lagenaria siceraria</i>	13
Figure 9	la fleur de courge (<i>lagenaria siceraria</i>)	13
Figure 10	les graines de courge (<i>lagenaria siceraria</i>)	13
Figure 11	Répartition géographique et habitat	13
Figure 12	Organigramme du procédé de représage	26
Figure 13	Raffinage par voie chimique : étapes et composés éliminés	29
Figure 14	Raffinage par distillation neutralisante (raffinage < physique >) :étapes et composés éliminés	29
Figure 15	centre de recherche en biotechnologie CRBT	39
Figure 16	Centre universitaire Abdel Hafid Boussouf Mila	39

Figure 17	Graines de <i>Lepidium Sativum</i>	40
Figure 18	Graines de <i>Lagenaria siceraria</i>	40
Figure 19	Presse mécanique utilisée pour l'extraction à froid des huiles des graines de <i>Lepidium sativum</i> et <i>Lagenaria siceraria</i> .	41
Figure 20	L'huile de graines de <i>Lepidium sativum</i> et de l'huile de graines de <i>Lagenaria siceraria</i>	42
Figure 21	Ajout de phénolphthaléine aux huiles végétales	43
Figure 22	Titration des acides gras avec la soude (NaOH)	44
Figure 23	Changement de couleur à l'équivalence lors du titrage par NaOH	45
Figure 24	Titration de l'excès de KOH (0,5N HCL) en présence de phénolphthaléine	46
Figure 25	Fin du titrage marquée par la disparition de la coloration rose	47
Figure 26	Protection contre la lumière lors de la réaction avec l'iode	49
Figure 27	Titration de la solution par le thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2 \text{S}_2 \text{O}_3$)	50
Figure 28	Indication visuelle du point de titrage par la couleur bleue du complexe iode amidon	50
Figure 29	Absence de coloration bleue après ajout de thiosulfate (fin de la réaction)	50
Figure 30	Echantillon témoin non traité (témoin blanc)	51
Figure 31	Structures chimiques des standards antioxydants utilisés dans le test DPPH	53
Figure 32	Préparation de l'échantillon huileux par pesée et dilution dans le méthanol en vue test DPPH	53
Figure 33	Ajout du DPPH et des extraits dans la microplaque	54
Figure 34	Lecture sur le spectrophotomètre à 517 nm pour teste DPPH.	54

Figure 35	Ajout du ABTS et des extraits dans la microplaque	56
Figure 36	Lecture sur le spectrophotomètre à 734 nm pour teste ABTS.	56
Figure 37	Tris-HCl 0,05 M, pH 6,6	57
Figure 38	manipulation sur plaque	58
Figure 39	Lecture sur le spectrophotomètre à cuve HELIOS EPSILON (Thermo scientifique)	59
Figure 40	Préparation de l'acide et de la base pour la solution tampon (phosphate)	60
Figure 41	La solution de Tampon (PH = 6,9)	61
Figure 42	Préparation de solution IKI	61
Figure 43	La solution de IKI	62
Figure 44	Disposition des échantillons dans une microplaque pour le test d'inhibition de l'enzyme l' α -amylase	63
Figure 45	Mise en incubation des échantillons du teste de l' α -amylase	63
Figure 46	Lecture sur le spectrophotomètre à 360 nm pour l'activité α -amylase	64
Figure 47	Rendement d'extraction des huiles végétales de <i>Lepidium sativum</i> et <i>Lagenaria siceraria</i> .	70
Figure 48	Évolution du pourcentage d'inhibition (%PI) selon la concentration des extraits huileux comparée aux antioxydants de référence (Trolox et acide ascorbique).	77
Figure 49	Évolution du pourcentage d'inhibition (%PI) selon la concentration des extraits huileux (<i>Lagenaria siceraria</i> et <i>Lepidium sativum</i>) comparée aux antioxydants standards (Trolox et acide ascorbique) – Test ABTS	80
Figure 50	Pourcentage d'inhibition de l' α -amylase en fonction de la concentration des extraits testés.	84

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Depuis les temps anciens, les plantes médicinales occupent une place essentielle dans les pratiques de soins traditionnels à travers le monde. Utilisées pendant des siècles comme principale source de remèdes, elles ont progressivement cédé la place aux médicaments de synthèse avec l'essor de la médecine moderne. Toutefois, les limites de ces traitements conventionnels — notamment la résistance microbienne, les effets indésirables ou encore le coût élevé de certaines molécules — ont contribué à raviver l'intérêt scientifique et thérapeutique pour les produits naturels (Ouédraogo, 2021 ; WHO, 2019).

Parmi les végétaux médicinaux, les graines oléagineuses se distinguent par leur richesse en composés bioactifs. Les huiles végétales obtenues à partir de ces graines ne se résument pas à de simples apports lipidiques. En effet, au-delà des triglycérides, elles contiennent des composés mineurs mais fonctionnellement puissants : polyphénols, flavonoïdes, tocophérols, phytostérols, etc., qui leur confèrent des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires, antimicrobiennes ou hypoglycémiantes (Rouba, 2012 ; Kooti & Ghadery, 2016 ; Rezig et al., 2022).

Dans un contexte de recherche de solutions naturelles pour la prévention et la gestion de maladies métaboliques telles que le diabète, l'hypertension ou les inflammations chroniques, ces huiles végétales suscitent un intérêt croissant. Des études ont démontré leur capacité à piéger les radicaux libres, inhiber des enzymes clés comme l' α -amylase, moduler les réponses immunitaires ou encore ralentir la croissance bactérienne (Ahmed et al., 2015 ; Nwachukwu et al., 2021).

C'est dans cette optique que s'inscrit le présent travail, intitulé :

« Activités biologiques des huiles végétales de graines de deux plantes médicinales : *Lepidium sativum* et *Lagenaria siceraria* »

Ce mémoire vise à explorer le potentiel thérapeutique des huiles issues de deux espèces végétales couramment utilisées en médecine traditionnelle. Pour ce faire, des analyses physico-chimiques et biologiques ont été menées sur les huiles extraites des graines de *Lepidium sativum* (cresson alénois) et de *Lagenaria siceraria* (courge calebasse), deux plantes reconnues pour leurs propriétés médicinales.

Objectifs du travail

Les objectifs spécifiques de ce travail sont les suivants :

1. Extraire les huiles par pression à froid.
2. Déterminer le rendement d'extraction pour chaque plante.
3. Étudier les caractéristiques organoleptiques des huiles obtenues.
4. Réaliser une caractérisation physico-chimique (indices d'acide, de saponification, de peroxyde et d'ester).
5. Évaluer les activités biologiques in vitro :
 - Activité antioxydante par les tests DPPH et ABTS,
 - Activité anti-inflammatoire,
 - Activité antidiabétique par inhibition de l' α -amylase.

Le mémoire est organisé en deux grandes parties :

- Première partie : Revue bibliographique :

Elle regroupe les connaissances scientifiques actuelles sur les plantes étudiées, les caractéristiques générales des huiles végétales, les méthodes d'extraction, ainsi que les différentes activités biologiques associées aux composés naturels.
- Deuxième partie : Étude expérimentale :

Elle détaille les protocoles appliqués pour l'extraction et l'analyse des huiles, les méthodes d'évaluation des activités biologiques, ainsi que les résultats obtenus, qui sont ensuite discutés à la lumière des données de la littérature.

Enfin, ce travail se conclut par une conclusion générale et propose des perspectives de recherche en vue d'une valorisation thérapeutique ou industrielle des huiles étudiées.

Chapitre I : Généralités sur les plantes médicinales

I.1.Introduction

Depuis des millénaires, les plantes ont été utilisées par nos ancêtres pour apaiser les douleurs, soigner les maladies et traiter les blessures. Se savoir, issu de l'expérience, a été transmis de génération en génération, et consigné par écrit lorsque cela était possible. Aujourd'hui encore, malgré les avancées de la pharmacologie moderne, l'usage des plantes à des fins thérapeutiques reste courant, notamment dans de nombreux pays en développement (Tabuti, 2003).

En Afrique, les plantes médicinales représentent une ressource essentielle, en particulier pour les populations rurales, dont plus de 80 % y ont recours pour leurs soins de santé en l'absence d'infrastructures médicales modernes (Jiofack, 2010). Bien que la médecine moderne occupe une place importante dans le monde, la médecine traditionnelle reste une composante majeure des soins primaires, profondément ancrée dans les cultures populaires (Selles, 2012).

La médecine traditionnelle arabe repose sur deux grandes influences : l'une provenant des traditions médicales indienne et mésopotamienne, l'autre connue sous le nom de Médecine du Prophète. Les Égyptiens, il y a plus de 4 000 ans, furent parmi les premiers à exploiter les plantes à des fins esthétiques et spirituelles. Par la suite, la civilisation arabe, avec des centres comme Bagdad, Bassora et Damas, a développé un commerce florissant d'épices, d'aromates et de plantes médicinales (Selles, 2012).

En Algérie, notamment en Kabylie, les médecines naturelles conservent une place importante dans le traitement de nombreuses affections. Cependant, l'ethnopharmacologie locale demeure peu étudiée sur le plan scientifique (Hamadi, 2014). Le marché des plantes médicinales est en pleine croissance, générant des profits notables. Cela soulève des préoccupations croissantes quant à la sécurité et à la qualité de ces produits, tant pour les autorités sanitaires que pour les consommateurs (OMS, 2003).

I.2. Définition d'une plante médicinale

Selon les pharmacopées européenne et française, une plante médicinale est une drogue végétale dont une ou plusieurs parties possèdent des propriétés thérapeutiques. Le terme

"drogue végétale" désigne une matière première naturelle utilisée dans la fabrication de médicaments (**Mohammedi, 2006**). Les effets thérapeutiques des plantes médicinales proviennent de métabolites primaires ou secondaires, ou de leur synergie (**Sanago, 2006**).

Les plantes médicinales peuvent être utilisées sous deux formes :

- Brute : plante entière, huile essentielle, extrait colorant
- Pure : principe actif isolé, défini chimiquement, utilisé pour un effet ciblé (Hamburger & Hostettmann, 1991).

I.3. Importance des Plantes Médicinales

Les plantes médicinales jouent un rôle majeur dans l'histoire de la médecine humaine, tant traditionnelle que moderne. Leur importance s'observe à plusieurs niveaux :

I.3.1. Soins de santé primaires

Environ 80 % des populations des pays en développement utilisent les plantes médicinales pour leurs soins de santé de base (**OMS, 2013**).

I.3.2. Source de médicaments modernes

Plusieurs médicaments trouvent leur origine dans les plantes :

- Aspirine (écorce de saule)
- Morphine (pavot somnifère)
- Quinine (quinquina)

(**Cragg & Newman, 2005**)

I.3.3. Valeur économique

Leur culture, récolte et commercialisation représentent une source de revenus importante (**Hamilton, 2004**).

I.3.4. Préservation des savoirs traditionnels

Les savoirs liés aux plantes sont transmis oralement de génération en génération (**WHO, 2002**).

I.3.5. Moins d'effets secondaires perçus

Les patients les perçoivent comme plus naturelles, mais l'automédication peut comporter des risques (Ekor, 2014).

I.4. Histoire et Usages Traditionnels

Les plantes médicinales ont toujours eu une place essentielle dans les rituels, les échanges commerciaux et la pharmacopée.

- **Préhistoire** : Utilisation de plantes comme l'ail ou l'achillée millefeuille à des fins thérapeutiques, découverte de restes dans des tombes datant de 60 000 ans.
- **Égypte ancienne** : Le papyrus Ebers (env. 1550 av. J.-C.) témoigne d'une riche pharmacopée à base de plantes, intégrée aux croyances phytoreligieuses (Baum, 1999).

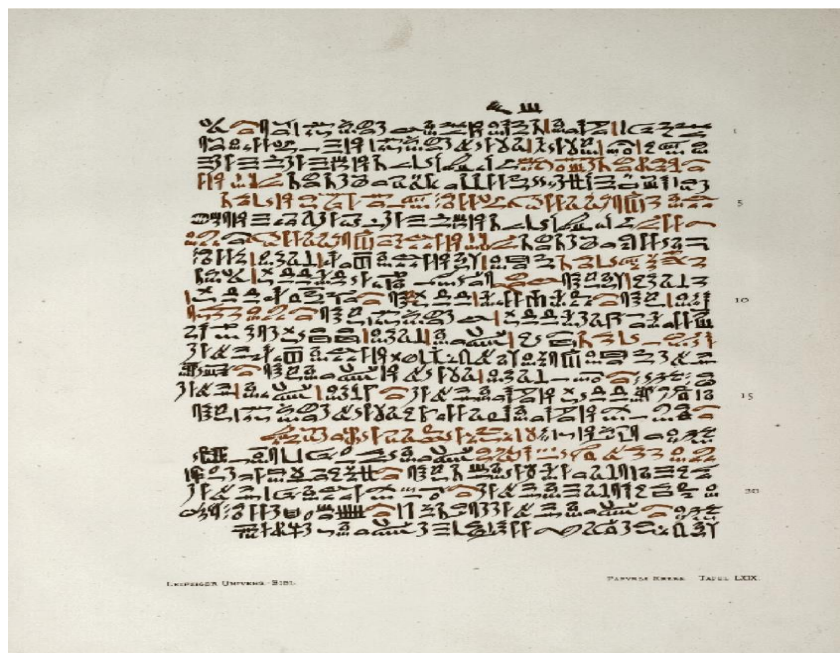


Figure 01 : Papyrus Ebers, Leipzig University

- **Chine ancienne** : La médecine traditionnelle chinoise, vieille de 5000 ans, s'appuie sur des textes comme le Shennong Bencao Jing, mentionnant des plantes comme le gingembre et le ginseng (Park et al., 2012).

I.5. *Lepidium sativum* (Cresson alénois / حب الرشاد)

I.5.1. Historique

Autrefois, à l'époque des grands penseurs tels qu'Hippocrate, Dioscoride et Galien, le cresson alénois était réputé pour ses vertus stimulantes, apportant esprit et courage. Plus récemment, cette plante est utilisée en Chine pour traiter l'insuffisance cardiaque (**Boullard, 2001**).

Au Maroc, le cresson alénois figure dans la pharmacopée populaire. Ses graines sont recommandées pour traiter diverses affections pulmonaires, telles que la tuberculose et l'asthme, ainsi que des troubles comme l'impuissance, le rachitisme, la stérilité et la syphilis. On conseille également l'utilisation de ses semences en application externe sous forme de cataplasme révulsif pour les bronchites, et sous forme d'onguents pour favoriser la maturation des abcès et des furoncles (**Boullard, 2001**).

I.5.2. Classification botanique

Le système de classification de Linnaeus, introduit il y a 200 ans, a été largement adopté pour classer le « *Lépidiumsativum* L. ». Par la suite, des améliorations et des affinités ont été ajoutées à ce système afin d'aboutir à une classification systématique commune (**A.S. Collinson, 1988**).

Selon Linné Lawrence (**Lawrence George HM, 1959**), l'espèce « Cresson Alénois » est classée comme suit :

Règne : Plante

Sous-règne : Tracheobionta

Division : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Sous-classe : Polypétalae

Ordre : Prietales

Famille : Crucifères ou Brassicacées

Chapitre I : Généralités sur les plantes médicinales

Genre : *Lépidium*

Espèce : *Lépidiumsativum* L

Nomenclature

Le cresson alénois est connu sous plusieurs appellations et synonymes selon les langues et les régions. En voici quelques exemples :

- **Nom arabe** : حب الرشاد :Habberrchad, حرفHorf (Baba Aïssa, 2011).
- **Nom français** : cressonnette, passerage cultivée, cresson à la noix, nasitort, passerage des jardins (Eberhard et al., 2005).
- **Nom anglais** : *Garden cress*, *peppergrass* (Eberhard et al., 2005).
- **Nom italien** : *Nasturzioortense* (Fournier, 2010).
- **Nom allemand** : *Gartenkresse*, *Gresich*, *Tellerkress* (Eberhard et al., 2005).

I.5.3. Morphologie et identification :

Le cresson alénois (*Lepidiumsativum*) est une plante annuelle herbacée et semi-aquatique (Ali-Delille, 2013).

(Eberhard et al. 2005) ont fourni une description détaillée des différents organes végétatifs de cette espèce :

- **Tiges** : glabres, pouvant atteindre jusqu'à 50 cm de hauteur. Elles sont généralement ramifiées dans leur partie supérieure et présentent une coloration verte.
- **Feuilles** : disposées de manière alterne, elles sont courtement pétiolées. Les feuilles supérieures sont entières, linéaires, glabres, parfois veinées de gris. Il existe plusieurs variétés cultivées, différenciées notamment par la forme de leurs feuilles :
 - Feuilles lacérées (cresson alénois commun)
 - Feuilles lisses et frisées (cresson alénois frisé)
 - Feuilles basales larges et simples (cresson alénois à larges feuilles)
- **Inflorescences** : grappes simples de 1 à 3 cm de longueur, constituées de petites fleurs actinomorphes portées par des pédicelles dressés contre le pédoncule floral. Le calice est composé de 4 sépales, et la corolle de 4 pétales blancs ou rosés, munis d'un onglet à peine visible. On compte 6 étamines, dont deux plus courtes, avec des anthères souvent de couleur violette. L'ovaire est supère.

Chapitre I : Généralités sur les plantes médicinales

- **Fruit** : silicule ailée, mesurant entre 5 et 6 mm de long pour 3 à 4 mm de large, de forme arrondie à ovale, aplatie sur la face ventrale.
- **Graines** : brun-rouge, de forme piriforme, presque lisses.



Figure02 : Partie aérienne du *Lepidium sativum* (Eberhard et al,2005)



Figure03 : Feuilles du cresson alénois à gauche, variété culturale à larges feuilles (basales et entières) ; à droite, variété culturale commune à feuilles finement divisées (Eberhard et al,2005)



Figure 04 : Morphologie d 'une fleur de l'inflorescence de *Lepidium sativum* (Fournier,2010).



Figure 05 : Les graines de *Lepidium sativum* (Originale, 2017)

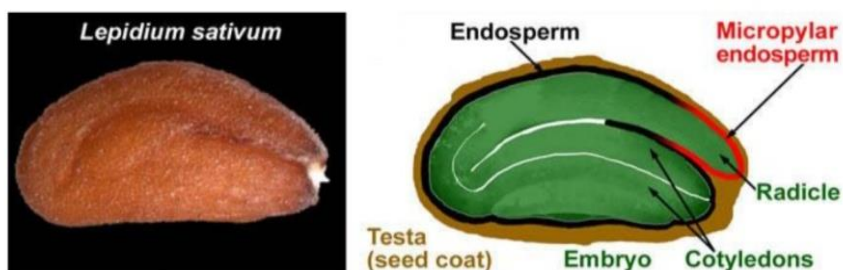


Figure 06 : Représentation schématique d'une graine de *Lepidium sativum* (Muller et al, 2006)

I.5.4. Répartition géographique et habitat

Lepidium sativum pousse dans tout type de sol léger à bonne capacité de rétention d'eau, mais il préfère les limons humides pour un développement optimal. Il peut être cultivé à toutes les altitudes et tout au long de l'année, en particulier dans les régions tropicales. Le cresson alénois présente une bonne tolérance à la sécheresse. En Afrique tropicale, on le cultive entre 750 et 2900 mètres d'altitude (Burkill, 1985 ; Jansen, 1981-1982 ; Schippers, 2000).

Originnaire d'Égypte et de l'Asie occidentale, *Lepidium sativum* aurait été domestiqué en Asie de l'Ouest. Il était déjà cultivé dans l'Antiquité en Grèce et en Italie. Aujourd'hui, cette plante est cultivée dans le monde entier, notamment dans la plupart des pays africains, principalement dans les jardins familiaux à petite échelle. Elle s'échappe fréquemment de ces

Chapitre I : Généralités sur les plantes médicinales

cultures et se retrouve alors dans des habitats divers : bords de chemins, vallées caillouteuses, sols sableux, décombres et talus de voies ferrées (Burkill, 1985 ; Jansen, 1981-1982 ; Schippers, 2000).

I.5.5. Composition chimique et nutritionnelle de *Lepidium sativum*

Lepidium sativum se distingue par sa richesse en composés bioactifs et en nutriments essentiels. Ses graines renferment jusqu'à 25 % de protéines, en plus d'une teneur notable en glucides et en acides gras tels que l'acide linoléique, l'acide oléique et l'acide palmitique. Elles sont également une source importante de fibres alimentaires, de minéraux (calcium, fer, magnésium, zinc) et de vitamines (C, E et bêta-carotène). La présence de composés phénoliques et de flavonoïdes dans ses différentes parties lui confère des propriétés antioxydantes remarquables (Srinivasan, 2007 ; Gokavi et al., 2004).

I.5.6. Propriétés biologiques de *Lepidium sativum*

Dans la médecine traditionnelle, *Lepidium sativum* est reconnu pour ses multiples bienfaits thérapeutiques. Il possède des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires, antimicrobiennes et antidiabétiques. Des études ont démontré que les extraits de ses graines présentent un potentiel hépatoprotecteur et peuvent contribuer à la régulation de la glycémie ainsi que des lipides sanguins. En outre, certains travaux suggèrent un effet galactogène, utile pour stimuler la lactation (Tahiliani & Kar, 2003 ; Sharma et al., 2011 ; Al-Huqail et al., 2020).

I.5.7. Usages traditionnels et médicaux

a. Usages traditionnels

Sur le plan culinaire, le cresson alénois est utilisé comme épice. Les jeunes feuilles fraîches servent à aromatiser et décorer les grillades. Il est souvent consommé seul pour relever le goût des salades, des légumes, des céréales ou des viandes (Eberhard et al., 2005).

En Éthiopie, ses graines sont utilisées pour produire une huile alimentaire (Eberhard et al., 2005).

En Algérie, les semences mélangées au miel constituent le mode d'utilisation traditionnel le plus courant, notamment pour stimuler l'appétit et redonner de l'énergie aux personnes en convalescence (Baba Aissa, 2011).

Chapitre I : Généralités sur les plantes médicinales

b. Usages médicinaux

Le cresson alénois est une plante aux propriétés alcalinisantes, nutritives, reminéralisantes et tonifiantes. Grâce à sa richesse en fer, il exerce une action antianémique. Il favorise également la vitalité des bulbes pileux, stimulant ainsi la pousse des cheveux et des poils (Moghe, 2016).

Il possède diverses vertus médicinales : expectorantes, diurétiques, sudorifiques, dépuratives, hypoglycémiantes, antidiarrhéiques, antiscorbutiques, aphrodisiaques et apéritives. Il est particulièrement recommandé en cas d'asthénie et pour le traitement de certaines affections telles que les dermatoses, les bronchites, les calculs biliaires, ainsi que les troubles hépatiques et urinaires (Ali-Delille, 2013).

Grâce à sa richesse en antioxydants, le cresson contribuerait à la prévention de certains cancers et offrirait des bienfaits pour la santé oculaire. Il serait également bénéfique dans la prévention des maladies cardiovasculaires (Moghe, 2016).

I.6. *Lagenaria siceraria* (Calebasse /) بذور اليقطين

I.6.1. Historique :

Le gourd est un produit d'origine africaine : des spécimens de la plante à l'état sauvage ont récemment été trouvés au Zimbabwe. On a décelé deux sous-espèces, suggérant probablement deux processus de domestication séparés : *Lagenaria siceraria* spp. *Siceraria* (domestiquée en Afrique il y a approximativement 4 000 ans) et *L. s.* spp. *Asiatica* (domestiquée en Asie depuis au moins 10 000 ans). L'analyse génétique des gourdes américaines en bouteille (Kistler et al.) suggère une probabilité pour un troisième événement de domestication, survenu en Amérique centrale il y a environ 10 000 ans. Il y a approximativement dix mille ans.

I.6.2. Classification botanique :

Règne: Plantae

Sous-règne : Viridaplantae

Division: magnoliophyta

Classe: Equisetopsida

Chapitre I : Généralités sur les plantes médicinales

Sous-classe: Magnoliidae Novák

Ordre: Cucurbitales

Famille: Cucurbitaceae

Genre: Lagenaria

Espèce: *Lagenaria siceraria* (Jacques Fournet & al. 2012).

Nomenclature :

Synonymes est: اليقطين

Gourde

Cucurbita lagenaria L.

Cucurbita leucantha Duchesne

Cucurbita siceraria Molina Lagénarie calebasse Courge calebasse

Lagenaria vulgaris Ser (Jacques Fournet & al. 2012).

I.6.3. Morphologie et identification:

Plante grimpante et vivace caduque (hauteur : 6 m), dotée de tiges pubescentes.

-Feuilles : de forme ovale (longueur : 100-350 mm, largeur : 100-350 mm), à base cordée, simples ou palmatilobées, avec 3 à 5 lobes qui sont elliptiques à triangulaires, bords dentelés et sinueux, sommet apiculé, pétiole velu (longueur : 160-200 mm), vrilles bifides.

-Inflorescences : fleurs individuelles et axillaires.

-Fleurs : calice à 5 lobes en forme de lance, d'une longueur de 5 mm ; corolle composée de 5 pétales obovales et jaunes, mesurant entre 30 et 40 mm.

-Fruits : des baies de forme subglobuleuse à cylindrique.

-Graines : Les graines de *Lagenaria siceraria* présentent une teinte blanc crème, sont aplaties et ont une forme elliptique. Elles ont tendance à brunir quand elles sont en contact avec l'air ou lorsqu'elles sont mises à sécher, cependant, cela n'entrave pas leur capacité à germer. ((Molina) Standley, 1930).

Chapitre I : Généralités sur les plantes médicinales

Figure07:Diversité de la couleur des fruits, de la forme des fruits et de la texture des fruits parmi les génotypes de <i>Lagenaria siceraria</i>.(Kulaet al,2007).	Figure08 :Diversité de la couleur des feuilles et de la marge des feuilles parmi les génotypes de <i>Lagenaria siceraria</i>(Kulaet al,2007).	Figure09:la fleur de courge (<i>lagenariasiceraria</i>)(Hills et all, 2019).	Figure10:les graines de courge (<i>lagenariasiceraria</i>).(Pulehu et all, 2010)
			

I.6.4.Répartition géographique et habitat:

Il est probable que la *Lagenaria siceraria* soit originaire de l'Afrique tropicale, mais elle présente actuellement une distribution pantropicale. Les archives archéologiques démontrent que *L. siceraria* est cultivée depuis l'époque précolombienne aussi bien



Figure11:Distribution Map(Projet Flora du Brésil 2020)

I.6.5. Composition chimique et nutritionnelle de *Lagenaria siceraria*

Lagenaria siceraria est une plante potagère réputée pour sa forte teneur en eau, en fibres alimentaires et en micronutriments. Sa pulpe est constituée de glucides simples, de protéines et d'acides aminés essentiels, ainsi que de vitamines (A, C, et du complexe B) et de minéraux (calcium, potassium, magnésium, phosphore). Ses graines, riches en huiles végétales, contiennent des acides gras insaturés bénéfiques pour le système cardiovasculaire. On y retrouve également des flavonoïdes, des stérols, des saponines et d'autres composés phénoliques aux effets antioxydants notables (Raina et al., 2015 ; Verma et al., 2011).

I.6.6. Propriétés biologiques de *Lagenaria siceraria*

La courge bouteille possède de nombreuses vertus biologiques qui lui confèrent une place importante dans la pharmacopée traditionnelle. Elle est dotée d'activités antioxydantes, anti-inflammatoires, hypoglycémiantes, hypolipémiantes et hépatoprotectrices. Les recherches indiquent son efficacité dans la prise en charge du diabète, de l'hypertension et des troubles digestifs. Les extraits de ses graines et de sa peau ont notamment démontré leur capacité à neutraliser les radicaux libres et à protéger le foie contre les dommages oxydatifs (Ghule et al., 2007 ; Rathore et al., 2011 ; Kumar et al., 2012).

I.6.7. Usages traditionnels et médicinaux:

Les fruits de certaines variétés de *L. siceraria* sont consommés comme légumes lorsqu'ils sont jeunes. Ils peuvent être cuits à l'eau, cuits à la vapeur, frits, intégrés dans des currys ou transformés en beignets. Les variétés présentent des différences notables en termes de douceur ou d'amertume. Les cultivars soigneusement sélectionnés peuvent rivaliser avec les courges d'été populaires des régions tempérées. Les jeunes pousses et les boutons floraux des types moins amers sont parfois consommés comme légumes verts. L'huile extraite des graines est utilisée comme huile de cuisson en Afrique. Un sirop élaboré à partir des fruits verts est employé pour traiter des troubles bronchiques tels que la toux pectorale et l'asthme (Sivarajan et Balchandran, 1996). Diverses utilisations médicinales des feuilles, des fruits et des graines ont été documentées dans plusieurs pays, notamment en tant que pectoral, anthelminthique, purgatif et même remède contre les maux de tête (PROSEA, 2018 ; PROTA, 2018). La diversité des tailles et des formes des fruits mûrs séchés explique la grande variété d'utilisations de la coque de calabasse comme récipients et ustensiles dans de nombreuses régions du monde. Les calabasses servent à stocker et transporter de l'eau

Chapitre I : Généralités sur les plantes médicinales

potable, de la bouillie, du lait frais où fermenté, de la bière et du vin, du miel, du ghee, de la graisse animale, du sel, du tabac, des parfums, des herbes médicinales, des graines de culture ou des grains alimentaires. Elles sont également utilisées comme ruches, récipients pour brasser de la bière, ou pour ranger des vêtements (comme une valise), ainsi que pour piéger des animaux, nourrir des animaux, pomper de l'air, puiser de l'eau, servir de vases, d'entonnoirs, de flotteurs pour les filets de pêche, de lits pour bébés, de lavabos, de pots d'irrigation, de cages pour poussins, de masques et de contenants pour semis. Les Calebasses sont également employées pour la fabrication d'artisanat décoratif, de flotteurs et d'instruments de musique. En Amérique du Sud, les calebasses sont séchées et sculptées en "mates", le récipient traditionnel pour le mate, une boisson populaire contenant de la caféine, préparée à partir de la plante de yerba mate (**PROSEA, 2018 ; PROTA, 2018**). Dans les îles polynésiennes, la courge calebasse est fréquemment séchée une fois mûre et sert d'instrument de percussion traditionnel, l'ipu heke, tant dans la danse hula contemporaine qu'ancienne. Les récipients en courge sont très répandus à Hawaï et sur l'île de Pâques, notamment en tant que bouteilles d'eau. À Hawaï, ils sont également utilisés pour fabriquer des contenants variés, des hochets, des tambours et des masques de tête. Sur la plupart des îles polynésiennes, les récipients en courge calebasse sont souvent ornés de décorations élaborées (**Clarke et al., 2006 ; McCormack, 2007**).

Chapitre 2 : Les huiles végétales

II. Définition et classification des huiles végétales :

II.1. Définition générale :

L'huile est une substance grasse, onctueuse et épaisse, généralement liquide à température ambiante.

Une huile végétale est constituée à plus de 99 % de lipides, sans protéines ni glucides, et contient très peu voire pas de cholestérol. Le 1 % restant est composé de vitamines et d'antioxydants liposolubles.

Les huiles végétales sont des composés organiques non volatils, hydrophobes et parfois amphiphiles. Elles sont insolubles dans l'eau, mais solubles dans des solvants organiques non polaires. Elles font partie intégrante de la composition naturelle de certaines plantes, qu'elles soient cultivées ou non. En plus de leur goût et de leur prix, les huiles végétales se distinguent par leur composition, ce qui rend important le choix de l'huile, surtout pour une consommation quotidienne (Debruynne, 2001).

L'extraction d'une huile végétale se fait par pression à froid à partir de deux parties principales de la plante : les graines et les fruits. Les plantes riches en huile sont appelées oléagineux ou plantes oléagineuses (Rakotormana, 2010).

Les huiles végétales sont une source importante de macronutriments essentiels tels que l'acide linoléique (oméga-6) et l'acide alpha-linolénique (oméga-3), ainsi que de micronutriments comme la vitamine E et les phytostérols (Cmolikj et al., 2007).

II.2. Critères de classification des huiles végétales

II.2.1. Origine botanique (plante source)

Les huiles sont classées selon l'espèce végétale dont elles sont extraites, comme le tournesol, le colza, l'olive ou la noix de coco. Chaque plante confère à l'huile des caractéristiques physico-chimiques particulières, liées principalement à sa composition en acides gras (Codex Alimentarius, 2019).

II.2.2. Méthode d'extraction

Les techniques d'extraction utilisées sont déterminantes pour la qualité nutritionnelle des huiles :

- Pression à froid : permet de conserver les composés bioactifs (vitamines, polyphénols).
- Extraction par solvant (ex. : hexane) : offre un rendement élevé, mais entraîne souvent une perte des nutriments.
- Extraction mécanique : méthode traditionnelle ou artisanale utilisée surtout en agriculture biologique (Bockisch, 1998).

II.2.3. Niveau de raffinage

- Huiles brutes : non raffinées, elles conservent une grande partie des composés mineurs bénéfiques.
- Huiles raffinées : bien que plus stables et au goût neutre, elles perdent une partie de leur valeur nutritionnelle (Erickson, 1990).

II.2.4. Profil nutritionnel (composition en acides gras)

Les huiles diffèrent selon leur teneur en acides gras :

- Riche en oméga-3 : ex. huile de lin, de chanvre.
- Riche en oméga-6 : ex. huile de tournesol.
- Riche en acides gras saturés : ex. huile de coco, palme (Mensink et al., 2003).

II.3.Composition chimique des huiles végétales

II.3.1.Fraction saponifiable

Cette fraction est composée essentiellement de :

II.3.1.1.Glycérides

A. Triglycérides

Les triglycérides constituent au minimum 95 % du poids des huiles ou graisses brutes et jusqu'à 98 % dans les huiles ou graisses raffinées. Ils sont formés d'une molécule de glycérol

Chapitre II : Les huiles végétales

liée par estérification à trois molécules d'acides gras, qui peuvent être différentes (Noui, 2013).

B. Glycérides partiels

Lorsque le glycérol est estérifié par une ou deux chaînes d'acides gras, on obtient des glycérides partiels : le monoacylglycérol (ou monoglycéride) et le diacylglycérol (ou diglycéride).

- Les **monoglycérides** proviennent de l'estérification d'une molécule de glycérol avec un seul acide gras.
- Les **diglycérides** résultent de l'estérification du glycérol avec deux molécules du même acide gras.

Ces glycérides partielles ne sont pas naturellement présentes dans les corps gras. Leur apparition est due à l'hydrolyse partielle des triglycérides.

II.3.1.2. Acides gras

Les acides gras constituent les principaux composants des triglycérides, représentant entre 90 et 96 % de leur masse molaire. Ils sont particulièrement abondants dans le règne végétal (Jahouach, 2002).

Selon la quantité d'atomes d'hydrogène fixés sur les chaînes carbonées, les acides gras peuvent être classés en deux grandes familles : saturés et insaturés (Charie, 2019).

A. Acides gras insaturés

Les acides gras insaturés se caractérisent par la présence d'une ou plusieurs doubles liaisons entre les atomes de carbone ($C=C$), ce qui permet de les subdiviser en :

- **Acides gras mono-insaturés** : ils ne contiennent qu'une seule double liaison. Un exemple typique est celui des acides gras de la famille oméga-9.

Ces acides gras résistent bien à la chaleur, ce qui les rend adaptés à la cuisson. Ils sont également reconnus pour leurs effets positifs sur le taux de cholestérol et pour leur rôle dans la réduction du risque d'hypertension (Charie, 2019).

Chapitre II : Les huiles végétales

Les principaux acides gras mono-insaturés présents dans les huiles végétales sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 01: Acides gras mono-insaturés présents dans les huiles végétales (Jahouach, 2002).

Symbole		Nom usuel		Nom systématique
C16 Δ 9cis		Palmitoléique		hexadécénoïque Δ 9
C18 Δ 9cis		Oléique		octadécénoïque Δ 9
C20 Δ 9cis		Gadoléique		eicosénoïque Δ 9
C22 Δ 13cis		Erucique		docosénoïque Δ 13
C24 Δ 15cis		Nervotique		tétracosénoïque Δ 15

➤ Acides gras poly-insaturés

Les acides gras poly-insaturés sont constitués de plusieurs doubles liaisons carbone-carbone (C=C). Ils comprennent notamment les oméga 3 et 6, comme l'acide alpha-linolénique ou l'acide linoléique, qui sont des acides gras essentiels. La distinction entre ces deux types repose sur la structure moléculaire : le chiffre 3 ou 6 désigne la position de la première double liaison dans la chaîne (C=C). Ces acides sont reconnus pour leurs bienfaits sur la santé et constituent une source énergétique importante (Charie, 2019).

B. Acides gras saturés

Contrairement aux acides gras insaturés, les acides gras saturés ne comportent que des liaisons simples entre les atomes de carbone, chaque carbone étant saturé en hydrogène. À température ambiante, ces acides gras sont généralement solides, comme ceux présents dans la noix de coco ou le beurre de karité, riches en acides gras saturés. Lorsqu'ils sont consommés avec modération dans le cadre d'une alimentation équilibrée, ils peuvent représenter d'excellentes sources d'énergie et de vitamines (Tableau 12) (Charie, 2019).

Tableau 02 : Acides gras saturés présents dans les huiles végétales (**Jahouach, 2002**).

Symbole	Nom usuel	Nom systématique
C10:0	Caprique	Décanoïque
C12:0	Laurique	Dodécanoïque
C14:0	Myristique	Tétradécanoïque
C16:0	Palmitique	Hexadécanoïque
C18:0	Stéarique	Octadécanoïque
C20:0	Arachidique	Eicosanoïque
C22:0	Béhénique	Docosanoïque
C24:0	Lignocérique	Tétracosanoïque

II.3.1.3. Phospholipides

Les phospholipides, aussi appelés phosphatides, sont présents dans les corps gras des végétaux bruts, pouvant représenter jusqu'à 2 % de certaines huiles. Ils sont principalement constitués de phosphoglycérides (dérivés du phosphoryl-3-glycérol), de sphingolipides (issus de la phytosphingosine), ainsi que de phospholipides contenant également des groupements glucidiques appelés glucolipides (**Didier, 2001**).

II.3.2. Fraction insaponifiable

Bien que les huiles végétales soient principalement composées d'acides gras, il est essentiel de noter la présence d'autres substances appelées insaponifiables. Il s'agit de résidus non solubles dans l'eau, appelés « parties non glycériques », issus de la saponification de l'huile. La composition de cette fraction insaponifiable varie selon le type d'huile végétale, mais regroupe généralement des composés tels que les caroténoïdes (précurseurs de la vitamine A), les tocophérols (puissants antioxydants), et les stérols (bénéfiques pour l'élasticité de la peau). Même présents en très petites quantités dans l'huile végétale — souvent moins de 1 % —, leurs effets demeurent significatifs (**Charie, 2019**).

Chapitre II : Les huiles végétales

II.3.2.1. Stérols

Les stérols d'origine végétale, appelés phytostérols, sont des alcools appartenant à la famille des stéroïdes et classés parmi les terpènes. Leur structure est composée d'un noyau tétracyclique cyclopentaphénanthrène, comportant un groupe hydroxyle en position 3 du premier cycle, ainsi qu'une chaîne latérale. Ils présentent une grande similitude structurale avec le cholestérol (Noui, 2013).

II.3.2.2. Tocophérols

Les tocophérols jouent un rôle essentiel dans les huiles végétales, tant pour leur stabilité à l'oxydation que pour leurs apports nutritionnels, en tant que précurseurs de la vitamine E. Sur le plan chimique, ce sont des composés terpéniques proches des stéroïdes, existant sous quatre formes principales : α , β , γ et δ , la forme α étant la plus abondante (Jahouach, 2002). Ils exercent des propriétés antioxydantes importantes, favorisant la conservation des huiles et contribuant à la prévention des maladies cardiovasculaires (Noui, 2013).

II.3.2.3. Alcools triterpéniques

Les triterpénols, ou alcools triterpéniques, représentent environ 20 % de la fraction insaponifiable des huiles végétales. Ces composés sont issus de la biosynthèse du squalène. Ils servent à caractériser certaines huiles et graisses végétales, bien que leur analyse soit complexe, en raison de la diversité des isomères présents et de l'absence de standards de référence. Les triterpénols possèdent des propriétés thérapeutiques variées : ils sont utilisés en dermatologie pour leurs effets cicatrisants, antiseptiques, ainsi que pour leur potentiel anti-inflammatoire et anti-tumoral (Noui, 2013).

II.3.2.4. Hydrocarbures

Les hydrocarbures contenus dans les huiles végétales sont de nature linéaire ou cyclique, saturée ou insaturée. Le principal représentant de cette famille est le squalène ($C_{30}H_{50}$), un polyterpène (Jahouach, 2002). Des recherches ont mis en évidence l'efficacité du squalène, appliqué localement ou administré par voie systémique, dans la lutte contre divers types de cancers chez la souris, notamment ceux de la peau, du côlon et des poumons (Noui, 2013).

II.3.2.5. Composés phénoliques

Les composés phénoliques se distinguent par leur grande diversité. On y retrouve des phénols acides comportant une, deux ou trois fonctions hydroxyles, ainsi que des phénols neutres comme les esters ou les éthers. Parmi les plus connus figurent le tyrosol (4-

Chapitre II : Les huiles végétales

hydroxyphényléthanol), l'hydroxytyrosol (3,4-dihydroxyphényléthanol), l'acide caféique (acide 3,4-dihydroxycinnamique) et l'oléuropéine, cette dernière étant le composé phénolique

majeur de plusieurs graines oléagineuses (**Jahouach, 2002**). Grâce à leur structure chimique, ces composés agissent en tant qu'antioxydants naturels, contribuant au renforcement des défenses de l'organisme contre des pathologies liées au stress oxydatif, telles que les maladies cardiovasculaires, les cancers ou encore les inflammations (**Noui, 2013**).

II.3.2.6. Pigments

Les huiles végétales contiennent deux principales familles de pigments colorés. Les chlorophylles, tout d'abord, sont formées de quatre noyaux pyrroliques liés entre eux pour constituer un cycle plan qui chélate un atome de magnésium, conférant aux huiles leur teinte verte caractéristique (**Jahouach, 2002**). Ensuite, les caroténoïdes, composés terpéniques très conjugués de formule brute $C_{40}H_{56}$, absorbent fortement dans le spectre du visible. Ils existent sous plusieurs formes (α , β , γ), le β -carotène étant la forme dominante. Ce dernier, en tant que précurseur de la vitamine A, est reconnu pour ses propriétés désactivantes de l'oxygène, faisant de lui l'un des inhibiteurs les plus puissants de la photo-oxydation induite par les pigments chlorophylliens (**Jahouach, 2002**).

II.4. Propriétés physico-chimiques des huiles végétales

II.4.1. Propriétés physiques

II.4.1.1. Point de fusion

Le point de fusion permet d'évaluer le degré de pureté d'un corps gras. Il dépend du niveau d'insaturation ainsi que de la longueur de la chaîne carbonée.

Chez les acides gras insaturés, ce point augmente avec l'allongement de la chaîne hydrocarbonée.

Les acides gras insaturés présentent un point de fusion plus bas que celui des acides gras saturés (**Guendzi, 2017**).

II.4.1.2. Densité

La densité correspond au rapport entre la masse d'un volume donné d'huile et celle du même volume d'eau distillée. Elle doit toujours être inférieure à 1 (**Guendzi, 2017**).

II.4.1.3. Solubilité

Les acides gras comportant plus de huit atomes de carbone sont insolubles dans l'eau, mais généralement solubles dans des solvants organiques tels que l'éther, le chloroforme ou encore le benzène (Guendzi, 2017).

II.4.1.4. Viscosité

La viscosité des acides gras et des triglycérides est influencée par leur structure, notamment la longueur de la chaîne carbonée et le degré de saturation.

Elle augmente avec la masse moléculaire, mais diminue avec l'accroissement du nombre de doubles liaisons (insaturation) et de la température (Guendzi, 2017).

II.4.1.5. Point de solidification

Il s'agit de la température à laquelle l'huile commence à se solidifier lorsque la température diminue (Krist, 2020).

II.4.1.6. Indice de réfraction

L'indice de réfraction est défini comme le rapport entre le sinus de l'angle d'incidence et celui de l'angle de réfraction d'un rayon lumineux de longueur d'onde précise, passant de l'air à l'huile maintenue à température constante. Pour cette mesure, on utilise généralement la longueur d'onde moyenne des raies D du sodium (Novidzro et al., 2019).

II.4.2. Propriétés chimiques

II.4.2.1. Hydrolyse et saponification

L'hydrolyse des corps gras conduit à la libération d'un ou plusieurs acides gras, produisant du glycérol ainsi qu'un mélange de carboxylates de sodium et de potassium. Cette réaction peut être réalisée à l'aide d'acide sulfurique ou par voie enzymatique.

On distingue deux types d'hydrolyse :

- Hydrolyse enzymatique : elle affecte uniquement les huiles brutes.
- Hydrolyse spontanée : elle survient au cours du stockage ou lors du traitement thermique.

La saponification, quant à elle, est une réaction qui permet de transformer les acides gras, qu'ils soient libres ou combinés, en savons, en présence de potasse (KOH) ou de soude (NaOH) (Guendzi, 2017).

II.4.2.2. Hydrogénation

L'hydrogénation des acides gras insaturés s'effectue avec de l'hydrogène (H_2), en présence de catalyseurs, sous une pression élevée (entre 100 et 200 bars) et à des températures comprises entre 200 et 400 °C (Guendzi, 2017).

II.4.2.3. Indice d'acide

Il exprime la quantité (en milligrammes) de KOH nécessaire pour neutraliser les acides gras présents dans 1 gramme d'huile (Krist, 2020).

II.4.2.4. Indice d'iode

Cet indice indique la quantité (en grammes) d'iode que 100 grammes d'huile peuvent fixer. Il reflète le nombre de doubles liaisons présentes dans les acides gras et constitue ainsi une mesure du degré d'insaturation (Krist, 2020).

II.4.2.5. Indice de peroxyde

L'indice de peroxyde permet d'évaluer la teneur en peroxydes dans 100 grammes d'huile (Krist, 2020).

II.4.2.6. Insaponifiables

Ce terme désigne le pourcentage de substances extraites par solvants après saponification et qui ne s'évaporent pas à 105 °C. Parmi ces composés figurent les stérols, les tocophérols et certains hydrocarbures comme le squalène (Krist, 2020).

II.4.2.7. Indice d'ester

L'indice d'ester d'un corps gras correspond au nombre de milligrammes de KOH requis pour neutraliser les acides libérés par l'hydrolyse des esters contenus dans 1 gramme de matière grasse. En pratique, cet indice n'est pas mesuré directement, mais déterminé par la différence entre l'indice de saponification et l'indice d'acide (Novidzro et al., 2019).

II.5. Techniques d'extraction des huiles végétales

II.5.1. Extraction mécanique

II.5.1.1. Pressage à froid

Le pressage ou l'écrasement constitue la méthode la plus couramment utilisée. Les graines sont d'abord broyées en petits fragments, puis soumises à une pression dans des presses hydrauliques (KRIST, 2020).

Principalement utilisée pour la production d'huiles alimentaires extra vierges ou dans des unités de petite capacité, cette méthode consiste à extraire l'huile par un ou plusieurs pressages à une température inférieure à 60 °C. Son principal inconvénient réside dans son faible rendement : le résidu de pressage, appelé tourteau, conserve entre 6 et 18 % de matière grasse selon le type de presse employée (presse à vis ou à barreaux).

L'huile obtenue est de très bonne qualité, filtrée puis directement utilisable. Elle contient peu de phospholipides, ce qui est avantageux pour les usages en carburation. En revanche, le tourteau, encore riche en huile, se conserve moins longtemps (MRN, 2012).

L'huile vierge est un produit naturel qui possède une couleur et une saveur typiques du fruit ou de la graine dont elle est issue (CAHUZAC, 2010).

II.5.1.2. Pressage à chaud

Le pressage à chaud peut être réalisé en une seule ou en deux étapes (une première pression à froid suivie d'une pression à chaud), selon l'usage final de l'huile et du tourteau.

Dans le procédé en une seule étape, les graines sont broyées, préchauffées, puis directement pressées. Dans le procédé en deux étapes, une première pression à froid est effectuée, puis le tourteau obtenu est chauffé avant une seconde pression. La température peut atteindre 120 °C. Cette méthode permet un meilleur rendement : le tourteau final contient seulement entre 4 et 6 % de matière grasse. Cependant, l'huile ainsi extraite contient davantage de phospholipides (MRN, 2012).

Grâce à la chaleur, les huiles visqueuses deviennent plus fluides, facilitant leur séparation. Le rendement est ainsi supérieur à celui obtenu par pressage à froid (KRIST, 2020).

II.5.2. Extraction par solvant

Dans cette méthode, les graines, préalablement broyées, sont soumises à l'action de solvants pour extraire l'huile. Historiquement, des solvants comme le disulfure de carbone, le benzène, le tétrachlorure de carbone, le trichloréthylène ou même le carburant étaient utilisés. En raison de leur toxicité et de leur potentiel cancérigène, ils ont été remplacés par l'hexane, aujourd'hui utilisé quasi exclusivement.

L'extraction par solvant offre un rendement bien supérieur à celui du pressage. Cependant, l'élimination complète du solvant est complexe, nécessitant un raffinage de l'huile, ce qui peut altérer son goût et sa qualité. Néanmoins, les procédés de raffinage modernes permettent d'obtenir des huiles dont le goût final est équivalent à celui des huiles obtenues par pressage (KRIST, 2020).

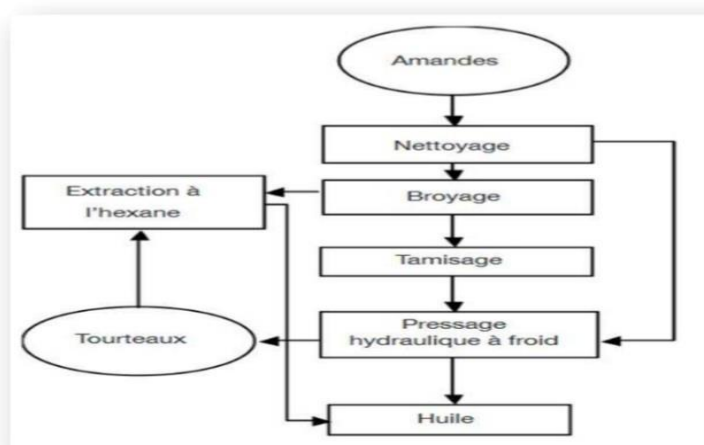


Figure 12 : Organigramme du procédé de représage (NITIèMA et all,2012)

II.5.3. Extraction assistée par ultrasons

L'extraction assistée par ultrasons est une méthode moderne qui repose sur l'utilisation d'ondes à haute fréquence pour générer des bulles de cavitation. Ces bulles provoquent des ruptures dans les parois cellulaires des plantes, libérant ainsi les composés intracellulaires dans le solvant. Cette technique a notamment été utilisée comme méthode d'intensification pour l'extraction de l'huile d'amande.

Il a été démontré qu'elle améliore de manière significative le rendement global en huile d'amande lors d'une extraction triphasée assistée par ultrasons, après l'ajout simultané de t-butanol et de sulfate d'ammonium aux suspensions.

La qualité de l'huile obtenue est restée stable, comme le montre la mesure de l'indice de peroxyde (PV), même 15 jours après l'extraction. Des recherches ont montré qu'un traitement ultrasonique de 2 minutes à 70 W permettait d'augmenter significativement le rendement de l'extraction hydro-enzymatique de l'huile, passant de 77 % à 95 % (p/p), tout en réduisant le temps d'extraction de 18 à 6 heures. À l'échelle du laboratoire, l'utilisation d'ultrasons de haute intensité pour faciliter l'extraction par CO₂ supercritique a permis d'obtenir des rendements en huile d'amande avoisinant les 90 %.

Une étude récente a également révélé qu'un traitement en autoclave, appliqué avant l'extraction assistée par ultrasons, permettait d'augmenter le rendement d'extraction de l'huile de 8,69 %, sans modifier la composition de l'huile d'amande.

Par ailleurs, des preuves ont été avancées montrant que le traitement par ultrasons permet de réduire la teneur en cyanure dans l'huile d'amande amère obtenue par extraction au solvant (Ouzir et al., 2021).

II.5.4. Extraction au CO₂ supercritique

L'extraction au dioxyde de carbone supercritique est la méthode la plus récente d'extraction à froid des matières premières végétales. Elle utilise du CO₂ maintenu sous pression et à une température supérieure à 31 °C, état dans lequel le gaz devient supercritique. La matière végétale est introduite dans un extracteur, puis le CO₂ est injecté sous pression. Après extraction, le mélange est transféré dans un vase d'expansion, où la pression est réduite, permettant au CO₂ de revenir à l'état gazeux et d'être totalement éliminé. L'extrait végétal obtenu est ainsi très proche du produit naturel, sans résidus de solvant (Tahouo, 2016).

L'extraction de l'huile d'amande par CO₂ supercritique a été largement étudiée. Plusieurs chercheurs ont rapporté une augmentation du rendement et une concentration accrue en tocophérols grâce à l'ajustement de la pression, de la température et du débit du solvant. Toutefois, la composition en acides gras des huiles obtenues avec ce procédé ne diffère pas significativement de celles extraites avec un mélange hexane/méthanol. Par ailleurs, il a été démontré que l'utilisation préalable d'un autoclave sur les amandes avant extraction augmentait le rendement d'huile de 6,44 %. Cette méthode est reconnue comme sûre, et elle améliore la cinétique du processus, la qualité des extraits et la durabilité environnementale.

Chapitre II : Les huiles végétales

Cependant, son adoption industrielle reste limitée en raison du coût élevé de l'équipement et du processus (Ouzir et al., 2021).

❖ Raffinage

Les huiles brutes contiennent diverses substances indésirables : des acides gras libres responsables de goûts désagréables et de fumées, des phospholipides et des cires qui provoquent des troubles et de l'instabilité, des pigments responsables de la couleur et d'une certaine instabilité, ainsi que des métaux qui augmentent la sensibilité à l'oxydation, sans oublier la présence éventuelle de contaminants tels que les métaux lourds, les pesticides ou les mycotoxines. Le raffinage est donc un procédé de purification visant à éliminer ces composés (Lecerf, 2011). Il permet de neutraliser, désodoriser, décolorer et étuver les huiles (KRIST, 2020).

Ce processus comprend plusieurs étapes, représentées dans la Figure 13 et la Figure 14.

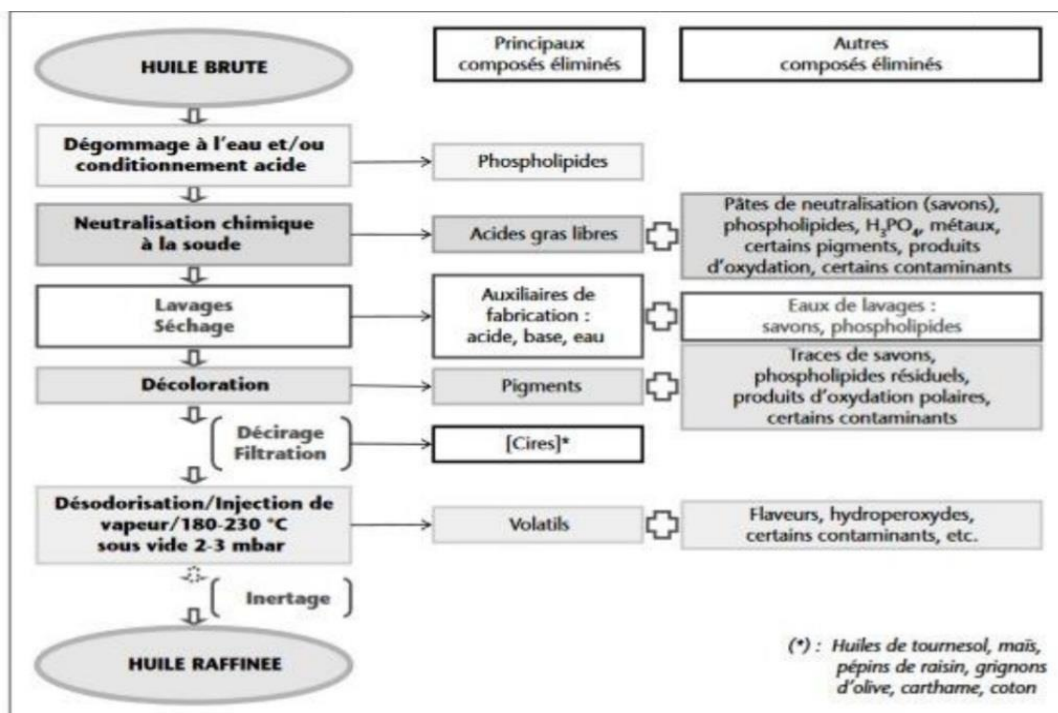


Figure 13: Raffinage par voie chimique : étapes et composés éliminés (PAGES et al., 2010)

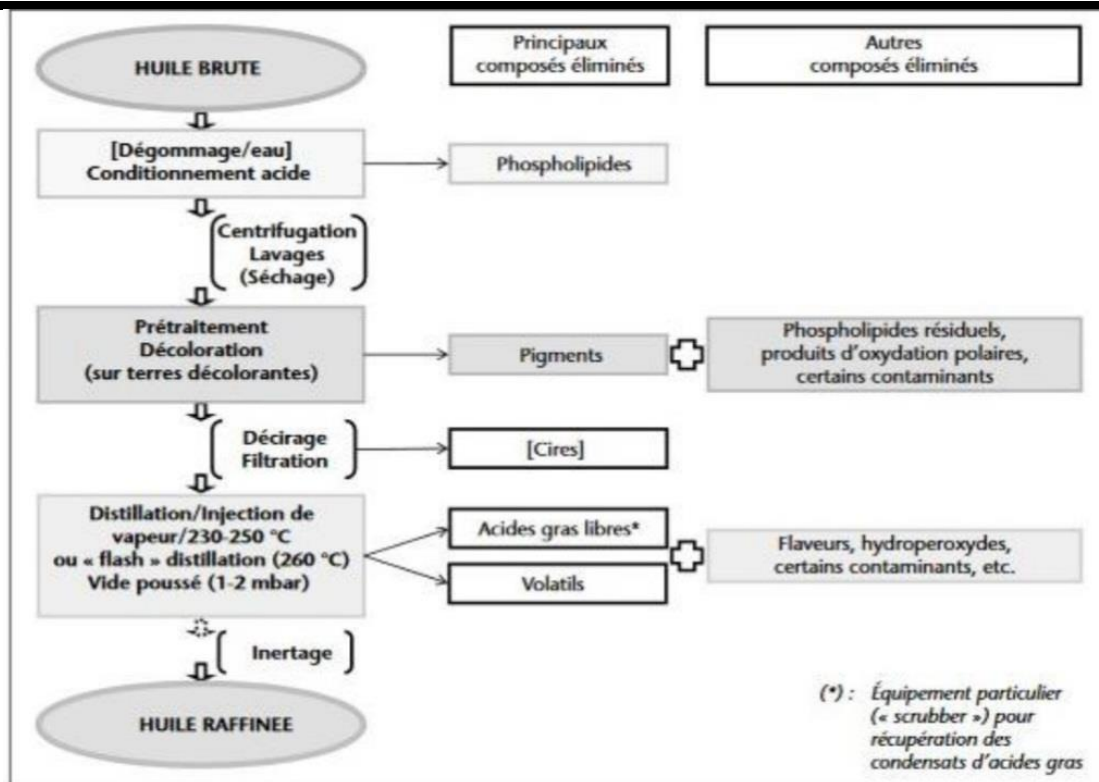


Figure 14: Raffinage par distillation neutralisante (raffinage < physique >) :étapes et composés éliminés (PAGES et al,2010)

Ces différentes étapes permettent d'obtenir des huiles stables, au goût neutre (Lecerf, 2011). Cependant, un inconvénient majeur du raffinage est qu'une partie des acides gras insaturés est convertie en acides gras saturés. De plus, certaines substances bénéfiques, telles que les vitamines A et E ou la lécithine, sont également éliminées au cours du processus. En contrepartie, le raffinage permet d'éliminer efficacement les agents toxiques comme les pesticides, les métaux lourds ou les résidus de moisissures (KRIST, 2020).

II.6.Comparaison des méthodes d'extraction : rendement et impact sur la qualité

II.6.1. Extraction par solvants organiques:

Les techniques classiques, telles que la macération et l'extraction Soxhlet, restent largement utilisées en raison de leur capacité à extraire une large gamme de composés. Leur rendement est souvent élevé, notamment lorsqu'on utilise des solvants polaires (comme l'éthanol) ou non polaires (comme l'hexane). Toutefois, l'exposition prolongée à la

Chapitre II : Les huiles végétales

chaleur, notamment dans la méthode Soxhlet, peut altérer la structure des molécules sensibles, affectant ainsi leur qualité (Azwanida, 2015).

II.6.2. Extraction assistée par ultrasons (EAU):

L'extraction par ultrasons constitue une alternative moderne qui présente plusieurs avantages. Elle permet une réduction notable du temps d'extraction tout en améliorant le rendement global. En maintenant des températures plus basses, cette technique assure une meilleure conservation des composés bioactifs, ce qui en fait une méthode privilégiée pour les extraits destinés à des usages pharmaceutiques ou alimentaires (Chemat et al., 2011).

II.6.3. Extraction assistée par micro-ondes (EAM):

La méthode utilisant les micro-ondes se distingue par son rendement élevé, sa rapidité d'exécution et son efficacité énergétique. Elle permet d'obtenir des extraits de haute qualité tout en limitant la dégradation thermique des principes actifs, grâce à une exposition brève à la chaleur (Mandal et al., 2007).

II.6.4. Extraction au CO₂ supercritique:

L'extraction au dioxyde de carbone supercritique représente une méthode écologique de plus en plus utilisée pour produire des extraits concentrés et exempts de résidus de solvants. Bien qu'exigeante sur le plan technologique et financier, elle permet d'obtenir des extraits très purs, tout en assurant un rendement satisfaisant, notamment pour les composés lipophiles (Herrero et al., 2006).

II.7. Utilisations des huiles végétales:

Les huiles végétales sont principalement utilisées dans l'alimentation, que ce soit pour la cuisson, la préparation ou l'assaisonnement des plats. Elles jouent également un rôle important dans les domaines cosmétiques et thérapeutiques : elles entrent dans la composition de produits pour le soin de la peau et des cheveux, et servent de base pour de nombreux produits pharmaceutiques et cosmétiques.

Certaines huiles possèdent des propriétés spécifiques telles qu'un effet analgésique, anti-inflammatoire ou régénérant. Elles peuvent aider à soulager les coups de soleil, équilibrer les peaux sèches ou grasses, ou encore contribuer au traitement de l'eczéma – c'est notamment le cas de l'huile d'avocat ou de l'huile de pépins de raisin.

Chapitre II : Les huiles végétales

En plus de leurs usages médicaux et cosmétiques, les huiles végétales ont des applications techniques, notamment dans la fabrication de lubrifiants, peintures ou vernis. Elles sont également utilisées en naturopathie et en médecine traditionnelle, où certaines sont considérées comme des remèdes naturels pour une grande variété de troubles (Krist, 2020).

II.8. Intérêt des huiles issues de plantes médicinales :

II.8.1. Richesse en composés bioactifs

Les huiles issues de plantes médicinales sont riches en composés bioactifs tels que les terpènes, les flavonoïdes, les composés phénoliques et les acides gras essentiels. Ces substances, souvent présentes à l'état de traces dans la plante, sont concentrées dans les huiles, leur conférant des propriétés biologiques marquées. Par exemple, l'huile de *Lepidium sativum* est riche en acides gras insaturés et en tocophérols, tandis que l'huile de graines de *Lagenaria siceraria* contient des phytostérols, des triterpènes et des composés phénoliques (Goyal et al., 2011 ; Abd El-Rahman et al., 2020). La composition biochimique varie selon l'espèce, les conditions environnementales et les techniques d'extraction utilisées (Ruberto & Baratta, 2000).

II.8.2. Potentiel pharmacologique

Le potentiel pharmacologique des huiles de plantes médicinales est largement documenté. Les propriétés antimicrobiennes, antioxydantes et anti-inflammatoires sont les plus étudiées. Par exemple, des études ont démontré que l'huile de *Lepidium sativum* possède des activités antioxydantes importantes liées à sa teneur en phénols totaux et flavonoïdes (Ali et al., 2012). De même, l'huile de *Lagenaria siceraria* montre une activité antimicrobienne contre des souches pathogènes comme *Staphylococcus aureus* et *E. coli*, ainsi qu'un pouvoir antioxydant grâce à ses composés phénoliques (Sathish Kumar et al., 2010). Ces activités biologiques soutiennent l'utilisation de ces huiles comme base pour le développement de traitements naturels ou de compléments alimentaires.

II.8.3.Valorisation des ressources végétales locales

La valorisation des plantes médicinales locales constitue un levier important pour le développement rural et la protection de la biodiversité. En Algérie, des espèces telles que *Artemisia herba-alba*, *Lavandula stoechas*, mais aussi *Lepidium sativum* et *Lagenaria siceraria*, sont présentes à l'état spontané ou cultivé et demeurent sous-exploitées malgré leur richesse en composés bioactifs. Promouvoir leur utilisation à travers l'extraction d'huiles végétales ou essentielles permettrait de soutenir la recherche locale, de créer de la valeur ajoutée dans des chaînes de production courtes, et de développer des filières de phytothérapie et de cosmétique naturelles (Yassaa et al., 2008 ; Ouarghidi et al., 2012). Ces initiatives contribuent à la souveraineté sanitaire, à la préservation des savoirs traditionnels et au développement économique local.

Chapitre III : Activités biologiques des huiles végétales

III.1. Introduction aux activités biologiques

III.1.1. Définition

Les activités biologiques correspondent aux effets fonctionnels exercés par certaines substances naturelles ou synthétiques sur les cellules, les tissus ou les systèmes biologiques. Ces effets peuvent être antioxydants, anti-inflammatoires, antimicrobiens, antidiabétiques, entre autres. Ils sont souvent liés à la présence de composés bioactifs capables d'interagir avec des cibles moléculaires précises dans l'organisme. L'étude de ces activités est essentielle pour évaluer le potentiel thérapeutique ou protecteur de ces substances (Kumar & Pandey, 2013).

III.1.2. Importance des extraits naturels en santé humaine

Les extraits naturels d'origine végétale sont particulièrement intéressants du point de vue médical et nutritionnel, car ils contiennent une grande diversité de métabolites secondaires tels que les polyphénols, les flavonoïdes, les tanins, ou encore les alcaloïdes. Ces composés exercent des effets bénéfiques démontrés dans la prévention de nombreuses maladies chroniques, notamment grâce à leurs propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires et régulatrices du métabolisme. Leur activité est souvent multifactorielle et repose sur des mécanismes complémentaires tels que l'inhibition enzymatique, la modulation des voies de signalisation cellulaire ou la neutralisation des radicaux libres (Daglia, 2012 ; Lobo et al., 2010).

III.1.3. Intérêt pour la recherche en biotechnologie, médecine et agroalimentaire

L'étude des extraits naturels et de leurs activités biologiques s'inscrit aujourd'hui dans une approche multidisciplinaire qui concerne à la fois la biotechnologie, la recherche médicale et l'agroalimentaire. Dans le domaine biomédical, ces composés sont considérés comme des candidats prometteurs pour le développement de nouveaux médicaments ou compléments alimentaires. En biotechnologie, ils sont étudiés pour leurs applications thérapeutiques et cosmétiques. Dans le secteur agroalimentaire, on valorise leurs effets conservateurs et protecteurs pour développer des produits plus sains et naturels. Cette valorisation scientifique

et industrielle des extraits végétaux constitue un enjeu majeur dans la recherche actuelle, alliant innovation, durabilité et sécurité (Medzhitov, 2008 ; Tundis et al., 2010).

III.1.4. Importance des métabolites secondaires dans l'activité biologique

Les activités biologiques observées dans les extraits naturels sont étroitement liées à leur composition chimique, notamment en métabolites secondaires. Ces composés, bien que non essentiels à la croissance de la plante, jouent un rôle de défense contre les agressions extérieures (pathogènes, stress environnementaux) et présentent de nombreuses propriétés biologiques bénéfiques pour l'homme. On distingue plusieurs familles majeures : polyphénols, flavonoïdes, tanins, alcaloïdes, terpénoïdes, etc. (Crozier et al., 2009).

III.2. Activité antioxydante

III.2.1. Définition du stress oxydatif et des radicaux libres

Le stress oxydatif correspond à un déséquilibre entre la production de radicaux libres (molécules instables contenant un électron célibataire) et la capacité de l'organisme à les neutraliser à l'aide de systèmes antioxydants. Ces espèces réactives de l'oxygène (ROS) peuvent endommager les composants cellulaires tels que les lipides, les protéines et l'ADN, perturbant ainsi le fonctionnement normal des cellules (Valko et al., 2007).

III.2.2. Conséquences du stress oxydatif sur la santé

Un stress oxydatif prolongé est impliqué dans le vieillissement prématuré ainsi que dans le développement de nombreuses maladies chroniques telles que les cancers, les maladies neurodégénératives (Parkinson, Alzheimer), les maladies cardiovasculaires et le diabète. Il contribue à l'inflammation chronique, à la mutation de l'ADN, ce qui en fait une cible majeure en prévention et en thérapeutique (Lobo et al., 2010).

III.2.3. Mécanismes d'action des antioxydants

Les antioxydants sont des composés capables de neutraliser les radicaux libres en donnant un électron ou un atome d'hydrogène, empêchant ainsi les réactions en chaîne

Chapitre III : Activités biologiques des huiles végétales

destructrices. Ils peuvent également capturer les métaux pro-oxydants ou stimuler les défenses antioxydantes endogènes. On distingue les antioxydants enzymatiques (superoxyde dismutase, catalase...) et non enzymatiques (vitamines C et E, polyphénols, caroténoïdes...) (Pham-Huy et al., 2008).

III.2.4. Méthodes d'évaluation in vitro de l'activité antioxydante

L'évaluation in vitro de l'activité antioxydante repose sur des méthodes spectrophotométriques simples et rapides permettant de mesurer la capacité d'un extrait à piéger des radicaux libres (Pérez-Jiménez & Saura-Calixto, 2008).

III.2.4.1 Méthode DPPH : principe et interprétation

La méthode DPPH repose sur la réduction du radical libre stable DPPH• (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle) par des antioxydants donneurs d'hydrogène ou d'électron. Cette réduction se traduit par un changement de couleur du violet au jaune, mesuré à 517 nm. Plus l'absorbance diminue, plus l'activité antioxydante est forte. C'est une méthode simple, reproductible, mais sensible au solvant utilisé (Brand-Williams et al., 1995).

III.2.4.2 Méthode ABTS : principe et différences avec DPPH

La méthode ABTS utilise le radical ABTS•+ (acide 2,2'-azino-bis(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique)), généré par oxydation du précurseur ABTS. Les antioxydants réduisent ce radical, entraînant une diminution d'absorbance mesurée à 734 nm. Contrairement au DPPH, le radical ABTS•+ est soluble dans l'eau et dans les solvants organiques, ce qui permet d'évaluer des extraits hydrophiles et lipophiles (Re et al., 1999).

III.3. Activité anti-inflammatoire in vitro

III.3.1. Inflammation : définition, rôle physiologique et pathologique

L'inflammation est une réponse biologique normale de l'organisme à une agression, qu'elle soit d'origine physique, chimique, infectieuse ou immunologique. Elle joue un rôle essentiel dans la protection et la réparation des tissus, en mobilisant les cellules du système immunitaire. Toutefois, lorsque cette réponse devient excessive ou chronique, elle peut

Chapitre III : Activités biologiques des huiles végétales

entraîner des dommages aux tissus et contribuer au développement de maladies telles que l'arthrite, le diabète, le cancer ou les maladies cardiovasculaires (**Medzhitov, 2008**).

III.3.2. Voies biologiques impliquées dans l'inflammation

L'inflammation est médiée par plusieurs voies biologiques complexes, impliquant notamment la production de cytokines pro-inflammatoires (comme l'IL-1 β , IL-6, TNF- α), la libération de radicaux libres et l'activation des enzymes cyclooxygénases (COX-1 et COX-2), qui participent à la synthèse des prostaglandines, responsables des douleurs et des rougeurs. La régulation de ces voies constitue une cible majeure pour les substances anti-inflammatoires, qu'elles soient synthétiques ou naturelles (**Nathan, 2002**).

III.3.3. Composés naturels à effet anti-inflammatoire

De nombreux composés naturels issus des plantes médicinales présentent une activité anti-inflammatoire démontrée. Les flavonoïdes, acides phénoliques, terpènes et alcaloïdes agissent en inhibant la production des médiateurs de l'inflammation, en modulant les voies de signalisation intracellulaire ou en piégeant les radicaux libres. Leurs mécanismes d'action sont souvent multiples et synergiques, ce qui en fait des alternatives intéressantes aux anti-inflammatoires non stéroïdiens (NSAIDs) (**Pan et al., 2010**).

III.3.4. Méthodes d'évaluation in vitro de l'activité anti-inflammatoire

L'activité anti-inflammatoire des extraits naturels peut être évaluée par plusieurs méthodes in vitro. L'une des plus courantes est le test d'inhibition de la dénaturation des protéines, qui repose sur la capacité des extraits à empêcher la dénaturation de l'albumine bovine à haute température, phénomène associé à une inflammation. Cette méthode simple et rapide permet d'obtenir une première indication du potentiel anti-inflammatoire d'un échantillon (**Mizushima & Kobayashi, 1968**). D'autres tests peuvent cibler la stabilisation des membranes lysosomales ou la mesure de l'inhibition de certaines enzymes inflammatoires.

III.4. Activité antidiabétique in vitro (inhibition de l' α -amylase)

III.4.1. Diabète de type 2 : physiopathologie et rôle de l'alimentation

Le diabète de type 2 est une maladie métabolique caractérisée par une hyperglycémie chronique, résultant d'une résistance à l'insuline et/ou d'une sécrétion insuffisante de cette hormone. Ce trouble est souvent lié à des facteurs de mode de vie, en particulier à une alimentation riche en glucides rapides et à un manque d'activité physique. Une alimentation inappropriée favorise des pics glycémiques postprandiaux, qui à long terme, peuvent épuiser les cellules pancréatiques et aggraver la maladie (American Diabetes Association, 2014).

III.4.2. Importance des enzymes digestives (α -amylase, α -glucosidase)

Les enzymes digestives jouent un rôle clé dans la dégradation des glucides complexes en sucres simples absorbables. L' α -amylase hydrolyse l'amidon en maltose, tandis que l' α -glucosidase convertit ce dernier en glucose. Une activité excessive de ces enzymes entraîne une absorption rapide du glucose, responsable d'élévations brusques de la glycémie. Ces enzymes constituent donc des cibles thérapeutiques importantes pour la régulation du taux de sucre dans le sang (Tundis et al., 2010).

III.4.3. Inhibition enzymatique comme stratégie thérapeutique naturelle

L'inhibition de l' α -amylase est considérée comme une approche efficace pour ralentir l'absorption des glucides et ainsi réduire l'hyperglycémie postprandiale. Des médicaments comme l'acarbose agissent selon ce principe, mais ils peuvent provoquer des effets secondaires digestifs. En revanche, certains composés naturels tels que les flavonoïdes, tanins, saponines et polyphénols ont montré leur capacité à inhiber ces enzymes de manière plus douce et mieux tolérée. Cela ouvre la voie à une stratégie thérapeutique naturelle et complémentaire dans la gestion du diabète de type 2 (Kwon et al., 2007).

III.4.4. Méthodes d'évaluation in vitro de l'activité antidiabétique (inhibition de l' α -amylase)

L'évaluation de l'activité antidiabétique in vitro repose principalement sur la mesure de l'inhibition de l'enzyme α -amylase, responsable de la dégradation de l'amidon en sucres simples. Le protocole couramment utilisé consiste à incuber l'extrait végétal avec une solution d' α -amylase, suivie de l'ajout d'un substrat (généralement l'amidon soluble). Après incubation, la réaction enzymatique est arrêtée par l'ajout d'un réactif comme l'acide 3,5-dinitrosalicylique (DNS), qui permet de révéler les sucres réducteurs formés. L'intensité de la couleur orangée développée, mesurée par spectrophotométrie à 540 nm, est inversement proportionnelle à l'effet inhibiteur de l'extrait. Cette méthode est simple, rapide et permet une quantification fiable de l'activité inhibitrice (Nickavar & Yousefian, 2009 ; Bhandari & Jong-Anurakkun, 2008).

Chapitre IV :Matériel et Méthodes

IV .Matériel et Méthodes :

L'ensemble de ce travail a été réalisé dans deux structures différentes :

Les analyses des indices physico-chimiques ont été effectuées au niveau des laboratoires pédagogiques, Département des Science de la nature et de la vie, centre universitaire Abdelhafide Boussouf-Mila, tandis que les tests biologiques (activité antioxydante, anti-inflammatoire et inhibition de l'enzyme α -amylase) ont été réalisés au Centre de Recherche en Biotechnologie (CRBT) de Constantine durant l'année universitaire 2024–2025.



Figure 15 :vu du centre de recherche en biotechnologie CRBT



Figure16 : Centre universitaire Abdel Hafid Boussouf Mila

de mila.

IV.1. Matériel végétal :

IV.1.1. Préparation des échantillons

a) *Lepidium sativum* :

Les graines de *Lepidium sativum* ont été achetées auprès d'un herboriste dans un marché local de la commune de Rouached (wilaya de MILA), en Mars 2025. (Figure17).



Figure 17 : Graines de *Lepidium Sativum* (photographie personnelle ;2025).

L'identification de l'espèce a été réalisée par comparaison avec des descriptions morphologiques disponibles dans la littérature botanique, comme mentionné dans la partie théorique.

b) Lagenaria siceraria :

Les graines de *Lagenaria siceraria* ont été acquises auprès du même marché, en Mars 2025. (Figure18)



Figure18 : Graines de *Lagenaria siceraria* (photographie personnelle ; 2025).

L'identification a été confirmée en se basant sur les caractéristiques décrites dans les ouvrages spécialisés en botanique.

IV.1.2. Préparation des graines avant l'extraction

Avant le processus de pressage à froid, les graines de *Lepidium sativum* et de *Lagenaria siceraria* ont été soigneusement préparées afin d'assurer une extraction optimale des huiles. Cette préparation a débuté par un tri manuel minutieux visant à éliminer les impuretés visibles, les graines abîmées ou non conformes. Ensuite, un nettoyage rigoureux a été réalisé afin d'éliminer les poussières, résidus végétaux et toute matière étrangère susceptible d'altérer la qualité de l'huile. Enfin, les graines ont été séchées à température ambiante, dans un environnement propre et aéré, jusqu'à atteindre un taux d'humidité réduit. Cette étape de séchage est cruciale, car un excès d'humidité peut compromettre le rendement en huile et favoriser des réactions d'oxydation ou de dégradation enzymatique. Les graines ainsi préparées ont ensuite été conservées dans des contenants hermétiques, à l'abri de la lumière et de l'humidité, en attendant leur utilisation pour l'extraction.

IV.2. Méthodes expérimentales :

IV.2.1.Extraction des huiles des graines par pressage à froid2.1 :

Nous avons procédé à l'extraction des huiles de graines de *Lepidium sativum* (cresson alénois) et de *Lagenaria siceraria* (calebasse) par pression mécanique à froid, en utilisant une presse en acier inoxydable. (Figure19)



Figure19 : Presse mécanique utilisée pour l'extraction à froid des huiles des graines de *Lepidium sativum* et *Lagenaria siceraria*.

(Photographie personnelle ; 2025).

Cette technique délicate permet d'extraire une huile vierge sans l'utilisation de solvants chimiques, tout en préservant les caractéristiques biochimiques des composés actifs. Les graines ont été placées dans la trémie de la presse, grâce à la vis sans fin, l'huile a été obtenue et rassemblée dans un conteneur approprié, alors que les résidus ont été éliminés individuellement.

Suite à l'extraction, les huiles ont été placées à reposer pendant une semaine dans un lieu sombre pour faciliter la décantation naturelle des particules en suspension. Après avoir complété cette phase, les huiles ont été minutieusement filtrées afin d'ôter les résidus solides qui demeuraient.

Pour finir, les huiles clarifiées ont été conservées dans des flacons en verre ambré, préalablement stérilisés, scellés hermétiquement et rangés à l'écart de la lumière, de l'air et de la chaleur afin de réduire l'oxydation et maintenir leur stabilité chimique(**figure 20**)

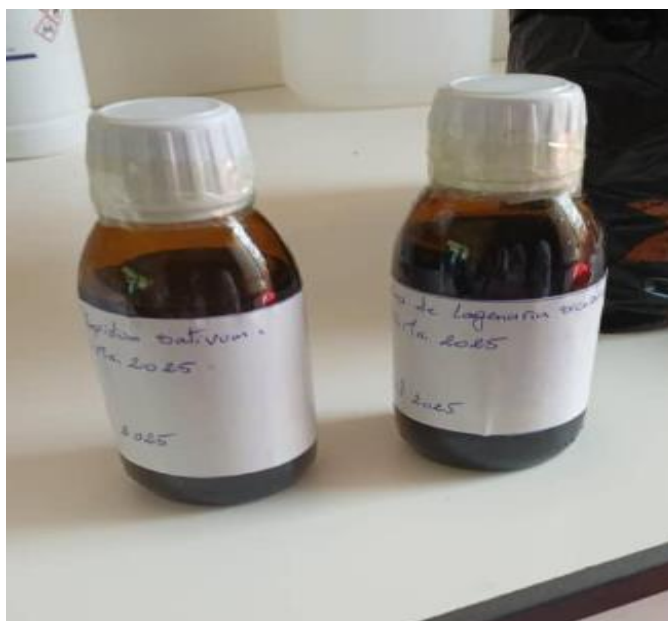


Figure20 : L'huile de graines de *Lepidium sativum* et de l'huile de graines de *Lagenaria siceraria* (photographie personnelle ;2025)

IV.2.2.Détermination du rendement :

Conformément à la norme AFNOR, le rendement d'extraction d'une huile ou d'un extrait est défini comme le rapport entre la masse d'huile (ou d'extrait sec) obtenue après extraction et la masse initiale de la matière végétale utilisée, exprimée en grammes. Il est exprimé en pourcentage selon la formule suivante (AFNOR^o) :

Rendement (%) = (masse de l'huile ou de l'extrait sec (g) / masse de la matière végétale (g)) × 100

Les extraits obtenus sont ensuite conservés au réfrigérateur à une température de 4 °C, dans des flacons en verre ambré hermétiquement fermés, afin de les protéger de l'air et de la lumière.

IV.2.3.Caractéristiques organoleptiques :

Les différentes caractéristiques organoleptiques (aspect, odeur, toucher et couleur) des huiles étudiées sont vérifiées et notées.

IV.2.4.Caractérisation physico-chimique des huiles végétales :

IV.2.4.1.Indice d'acide

L'acidité (A%) est déterminée selon le protocole ISO 660 :2020. Après dissolution de 10 g d'huile dans 75 ml d'alcool éthylique neutralisé en présence de phénolphtaléine (indicateur coloré) jusqu'à coloration rose, puis chauffer le mélange (avec agitation) pendant quelques secondes afin d'améliorer la réaction,

- Méthode de préparation de Phénolphtaléine :

- Peser 1g de Phénolphtaléine puis le dissoudre dans 100 ml d'éthanol.

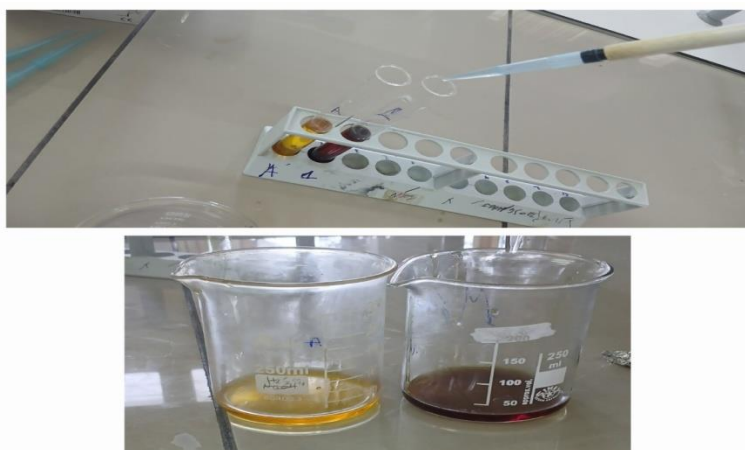
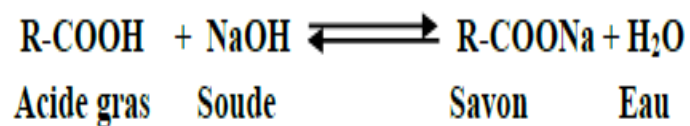


Figure 21_: Ajout de phénolphtaléine aux huiles végétales (photographie personnelle ;2025)

Chapitre IV : Matériel et Méthodes

Les acides gras sont titrés à l'aide d'une solution de soude (0,1 N), qui conduit à la réaction suivante :



c) Méthode de Préparation de NaOH :

- Peser 1g de NaOH.
- Le dissoudre dans environ 50 ml avec de l'eau distillée.
- Compléter le volume à 250 ml avec de l'eau distillée.
- Conservation la solution dans un flacon hermétiquement fermé.

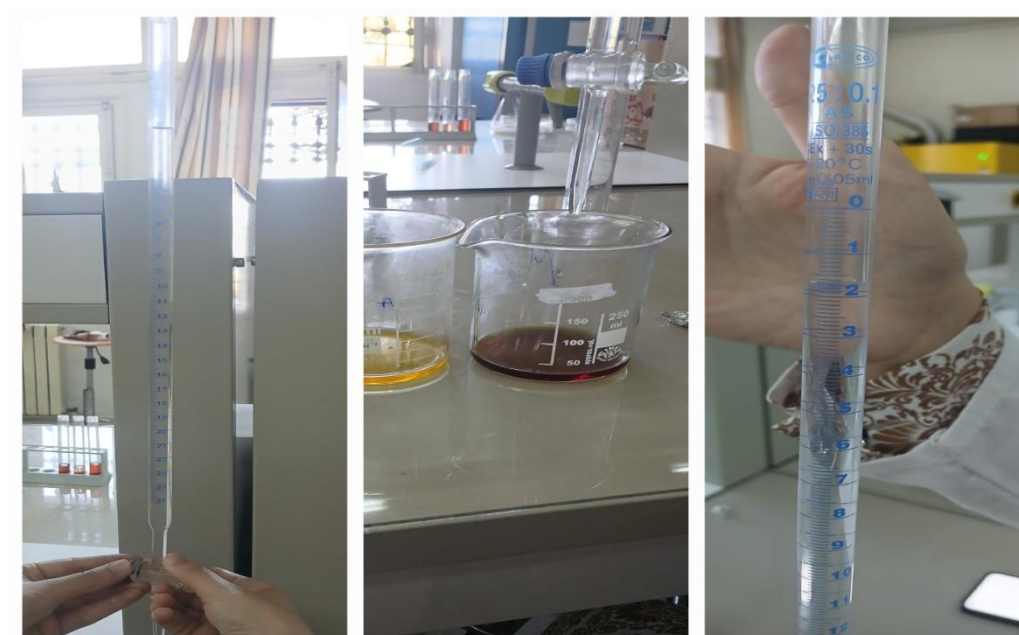


Figure 22 :Titrage des acides gras avec la soude (NaOH) (photographie personnelle ; 2025)



Figure 23 : Changement de couleur à l'équivalence lors du titrage par NaOH (photographie personnelle ;2025)

d) Expression des résultats

$$IA (\%) = \frac{56.1 \times V \times C}{m}$$

56,1 : est la masse molaire (g/moles) de l'hydroxyde de potassium, **V** : est le volume (ml) d'hydroxyde de potassium(sodium)utilisé, **C** : est la concentration exacte, en moles par litre,

de la solution titrée d'hydroxyde de potassium (sodium)utilisée et **m** : est la masse en grammes de la prise d'essai.

IV2.4.2.Indice de saponification (NF ISO 3657)

L'indice de saponification est la masse en milligrammes de potasse nécessaires pour saponifier 1 g de corps gras. En effet, plus les molécules d'acides ont d'atomes de carbone, moins l'indice de saponification est élevé. Il rend compte de la longueur des chaînes hydrocarbonées des acides gras.

➤ Mode opératoire

- 2g d'huile sont dissous dans 25ml d'une solution de KOH (0,5N) dans l'éthanol, sont introduits dans un ballon à col rodé ;
- Le ballon est connecté à un réfrigérant à reflux et porté à ébullition durant au moins 60minutes, en agitant de temps en temps ;
- L'excès de KOH est titré par une solution d'acide chlorhydrique HCL (0,5N), en présence de phénolphthaléine ;

➤ Un essai à blanc est préparé en suivant le même mode opératoire.

➤ **Préparation de la solution de KOH :**

Dans un bécher sec, 2,8 g de KOH ont été pesés à l'aide d'une balance de précision. Le solide a ensuite été dissous dans 80 ml d'éthanol sous agitation magnétique. Une fois la dissolution complète, le volume a été ajusté à 100 ml avec de l'éthanol pur.



Figure 24 : Titrage de l'excès de KOH (0,5N HCL) en présence de phénolphtaléine
photographie personnelle ; 2025).



Figure 25 :Fin du titrage marquée par la disparition de la coloration rose (Phénolphtaléine)
photographie personnelle ; 2025).

L'indice de saponification (IS) se détermine ainsi :

$$I_s = \frac{(V_0 - V_1) \times C \times 56.1}{m}$$

V_0 : est le volume d'acide chlorhydrique (ml) nécessaire pour titrer le blanc ; **V_1** : est le volume d'acide chlorhydrique (ml) nécessaire pour titrer l'essai. ; **C** : est la concentration exacte, en moles par litre, de la solution titrée d'acide chlorhydrique utilisée et **m** : est la masse (g) de la prise d'essai.

IV.2.4.3. Indice de peroxyde (ISO 3960)

L'indice de peroxyde est recherché pour évaluer l'état de conservation d'une matière grasse au cours du stockage. L'indice de peroxyde est le nombre de microgrammes d'oxygène actif contenus dans un gramme de corps gras et susceptibles d'oxyder l'iodure de potassium.

Il est exprimé en microgrammes par gramme ou plus souvent en milliéquivalent d'oxygène actif par kilogramme. Cet indice permet d'apprécier les premières étapes d'une détérioration oxydative de l'huile.

• Préparation des Solutions

a. Empois d'amidon (indicateur)

- Peser 1 g d'amidon.
- Le dissoudre dans 100 ml d'eau tiède.
- Chauffer doucement si nécessaire, en remuant constamment.
- Refroidir et conserver dans un flacon bouché.

b. Thiosulfate de sodium 0,01 N

- Peser 0,06 g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.
- Dissoudre dans 10 ml d'eau distillée.

Conserver à l'abri de la lumière.

• Mode opératoire

Étape 1 : Préparation du mélange réactionnel

- Peser 5 g d'huile dans un bécher.
- Ajouter 10 ml de chloroforme, 15 ml d'acide acétique et 1 ml de solution saturée de KI.
- Bien agiter jusqu'à dissolution complète.

Étape 2 : Réaction avec l'iode

- Fermer le bécher hermétiquement avec un bouchon.
- Laisser reposer exactement 5 minutes à l'abri de la lumière.



Figure 26: Protection contre la lumière lors de la réaction avec l'iode (**photographie personnelle ;2025**).

Étape 3 : Titrage

- Ajouter 75 ml d'eau distillée au mélange.
- Titrer immédiatement avec la solution de thiosulfate de sodium (0,01 N), goutte à goutte, en agitant doucement.
- Lorsque la solution devient jaune pâle, ajouter quelques gouttes d'empois d'amidon.
- Continuer le titrage jusqu'à disparition complète de la couleur bleue → fin du titrage

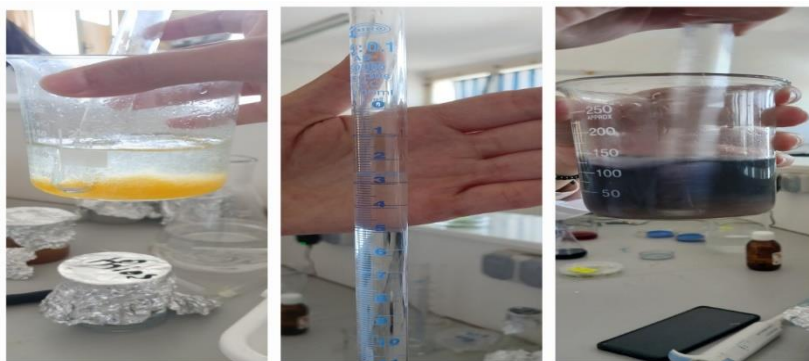


Figure 27: Titrage de la solution par le thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)
(photographie personnelle ;2025).

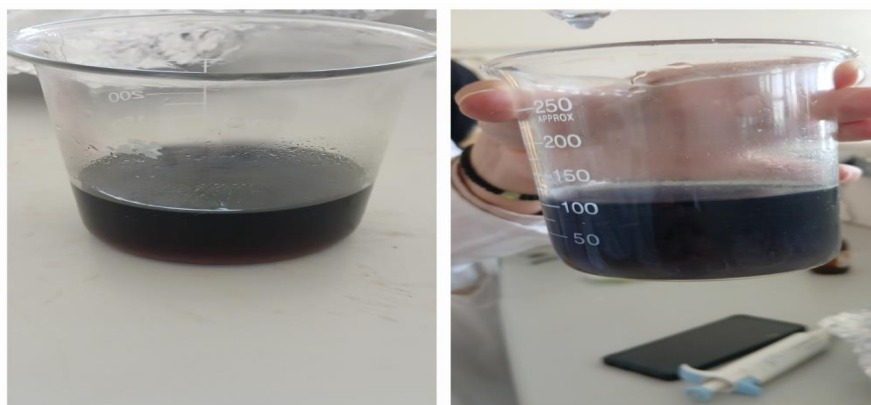


Figure 28 : Indication visuelle du point de titrage par la couleur bleue du complexe iode-amidon (photographie personnelle ;2025)



Figure 29 : Absence de coloration bleue après ajout de thiosulfate (fin de la réaction)
(photographie personnelle ;2025).

Étape 4 : Essai à blanc

- Répéter les mêmes étapes, sans matière grasse, pour effectuer un blanc.
- Ce résultat servira à corriger les mesures obtenues.

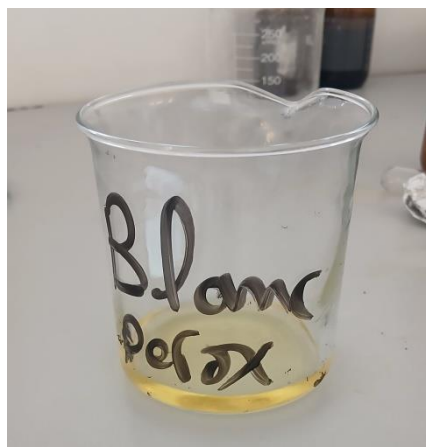


Figure 30: Echantillon témoin non traité (témoin blanc) (photographie personnelle p2025)

• Calcul de l'indice d'iode de peroxyde

L'indice d'iode (II) est calculé en utilisant la formule :

$$IP = \frac{(V1 - V0) \times C}{m} \times 100$$

V₀ : est le volume de thiosulfate de sodium (ml) nécessaire pour l'essai à blanc ; **V₁** : est le volume de thiosulfate de sodium (ml) nécessaire pour la détermination ; **C** : est la concentration exacte, en moles par litre de la solution titrée de thiosulfate de sodium utilisée et **m** : est la masse (g) de la prise d'essai.

Conseils pratiques

- Toujours protéger les solutions contenant de l'iode de la lumière.
- Ne pas dépasser les 5 minutes de réaction pour éviter la dégradation de l'iode.
- Utiliser de la verrerie propre et bien rincée à l'eau distillée.

IV.2.4.4. Indice d'ester

L'indice d'ester d'un lipide est la masse de potasse (KOH) (exprimée en mg) nécessaire pour saponifier les acides gras estérifiés contenus dans 1 g de matière grasse.

Il est égal à l'indice de saponification pour les glycérides purs et il permet de déterminer la masse molaire des glycérides. Cet indice n'est pas mesuré, il est calculé :

$$\text{Indice d'ester} = \text{Indice de saponification} - \text{Indice d'acide.}$$

IV.2.5. Evaluation des activités biologiques

IV.2.5.1. Activité biologique antioxydant : par le test DPPH radical libre

A. Principe du test DPPH (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl)

Le test DPPH est une méthode simple, rapide et couramment utilisée pour évaluer l'**activité antioxydant** des composés ou extraits naturels.

Le DPPH est un radical libre stable de couleur violette, qui présente une **absorbance maximale à 517 nm**. Lorsqu'un antioxydant est présent dans l'échantillon, il cède un ou plusieurs électrons ou atomes d'hydrogène au radical DPPH, ce qui **réduit** ce dernier en une forme non radicalaire (DPPH-H), de couleur jaune pâle.

Cette réduction provoque une **diminution de l'absorbance** mesurée au spectrophotomètre. Plus cette diminution est importante, plus l'échantillon a un **pouvoir antioxydant élevé**.

L'activité anti-radicalaire libre est déterminée par spectrophotométrie par le dosage du DPPH (**Blois 1958**), le : α -tocophérol, BHT et le BHA sont utilisés comme standards antioxydants.

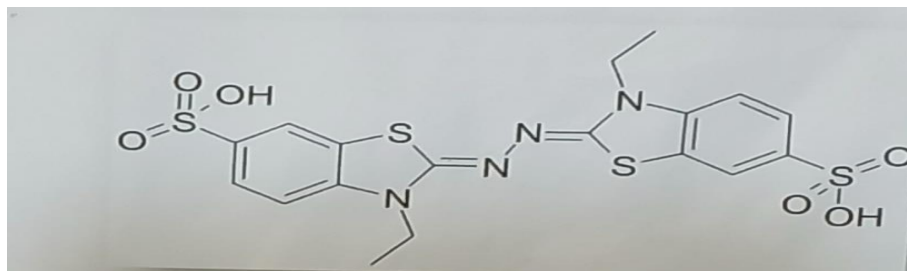


Figure 31: Structures chimiques des standards antioxydants utilisés dans le test DPPH (Blois 1958).

➤ **Instrument utilisé :**

Un lecteur de microplaque à 96 puits de volume 200 µl pour chaque puits

➤ **Mode opératoire :**

• **Préparation de la DPPH :**

Dissoudre 3mg de DPPH dans un volume de 50 ml de méthanol, le radical DPPH est dissous dans le méthanol et gardé à -20° à l'abri de la lumière. L'absorbance est 0.7 nm (517 nm) dans le spectrophotomètre.

- **Solutions des huiles :** Peser 0,004 g d'huile, diluer dans le méthanol pour obtenir une concentration adaptée à la microplaque.

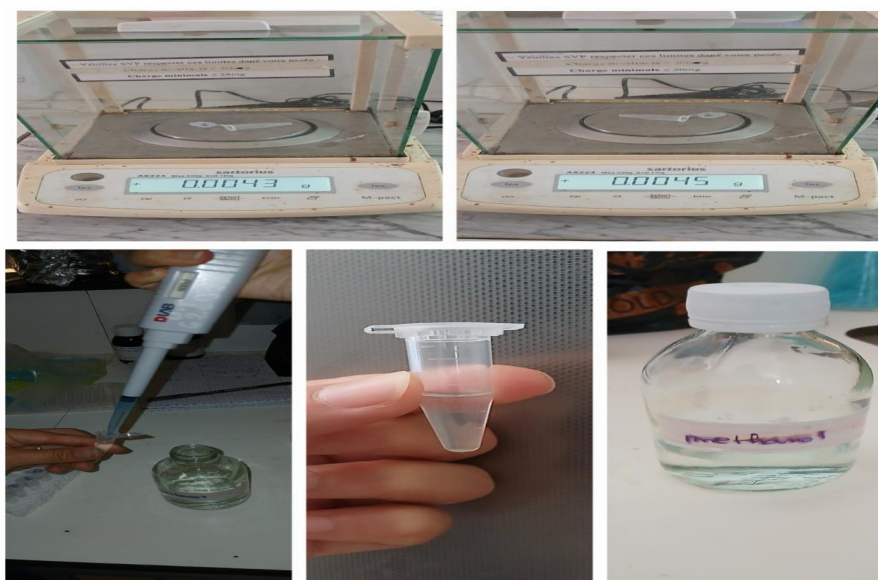


Figure 32: Préparation de l'échantillon huileux par pesée et dilution dans le méthanol en vue test DPPH (photographie personnelle ;2025).

Chapitre IV : Matériel et Méthodes

- Dans chaque puits de la microplaque.
- Ajouter 160 µL de la solution de DPPH.
- Ajouter 40 µL de la solution d'huile (extrait ou standard).
- Couvrir et incuber à température ambiante pendant 30 minutes à l’obscurité.
- Lire l’absorbance à 517 nm.

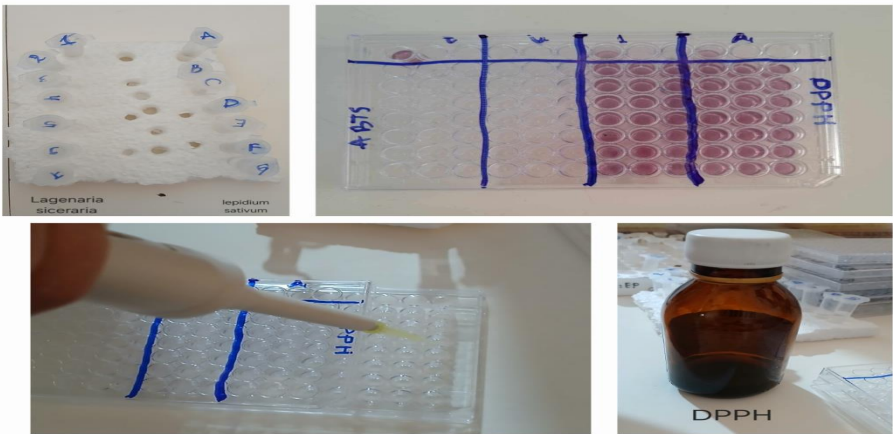


Figure 33: Ajout du DPPH et des extraits dans la microplaque (photographie personnelle ;2025).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	0,519	0,510	0,459	0,508	0,487	0,508						
B	0,523	0,521	0,547	0,516	0,524	0,549						
C	0,561	0,534	0,549	0,533	0,546	0,552						
D	0,530	0,536	0,564	0,546	0,554	0,554						
E	0,562	0,521	0,563	0,557	0,556	0,571						
F	0,559	0,553	0,568	0,555	0,558	0,570						
G	0,557	0,566	0,578	0,563	0,522	0,540						
H	0,116	0,071	0,382	0,044	0,068	0,407						

Figure 34: Lecture sur le spectrophotomètre à 517 nm pour teste DPPH.

IV.2.5.2. Activité biologique antioxydante : évaluation d'ABTS (scavenging activity)

A. Principe du test ABTS (2,2'-azinobis-(3-éthylbenzothiazoline-6-sulfonique acide))

Le test ABTS est une méthode spectrophotométrique largement utilisée pour évaluer l'activité antioxydant de divers composés bioactifs, qu'ils soient **hydrophiles ou lipophiles**. Ce test repose sur la génération du radical libre ABTS•+, un cation stable de couleur bleu-vert, obtenu par réaction de l'ABTS avec le persulfate de potassium ($K_2S_2O_8$), selon la méthode décrite par **Re et al. (1999)**.

Le radical ABTS•+ présente une absorbance maximale à 734 nm. En présence d'un antioxydant, ce radical est réduit en une forme non radicalaire, incolore ou faiblement colorée, par transfert d'électrons ou d'atomes d'hydrogène. Cette réduction se traduit par une diminution de l'absorbance, mesurée au spectrophotomètre.

L'intensité de cette diminution est proportionnelle à la capacité de l'échantillon à neutraliser le radical ABTS•+. L'activité antioxydant est ainsi exprimée par comparaison avec des standards tels que le Trolox, l'acide ascorbique ou le BHT.

➤ Mode opératoire

• Préparation de la solution ABTS•+

- ABTS : 19,2 mg (7 mm) dissous dans 5 ml d'eau distillée
- Persulfate de potassium ($K_2S_2O_8$) : 3,3 mg (2,45 mm) dissous dans 5 ml d'eau distillée
- Mélanger les deux solutions et laisser réagir à l'abri de la lumière pendant 12 à 16 heures à température ambiante.
- Avant utilisation, diluer la solution obtenue avec de l'éthanol ou de l'eau pour ajuster l'absorbance à 734 nm à $0,700 \pm 0,020$.

• Dans chaque puits ou cuve :

- Ajouter 160 μ L de solution ABTS•+.
- Ajouter 40 μ L de l'extrait huileux (0,004 g dilué dans le méthanol ou éthanol).
- Incuber à température ambiante pendant 10 minutes et lire l'absorbance à 734 nm.

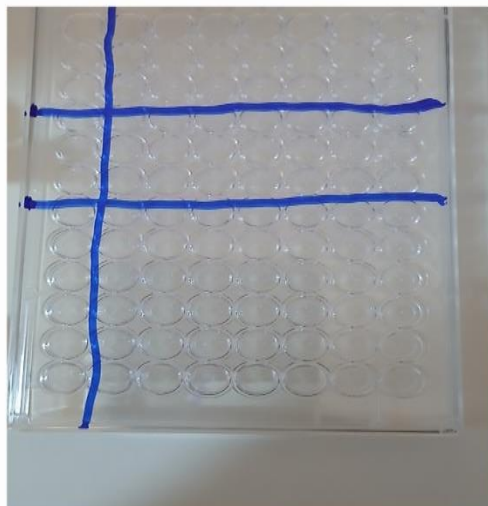


Figure 35 : Ajout du ABTS et des extraits dans la microplaque (photographie personnelle ;2025) .

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A							0,884	0,848	0,858	0,825	0,834	0,826
B							0,848	0,836	0,814	0,776	0,818	0,703
C							0,795	0,828	0,796	0,719	0,781	0,802
D							0,815	0,780	0,808	0,796	0,807	0,814
E							0,811	0,825	0,779	0,819	0,821	0,811
F							0,771	0,771	0,774	0,788	0,784	0,759
G							0,729	0,710	0,716	0,768	0,791	0,790
H							0,772	0,753	0,757	0,057	0,057	0,112

Figure 36: Lecture sur le spectrophotomètre à 734 nm pour teste ABTS.

IV.2.5.3. Activité biologique anti-inflammatoire in vitro

A. Principe de la méthode :

L'activité anti-inflammatoire est évaluée selon la méthode décrite par **Kandikattu K. (2013)**, avec quelques modifications. Ce test repose sur la capacité des huiles végétales à inhiber la dénaturation thermique de l'albumine sérique bovine (BSA). Ce phénomène de dénaturation simule une réponse inflammatoire in vitro.

La présence d'un composé à potentiel anti-inflammatoire limite cette dénaturation, traduite par une réduction de la turbidité de la solution. Cette inhibition est mesurée par spectrophotométrie, généralement à une longueur d'onde de 660 nm. Une inhibition plus importante indique une activité anti-inflammatoire plus marquée.

• Préparation des solutions :

- Tampon Tris-HCl 0,05 M, pH 6,6 :

Dissoudre 1,2144 g de Tris dans 200 ml d'eau bi-distillée. Ajuster le pH à 6,6 avec de l'HCl.



Figure 37 : Tris-HCl 0,05 M, pH 6,6 (Photographie personnelle ;2025).

- Solution de BSA à 0,2 % :

Dissoudre 0,2 g de BSA dans 100 ml de tampon Tris-HCl.

- Préparation des huiles :

Préparer une solution mère à 10 000 ppm pour chaque huile. Prélever un volume correspondant à 0,016 g d'huile par essai (diluée si nécessaire dans l'éthanol ou un solvant approprié).

- **Préparation du standard** (Diclofénac sodique) :

Préparer une solution mère de 500 ppm, puis effectuer des dilutions pour différentes concentrations.

- **Préparation des blancs :**

- Blanc extrait : 1 ml d'huile + 1 ml de Tris-HCl

- Blanc BSA : 1 ml de BSA + 1 ml du solvant utilisé pour les huiles

- **Mode opératoire (en microplaque 96 puits) :**

- Dans chaque puits :
- Ajouter 100 μ l d'extrait ou de Diclofénac
- Ajouter 100 μ l de BSA à 0,2 %
- Incuber la plaque à 37 °C pendant 15 min.
- Chauffer ensuite à 72 °C pendant 5 min (dans une étuve ou bain-marie compatible).
- Laisser refroidir à température ambiante.
- Lire l'absorbance à 660 nm à l'aide d'un lecteur de microplaque.

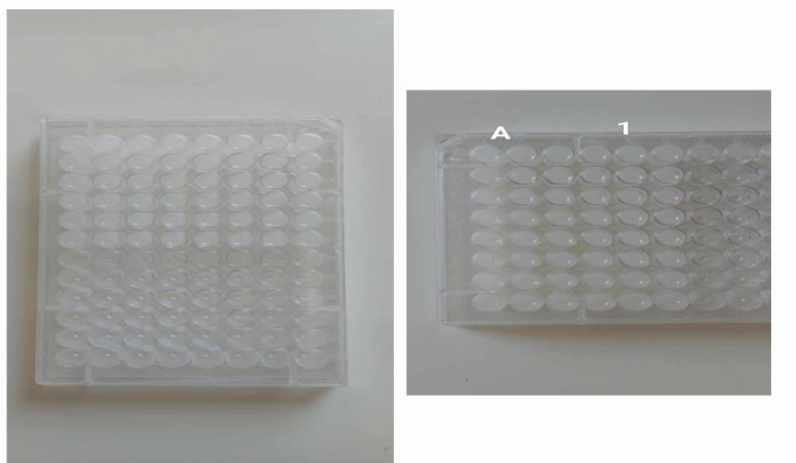


Figure 38_: manipulation sur plaque (photographie personnelle ;2025).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	1,733	1,735	1,704	1,776	1,795	1,752						
B	1,741	1,792	1,768	1,721	1,762	1,834						
C	1,772	1,789	1,799	1,742	1,757	1,757						
D	1,748	1,724	1,746	1,759	1,759	1,788						
E	1,754	1,771	1,792	1,771	1,798	1,812						
F	1,838	1,763	1,747	1,802	1,774	1,812						
G	1,745	1,696	1,769	1,773	1,793	1,805						
H	1,748	1,765	1,767	1,766	1,756	1,747						

Figure 39 : Lecture sur le spectrophotomètre à cuve HELIOS EPSILON (Thermo scientifique).

IV.2.5.4. Activité biologique d'inhibition de l' α -amylase

A. Principe de la méthode :

L'activité biologique d'inhibition de l' α -amylase est évaluée pour déterminer le potentiel antidiabétique d'un extrait, en particulier sa capacité à freiner la dégradation enzymatique de l'amidon en sucres simples. Cette activité est mesurée selon la méthode colorimétrique à l'iode (MIKI), décrite par **Zengin et al. (2014)** et adaptée, avec modifications, de **Randhir & Shetty (2007)** pour l'évaluation d'extraits huileux.

Dans ce test, l' α -amylase catalyse l'hydrolyse de l'amidon. En présence d'un extrait inhibiteur, cette hydrolyse est réduite. Le reste d'amidon non dégradé est révélé par réaction avec l'iode, produisant une coloration bleue caractéristique. L'intensité de cette couleur, mesurée par spectrophotométrie à 630 nm à l'aide d'un lecteur de microplaque, est proportionnelle à la quantité d'amidon restant.

Une absorbance plus élevée indique une inhibition plus importante de l' α -amylase, traduisant une activité antidiabétique potentielle. L'acarbose est généralement utilisée comme standard de référence dans ce type d'essai.

➤ Protocole expérimental (méthode IKI)

➤ Préparation des solutions :

• Solution d'amidon à 0,1 % :

- Dissoudre 0,1 g d'amidon soluble dans 100 ml d'eau distillée.
- Chauffer au micro-ondes par cycles de 15 secondes (en agitant entre chaque cycle) jusqu'à dissolution complète.

• Tampon phosphate salin (pH = 6,9) avec NaCl 6 mm :

- Dissoudre 49 mg de phosphate disodique (Na_2HPO_4) dans 50 ml d'eau distillée (**base**).
- Dissoudre 51 mg de phosphate mono sodique (NaH_2PO_4) dans 50 ml d'eau distillée (**acide**).
- Mélanger les deux solutions.
- Ajouter 35,1 mg de NaCl pour atteindre 6 mm de NaCl dans 100 ml de tampon.

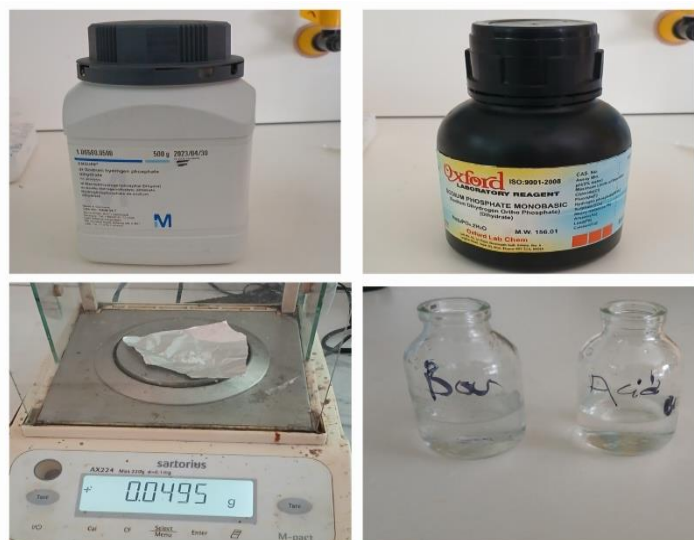


Figure 40 : Préparation de l'acide et de la base pour la solution tampon (phosphate)
(photographie personnelle ;2025).



Figure 41 : La solution de Tampon (PH = 6,9) (photographie personnelle ;2025).

- **Solution d'acide chlorhydrique (HCl 1 M) :**

Diluer 4,17 ml de HCl concentré (37 %, densité ~1,19) dans 45,83 mL d'eau distillée.

Ajouter l'acide à l'eau lentement et sous agitation.

- **Solution IKI (réactif à l'iode) :**

Préparer une solution de Lugol dilué pour révéler l'amidon restant :

- Dissoudre 3 g d'iodure de potassium (KI) dans 100 ml d'eau distillée.
- Ajouter 0,127 g d'iode (I_2) (soit 5 mm).
- Agiter jusqu'à dissolution complète. Conserver à l'abri de la lumière.



Figure 42_: Préparation de solution IKI (photographie personnelle ;2025).



Figure 43 : La solution de IKI (photographie personnelle ;2025).

- **Extraits huileux :**

- Peser 0,0016 g d'huile végétale et diluer dans DMSO ou éthanol selon la solubilité.
- Préparer des concentrations appropriées selon la gamme testée.

2. Organisation des groupes expérimentaux (sur microplaque 96 puits) :

Tableau 03 : Disposition des groupes expérimentaux en microplaque (test d'inhibition enzymatique).

Code	Composition	Rôle
Ac	Enzyme + tampon + amidon + IKI + HCl	Contrôle (activité enzymatique sans inhibition)
As	Enzyme + extrait huileux + amidon + IKI + HCl	Échantillon testé (inhibition possible)
Ab	Extrait huileux + tampon + IKI (sans enzyme, sans amidon)	Contrôle négatif pour l'interférence de l'huile
A	Amidon + tampon + IKI (sans enzyme)	Blanc réactionnel

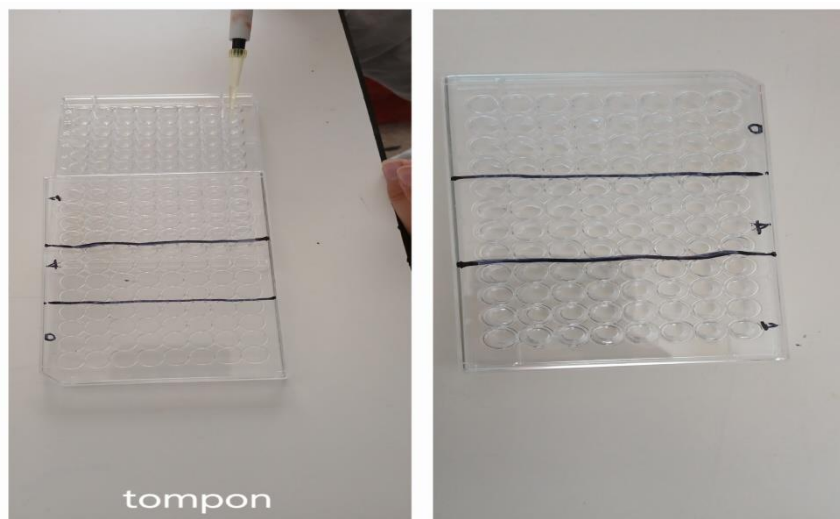


Figure 44: Disposition des échantillons dans une microplaque pour le test d'inhibition de l'enzyme l' α -amylase (photographie personnelle ;2025).

- **Méthode en microplaque :**

- Ajouter 25 μ L d'extrait huileux (ou solvant pour les témoins).
- Ajouter 50 μ L d' α -amylase (10 U/ml dans le tampon phosphate).
- Incuber à 37 °C pendant 10 minutes.
- Ajouter 50 μ L de solution d'amidon (0,1 %).
- Incuber de nouveau à 37 °C pendant 10 minutes.
- Stopper la réaction avec 25 μ L d'HCl 1 M.
- Ajouter 100 μ L de réactif IKI.
 - Lire l'absorbance à 630 nm à l'aide d'un lecteur de microplaque



Figure 45: Mise en incubation des échantillons du teste de l' α -amylase (photographie personnelle ;2025).

B. Calcul du pourcentage d'inhibition de l' α -amylase :

L'activité inhibitrice est exprimée en pourcentage d'inhibition enzymatique, selon la formule suivante :

$$\%INH = (1 - (A_s - A_b / A_c - A_a)) \times 100$$

Où :

- A_s : Absorbance de l'échantillon contenant enzyme + extrait + amidon + IKI + HCl.
- A_b : Absorbance du blanc huile, contenant extrait + IKI + tampon (sans enzyme ni amidon).
- A_c : Absorbance du témoin enzymatique, contenant enzyme + tampon + amidon + IKI + HCl (sans extrait).
- A_a : Absorbance du blanc réactionnel, contenant amidon + tampon + IKI + HCl + solvant (sans enzyme)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	0,587	0,540	0,549	0,101	0,570	0,606	0,593	0,145	0,615	0,754	0,663	0,125
B	0,520	0,546	0,545	0,065	0,553	0,562	0,744	0,105	0,604	0,660	0,660	0,101
C	0,223	1,430	0,458	0,068	0,386	0,437	0,424	0,076	0,592	0,496	0,547	0,088
D	0,178	0,362	0,477	0,064	0,312	0,084	0,431	0,061	0,390	0,401	0,342	0,052
E	0,275	0,266	0,295	0,068	0,245	0,068	0,258	0,061	0,258	0,301	0,296	0,065
F	0,176	0,282	0,225	0,064	0,191	0,212	0,201	0,060	0,228	0,263	0,234	0,062
G	0,163	0,197	0,210	0,063	0,137	0,191	0,199	0,061	0,222	0,240	0,247	0,060
H	0,292	0,456	0,181	0,179	0,303	0,235	1,746	1,687	1,797	1,904	1,416	1,932

Figure 46_: Lecture sur le spectrophotomètre à 360 nm pour l'activité α -amylase.

IV.3.Traitement statistique :

L'analyse des résultats des tests biologiques (DPPH, ABTS, inhibition de l' α -amylase et activité anti-inflammatoire) a été réalisée à l'aide du programme Microsoft Excel, en raison de son efficacité dans le traitement des données biochimiques. Les pourcentages d'inhibition à différentes concentrations ont été saisis, puis les moyennes et écarts-types ont été calculés. Les données ont été représentées sous forme de courbes dose-réponse, permettant la détermination des valeurs IC_{50} , correspondant à la concentration

Chapitre IV : Matériel et Méthodes

nécessaire pour inhiber 50 % de l'activité ciblée. Des outils de régression linéaire ou non linéaire ont été utilisés pour affiner ces estimations. Cette approche a permis de comparer l'efficacité des extraits avec celle des substances de référence (Trolox, acide ascorbique, Acarbose) et de mettre en évidence leur potentiel antioxydant, inhibiteur enzymatique ou anti-inflammatoire.

Chapitre V : Résultats et Discussion

Chapitre V : Résultats et discussion :

V.1. Résultats de rendement d'extraction en huiles végétales :

Les huiles végétales de *Lepidium sativum* et de *Lagenaria siceraria* ont été obtenues par la méthode d'extraction par pressage à froid, à partir de graines décortiquées. Les résultats obtenus sont représentés dans la figure ci-dessous.

On remarque une différence notable entre les rendements d'extraction des deux huiles végétales. Le rendement le plus élevé est observé pour l'huile de *Lagenaria siceraria* avec 20 %, tandis que l'huile de *Lepidium sativum* a présenté un rendement plus faible de 10 %. Ces résultats indiquent que les graines de *Lagenaria siceraria* sont plus riches en huile que celles de *Lepidium sativum*, ce qui peut être dû à leur composition chimique et leur structure interne. (Figure 62).

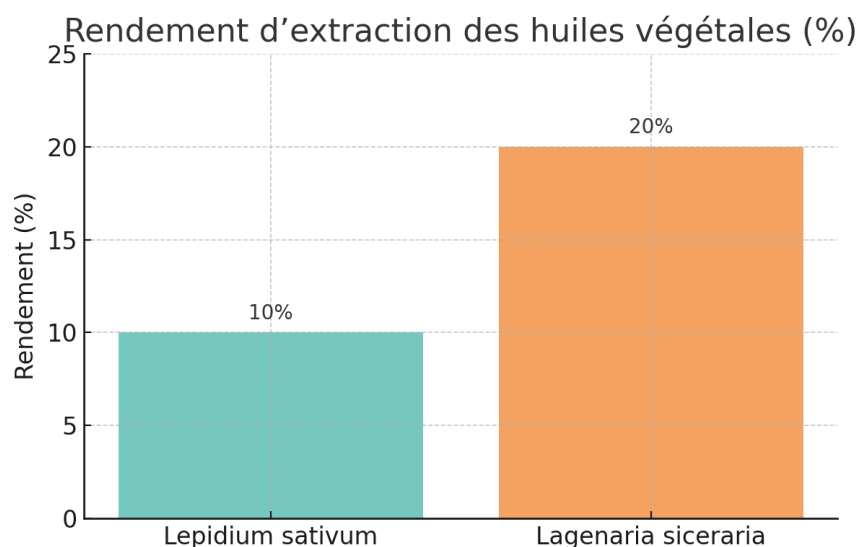


Figure 47 : Rendement d'extraction des huiles végétales de *Lepidium sativum* et *Lagenaria siceraria*.

V.2. Résultats des caractéristiques organoleptiques des huiles végétales :

Les différentes caractéristiques organoleptiques (aspect, odeur, toucher et couleur) des huiles de *Lepidium sativum* et de *Lagenaria siceraria* ont été soigneusement observées afin d'évaluer leur qualité sensorielle (tableau04). Les deux huiles

Chapitre V : Résultats et discussion

présentent un aspect liquide, fluide et huileux, ce qui est typique des huiles végétales extraites par pressage à froid. Cependant, l'huile de *Lagenaria siceraria* se distingue par son apparence plus limpide, suggérant une meilleure décantation ou filtration.

En ce qui concerne la couleur, une variation est observée entre les deux huiles : l'huile de *Lepidium sativum* présente une teinte jaune pâle, tandis que celle de *Lagenaria siceraria* se caractérise par une couleur jaune doré à jaune foncé, ce qui peut indiquer une teneur plus élevée en pigments naturels ou une différence dans la maturité des graines utilisées.

L'odeur des huiles montre également une différence marquée. L'huile de *Lepidium sativum* dégage une odeur légère, piquante et caractéristique, ce qui pourrait refléter la présence de certains composés soufrés ou phénoliques. À l'inverse, l'huile de *Lagenaria siceraria* possède une odeur douce, avec des notes légèrement noisettes, souvent perçue comme plus agréable par les utilisateurs.

Quant au toucher, les deux huiles présentent une texture grasse, comme attendu pour des huiles végétales, mais avec des nuances qui peuvent être perçues différemment selon la viscosité et la teneur en acides gras spécifiques. Ces caractéristiques organoleptiques permettent ainsi de différencier les huiles sur le plan sensoriel et peuvent guider leur utilisation cosmétique, culinaire ou thérapeutique (Tableaux 04).

Tableau 04 : Caractéristiques organoleptiques des huiles

Huile végétale	Aspect	Couleur	Odeur	Texture grasse
<i>Lepidium sativum</i>	Liquide huileux fluide	Jaune pâle	Odeur légère, piquante, caractéristique	Gras
<i>Lagenaria siceraria</i>	Liquide limpide	Jaune doré à jaune foncé	Odeur douce, légèrement noisettée	Gras

V.3. Résultats et discussion des paramètres chimiques des huiles végétales:

V.3.1. L'indice d'acide:

L'indice d'acide représente la quantité d'acides gras libres contenus dans une huile, traduisant ainsi son état de fraîcheur et de conservation. Dans cette étude, les indices d'acide ont été déterminés par titrage de 10 g d'huile avec une solution de soude (NaOH) 0,1N, en présence de phénolphtaléine comme indicateur.

Les résultats obtenus (tableau 05) indiquent que l'indice d'acide de l'huile de *Lepidium sativum* est de $0,32 \pm 0,01$, tandis que celui de l'huile de *Lagenaria siceraria* est légèrement plus élevé, avec une valeur de $0,72 \pm 0,02$, ce qui reflète une légère différence dans la teneur en acides gras libres entre les deux huiles.

Tableau 05 : Indices d'acide des huiles végétales étudiées

Huile végétale	Moyenne $\pm$ écart type (mg NaOH/g)
<i>Lepidium sativum</i>	$0,32 \pm 0,01$
<i>Lagenaria siceraria</i>	$0,72 \pm 0,02$

V.3.2. L'indice de saponification (IS) :

L'indice de saponification est un paramètre chimique essentiel dans l'industrie des savons, car il permet d'évaluer la quantité de matière alcaline nécessaire pour saponifier un gramme d'huile. Les valeurs varient en fonction de l'origine et de la composition des huiles.

Les résultats de notre étude (tableau 06), indiquent que l'indice de saponification de l'huile de *Lepidium sativum* a été estimé à $342,19 \pm 0,38$, indiquant une richesse en acides gras à chaîne courte ou moyenne. Quant à l'huile de *Lagenaria siceraria*, elle a présenté une valeur légèrement inférieure de $336,43 \pm 0,47$, ce qui reste conforme aux propriétés attendues de ce type d'huile végétale. Ces résultats suggèrent que les deux huiles sont bien adaptées à une utilisation dans la fabrication des savons et d'autres formulations cosmétiques.

Chapitre V : Résultats et discussion

Tableau 06: Indices de saponification des huiles végétales étudiées

Huile végétale	Moyenne $\pm$ écart type IS
<i>Lepidium sativum</i>	342,19 $\pm$ 0,38
<i>Lagenaria siceraria</i>	336,43 $\pm$ 0,47

V.3.3. L'indice de peroxyde (IP):

Dans notre étude, les résultats obtenus (tableau 07) montrent une différence notable entre les deux huiles testées. L'huile extraite des graines de *Lagenaria siceraria* a présenté un indice de peroxyde moyen de 0,88 $\pm$ 0,02, tandis que celui de l'huile de *Lepidium sativum* était de 0,54 $\pm$ 0,01. Ces valeurs relativement faibles indiquent un bon état de fraîcheur et une faible oxydation initiale des deux huiles.

Tableau 07: Indices de peroxyde des huiles végétales étudiées

Huile végétale	Moyenne $\pm$ écart type IS
<i>Lepidium sativum</i>	0,54 $\pm$ 0,01
<i>Lagenaria siceraria</i>	0,88 $\pm$ 0,02

V.3.4. L'indice d'ester :

Dans notre étude, les indices d'ester calculés pour les huiles analysées sont de 341,87 $\pm$ 0,39 pour l'huile de *Lepidium sativum* et 335,71 $\pm$ 0,51 pour l'huile de *Lagenaria siceraria*. Ces valeurs indiquent une forte proportion d'acides gras estérifiés, caractéristiques des huiles à usage cosmétique ou alimentaire. (Tableau 08)

Tableau 08 : Indices d'ester des huiles végétales étudiées

Huile végétale	Moyenne $\pm$ écart type IS
<i>Lepidium sativum</i>	341,87 $\pm$ 0,39
<i>Lagenaria siceraria</i>	335,71 $\pm$ 0,51

V.4. Discussion :

V.4.1. Rendement d'extraction :

Le rendement d'extraction par pression à froid a été de 20 % pour *Lagenaria siceraria* et 10 % pour *Lepidium sativum*. Ces valeurs sont nettement inférieures à celles obtenues par extraction au Soxhlet, où *L. siceraria* a montré un rendement de 42,3 % (Amoo et al., 2020). De même, *L. sativum* a présenté un rendement d'environ 21,5 % lorsqu'il est extrait avec du n-hexane (Diwakar et al., 2009). Cela confirme que l'extraction à froid donne des rendements moindres, mais préserve mieux les composés sensibles à la chaleur.

V.4.2. Caractéristiques organoleptiques :

Visuellement, l'huile de *L. sativum* présente une couleur jaune clair avec une odeur piquante, tandis que celle de *L. siceraria* se caractérise par une couleur jaune doré et une odeur douce et agréable. Ces observations sont cohérentes avec les descriptions de la littérature : *L. sativum* est souvent associée à une odeur rappelant la moutarde tandis que l'huile de *L. siceraria* est décrite comme douce, fruitée et de couleur foncée (El-Rahman et al., 2021).

V.4.3. Indice d'acide :

L'indice d'acide mesuré était de 0,72 mg KOH/g pour *L. siceraria* et 0,32 mg/g pour *L. Sativum*, indiquant une faible teneur en acides gras libres. Ces résultats témoignent d'une huile fraîche et de bonne qualité. À titre comparatif, (Amoo et al. 2020) ont rapporté une valeur plus élevée de 2,7 mg/g pour *L. siceraria*, tandis que (Maskeet al. 2020) ont enregistré 0,82 mg/g pour *L. sativum*. Nos valeurs, inférieures à celles-ci, traduisent une meilleure stabilité oxydative des huiles analysées.

V.4.4. Indice de saponification :

Nos résultats ont révélé un indice de saponification élevé : 336,4 mg KOH/g pour *L. siceraria* et 342,2 mg KOH/g pour *L. sativum*. Ces valeurs sont supérieures à celles trouvées dans la littérature. Par exemple, (Amoo et al. 2020) ont obtenu un IS de 185

mg/g pour *L. siceraria*, et (Maske et al. 2020) ont rapporté des valeurs autour de 182–183 mg/g pour *L. sativum*. Cette élévation peut être due à une plus grande proportion d'acides gras à chaîne courte ou moyenne, ce qui rend nos huiles particulièrement intéressantes pour la fabrication de savons.

V.4.5. Indice de peroxyde :

Les indices de peroxyde étaient très faibles, inférieurs à 1 meq O₂/kg, ce qui reflète un faible niveau d'oxydation primaire. Ces résultats sont plus favorables que ceux de la littérature. En effet, (Amoo et al.2020) ont mesuré un indice de peroxyde de 11 meq/kg pour *L. siceraria*, tandis que (Maske et al.2020) ont obtenu des valeurs autour de 3,9–4,0 meq/kg pour *L. sativum*. Cela montre que nos huiles sont fraîches et conservent leurs propriétés sans altération oxydative.

V.4.6. Indice d'ester :

Les valeurs de l'indice d'ester étaient d'environ 335 à 341 mg/g, ce qui, associé à un faible indice d'acide, reflète la présence d'esters gras majoritairement non hydrolysés. (Amoo et al. 2020) ont rapporté un indice d'ester beaucoup plus bas (~60 mg/g) pour *L. siceraria*, ce qui montre que nos huiles contiennent une proportion plus importante de triglycérides intacts, ce qui est favorable pour les applications cosmétiques et pharmaceutiques.

Les résultats obtenus montrent une qualité globale satisfaisante des huiles extraites à froid, avec une fraîcheur remarquable (faible indice de peroxyde), une richesse en esters et une valeur de saponification élevée. Comparées aux données de la littérature, nos huiles présentent des caractéristiques physico-chimiques compétitives, bien que les rendements soient réduits à cause de la méthode d'extraction. Ces résultats suggèrent un potentiel d'application intéressant dans les domaines cosmétique, alimentaire et thérapeutique.

V.5. Résultats et discussion des activités biologiques

V.5.1. Activité biologique antioxydante : par le teste DPPH radical libre

Dans le cadre de cette recherche, nous avons évalué l'activité anti-radicalaire des huiles végétales obtenues à partir des graines de *Lepidium sativum* et de *Lagenaria siceraria* en utilisant le test DPPH. Ce test se base sur la capacité des composés antioxydants à atténuer le radical libre DPPH•, ce qui est perceptible par une réduction de l'absorbance à 517 nm. L'évaluation de cette activité a été effectuée en déterminant le pourcentage d'inhibition (%PI) à divers niveaux de concentration, et aussi en identifiant les concentrations inhibitrices à 50% (IC₅₀), qui est un indice important de l'efficacité antioxydante.

Les résultats ont été mis en parallèle avec ceux de deux antioxydants de référence couramment utilisés comme contrôles positifs : le Trolox et l'acide ascorbique.

Tableau 09 : Pourcentage d'inhibition (%PI) des huiles testées et des antioxydants

Concentration	<i>Lepidium sativum</i> (%PI)	<i>Lagenaria siceraria</i> (%PI)	Trolox (%PI)	Acide ascorbique (%PI)	La concentration inhibitrice à 50 % (IC ₅₀)
A	29.14 ± 4.29	28.43 ± 1.50	6.42 ± 0.91	0.31 ± 1.02	800
B	24.24 ± 1.86	24.33 ± 2.36	13.33 ± 2.14	12.90 ± 0.28	400
C	21.71 ± 1.93	22.33 ± 1.36	30.19 ± 0.67	29.69 ± 0.39	200
D	22.38 ± 2.43	21.24 ± 0.57	61.48 ± 2.98	76.67 ± 0.37	100
E	21.62 ± 3.00	19.81 ± 1.07	87.16 ± 0.28	84.94 ± 0.84	50
F	20.00 ± 1.07	19.86 ± 1.07	88.46 ± 0.11	87.78 ± 0.49	25
G	19.00 ± 1.50	22.62 ± 2.93	87.72 ± 0.47	86.36 ± 0.21	12.5
H	72.90 ± 22.21	75.29 ± 25.93			

standards (Trolox et acide ascorbique) selon la concentration.

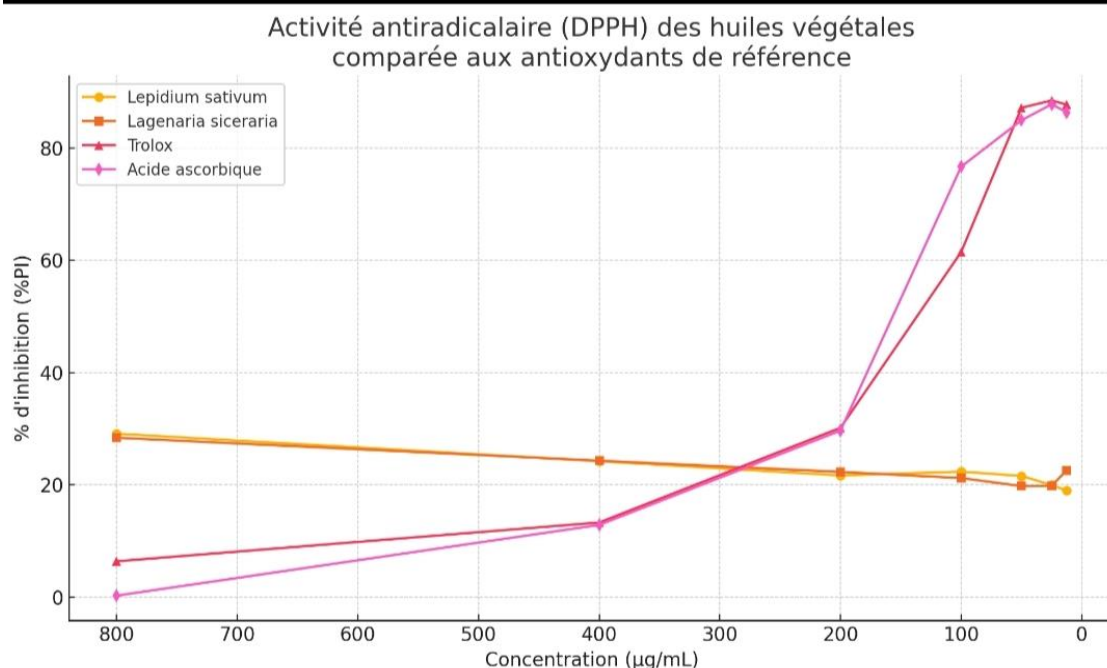


Figure 48 : Évolution du pourcentage d'inhibition (%PI) selon la concentration des extraits huileux comparée aux antioxydants de référence (Trolox et acide ascorbique).

➤ Discussion

L'analyse comparative des extraits huileux de *Lepidium sativum* et de *Lagenaria siceraria* a révélé une activité antioxydante relativement faible pour les deux huiles dans le test DPPH. Les pourcentages d'inhibition (%PI) observés n'ont pas dépassé 30 % même à la concentration maximale de 800 µg/mL. Plus précisément, l'huile de *Lepidium sativum* a montré une légère supériorité par rapport à celle de *Lagenaria siceraria*, avec un %PI plus élevé à toutes les concentrations testées. Toutefois, cette différence reste modeste et ne traduit pas une efficacité significative. La valeur de l'IC₅₀ estimée autour de 800 µg/mL pour les deux extraits confirme cette faible capacité à neutraliser le radical DPPH. En comparaison, les antioxydants standards (Trolox et acide ascorbique) ont atteint plus de 85 % d'inhibition dès 25 µg/mL, soulignant le contraste important entre les composés de référence et les huiles végétales analysées.

Nous avons observé une activité antioxydante modeste pour les huiles de *Lepidium sativum* et *Lagenaria siceraria* dans le test DPPH, avec des % d'inhibition ne dépassant pas 30 % à 800 µg/mL. Ce constat s'inscrit dans la même tendance qu'une

étude de **Sumitra et al. (2015)**, où un extrait de pelure de *Lagenaria siceraria* a montré un IC_{50} d'environ 111 $\mu\text{g/mL}$ en DPPH, avec une inhibition notable (mais liée à un extrait plus polaire que nos huiles). De même, l'étude de **Bassey Antia et al. (2015)** sur des extraits de graines de *L. siceraria* a révélé une efficacité DPPH entre 57 et 63 % à 100 $\mu\text{g/mL}$, scores bien plus élevés que ceux de notre huile.

Ces divergences s'expliquent principalement par :

-Le type d'extraction : les extraits polaires concentrent davantage de composés phénoliques/favonoïdes actifs.

-La nature lipophile de nos huiles : elles interagissent moins efficacement avec le radical DPPH en milieu polaire, comme le soulignent **Shahidi & Ambigaipalan (2015)**.

Ainsi, même si nos résultats sont modestes, ils restent cohérents avec la littérature concernant les extraits huileux et confirment l'intérêt de tests complémentaires mieux adaptés aux matrices non polaires.

V.5.2. Activité biologique antioxydante : par le test ABTS (scavenging activity)

L'activité antioxydante des huiles végétales provenant de *Lagenaria siceraria* et de *Lepidium sativum* a été évaluée en utilisant le test ABTS, qui est basé sur le transfert d'électrons entre les antioxydants et le radical $\text{ABTS}^{\bullet+}$. Cette réaction a été surveillée en mesurant l'absorbance à 734 nm. Les résultats sont exprimés en pourcentage d'inhibition (%PI) en fonction des concentrations testées, et la concentration inhibitrice à 50% (IC_{50}) a été déterminée par rapport aux standards Trolox et acide ascorbique. Les résultats sont présentés dans le tableau 10 et la figure 48.

ChapitreV : Résultats et discussion

Tableau10 : Pourcentage d'inhibition (%PI $\pm$ ET) des huiles testées (*Lagenaria siceraria* et *Lepidium sativum*) et des antioxydants standards (Trolox et acide ascorbique) selon la concentration (test ABTS).

Code	Lagenaria siceraria (%PI $\pm$ ET)	Lepidium sativum (%PI $\pm$ ET)	Trolox (%PI $\pm$ ET)	Acide ascorbique (%PI $\pm$ ET)	Concentration (μg/ml)
A	54,51 $\pm$ 1,05	18,81 $\pm$ 1,00	91,84 $\pm$ 1,19	92,96 $\pm$ 0,11	800
B	20,33 $\pm$ 0,99	12,66 $\pm$ 0,66	92,89 $\pm$ 0,19	92,40 $\pm$ 0,88	400
C	17,37 $\pm$ 0,87	8,92 $\pm$ 0,85	92,89 $\pm$ 0,19	93,08 $\pm$ 0,19	200
D	19,14 $\pm$ 0,94	9,00 $\pm$ 0,99	89,72 $\pm$ 0,67	93,21 $\pm$ 0,11	100
E	17,77 $\pm$ 0,89	8,93 $\pm$ 0,85	51,70 $\pm$ 1,51	52,94 $\pm$ 0,94	50
F	13,47 $\pm$ 1,12	5,77 $\pm$ 1,02	26,15 $\pm$ 0,65	28,76 $\pm$ 0,67	25
G	6,35 $\pm$ 0,78	2,37 $\pm$ 1,30	14,74 $\pm$ 0,37	13,43 $\pm$ 0,82	12,5
H	763,46	>800	3,21 $\pm$ 0,06	3,04 $\pm$ 0,05	—

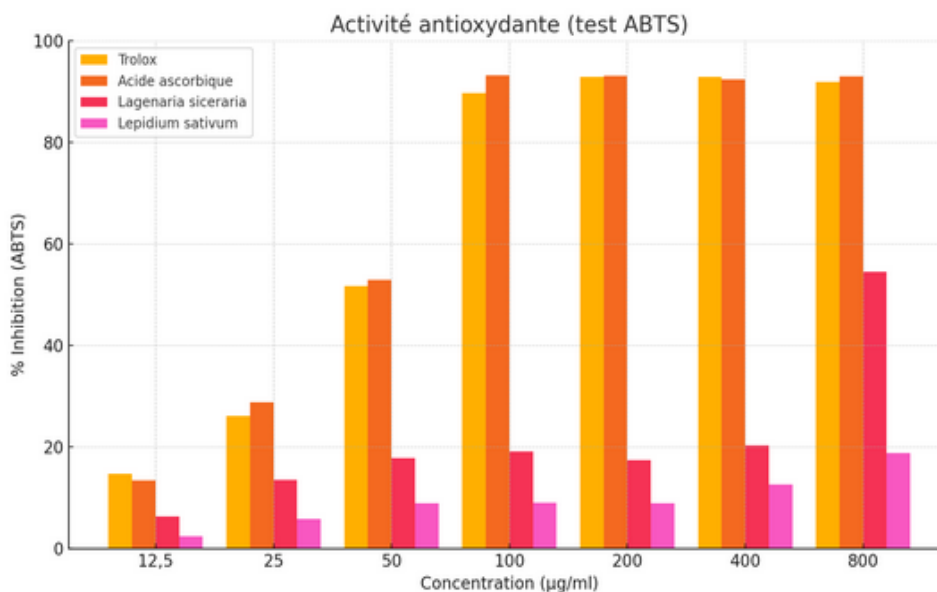


Figure 49 :Évolution du pourcentage d’inhibition (%PI) selon la concentration des extraits huileux (*Lagenaria siceraria* et *Lepidium sativum*) comparée aux antioxydants standards (Trolox et acide ascorbique) – Test ABTS

➤ Discussion

Nous avons constaté que nos huiles d'*Lagenaria siceraria* et de *Lepidium sativum* présentent une très faible activité antioxydante dans le test ABTS : respectivement 54,5 % et 18,8 % d’inhibition à 800 µg/mL, et des valeurs d’IC₅₀ élevées (763,5 µg/mL et 800 µg/mL). À l’inverse, les standards (Trolox, acide ascorbique) dépassent les 90 % d’inhibition dès 100 µg/mL, ce qui signale une nette supériorité

Cette faible performance de nos huiles rejoint celle observée par **Essien, Antia et Peter (2015)**, dont le travail sur des huiles de graines de *Lagenaria siceraria* révèle, via DPPH, une activité modérée (EC₅₀ ≈ 51–108 µg/mL), également liée à des extraits plus polaires. Par ailleurs, **Alqahtani et al. (2019)** ont montré que l’huile de *Lepidium sativum* contient des composants antioxydants (toco-phérols, caroténoïdes, eugénol), mais reste limitée dans ses effets anti-radicaux, probablement en raison de leur polarité insuffisante.

Enfin, **Santos-Sánchez et al. (2019)** ont souligné dans *Antioxidants* que la solubilité lipophile nuit à l’efficacité des radicaux hydrophiles comme ABTS•+, ce qui est conforme avec le profil polaire de ce test. Nous en déduisons que, malgré une

Chapitre V : Résultats et discussion

présence avérée de composés potentiellement antioxydants, leur solubilité dans un milieu aqueux reste trop faible pour interagir efficacement avec le radical ABTS.

- **Conclusion partielle** : nos résultats, bien que modestes, sont cohérents avec la littérature pour des huiles végétales. Ils confirment que la nature lipophile de nos extraits limite leur performance dans des tests radicaux polaires, et soulignent l'intérêt d'utiliser des solvants mixtes ou d'autres méthodes (FRAP, ORAC) pour une évaluation plus complète.

V.5.3. Activité biologique anti-inflammatoire in vitro

Pour évaluer l'activité anti-inflammatoire des huiles extraites de *Lepidium sativum* (cresson) et de *Lagenaria siceraria* (courge), un modèle in vitro a été employé. Les échantillons d'huiles ont été soumis à une méthode d'évaluation biochimique qui permet d'observer l'effet inhibiteur potentiel sur les médiateurs de l'inflammation (Tableau 11)

Tableau 11 :Données brutes de l'activité anti-inflammatoire in vitro (lecture d'absorbance à 660 nm)

	01	02	03	04	05	06
A	1,733	1,735	1,704	1,776	1,795	1,752
B	1,741	1,792	1,768	1,721	1,762	1,834
C	1,772	1,789	1,799	1,742	1,757	1,757
D	1,748	1,724	1,746	1,759	1,759	1,788
E	1,754	1,771	1,792	1,771	1,798	1,812
F	1,838	1,763	1,747	1,802	1,774	1,812
G	1,745	1,696	1,769	1,773	1,793	1,805
H	1,748	1,765	1,767	1,766	1,756	1,747

➤ Discussion

Dans cette étude, nous avons évalué l'activité anti-inflammatoire des huiles extraites de *Lepidium sativum* (cresson) et de *Lagenaria siceraria* (courge) à l'aide d'un modèle in vitro basé sur la mesure de l'absorbance, afin de détecter une éventuelle inhibition des médiateurs de l'inflammation. Les valeurs d'absorbance obtenues pour les différents échantillons sont restées relativement constantes et comparables à celles du témoin négatif, comme le montre le tableau ci-dessus. Cette constance indique une absence d'effet inhibiteur mesurable, ce qui suggère que, dans les conditions expérimentales appliquées, les huiles testées ne présentent pas d'activité anti-inflammatoire significative.

Nos résultats rejoignent ceux d'autres travaux qui ont signalé que l'efficacité anti-inflammatoire des extraits végétaux dépend fortement du type de composé bioactif présent, mais aussi du mode d'extraction et de la polarité du solvant utilisé. Par exemple, selon **Rathee et al. (2009)**, les composés phénoliques hydrosolubles, notamment les flavonoïdes, sont parmi les principaux agents responsables des effets anti-inflammatoires observés dans de nombreux extraits végétaux, en particulier lorsqu'ils sont extraits par des solvants polaires comme l'éthanol ou le méthanol. Or, dans notre étude, les huiles étant de nature lipophile, il est probable que les molécules anti-inflammatoires hydrophiles, s'il y en avait, n'aient pas été extraites de manière optimale.

Par ailleurs, **Yahla, Benguiar et Riazi (2021)** ont mis en évidence une activité anti-inflammatoire significative d'un extrait éthanolique de *Lepidium sativum* chez le rat, tandis que **Chakraborty et Ghosh (2020)** ont montré que les fractions phénoliques de *Lagenaria siceraria*, obtenues par extraction hydro alcoolique, étaient majoritairement responsables de l'effet anti-inflammatoire observé.

Ainsi, l'absence d'activité observée dans nos extraits huileux ne permet pas de conclure à une inactivité biologique totale, mais souligne les limites de ce type de matrice pour la recherche d'effets anti-inflammatoires. Des investigations

complémentaires, impliquant notamment l'utilisation d'autres solvants d'extraction ou l'isolement ciblé des composés bioactifs, seraient nécessaires pour mieux évaluer le potentiel réel de ces plantes.

V.5.4. Activité biologique d'inhibition de l' α -amylase

Dans cette étude, l'activité anti-inflammatoire des huiles extraites de *Lepidium sativum* et de *Lagenaria siceraria* a été évaluée à l'aide d'un modèle in vitro fondé sur la mesure de l'absorbance. L'évaluation repose sur la capacité des composés présents dans les huiles à inhiber les médiateurs de l'inflammation. Les tests ont été effectués en triplicat, et les valeurs mesurées ont permis d'estimer le potentiel anti-inflammatoire des extraits testés. Les résultats obtenus sont présentés ci-dessous (Tableau 12).

Tableau 12 : Effet inhibiteur des huiles de *Lepidium sativum* et *Lagenaria siceraria* sur l'activité de l' α -amylase comparé à l'acarbose.

Extraits	% d'inhibition							
	6.25 μ g	12.5 μ g	25 μ g	50 μ g	100 μ g	200 μ g	400 μ g	IC ₅₀ (μ g/ml)
<i>Lepidium Sativum</i>	7,79 $\pm$ 2,29	0,51 $\pm$ 0,71	13,08 $\pm$ 0,51	22,43 $\pm$ 4,67	23,06 $\pm$ 1,80	30,83 $\pm$ 0,35	30,19 $\pm$ 1,24	>400
<i>Lagenaria sieraria</i>	11,97 $\pm$ 0,88	12,20 $\pm$ 1,27	14,94 $\pm$ 1,60	22,11 $\pm$ 2,13	31,03 $\pm$ 3,26	36,69 $\pm$ 2,20	37,51 $\pm$ 4,79	>400
/	62,5 μ g	125 μ g	250 μ g	500 μ g	1000 μ g	2000 μ g	4000 μ g	IC ₅₀ (μ g/ml)
Acarbose	7,76 $\pm$ 0,17	8,08 $\pm$ 0,30	9,46 $\pm$ 0,11	10,70 $\pm$ 0,96	31,81 $\pm$ 2,89	37,21 $\pm$ 3,54	53,05 $\pm$ 1,59	3650,93 $\pm$ 10,70

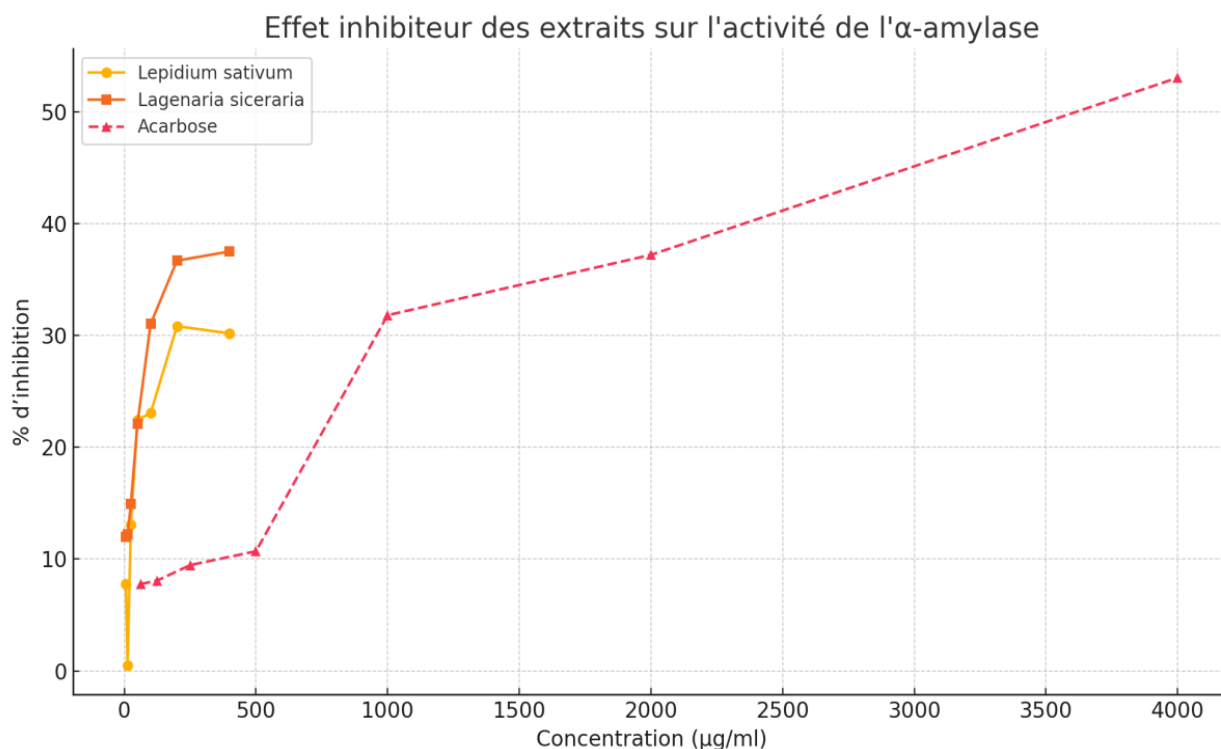


Figure 50 : Pourcentage d'inhibition de l' α -amylase en fonction de la concentration des extraits testés.

➤ Discussion

Nous avons évalué la capacité inhibitrice de nos extraits huileux de *Lepidium sativum* et *Lagenaria siceraria* sur l'enzyme α -amylase, un modèle fréquemment utilisé dans l'étude du potentiel antidiabétique des composés naturels. Les résultats montrent que les deux huiles présentent une activité inhibitrice modérée, avec une dépendance claire à la concentration. L'huile de *Lagenaria siceraria* a atteint un maximum de 37,51 % d'inhibition à 400 $\mu\text{g/mL}$, tandis que celle de *Lepidium sativum* a atteint 30,19 % à la même concentration.

Bien que ces valeurs indiquent la présence de composés bioactifs pouvant interagir avec l'enzyme, les pourcentages d'inhibition restent inférieurs à 50 %, ce qui explique des valeurs de CI_{50} supérieures à 400 $\mu\text{g/mL}$ pour les deux huiles. En comparaison, l'acarbose — inhibiteur standard bien connu — a montré une efficacité beaucoup plus élevée, avec une inhibition de 53,05 % à 4000 $\mu\text{g/mL}$ et une CI_{50} estimée à 3650,93 $\mu\text{g/mL}$. Cette différence souligne la faible affinité enzymatique des composés présents dans les extraits huileux brut.

Selon Tadera et al. (2006) et Oki et al. (1999), certains composés lipidiques tels que les acides gras insaturés, les phytostérols ou les tocophérols peuvent exercer une inhibition modérée de l' α -amylase, mais leur activité reste bien inférieure à celle des inhibiteurs classiques ou des extraits riches en polyphénols hydrosolubles.

Contrairement aux extraits polaires ou aux huiles essentielles concentrées, nos extraits bruts n'ont pas montré de molécules actives à faibles doses, ce qui pourrait expliquer pourquoi des concentrations élevées ont été nécessaires pour observer un effet inhibiteur significatif.

Par ailleurs, Nyambe-Silavwe et Williamson (2016) ont signalé que certaines huiles végétales ou composés lipidiques pouvaient inhiber partiellement l' α -amylase, mais uniquement à des concentrations relativement élevées (souvent supérieures à 400–500 μ g/ml), ce qui concorde avec nos résultats. Il est plausible que la nature lipophile des extraits, leur faible affinité pour l'enzyme ou encore leur stabilité thermique influencent la disponibilité et l'accessibilité des molécules bioactives dans le système réactionnel.

En somme, nos huiles testées montrent un potentiel inhibiteur faible à modéré, insuffisant à ce stade pour envisager un usage thérapeutique direct. Toutefois, ces données suggèrent la présence de composés actifs à explorer plus en détail, notamment via des méthodes de fractionnement ciblé ou d'analyse chromatographique.

Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

Ces dernières années, l'intérêt pour les plantes médicinales n'a cessé de croître en raison de leur richesse en composés bioactifs naturels et de la nécessité de développer des alternatives plus douces aux traitements de synthèse. Les huiles végétales issues de ces plantes attirent une attention particulière grâce à leurs propriétés nutritionnelles, cosmétiques et thérapeutiques.

C'est dans ce cadre que notre étude s'est inscrite, en évaluant les caractéristiques physico-chimiques et les activités biologiques de deux huiles végétales extraites à partir des graines de *Lepidium sativum** et *Lagenaria siceraria**, deux plantes médicinales largement utilisées en phytothérapie.

L'extraction par pression à froid a permis de préserver les caractéristiques physico-chimiques et les composés bioactifs sensibles à la chaleur, confirmant la pertinence de cette méthode pour une application thérapeutique.

Les résultats des analyses physico-chimiques témoignent de la bonne qualité globale des huiles extraites à froid. Celles-ci se distinguent par leur faible indice de peroxyde, traduisant une fraîcheur notable, ainsi que par une teneur élevée en esters et une valeur de saponification significative. Bien que les rendements aient été relativement modestes en raison de la méthode d'extraction employée, les caractéristiques mesurées restent compétitives. Ces propriétés confèrent aux huiles étudiées un potentiel intéressant pour des applications dans les domaines cosmétique, nutritionnel et thérapeutique.

Sur le plan biologique, les tests antioxydants (DPPH et ABTS) ont mis en évidence une activité modérée, particulièrement chez *Lagenaria siceraria**. La nature lipophile de nos extraits, peu compatible avec les milieux réactionnels polaires de ces tests, pourrait expliquer les niveaux d'inhibition relativement faibles.

L'évaluation de l'activité anti-inflammatoire n'a pas révélé d'effet significatif dans nos conditions expérimentales. Toutefois, cette absence d'activité pourrait être liée au type de matrice utilisée, les composés actifs hydrophiles n'ayant probablement pas été extraits en quantité suffisante par les huiles.

En revanche, le test d'inhibition de l' α -amylase a révélé une activité enzymatique notable, atteignant 37,51 % pour *Lagenaria siceraria**. Bien que les CI50 restent supérieures à 400 $\mu\text{g/ml}$, ces résultats rejoignent d'autres études qui ont montré que

Conclusion et perspectives

certaines fractions lipidiques ou huiles végétales pouvaient inhiber partiellement l' α -amylase à doses relativement élevées. Cette inhibition pourrait être attribuée à la présence d'acides gras insaturés, de phytostérols et de tocophérols.

Ainsi, les résultats obtenus indiquent que les huiles végétales étudiées représentent une piste prometteuse pour le développement de formulations naturelles à visée fonctionnelle ou thérapeutique. Pour approfondir ces observations, des travaux complémentaires devraient explorer :

- Le **fractionnement des huiles** pour concentrer les composés actifs,
- L'usage **d'autres solvants d'extraction** pour cibler différentes familles de métabolites,
- Ainsi que des **études in vivo et cliniques** pour valider les effets observés et explorer leur mécanisme d'action.

Conclusion et perspectives

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- AFNOR. (1986).Huiles essentielles : recueil de normes françaises. Paris : Association française de normalisation, p. 139–140.
- American Diabetes Association. (2014). *Diagnosis and classification of diabetes mellitus*. Diabetes Care, 37(Suppl. 1), S81–S90.
- Ali-Delille, L. (2013).Les plantes médicinales d'Algérie. Éditions Berti, Algérie, 102 p.
- A.S. Collinson. (1988).Introduction à la végétation mondiale. Springer, 325 p
- Ali, N. (2015).A Review on the Extraction Methods Use in Medicinal Plants, Principle, Strength and Limitation. Med Aromat Plants, 4(3), 196.
- Amoo, E. O. (2020).Nigeria and Italy divergences in coronavirus experience: Impact of population density. The Scientific World Journal, 2020, Article 8923036.
- Antia, B. S., Essien, E. E., & Peter, N. S. (2015).Antioxidant capacity of phenolic from seed extracts of Lagenaria siceraria (short-hybrid bottle gourd). *European Journal of Medicinal Plants*, 9(1), 1–9.
- Antia, B. S., Essien, E. E., & Peter, N. S. (2016).Antioxidant capacity and total polyphenolics from seed oils of various cultivars of Lagenaria siceraria. Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences, 3(5), 552–559.
- Azwanida, N. (2015).A Review on the Extraction Methods Use in Medicinal Plants, Principle, Strength and Limitation. Med Aromat Plants, 4(3), 196.
- Al-Huqail, A. A., et al. (2020).Phytochemical, antioxidant and antimicrobial activities of Lepidium sativum seed extracts. Saudi Journal of Biological Sciences, 27(7), 1865–1870.
- Al-Snafi, A. E. (2015). *Rôle des acides gras (acide linoléique et acide oléique) dans l'inhibition de la synthèse de la paroi cellulaire bactérienne*. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, 7(6), 1-5.

- Ali, B., Al-Wabel, N. A., Shams, S., Ahamad, A., Khan, S. A., & Anwar, F. (2010). Effets antimicrobiens de l'huile extraite des graines de *Lepidium sativum* grâce à sa richesse en composés phénoliques et en acides gras insaturés. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(19), 2041-2045.
- Al-Huqail, A. A., et al. (2020). *Phytochemical, antioxidant and antimicrobial activities of Lepidium sativum seed extracts*. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(7), 1865–1870.
- Alqahtani et al. (2019) Alqahtani, F. Y., Aleanizy, F. S., Mahmoud, A. Z., Farshori, N. N., Alfaraj, R., AlSheddi, E. S., & Alsarra, I. A. (2019). Chemical composition and antimicrobial, antioxidant, and anti-inflammatory activities of *Lepidium sativum* seed oil. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(5), 1089–1092. .
- Bhandari, M. R., & Jong-Anurakkun, N. (2008). α -Amylase and α -glucosidase inhibitory activities of Nepalese medicinal herb Pakhanbhed (*Bergenia ciliata*, Haw.). *Food Chemistry*, 106(1), 247–252.
- Blois, M. S. (1958). *Dosages antioxydants par l'utilisation d'un radical libre stable*. Nature.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). *Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity*. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25–30.
- Baba Aïssa, F. (2011). *Encyclopédie des plantes utiles, flore méditerranéenne 'Maghreb, Europe méridionale, substances végétales d'Afrique, d'Orient et d'Occident*. Éditions Elmaarifa, Algérie, pp. 124–125.
- Bardinet, T. (1995). *Les papyrus médicaux de l'Égypte pharaonique*. Traduction intégrale et commentaire. Paris, Fayard.
- Baum, N. (1999). *L'organisation du règne végétal dans l'Égypte ancienne et l'identification des noms de végétaux*. In S. H. Aufrère (Dir.), *Encyclopédie religieuse de l'univers végétal*, vol. 1, Université Paul Valéry – Montpellier III, pp. 421–443.

- Boullard, B. (2001). Plantes médicinales du monde : croyances et réalités. Éditions Estem, 309 p.
- Burkill, H. M. (1985). La plante utile de l'Afrique tropicale occidentale. 2e éd., Jardins botaniques royaux, Kew, Royaume-Uni, 960 p.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). *Biological effects of essential oils – A review*. Food and Chemical Toxicology, 46(2), 446–475.
- Belhattab, R., Derrar, F., & Bensouici, C. (2014). Valorisation des plantes médicinales locales : Une source potentielle de développement durable. Revue des Bioressources, 4(1), 25–35.
- Bockisch, M. (1998). Fats and Oils Handbook (Nahrungsfette und Öle). AOCS Press.
- Burt, S. (2004). *Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods—A review*. International Journal of Food Microbiology, 94(3), 223–253.
- Blois, M. S. (1958). *Dosages antioxydants par l'utilisation d'un radical libre stable*. Nature, 4617(181), 1119-1200.
- Chakraborty, I., & Ghosh, S. (2020). *Phytochemical and pharmacological review on Lagenaria siceraria (Molina) Standl.: A plant of immense medicinal importance*. Journal of Applied Pharmaceutical Science, 10(3), 149–156.
- Crozier, A., Jaganath, I. B., & Clifford, M. N. (2009). *Dietary phenolics: Chemistry, bioavailability and effects on health*. Natural Product Reports, 26(8), 1001–1043.
- Cmolik, J., Pokorný, J., & Doležal, M. (2007). *Svobodaz*. Somérisation géométrique des acides gras polyinsaturés dans l'huile de colza physiquement raffinée.
- Cragg, G. M., & Newman, D. J. (2005). *Plants as a source of anti-cancer agents*. Journal of Ethnopharmacology, 100(1–2), 72–79.
- Chanda, S., Moteriya, P., Padaliya, H., Rathod, T., & Baravalia, Y. (2015). *Antioxidant and metal chelating activities of Lagenaria siceraria (Molina)*

- Standl peel, pulp and aerial parts in relation to their total phenol and flavonoid content*. Pharmacognosy Journal, 7(1), 64–73.
<https://doi.org/10.5530/pj.2015.7.8>
- Cahuzac-Picaud, M. (2010). Les huiles végétales, intérêt diététique et gastronomique. *Phytothérapie*, 8(2), 113–117.
- Chemat, F., & Cravotto, G. (2013). Modern extraction techniques of natural products: Towards greener processes. *Green Chemistry*, 15(5), 1106–1132.
- Chemat, F., Zill-e-Huma, & Khan, M. K. (2011). Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18(4), 813–835.
- Charie, T. (2019). *Traiter avec des huiles essentielles*. Pourquoi et comment cela fonctionne-t-il ? Éditions du Rocher.
- Codex Alimentarius. (2019). Standard for Named Vegetable Oils (CODEX-STAN 210-1999). *FAO/WHO*.
- Didier, B. (2001). Fractions
- Clarke, A. C., Burtenshaw, M. K., McLenachan, P. A., Erickson, D. L., & Penny, D. (2006). *Reconstructing the origins and dispersal of the Polynesian bottle gourd (Lagenaria siceraria)*. *Molecular Biology and Evolution*, 23(5), 893–900.
- Calder, P. C. (2010). *Omega-3 fatty acids and inflammatory processes*. *Nutrients*, 2(3), 355–374.
- Daglia, M. (2012). *Polyphenols as antimicrobial agents*. *Current Opinion in Biotechnology*, 23(2), 174–181
- Debruyne, J. (2001). *Soja : transformation et aspects industriels*. Techniques de l'ingénieur, F6030, pp. 1–12.

- Didier, B. (2001). Fractions insaponifiables du bois et fractions des palmiers d'Amazonie. Doctorat : Sciences agronomiques, Toulouse, France : ENSIACET - Institut National Polytechnique, 131p.
- Diwakar, S., Magistretti, J., Goldfarb, M., Naldi, G., & D'Angelo, E. (2009). Axonal Na⁺ channels ensure fast spike activation and backpropagation in cerebellar granule cells. *Journal of Neurophysiology*, 101(2), 519–532.
- Decker-Walters, D. S., Wilkins-Ellert, M., Chung, S. M., & Staub, J. E. (2004). Discovery and genetic assessment of wild bottle Gourd [*Lagenaria siceraria* (Mol.) Standley; Cucurbitaceae] from Zimbabwe. *Economic Botany*, 58(4), 501-508.
- Eberhard, T., Robert, A., & Annelise, L. (2005). Plantes aromatiques (épices, aromates, condiments et huiles essentielles). *Éditions Lavoisier, Paris*, pp. 204–206.
- Ekor, M. (2014). *The growing use of herbal medicines: Issues relating to adverse reactions and challenges in monitoring safety*. *Frontiers in Pharmacology*, 4, Article 177.
- Erickson, D. R. (1990). Edible Fats and Oils Processing: Basic Principles and Modern Applications.
- Fournier, P. V. (2010). Dictionnaire des plantes médicinales et vénéneuses de France. Éditions Omnibus, France, pp. 731–732.
- Frankel, E. N. (2014). Lipid Oxidation (2nd ed.). *The Oily Press*.
- GUENDZI, C. (2017). Contribution à l'analyse physico-chimique de l'huile d'arachide, d'amandes et de leur mélange. Détermination de leurs pouvoirs antimicrobiens. Mémoire de Master, Université Tlemcen.
- Gunstone, F. D. (2011). Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses. Wiley-Blackwell.

- Ghule, B. V., Ghante, M. H., & Yeole, P. G. (2007). Diuretic activity of *Lagenaria siceraria* fruit extract in rats. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 69(6), 817–819.
- Gokavi, S. S., Malleshi, N. G., & Guo, M. (2004). Chemical composition of garden cress (*Lepidium sativum* L.) seeds and its fractions and use of its flour in wheat-based product formulation. *LWT - Food Science and Technology*, 37(8), 865–870.
- Goyal, R. K., Patel, M., & Sharma, P. L. (2011). *Activité antimicrobienne de l'huile de graines de Lagenaria siceraria*. *Journal of Ethnopharmacology*, 135(2), 351–355.
- Gulcin, İ. (2012). *Antioxidant activity of food constituents: an overview*. *Archives of Toxicology*, 86(3), 345–391.
- Hamburger, M., & Hostettmann, K. (1991). *Bioactivity in plants: The link between phytochemistry and medicine*. *Phytochemistry*, 30(12), 3864–3874.
- Hamilton, A. C. (2004). *Medicinal plants, conservation and livelihoods*. *Biodiversity and Conservation*, 13, 1477–1517.
- Herrero, M., Cifuentes, A., & Ibáñez, E. (2006). *Sub- and supercritical fluid extraction of functional ingredients from different natural sources*. *Food Chemistry*, 98(1), 136–148.
- Jiofack, T., Fokunang, C., Guedje, N., Kemeuze, V., Fongnzossie, E., Nkongmeneck, B. A., Mapongmetsem, P. M., & Tsabang, N. (2010). Ethnobotanical uses of medicinal plants of two ethnoecological regions of Cameroon [Thèse de doctorat], pp. 281–284.
- Jahouach, W. (2002). Propriétés physicochimiques et stabilité oxydative de l'huile de grignons d'olive blanchie sur argiles activées tunisiennes.
- Jacques Fournet et al. (2012). Référentiel des trachéophytes des Antilles françaises. Version 1.01, 10 octobre.

- Kandikattu, K. B., Kumar, P. V., Priya, R. V., Kumar, S. K., & Rathore, R. S. (2013). *Évaluation de l'activité anti-inflammatoire du Canthium parviflorum par méthode in vitro*. Revue Indienne de Recherche en Pharmacie et Biotechnologie, 1(5), 729–730.
- Kumar, S., & Pandey, A. K. (2013). *Chemistry and biological activities of flavonoids: An overview*. The Scientific World Journal, 2013, 162750.
- Kwon, Y. I., Apostolidis, E., & Shetty, K. (2007). *Inhibitory potential of wine and tea against α -amylase and α -glucosidase for management of hyperglycemia linked to type 2 diabetes*. Journal of Food Biochemistry, 31(6), 718–733.
- Khedim, N., & Sibachir, W. (2017). *Évaluation de quelques propriétés biologiques du cresson alénois (Lepidium sativum L.)* [Mémoire de Master, Université Saad Dahleb – Blida].
- KRIST, S. (2020). Huile d'amande. Dans : Graisses et huiles végétales. Springer, 41–48. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30314-3_4
- Khalid, S., Ahmad, M., & Khan, M. A. (2012). Propriétés antimicrobiennes de l'huile de Lepidium sativum : désorganisation des membranes bactériennes et inhibition enzymatique. African Journal of Biotechnology, 11(51), 11206–11210.
- Kistler, L., Monténégro, Á., Smith, B. D., Gifford, J. A., Green, R. E., Newsom, L. A., et Shapiro, B. (2014). Dérive transocéanique et domestication des gourdes africaines en bouteille dans les Amériques. PNAS, 111(8), 2937–2941.
- Kumar, D., Kumar, S., Singh, J., Narender, & Vashistha, B. (2012). Antihyperglycemic and hepatoprotective activity of fruit extract of Lagenaria siceraria in streptozotocin-induced diabetic rats. Asian Pacific Journal of Tropical Disease, 2(2), S637–S641.
- Kandikattu, K., et al. (2013). *Évaluation de l'activité anti-inflammatoire du Canthium parviflorum*. Indian Journal of Pharmacy Research and Biotechnology, 1(5), 729–730.

- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., & Chandra, N. (2010). *Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health*. *Pharmacognosy Reviews*, 4(8), 118–126.
- Lawrence, G. H. M. (1959). Une introduction à la taxonomie végétale. États-Unis d'Amérique.
- Lecerf, J. M. (2011). Les huiles végétales : particularités et utilité. *Médecine des maladies métaboliques*, 5(3), 257–262.
- Lis-Balchin, M. (2006). *Aromatherapy Science: A Guide for Healthcare Professionals*. Pharmaceutical Press.
- Maske, S. V., Raj, J. D., Paresh, D., & Puri, A. (2020). Studies and extraction of garden cress seed oil by different solvent. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(2).
- Medzhitov, R. (2008). *Origin and physiological roles of inflammation*. *Nature*, 454(7203), 428–435.
- Mizushima, Y., & Kobayashi, M. (1968). *Interaction of anti-inflammatory drugs with serum proteins, especially with some biologically active proteins*. *The Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 20(3), 169–173.
- Moghe, S., Laud, D., Bawankar, M., Moghe, R., Joshi, S., Ade, G., Bansod, I., & Hadke, A. (2016). *Micropropagation de Lepidium sativum*. *International Journal des Sciences de la Vie*, 6, 141–144.
- Müller, K., Tintelnot, S., & Leubner-Metzger, G. (2006). *Germination des graines de Brassicaceae limitée par l'endosperme...* *Plant and Cell Physiology*, 47, 864–877.
- Mandal, V., Mohan, Y., & Hemalatha, S. (2007). *Microwave assisted extraction: An innovative and promising extraction tool for medicinal plant research*. *Pharmacognosy Reviews*, 1(1), 7–18.

- Mensink, R. P., Zock, P. L., Kester, A. D. M., & Katan, M. B. (2003). Effects of dietary fatty acids on serum lipids and lipoproteins: A meta-analysis of 27 trials. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 77(5), 1146–1155.
- Ministère des Ressources Naturelles (MRN). (2012). Bureau de l'efficacité et de l'innovation : Énergie, production d'huile végétale pure. Dossier détaillé. Québec.
- Nathan, C. (2002). *Points of control in inflammation*. *Nature*, 420(6917), 846–852.
- Nickavar, B., & Yousefian, N. (2009). *Inhibitory effects of six Allium species on α -amylase enzyme activity*. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 8(1), 53–57.
- Nitiéma, Y., Svitlana, Son, Gouyahali, YÉ, Siédouba, et al. (2012). Optimisation des paramètres d'extraction à froid de l'huile d'*Azadirachta indica* A. Juss et effets sur certaines caractéristiques chimiques de l'huile extraite. *BASE*, 16(4), 423–428.
- Noui, A. (2013). Identification de la fraction insaponifiable (stérols, tocophérols, polyphénols...) de l'huile d'argan (*Argania spinosa* L. Skeels). *Master en Sciences Agronomiques, Université Hassiba Ben Bouali, Chlef*, 71p.
- Novidzro, K. M., Wokpor, K., Fagla, B. A., Koudouvo, K., Dotse, K., Osseyi, E., & Koumaglo, K. H. (2019). Étude de quelques paramètres physico-chimiques et analyse des éléments minéraux, pigments chlorophylliniques et caroténoïdes de l'huile de grain de *Griffonia simplicifolia*. *Revue internationale des sciences biologiques et chimiques*, 13(4), 2360–2373.
- Nyambe-Silavwe, H., & Williamson, G. (2016). *Polyphenol–lipid interactions: Their impact on the in vitro inhibitory activity of polyphenols against pancreatic lipase*. *Food Chemistry*, 213, 123–129.
- Oki, T., Matsui, T., & Osajima, Y. (1999). *Inhibitory effects of alpha-amylase inhibitors from leaves of white mulberry (*Morus alba* L.) on carbohydrate digestion*. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 45(3), 315–320.

- Organisation mondiale de la Santé (OMS). (2002). *Traditional Medicine Strategy 2002–2005*. Genève : WHO.
- Organisation mondiale de la Santé (OMS). (2003). *Directives OMS sur les bonnes pratiques de fabrication pour les plantes médicinales*. *Journal of Ethnopharmacology*, pp. 19–44.
- Organisation mondiale de la Santé (OMS). (2013). *Stratégie de l'OMS pour la médecine traditionnelle 2014–2023*. Genève : OMS.
- Ouzir, M., Bernoussi, S., Tabyaoui, M., & Taghzouti, K. (2021). Huile d'amande : un examen complet de la composition chimique, des méthodes d'extraction, des conditions de conservation et des risques potentiels pour la santé – avantages et sécurité. *Compr Rev Food Sci Food Saf.*, 1–44.
- Pan, M. H., Lai, C. S., & Ho, C. T. (2010). *Anti-inflammatory activity of natural dietary flavonoids*. *Food & Function*, 1(1), 15–31.
- Pérez-Jiménez, J., & Saura-Calixto, F. (2008). *Phenolic compounds and antioxidant capacity of the diet*. In C. Santos-Buelga & G. Williamson (Eds.), *Methods in Polyphenol Analysis* (pp. 163–180). Royal Society of Chemistry.
- Pham-Huy, L. A., He, H., & Pham-Huy, C. (2008). *Free radicals, antioxidants in disease and health*. *International Journal of Biomedical Science*, 4(2), 89–96.
- Pisoschi, A. M., & Pop, A. (2015). *The role of antioxidants in the chemistry of oxidative stress: A review*. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 97, 55–74.
- Park, H. J., Kim, D. H., Park, S. J., Kim, J. M., & Ryu, J. H. (2012). *Ginseng in traditional herbal prescriptions*. *Journal of Ginseng Research*, 36(3), 225–241.
- Pages, X., Morin, O., Birot, C., et al. (2010). Raffinage de l'huile et de la graisse corporelle et élimination des contaminants. *Corps gras et sans gras, lipides*, 17(2), 86–99.
- PROSEA (2018). *Plant Resources of South-East Asia*. Bogor, Indonesia: PROSEA Foundation.

- Patel, S., et al. (2011). *Anticancer potential of Lagenaria siceraria*. International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research, 2(3), 682–687.
- Randhir, R., & Shetty, K. (2007). *Amélioration de l' α -amylase et de l'inhibition d'*Helicobacter pylori* par des extraits de fenugrec dérivés par bioconversion à l'état solide en utilisant *Rhizopus oligosporus**. Asia Pacific Clinical Nutrition, 16(3), 382–392.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). *Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay*. Free Radical Biology and Medicine, 26(9–10), 1231–1237.
- Rakotorimana, S. R. (2010). Contribution à l'amélioration de la comestibilité de l'huile d'arachide artisanale par raffinage [Mémoire d'ingénieur, Université d'Antananarivo], 110 p.
- Roger, F. (1974). Les industries des corps gras. Technologie et Documentation, 11 rue Lavoisier.
- Raina, A. P., Srivastava, S. K., & Verma, R. K. (2015). Phytochemical evaluation and nutritional analysis of *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl. Indian Journal of Natural Products and Resources, 6(3), 200–205.
- Rathore, M., Shekhawat, N., & Singh, R. (2011). Pharmacognostical and phytochemical investigation of *Lagenaria siceraria*. Journal of Pharmacy Research, Rahman, S., Saeed, T., & Ali, A. (2015). *Antioxidant and antimicrobial activities of Lepidium sativum seed oil*. Journal of Food Science and Technology, 52(6), 3372–3378.
- Rathee, P., Chaudhary, H., Rathee, S., Rathee, D., Kumar, V., & Kohli, K. (2009). *Mechanism of action of flavonoids as anti-inflammatory agents: a review*. Inflammation & Allergy Drug Targets, 8(3), 229–235.
- Sanago, R. (2006). Le rôle des plantes médicinales en médecine traditionnelle [Mémoire de doctorat en pharmacie], pp. 65–83.

- Santos-Sánchez, N. F., Salas-Coronado, R., Villanueva-Cañongo, C., & Hernández-Carlos, B. (2019). Antioxidant compounds and their antioxidant mechanism. In M. Niwa (Ed.), *Antioxidants* (pp. 1–28). *IntechOpen*.
- Schippers, R. R. (2000). Légumes indigènes africains : un aperçu des espèces cultivées. Institut des ressources naturelles / Centre technique ACP-UE, Chatham, Royaume-Uni, 214 p.
- Shahidi, F. (Éd.). (2005). *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*. Wiley.
- Sharma, A., Kumar, R., & Singh, R. (2011). Medicinal plants for diabetes mellitus: A review. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 1(2), 1–5.
- Sivarajan, V. V., & Balchandran, I. (1996). *Ayurvedic drugs and their plant source*. New Delhi, India: Oxford and IBH Publication Company Pvt. Ltd.
- Srinivasan, K. (2007). Plant foods in the management of diabetes mellitus: Spices as beneficial dietary adjuncts to pharmacotherapy. *British Journal of Nutrition*, 99(1), 1–15.
- Shahidi, F., & Zhong, Y. (2010). *Lipid oxidation and improving the oxidative stability*. *Chemical Society Reviews*, 39(11), 4067–4079.
- Shahidi, F., & Zhong, Y. (2010). Antioxidants: Regulatory roles in health and disease. *Journal of Functional Foods*, 2(1), 1–7.
- Soliman, A. E.-R., Zakaria, A., & Abd ElAziz, B. (2021). Effect of hepatitis C virus on duration of pregnancy and the incidence of congenital anomalies of the fetus. *Al-Azhar International Medical Journal*, 2(9), Article 8.
- Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2015). *Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review*. *Journal of Functional Foods*, 18, 820–897.
- Srinivasan, K. (2007). *Plant foods in the management of diabetes mellitus: Spices as beneficial dietary adjuncts*. *British Journal of Nutrition*, 99(1), 1–15.

- Tadera, K., Minami, Y., Takamatsu, K., & Matsuoka, T. (2006). *Inhibition of alpha-glucosidase and alpha-amylase by flavonoids*. Journal of Nutritional Science and Vitaminology, 52(2), 149–153. <https://doi.org/10.3177/jnsv.52.149>
- Tundis, R., Loizzo, M. R., & Menichini, F. (2010). *Natural products as α -amylase and α -glucosidase inhibitors and their hypoglycaemic potential in the treatment of diabetes: An update*. Mini Reviews in Medicinal Chemistry, 10(4), 315–331.
- Tahouo, S. F. (2016). Procédures d'extraction globales de composés photochimiques pour l'évaluation analytique des médicaments à base de plantes. Doctorat en pharmacie, République de Côte d'Ivoire : Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique, 112p.
- Tisserand, R., & Young, R. (2014). Essential Oil Safety: A Guide for Health Care Professionals. Elsevier Health Sciences.
- Tahiliani, P., & Kar, A. (2003). The combined effects of *Lepidium sativum* and *Cinnamomum zeylanicum* on serum glucose and cholesterol levels in rats. Phytotherapy Research, 17(3), 310–312.
- Valko, M., Leibfritz, D., Moncol, J., Cronin, M. T. D., Mazur, M., & Telser, J. (2007). *Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease*. The International Journal of Biochemistry & Cell Biology, 39(1), 44–84.
- Verma, R., Gangrade, T., Punasiya, R., & Ghulaxe, C. (2011). Cucurbitaceae: A medicinally important family. International Journal of Pharmacy and Technology, 2(4), 1595–1620.
- WHO (World Health Organization). (2002). Traditional Medicine Strategy 2002–2005. Geneva : WHO. (doublon déjà inclus sous “O” avec la version française, donc peut être omis si vous gardez une seule version)
- WHO. (2002). Traditional Medicine Strategy 2002–2005. Geneva: World Health Organization.

WHO. (2013).Stratégie de l’OMS pour la médecine traditionnelle 2014–2023. Genève : Organisation mondiale de la Santé.

Wikipedia. (2024).2024 (year). *Dans Wikipedia*. Repéré à []

Yahla, M. K., Benguiar, L., & Riazi, A.(2021). *Anti-inflammatory activity of Lepidium sativum seed extract in rats*. Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Veterinary Medicine, 78(2), 55–59.

Yang, B., Liu, J., & Jiang, Y. (2015). *Antioxidative and antiproliferative activities of oil fractions from sea buckthorn*. Food Chemistry, 131(3), 754–760.

Zengin, G., et al. (2014). *Étude phytochimique de Haplophyllum myrtifolium*. Industrial Crops and Products, 53, 244–251.

Annexes

Annexes



Graines de *Lepidium Sativum*

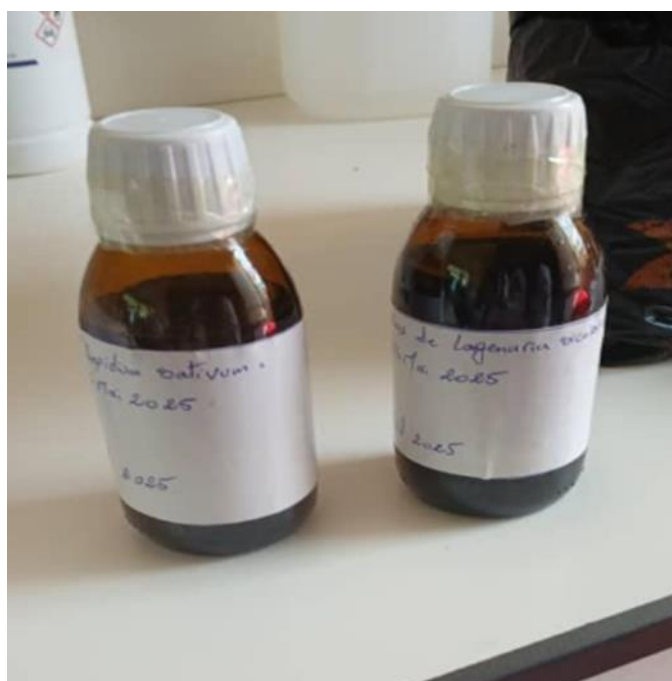


Graines de *Lagenaria siceraria*

Annexes



Presse mécanique utilisée pour l'extraction à froid des huiles des graines de *Lepidium sativum* et *Lagenaria siceraria*



L'huile de graines de *Lepidium sativum* et de l'huile de graines de *Lagenaria siceraria*

Annexes

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	0,519	0,510	0,459	0,508	0,487	0,508						
B	0,523	0,521	0,547	0,516	0,524	0,549						
C	0,561	0,534	0,549	0,533	0,546	0,552						
D	0,530	0,536	0,564	0,546	0,554	0,554						
E	0,562	0,521	0,563	0,557	0,556	0,571						
F	0,559	0,553	0,568	0,555	0,558	0,570						
G	0,557	0,566	0,578	0,563	0,522	0,540						
H	0,116	0,071	0,382	0,044	0,068	0,407						

Lecture sur le spectrophotomètre à 517 nm pour teste DPPH.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A							0,884	0,848	0,858	0,823	0,834	0,826
B							0,848	0,836	0,814	0,776	0,818	0,703
C							0,795	0,828	0,796	0,719	0,781	0,802
D							0,815	0,780	0,808	0,796	0,807	0,814
E							0,811	0,825	0,779	0,819	0,821	0,811
F							0,771	0,771	0,774	0,788	0,784	0,759
G							0,729	0,710	0,716	0,768	0,791	0,790
H							0,772	0,753	0,757	0,957	0,957	0,112

Lecture sur le spectrophotomètre à 734 nm pour teste ABTS.

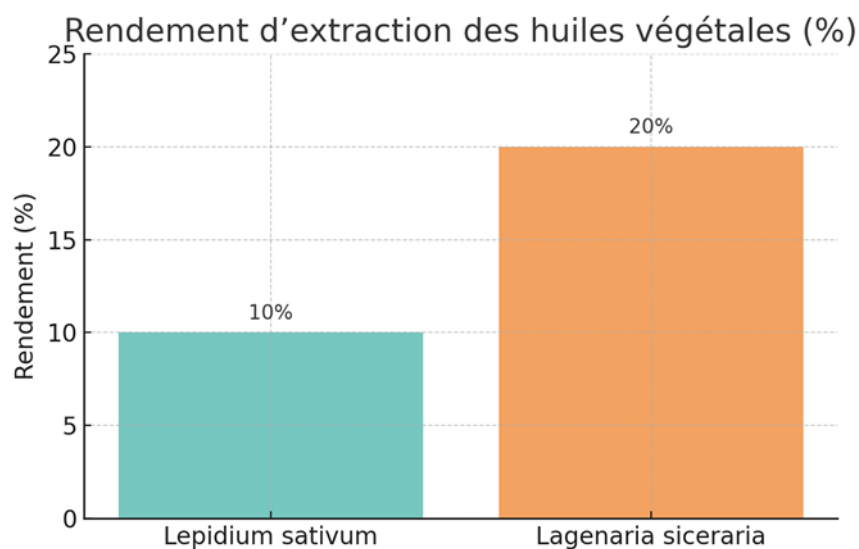
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	1,733	1,735	1,704	1,776	1,795	1,752						
B	1,741	1,792	1,768	1,721	1,762	1,834						
C	1,772	1,789	1,799	1,742	1,757	1,757						
D	1,748	1,724	1,746	1,759	1,759	1,788						
E	1,754	1,771	1,792	1,771	1,798	1,812						
F	1,838	1,763	1,747	1,802	1,774	1,812						
G	1,745	1,696	1,769	1,773	1,793	1,805						
H	1,748	1,765	1,767	1,766	1,756	1,747						

Lecture sur le spectrophotomètre à cuve HELIOS EPSILON (Thermo scientifique).

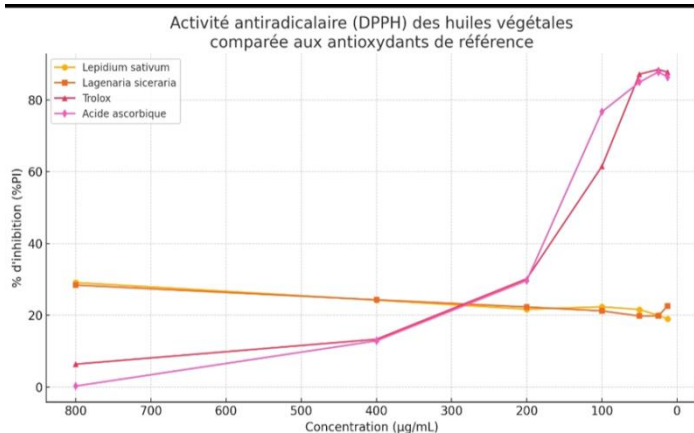
Annexes

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	0,587	0,540	0,549	0,101	0,570	0,606	0,593	0,145	0,615	0,754	0,663	0,125
B	0,520	0,546	0,545	0,065	0,553	0,562	0,744	0,105	0,604	0,660	0,660	0,101
C	0,223	1,430	0,458	0,068	0,386	0,437	0,424	0,076	0,592	0,496	0,547	0,088
D	0,178	0,362	0,477	0,064	0,312	0,084	0,431	0,061	0,390	0,401	0,342	0,052
E	0,275	0,266	0,295	0,068	0,245	0,068	0,258	0,061	0,258	0,301	0,296	0,065
F	0,176	0,282	0,225	0,064	0,191	0,212	0,201	0,060	0,228	0,263	0,234	0,062
G	0,163	0,197	0,210	0,063	0,137	0,191	0,199	0,061	0,222	0,240	0,247	0,060
H	0,292	0,456	0,181	0,179	0,303	0,235	1,746	1,687	1,797	1,904	1,416	1,932

Lecture sur le spectrophotomètre à 360 nm pour l'activité α -amylase.

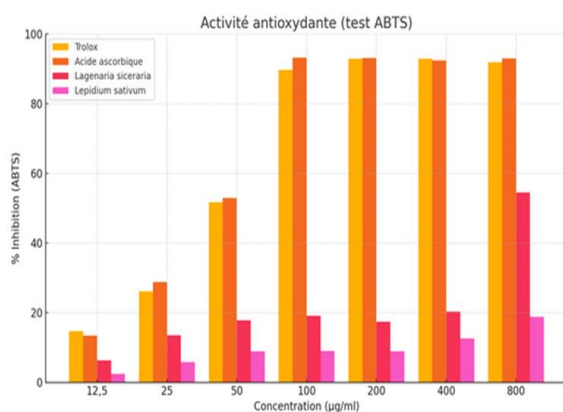


Rendement d'extraction des huiles végétales de *Lepidium sativum* et *Lagenaria siceraria*.

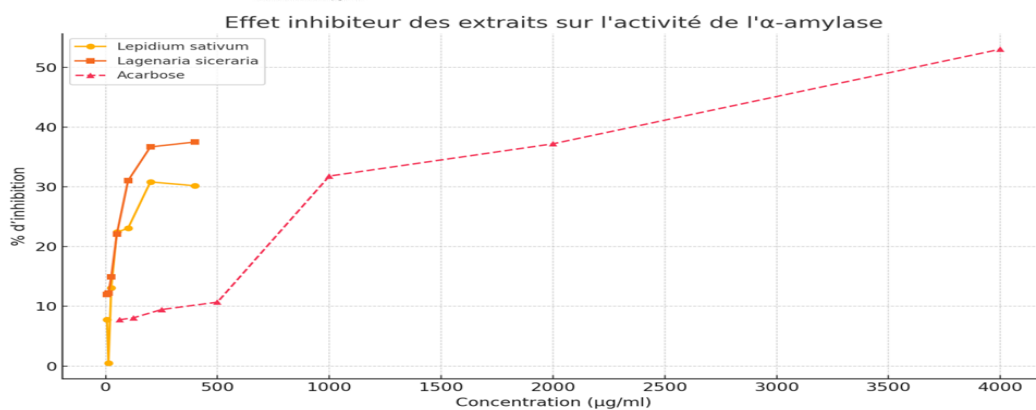


Évolution du pourcentage d'inhibition (%PI) selon la concentration des extraits huileux comparée aux antioxydants de référence (Trolox et acide ascorbique).

Annexes



Évolution du pourcentage d'inhibition (%PI) selon la concentration des extraits huileux (*Lagenaria siceraria* et *Lepidium sativum*) comparée aux antioxydants standards (Trolox et acide ascorbique) – Test ABTS



Pourcentage d'inhibition de l' α -amylase en fonction de la concentration des extraits testés.