



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Blida 1
Institut des sciences et des techniques appliquées

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Présenté par :

Mlle. BALIOUZ IKRAM RYM

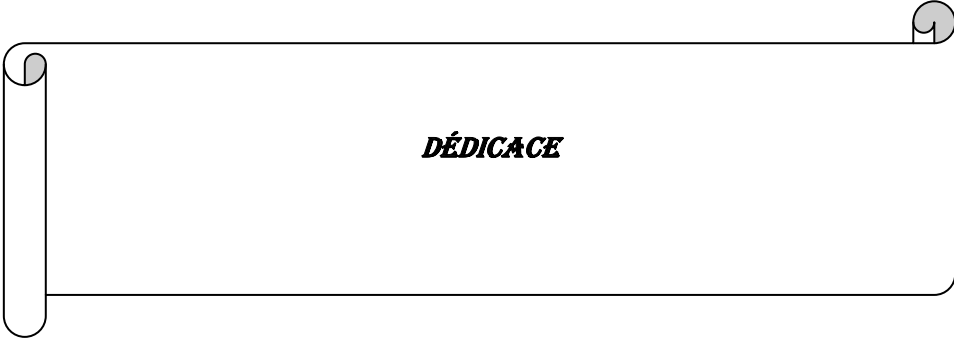
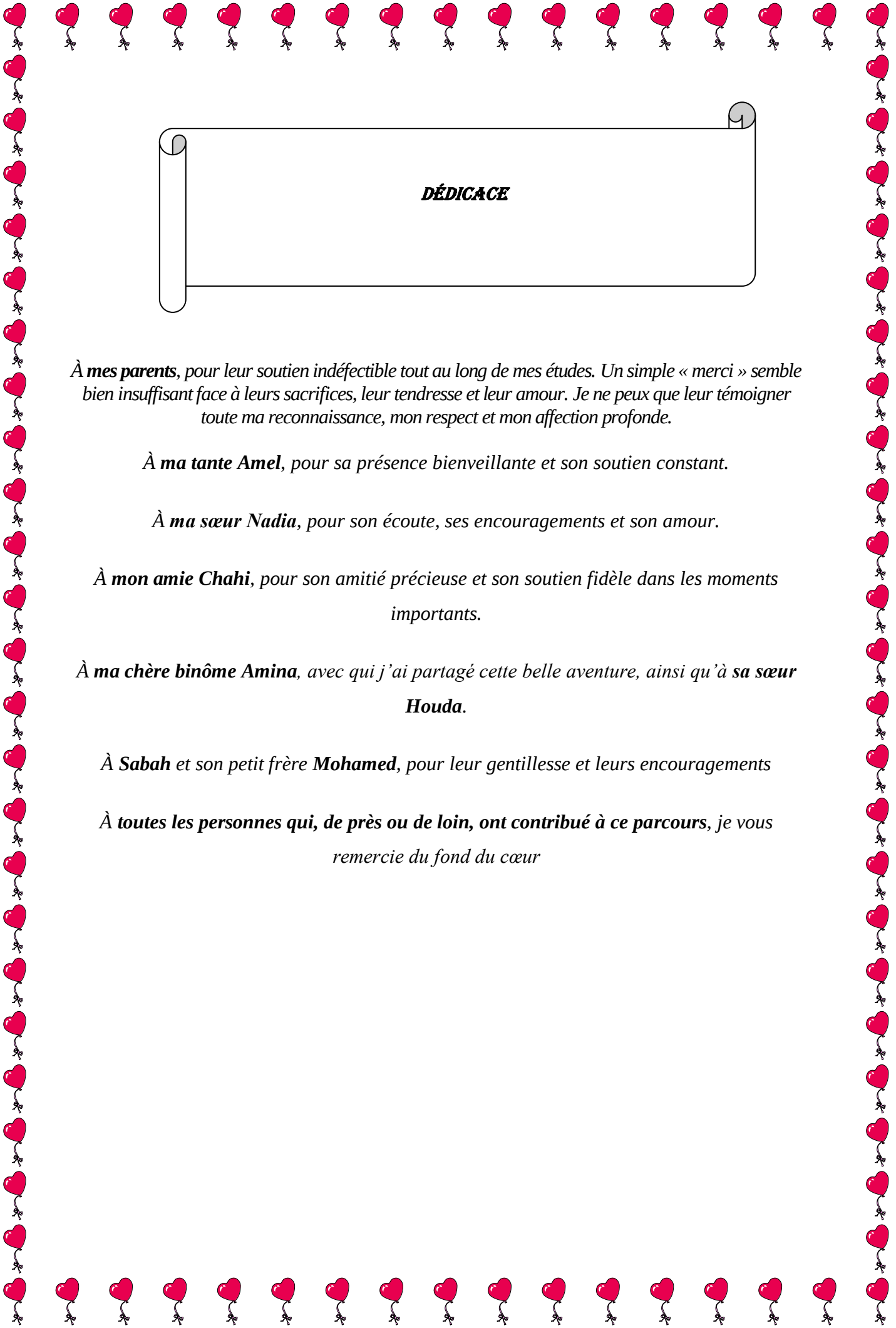
Mlle . MAHDID AMINA

Extraction et caractérisations physico-chimiques des huiles d'amandes d'abricots

Devant le Jury composé de :

Mr Bouzar	Grade, affiliation	Président
Mr Mouffak	Grade, affiliation	Examineur
Mr El Hadi	Grade, affiliation	Encadreur
Mme Boudjit	Grade, affiliation	Co-encadreur

Année universitaire : 2024/2025



DÉDICACE

*À **mes parents**, pour leur soutien indéfectible tout au long de mes études. Un simple « merci » semble bien insuffisant face à leurs sacrifices, leur tendresse et leur amour. Je ne peux que leur témoigner toute ma reconnaissance, mon respect et mon affection profonde.*

*À **ma tante Amel**, pour sa présence bienveillante et son soutien constant.*

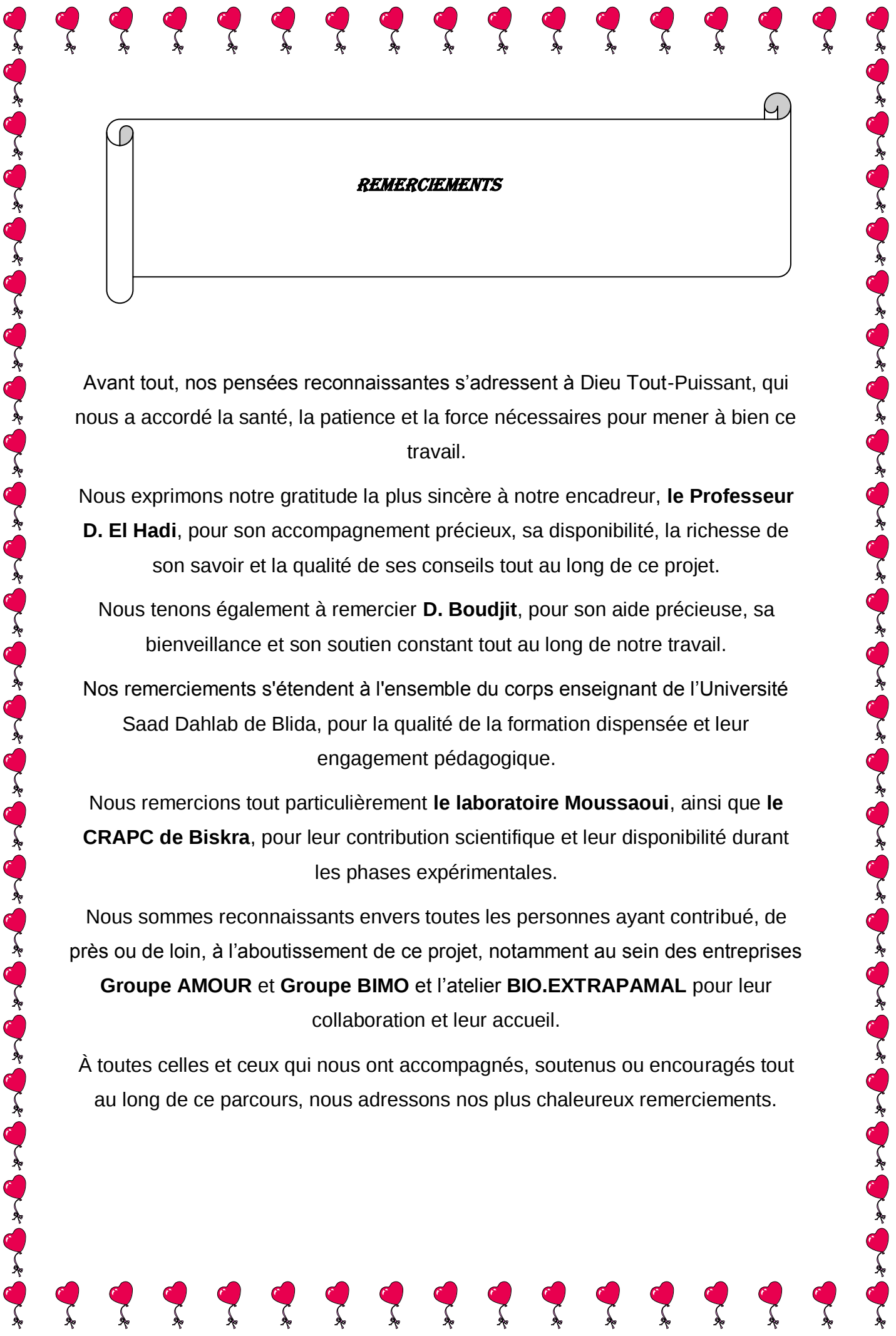
*À **ma sœur Nadia**, pour son écoute, ses encouragements et son amour.*

*À **mon amie Chahi**, pour son amitié précieuse et son soutien fidèle dans les moments importants.*

*À **ma chère binôme Amina**, avec qui j'ai partagé cette belle aventure, ainsi qu'à **sa sœur Houda**.*

*À **Sabah** et son petit frère **Mohamed**, pour leur gentillesse et leurs encouragements*

*À **toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à ce parcours**, je vous remercie du fond du cœur*



REMERCIEMENTS

Avant tout, nos pensées reconnaissantes s'adressent à Dieu Tout-Puissant, qui nous a accordé la santé, la patience et la force nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nous exprimons notre gratitude la plus sincère à notre encadreur, **le Professeur D. El Hadi**, pour son accompagnement précieux, sa disponibilité, la richesse de son savoir et la qualité de ses conseils tout au long de ce projet.

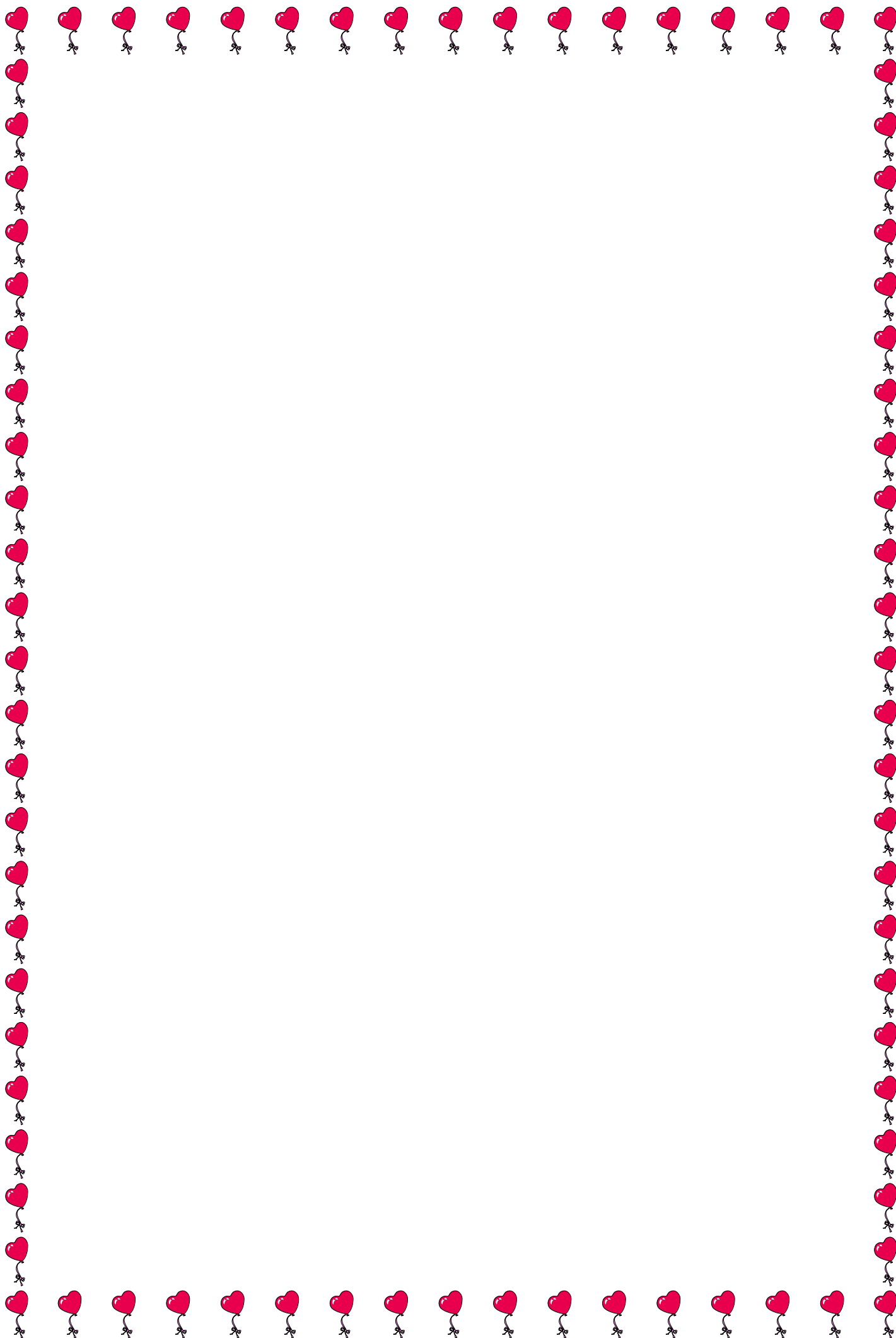
Nous tenons également à remercier **D. Boudjit**, pour son aide précieuse, sa bienveillance et son soutien constant tout au long de notre travail.

Nos remerciements s'étendent à l'ensemble du corps enseignant de l'Université Saad Dahlab de Blida, pour la qualité de la formation dispensée et leur engagement pédagogique.

Nous remercions tout particulièrement **le laboratoire Moussaoui**, ainsi que **le CRAPC de Biskra**, pour leur contribution scientifique et leur disponibilité durant les phases expérimentales.

Nous sommes reconnaissants envers toutes les personnes ayant contribué, de près ou de loin, à l'aboutissement de ce projet, notamment au sein des entreprises **Groupe AMOUR** et **Groupe BIMO** et l'atelier **BIO.EXTRAPAMAL** pour leur collaboration et leur accueil.

À toutes celles et ceux qui nous ont accompagnés, soutenus ou encouragés tout au long de ce parcours, nous adressons nos plus chaleureux remerciements.



RÉSUMÉ :

Ce mémoire s'inscrit dans une démarche de valorisation des sous-produits agricoles, et porte sur l'extraction et la caractérisation physico-chimique de l'huile extraite des amandes de noyaux d'abricots (*Prunus armeniaca L.*), issus des rejets agroalimentaires collectés localement. Ces noyaux représentent une ressource potentielle à forte valeur ajoutée.

L'huile a été extraite par pression à froid à l'aide d'une presse mécanique, dans des conditions permettant la préservation des propriétés naturelles du produit. Plusieurs analyses ont été menées afin d'évaluer la qualité de l'huile extraite : densité, viscosité, pH, humidité, cendres et indice de réfraction.

L'analyse détaillée de la composition chimique de l'huile a été réalisée par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) au niveau du centre CRAPC.

Cette étape a permis d'identifier les principaux acides gras et composés bioactifs présents dans l'échantillon.

Enfin, une orientation vers l'application agroalimentaire a été envisagée, notamment en collaboration avec l'entreprise BIMO, spécialisée dans la production de biscuits et de produits de pâtisserie.

Mots-clés :

Huile végétale – Amande d'abricot – Pression à froid – Caractérisation physico-chimique – Valorisation – Sous-produits agricoles

ملخص

يندرج هذا العمل ضمن مقارنة بينية تهدف إلى تثمين المنتجات الثانوية الزراعية، ويُركّز على استخراج وتوصيف الخصائص الفيزيائية والكيميائية لزيت مستخرج من لوز نوى المشمش (*Prunus armeniaca L.*) ، المُستخلص من النفايات الزراعية المحلية.

تم استخراج الزيت باستخدام الضغط البارد بواسطة معصرة ميكانيكية، في ظروف تسمح بالحفاظ على الخصائص الطبيعية للمنتج. وشملت التحاليل المنجزة دراسة الكثافة، اللزوجة، الرقم الهيدروجيني، نسبة الرطوبة، نسبة الرماد، ومعامل الانكسار. كما أُنجز تحليل دقيق لمكونات الزيت باستخدام تقنية الكروماتوغرافيا الغازية المقرونة بمطيافية الكتلة (GC-MS) في مركز CRAPC، مما مكن من تحديد الأحماض الدهنية والمركبات النشطة الحيوية الرئيسية. وقد تمّ أيضًا التوجّه نحو إمكانية استغلال هذا الزيت في مجال الصناعات الغذائية، بالتعاون مع شركة BIMO المتخصصة في صناعة الحلويات والبسكويت.

الكلمات المفتاحية:

زيت نباتي - نوى المشمش - الضغط البارد - التوصيف الفيزيائي الكيميائي - تثمين - نفايات زراعية

ABSTRACT:

This research is part of a sustainable approach to valorize agricultural by-products and focuses on the extraction and physicochemical characterization of oil from apricot kernel almonds (*Prunus armeniaca* L.), obtained from local agro-industrial waste.

The oil was extracted by cold pressing using a mechanical screw press, under conditions that preserve the natural properties of the product. Several analyses were conducted to evaluate the quality of the extracted oil, including density, viscosity, pH, moisture, ash content, and refractive index.

A detailed chemical composition analysis was performed using Gas Chromatography–Mass Spectrometry (GC-MS) at the CRAPC center, to identify the main fatty acids and bioactive compounds in the oil.

Additionally, the potential for food industry applications was explored in collaboration with BIMO, a company specialized in biscuit and pastry production.

Keywords:

Vegetable oil – Apricot kernel – Cold pressing – Physicochemical characterization –
– Valorization – Agro-industrial by-products

Sommaire

I.	La valorisation des déchets industriels :	3
I.1	Impact de la valorisation des déchets sur l'environnement.....	3
I.2	Rôle économique de la valorisation des déchets industriels	3
I.3	Valorisation des déchets alimentaires	4
I.4	Valorisation des sous-produits du noyau d'abricot:	4
I.4.1	Épluchures d'abricot.....	4
I.4.2	Coques de noyaux d'abricot	4
I.4.3	Amandes d'abricot	4
I.4.4	Tourteau d'amande d'abricot.....	5
II.	Généralités sur les huiles végétales et l'abricot	7
II.1	Les huiles végétales	7
II.1.1	Historique	7
II.1.2	Définition de l'huile végétale	7
II.1.3	Composition chimique des huiles végétales	8
II.1.4	Domaines d'utilisation des huiles végétales:	9
II.1.5	L'importance des huiles végétales	9
II.2	I. Généralités sur l'abricot.....	10
II.2.1	Description du fruit	10
II.2.2	Classification	11
II.2.3	Histoire de la culture de l'abricotier en Algérie:	13
II.2.4	Composition du noyau d'abricot.....	14
II.2.4.1	Intérêt de l'huile d'abricot	14
II.2.4.2	Les bienfaits de l'amande d'abricot	14
II.2.4.3	Composition des amandes de noyau d'abricot bio.....	14
II.2.5	Principales variétés d'abricots :	15
III.	Méthode d'extraction de l'huile des noyaux d'abricot	18
III.1	Extraction par pression à froid	18
III.2	Procédure expérimentale d'extraction par presse à froid:	18
III.2.1	Chargement de la presse	18
III.2.2	Extraction	19
III.2.3	Récupération de l'huile	19
III.2.4	Nettoyage	19
IV.	Matériel et protocole expérimental :	22

IV.1	Informations sur le matériel végétal et l'huile végétale.....	22
V.	Méthode.....	23
V.1	Préparation de matériel végétale:	23
V.2	Extraction d'huile d'abricot	23
	Extraction par pression à froid.....	23
V.3	Evaluation du rendement de l'extraction	24
V.4	Contrôle qualité d'huile végétale : les caractéristiques physico-chimiques de l'huile d'abricot:	25
	V.4.1 Introduction	25
	V.4.2. Détermination du rendement d'extraction.....	25
V.5.	Analyses physico-chimiques.....	25
	V.5.1 Potentiel d'hydrogène	26
	V.5.2 – Détermination de l'indice d'acidité	26
V.6 –	Détermination de la densité:.....	28
V.7	la viscosité	29
V.8	Indice de réfraction:.....	30
	Définition.....	30
	Mode opératoire	31
V.9	Analyse de l'humidité dans les huiles végétales	31
	Définition	31
	Mode opératoire	Erreur ! Signet non défini.
V.10	taux de cendres	32
	Définition	32
	Mode opératoire (AOAC / AOCS)	Erreur ! Signet non défini.
	Principe.....	33
	Objectif	33
V.11	La chromatographie en phase gazeuse	34
VI.	Résultats	37
VIII.	Interprétation.....	Erreur ! Signet non défini.
VIII.1	Interprétation de la viscosité de l'huile de noyau d'abricot à 31,5 °C :	40

La liste des figures

Figure 1 : Voies de valorisation des sous-produits du noyau d'abricot	1
Figure 2 : : Abricots à maturité, présentés entiers et en coupe longitudinale	11
Figure 3 : Différentes structures de Prunus armeniaca L : 1.Arbre ; 2.Fleur, 3.Feuille, 4.Fruit , 5.Noyau.....	13
Figure 4 : machine de presse automatique	18
Figure 5 : Récupération de l'huile	20
Figure 6 :Chargement de la presse	20
Figure 7 :(A) : poids des noyaux (B) : longueur (C) : largeur (D) : épaisseur	22
Figure 8 : (a) Mise des amandes dans la presse ; (b) Récupération de l'huile ;(c) Déchets solides (tourteaux) ;(d) Réintroduction des déchets pour extraire plus d'huile.....	24
Figure 9 : Mesure du pH à l'aide d'un pH-mètre numérique	26
Figure 10 a _la masse de HUILE b_ montre clairement le volume de KOH utilisé ≈ 2 ,54mL.c_ montre le virage de couleur après titrage avec la phénolphthaléine.....	27
Figure 11 : Détermination de la densité de l'huile végétale par pycnométrie	29
Figure 12 : Mesure de la viscosité dynamique à l'aide du viscosimètre	30
Figure 13 Analyse de taux d'humidité pour l'huile de noyau d'abricot	32
Figure 14 : Détermination des cendres par calcination et pesée gravimétrique.....	33
Figure 15 La chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse GC/MS	34

Liste des tableaux

Tableau 1 : la classification d'abricot	11
Tableau 2 : Valeurs comparatives du pH de différentes huiles végétales.....	37
Tableau 3 Valeurs comparatives du L'indice d'acidité de différentes huiles végétale	39
Tableau 4 : Détermination de la densité de l'huile végétale à 20 °C.....	40
Tableau 5 : Comparaison avec d'autres huiles	41

Liste des sigles et abréviations

Sigle / Abréviation	Définition
HV	Huile Végétale
GC-MS	Gas Chromatography – Mass Spectrometry (Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse)
CRAPC	Centre de Recherche Scientifique et Technique en Analyses Physico-Chimiques (Biskra)
RHV	Rendement en Huile Végétale
DMA	Déchets Ménagers et Assimilés
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
AOCS	American Oil Chemists' Society
pH	Potentiel Hydrogène
KOH	Hydroxyde de Potassium
AGMI	Acides Gras Mono-Insaturés
AGPI	Acides Gras Poly-Insaturés
AGS	Acides Gras Saturés
EI	Electron Impact (ionisation par impact électronique)
ISO	Organisation Internationale de Normalisation

Introduction générale

Chaque année, l'industrie agroalimentaire produit d'énormes volumes de sous-produits et de résidus organiques. Alors évalués à des déchets inutiles, ces résidus sont aujourd'hui jugés être des coproduits qui peuvent et doivent être valorisés pour réduire l'impact écologique tout en améliorant l'exploitation des ressources naturelles sublimes. Une telle tendance reproduit les perspectives du développement durable, où les défis économiques et écologiques se combinent. **(BENHABIB, 2020/2021)**

Au sein de ces coproduits, les noyaux des fruits à noyaux dont celui de l'abricot, sont une source sous-exploitée de ces. En effet, le noyau de l'abricot contient une amande dont l'huile a une valeur nutritive et industrielle significative. Cette huile riche en acides gras insaturés et en antioxydants trouve plusieurs applications dans divers domaines vous alimentaire, cosmétique et les industries pharmaceutiques . Cependant, une part importante des noyaux générée par la transformation de l'abricot n'est pas exploitée pour obtenir l'amande contenue parfaite ces noyaux. toujours éliminée ou faiblement valorisée. **(BENHABIB, 2020/2021)**

Dans ce cadre, notre recherche a pour objectif d'examiner la valeur potentielle des noyaux d'abricot par le biais de l'extraction de leur huile. Nous examinerons donc la méthode de pression à froid, son influence sur le rendement et la qualité de l'huile produite, ainsi que les applications potentielles de cette huile dans différents secteurs industriels. **(Figure1)** **(BENHABIB, 2020/2021)**

Avec ce projet, notre objectif est de participer à une valorisation plus efficace de ce sous-produit agro-industriel en soulignant ses atouts économiques et écologiques. **(BENHABIB, 2020/2021)**

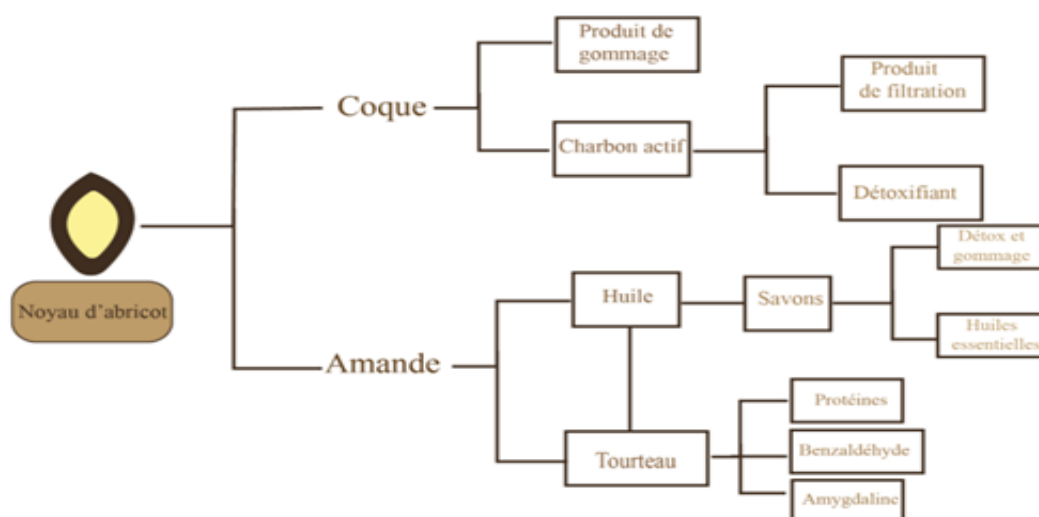
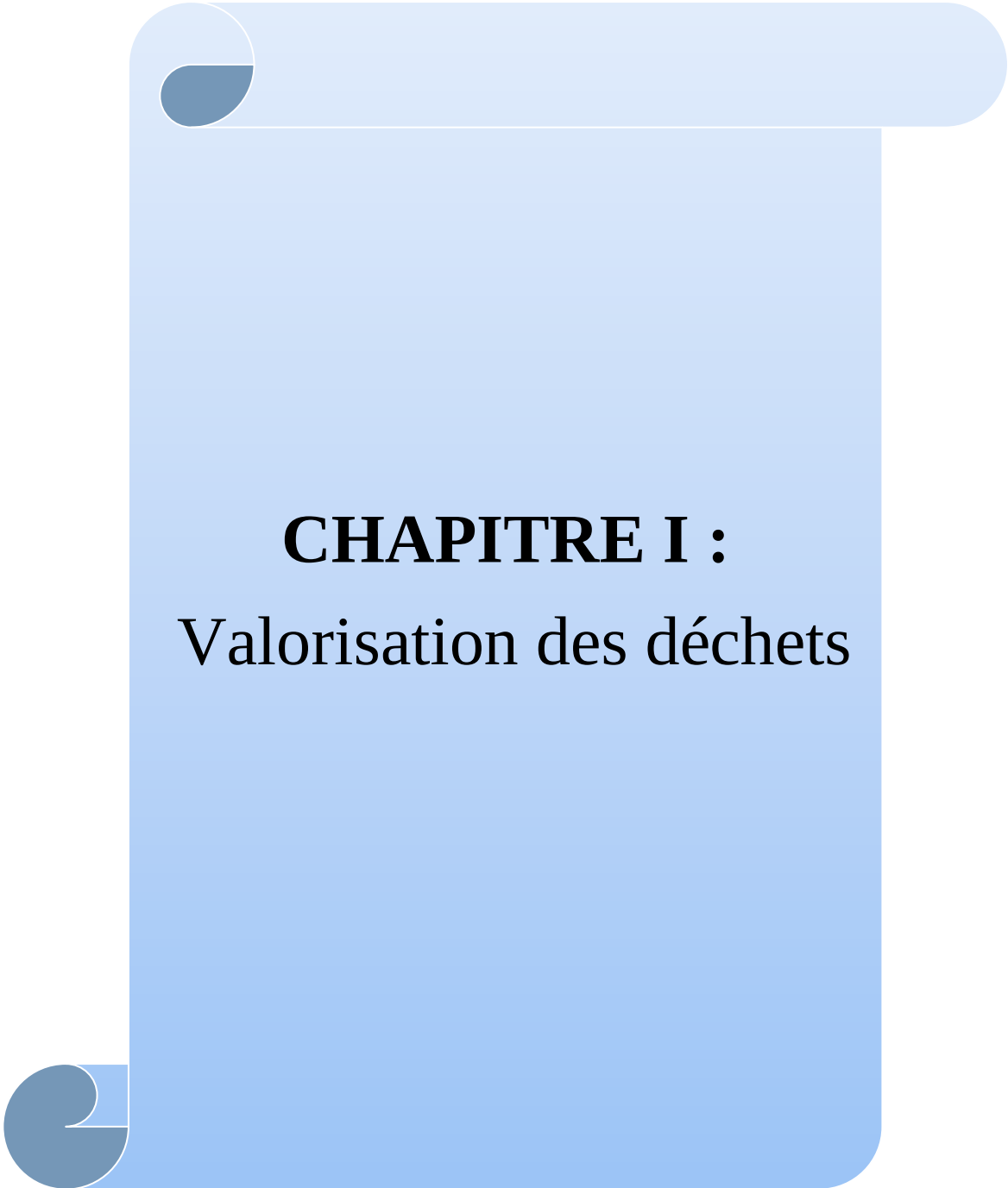


Figure 1 : Voies de valorisation des sous-produits du noyau d'abricot



CHAPITRE I :

Valorisation des déchets

I. Valorisation des déchets agro-alimentaire :**I.1 Impact de la valorisation des déchets sur l'environnement**

En Algérie, la valorisation des déchets reste encore peu développée et irrégulièrement mise en œuvre. Toutefois, en 2022, le ministère de l'Environnement et des Énergies renouvelables, avec un cofinancement de l'Union Européenne, a lancé la Stratégie Nationale de Gestion Intégrée des Déchets à l'horizon 2035. Ce projet ambitieux vise à améliorer durablement la gestion des déchets à l'échelle nationale.

Parmi les objectifs attendus de cette stratégie figurent :

- La réduction de 6 millions de tonnes de déchets ménagers et assimilés.
- La fermeture de 1 300 décharges sauvages d'ici 2024, contribuant ainsi à réduire les risques sanitaires et environnementaux liés aux déchets ultimes.
- La mise en place d'un système d'information structuré sur la gestion des déchets.
- Une sensibilisation accrue orientée particulièrement vers les enfants et les femmes, avec une communication ouverte et transparente à destination de tous les citoyens.
- La diminution des émissions de CO₂ résultant de la combustion incontrôlée des déchets.

Cette stratégie constitue un pas important vers une économie circulaire et un meilleur respect de l'environnement en Algérie. **.(Ministère de l'Environnement et des Énergies Renouvelables, 2016).**

I.2 Rôle économique de la valorisation des déchets industriels

En Algérie, près de 11 millions de tonnes de déchets ménagers et assimilés (DMA) sont générés chaque année, dont seulement 10 % sont recyclés. Pourtant, le potentiel économique de la valorisation est considérable.

Par exemple :

- Le recyclage de 1 tonne de papier permet d'économiser 1,41 tonne de bois.
- Le recyclage de 1 tonne de plastique équivaut à une économie d'environ 650 kg de pétrole brut.

Dans ce contexte, l'État a lancé une nouvelle stratégie nationale de gestion des déchets à l'horizon 2035, visant à exploiter pleinement ce gisement de ressources encore sous-utilisé. La valeur marchande des déchets valorisables en Algérie est estimée à plus de 30 milliards de dinars, représentant ainsi une opportunité d'investissement significative pour l'économie verte. (Ministère de l'Environnement et des Énergies Renouvelables, 2016).

I.3 Valorisation des déchets alimentaires

Les déchets alimentaires représentent également un enjeu majeur pour le développement durable. Riches en matière organique, ils peuvent être transformés en produits utiles (comme le compost ou le biogaz) au lieu d'être simplement mis en décharge.

Ce processus de valorisation permet :

- de réduire le volume de déchets envoyés en décharges,
- de préserver les ressources naturelles,
- et de limiter les émissions de gaz à effet de serre, notamment le méthane, produit lors de la dégradation des déchets organiques.

Ainsi, la valorisation des déchets alimentaires s'inscrit dans une logique d'économie circulaire, combinant protection de l'environnement et bénéfices économiques. (Lakhdar, 2023)

I.4 Valorisation des sous-produits du noyau d'abricot:

Dans une optique de réduction des déchets issus de la transformation des fruits, le noyau d'abricot représente une source précieuse de matières premières. Chaque composant de ce fruit, habituellement jeté, peut être valorisé dans différents domaines industriels ou environnementaux.

I.4.1 Épluchures d'abricot

Les pelures peuvent être exploitées dans la production de biogaz, d'engrais organiques, ou encore pour l'extraction de polyphénols, des composés bioactifs à fort potentiel antioxydant.

I.4.2 Coques de noyaux d'abricot

Ces dernières années, la recherche s'est tournée vers l'utilisation de la coque d'abricot comme matière première pour la production de charbon actif. Ce charbon est largement utilisé dans le traitement des eaux usées, en raison de son fort pouvoir adsorbant et de son faible coût de production.

I.4.3 3. Amandes d'abricot

L'amande d'abricot est la graine contenue dans le noyau du fruit. Elle est généralement **amère**, bien que certaines variétés puissent produire des amandes **douces**, entourées d'une

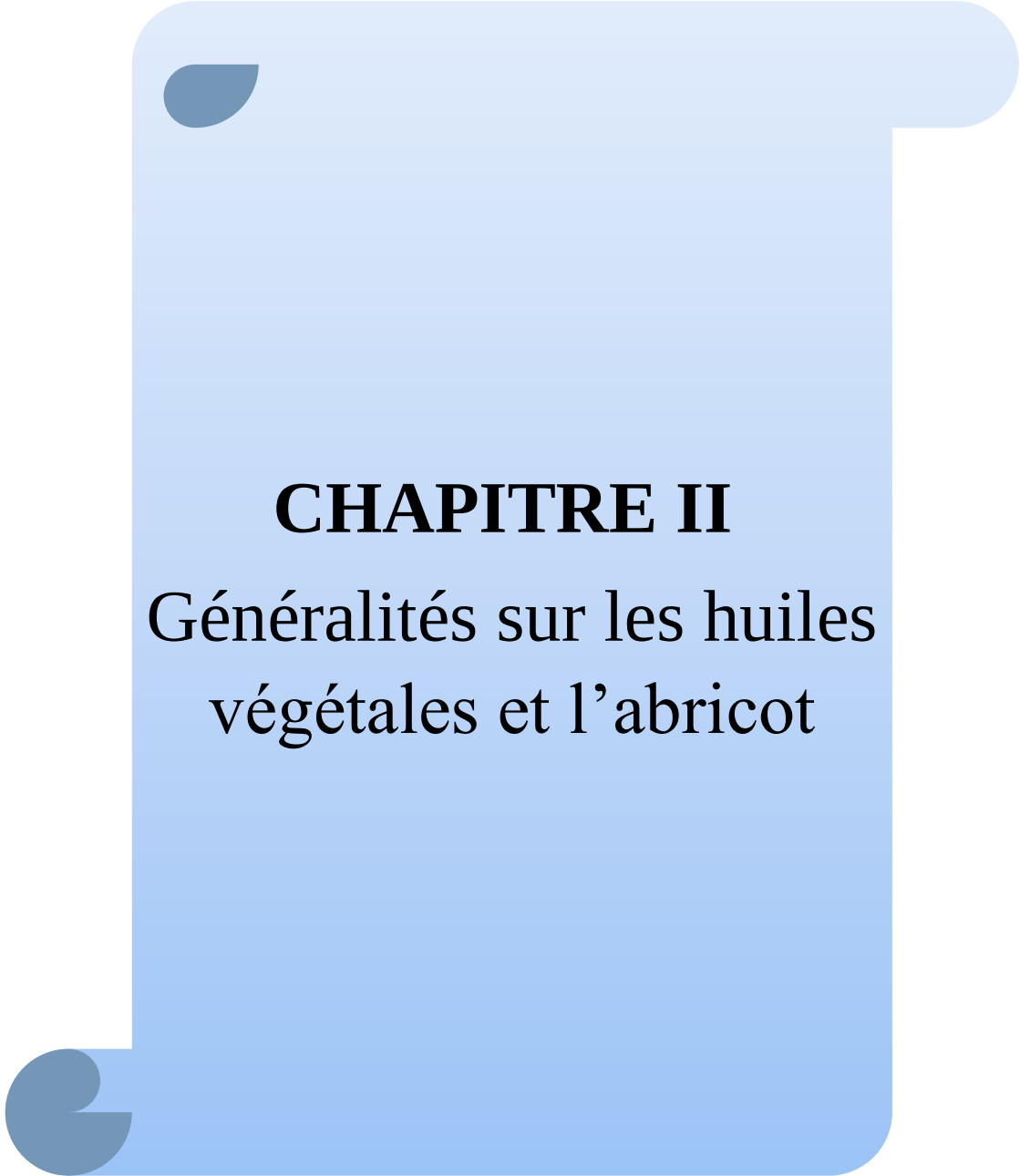
fine pellicule brune. À l'intérieur, on trouve **deux cotylédons brillants**, de couleur **blanc ambré** et à texture **huileuse**.

I.4.4 Tourteau d'amande d'abricot

Le tourteau, résidu solide obtenu après l'extraction de l'huile, est généralement considéré comme un sous-produit négligé. Malgré sa toxicité, il contient des substances à haute valeur ajoutée telles que :

- L'amygdaline
- Des protéines
- Du benzaldéhyde naturel

Des études ont également exploré la détoxification du tourteau afin de l'utiliser comme complément dans l'alimentation animale, grâce à sa richesse en protéines et fibres. **(Kawthar, 2023_2024)**



CHAPITRE II

Généralités sur les huiles végétales et l'abricot

II. Généralités sur les huiles végétales et l'abricot

II.1 Les huiles végétales

II.1.1 Historique

L'extraction de l'huile végétale trouve ses origines dans la préhistoire, bien que la date exacte de l'invention du pressoir à huile demeure inconnue. Des traces de cette technique apparaissent toutefois dans les anciens textes védiques de l'Inde, témoignant d'une connaissance précoce de l'extraction des huiles à partir de graines ou de fruits oléagineux. Dans la région du bassin méditerranéen, l'usage du pressoir à huile se répand progressivement à partir du III^e millénaire avant notre ère, notamment dans les civilisations égyptiennes, grecque et romaine.

Au fil des siècles, les techniques de pressage ont connu des améliorations notables. Les tout premiers systèmes étaient de simples installations manuelles, consistant souvent en une pierre creusée servant de cuvette, accompagnée d'un outil servant à écraser les graines. Avec le temps, ces dispositifs rudimentaires ont évolué vers des pressoirs plus sophistiqués, souvent construits en pierre ou creusés directement dans la roche, et parfois alimentés par la force hydraulique des rivières, permettant ainsi une production d'huile à plus grande échelle.

Cette évolution technologique s'est accélérée avec l'apparition de systèmes mécaniques durant l'Antiquité, puis au Moyen Âge. L'ère industrielle marque une véritable révolution avec l'introduction de presses à vis, dont l'une des formes les plus avancées est l'**expeller**, ou presse à vis sans fin. Ce dispositif moderne permet une extraction continue et efficace des huiles, améliorant à la fois le rendement et la qualité de la production.

Ainsi, l'histoire des huiles végétales est intimement liée à celle des progrès techniques en matière d'extraction, témoignant de l'ingéniosité humaine face à la nécessité de transformer les ressources naturelles en produits essentiels à la vie quotidienne (**Achaya, 1990**) .

II.1.2 Définition de l'huile végétale

Le terme « huile » désigne généralement des substances lipidiques composées majoritairement de triglycérides, qui se présentent sous forme liquide à température ambiante. Les huiles végétales sont extraites de différentes parties de plantes oléagineuses, telles que :

- **Les légumineuses** : comme l'arachide et le soja,
- **Les graines** : telles que celles du colza ou du tournesol,
- **Les fruits** : comme l'amande, l'olive, le palmier à huile ou encore les pépins de raisin,

- **Les céréales** : notamment le maïs,
- **Et même certaines fibres** : comme celles du coton.

En plus des huiles végétales pures, il existe également des **macérats huileux**, obtenus par macération de plantes dans une huile de base. Ces substances sont de plus en plus reconnues par le corps médical et les professionnels de santé naturelle pour leurs propriétés bienfaisantes.

Leur efficacité repose en grande partie sur leur composition en **acides gras** (tels que les acides caprylique, oléique, linoléique...), en **antioxydants** (comme les tocotriénols et les phytostérols), ainsi qu'en **vitamines** (notamment les vitamines E et A). Grâce à ces éléments, les huiles végétales jouent un rôle essentiel dans le maintien de la santé, le soin de la peau, des cheveux et dans la prévention de certaines affections chroniques (Al-Houdalieh & Iqtait, 2015).

II.1.3 Composition chimique des huiles végétales

Les huiles végétales sont composées majoritairement de triglycérides, qui constituent environ 95 % du poids des huiles brutes et jusqu'à 98 % dans les huiles raffinées. Ces triglycérides sont des esters formés à partir d'acides gras et de glycérol, ce qui leur confère des propriétés particulières : elles sont insolubles dans l'eau, mais solubles dans des solvants organiques.

En plus de ces composants majoritaires, les huiles végétales contiennent une faible proportion de constituants dits « mineurs », représentant environ 1 à 5 % de la composition totale. Bien que présents en quantités réduites, ces éléments jouent souvent un rôle essentiel dans la qualité nutritionnelle et la stabilité des huiles. Parmi eux, on retrouve :

- Les phospholipides (environ 0,1 à 0,2 %),
- Les stérols,
- Les tocophérols, notamment la vitamine E,
- Et divers composés secondaires, parfois considérés comme anti-nutritionnels.

Il est également important de noter que les huiles végétales comestibles contiennent rarement:

- Des acides gras à chaînes ramifiées,
- Des acides gras avec un nombre impair de carbones,
- Ou encore des acides gras insaturés dont la chaîne carbonée compte moins de 16 ou plus de 20 atomes de carbone (Aluyor & Hamidu, 2011) .

•

Composition nutritionnelle des huiles

- Environ 100 % de lipides.
- Huiles fluides, donc composées majoritairement d'acides gras insaturés : plus

l'huile est fluide, plus elle est riche en acides gras polyinsaturés.

- Vecteur naturel de vitamine E.
- Pauvre en acides gras (inférieur à 1% pour la grande majorité des huiles)

II.1.4 Domaines d'utilisation des huiles végétales:

Les huiles végétales présentent une grande polyvalence et sont utilisées dans plusieurs secteurs, notamment :

- Secteur alimentaire : elles sont couramment utilisées pour la cuisson, la friture ou encore l'assaisonnement des plats.
- Industrie cosmétique : elles entrent dans la composition de savons, crèmes et soins corporels grâce à leurs propriétés nourrissantes.
- Produits pharmaceutiques : elles servent de base dans la formulation de crèmes, onguents et autres préparations médicinales.
- Secteur énergétique : certaines huiles sont utilisées pour la production de biocarburants ou d'électricité, en tant qu'alternative aux combustibles fossiles (OUKACI & OUKACI, 2021 /2022).

II.1.5 L'importance des huiles végétales

Le rôle des huiles végétales

Les huiles végétales (en l'état, combinées ou en tant qu'ingrédient) peuvent contribuer notablement, en fonction de leurs compositions en acides gras, à améliorer l'équilibre global de la part lipidique d'une alimentation. Elles remplissent, comme les corps gras en général, quatre rôles

principaux:

- Nutritionnel (apport d'énergie et de nutriments): acides gras, vitamines liposolubles, constituants mineurs d'intérêt tels que les phytostérols ou les composés phénoliques pour l'huile d'olive .

- Organoleptique : flaveur et support d'arômes
- Rhéologique: texture
- Technologique: fluide caloporteur, par exemple dans les utilisations en friture.

Elles sont principalement composées de triglycérides (90–99%) eux-mêmes essentiellement constitués d'acides gras (90–95%) et de glycérol (3–5%), et de constituants mineurs naturels (1–5%) regroupant des composés de structure variées tels que les stérols, tocophérols, caroténoïdes ou phospholipides (0,1 à 0,2%) (**JACQUES et al., 2007**).

Utilisation des huiles végétales

Seul un tiers de la production mondiale des corps gras est destiné à un usage industriel.

Les deux tiers de la production sont en effet destinés à l'alimentation. Parmi les multiples usages industriels des corps gras, on peut citer la fabrication des savons, des acides gras, etc. Les triglycérides sont également à l'origine de nombreux produits chimiques qui peuvent entrer dans la composition d'une multitude de produits:

- Lubrifiants;
- produits cosmétiques;
- produits pharmaceutiques;
- peintures etc. (**ZOVI, 2009**).

II.2 I. Généralités sur l'abricot

II.2.1 Description du fruit

L'abricot est le fruit l'abricotier, un arbre fruitier de nom scientifique : *Prunus armeniaca* (Prune d'Arménie) appartenant au genre *Prunus* de la famille des Rosaceae.

C'est un fruit charnu, une drupe, de forme arrondie, possédant un noyau dur contenant une seule grosse graine, ou amande (figure 01). La chair est sucrée, peu juteuse, jaune orangée et ferme, la teneur en carotène ou provitamine A est élevée, c'est elle qui donne la couleur orangée et l'abricot est riche en pectines qui se gonflent facilement d'eau et qui lui confèrent son côté moelleux.

L'abricot se sépare aisément en suivant le sillon médian. (**ARÉVALO-PINEDO & MURR, 2007**)

La peau veloutée, dont la couleur peut aller du jaune au rouge, est parfois piquetée de « taches de roussure ». La couleur rouge n'est pas gage de maturité (le degré de maturité est apprécié par le parfum et la souplesse du fruit) et l'abricot

mûrit après sa cueillette, il est climactérique (FAUST et al., 1998).



II.2.2 Classification

Selon LICHOU et AUDBERT (1989) l'abricot est classé comme suit (Dirlewanger et al., 2012).

Figure 2 : : Abricots à maturité, présentés entiers et en coupe longitudinale

Tableau 1 : la classification d'abricot

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta

Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Rosales
Famille	Rosaceae
Sous-famille	Amygdaloideae
Tribu	Prunées
Genre	Prunus
Nom binomial	Prunus armeniaca
Nom commun	Abricotier

- L'**abricotier (Prunus armeniaca L.)** est une plante fruitière largement cultivée à travers le monde pour sa richesse en **éléments nutritifs** .
L'amande extraite du noyau est reconnue pour sa **teneur élevée en protéines, fibres et huile végétale** (Femenia et al., 1995). Elle possède également des **activités antioxydantes et antimicrobiennes** remarquables .
- Par ailleurs, **plus de 50 % des patients atteints de cancer en Europe** ont recours à la **médecine complémentaire ou alternative**, soit en substitution, soit en complément des traitements conventionnels.(Lamya, 2020)

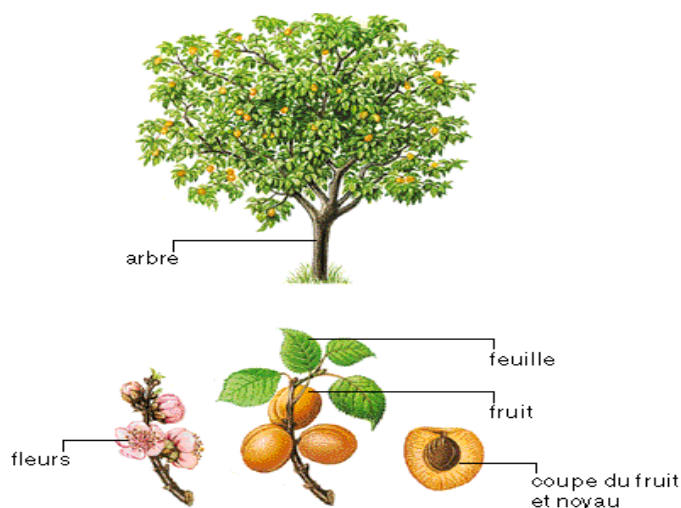


Figure 3 : Différentes structures de *Prunus armeniaca* L : 1.Arbre ; 2.Fleur, 3.Feuille, 4.Fruit , 5.Noyau

II.2.3 .Histoire de la culture de l'abricotier en Algérie:

La culture de l'abricotier en Algérie est extrêmement ancienne. Son introduction est liée à des faits historiques majeurs, notamment à l'expansion de l'Islam à travers le sud du bassin méditerranéen. Originaires d'Arabie Saoudite, elle s'est propagée par la Syrie et le Golfe Persique en 633, l'Iran entre 635 et 651, l'Égypte en 644, puis Tripoli en 656, avant d'atteindre l'Afrique du Nord (Chrif, 1980).

Une seconde étape majeure remonte à l'expulsion des musulmans andalous du début du XVI^e siècle. Environ 350 000 personnes originaires d'Aragon et de Catalogne se sont ainsi installées en Afrique du Nord (Algérie, Tunisie, Maroc), où elles ont introduit de nouvelles méthodes de culture des arbres fruitiers . C'est à cette époque que s'est développé le système de culture dite « promiscue » ou associée, un modèle s'étendant du Portugal à la Syrie.(Nacera, 2012_2013)

Ce système repose sur la superposition de deux strates de végétation : un étage arboricole associé à des cultures annuelles cultivées au niveau du sol. Ce trait commun à la plupart des systèmes agricoles méditerranéens, qu'ils soient pluviaux ou irrigués, permet aux arbres fruitiers et aux plantes annuelles de partager l'eau ainsi que les apports en fertilisants. Il en résulte une grande diversité de productions qui caractérise encore aujourd'hui l'agriculture méditerranéenne (Nacera, 2012_2013).

II.2.4 Composition du noyau d'abricot**II.2.4.1 Intérêt de l'huile d'abricot**

Amandes d'abricot - Noyau d'abricot

Les graines d'abricot sont des graines qui se trouvent à l'intérieur des graines d'abricot.

Ils ressemblent à de petites amandes et ont un goût similaire aux amandes.

il ya deux types d'amandes d'abricots:

- ✓ amandes amères
- ✓ amandes douces (Górnaś & Soliven, 2017).

II.2.4.2 Les bienfaits de l'amande d'abricot

- **Bienfaits pour la santé**

L'huile extraite du noyau d'abricot est réputée pour ses multiples vertus. Elle est notamment :

- **Riche en vitamine B17** (aussi appelée amygdaline), une molécule parfois citée pour ses propriétés potentielles dans la lutte contre certains types de cellules cancéreuses*;
- **Antioxydante**, elle aide à neutraliser le stress oxydatif, à protéger les cellules contre le vieillissement prématuré, et à **réduire le taux de cholestérol** ;
- **Bénéfique pour le système immunitaire**, grâce à ses vitamines et composés bioactifs ;
- **Riche en acides gras essentiels (AGE)**, indispensables au bon fonctionnement de l'organisme ;
- Une **excellente source de protéines**, représentant plus de **19 % de la composition** ;
- Elle contient également une **forte teneur en fibres** et des **enzymes vivantes** qui participent activement à la **régulation du système digestif** .(Chatzisitotherianakis et al., 2023).

II.2.4.3 Composition des amandes de noyau d'abricot bio

La composition nutritionnelle des amandes varie selon les variétés, mais en moyenne, elles se présentent comme suit :

- **Environ 20 % de protéines**, ce qui en fait un complément protéique végétal intéressant ;
- **20 à 35 % de glucides**, apportant de l'énergie rapidement disponible ;
- **6 à 22 % de fibres**, principalement sous forme de **pectine** et **cellulose**, bénéfiques pour le transit intestinal.
- **Profil lipidique de l'huile de noyau d'abricot**

L'huile extraite du noyau d'abricot se distingue par sa richesse en acides gras de haute qualité. Voici la répartition moyenne :

- **Acides gras mono-insaturés (AGMI)** : principalement l'**acide oléique (oméga-9)**, représentant **60 à 65 %** de l'huile. Il est reconnu pour ses effets bénéfiques sur le système cardiovasculaire ;
- **Acides gras poly-insaturés (AGPI)** : essentiellement l'**acide linoléique (oméga-6)**, à hauteur de **25 à 30 %**, important pour la fonction cellulaire et la santé de la peau ;
- **Acides gras saturés (AGS)** : notamment l'**acide palmitique**, présent à environ **5 à 8 %**, qui contribue à la structure du film hydrolipidique de la peau.
- **Autres composants actifs**

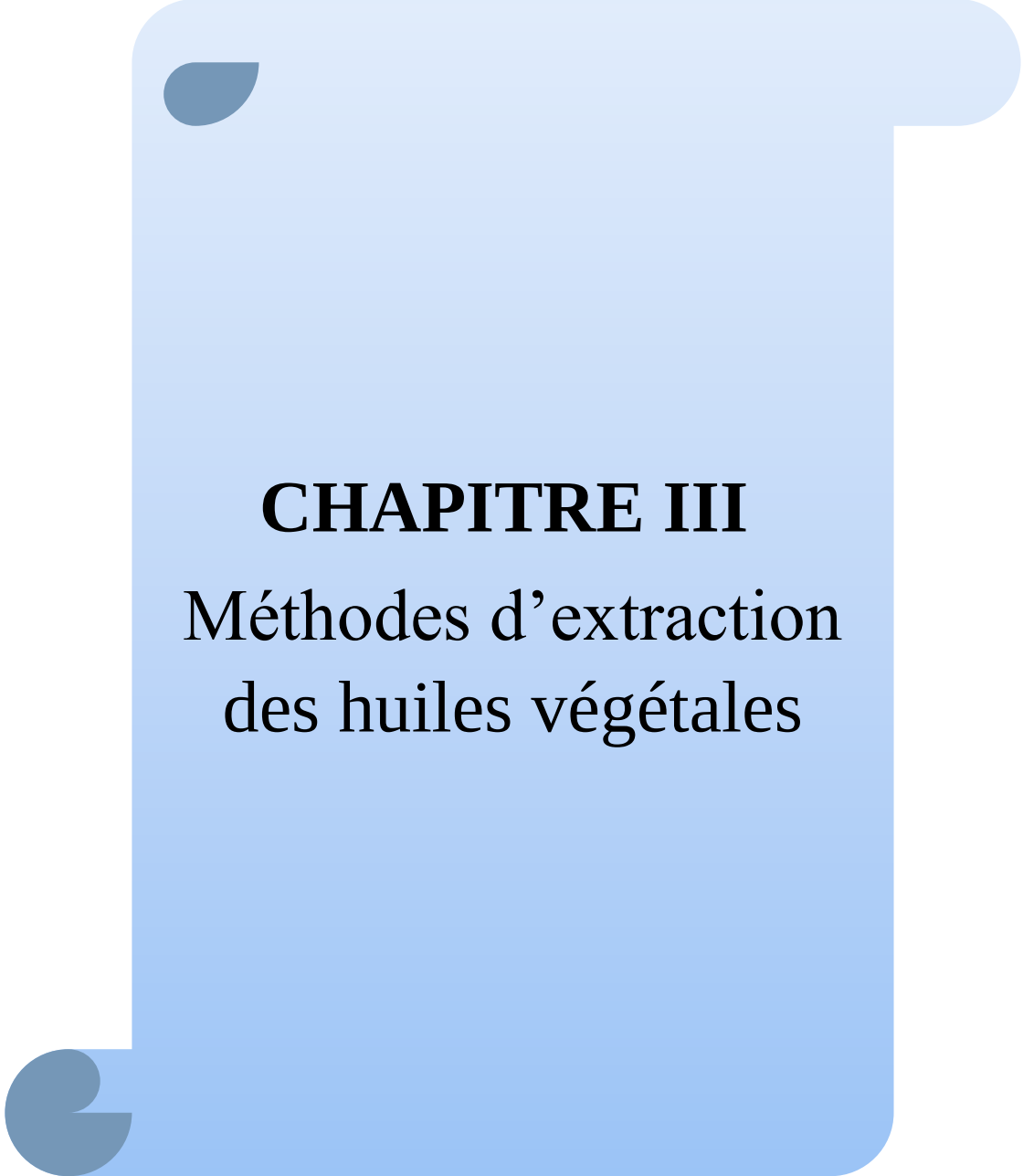
En plus de sa composition en acides gras, l'huile de noyau d'abricot contient d'autres éléments aux propriétés intéressantes :

- **Vitamine A** : antioxydant puissant, elle favorise le renouvellement cellulaire et protège la peau contre les effets du soleil (photoprotection) ;
- **Vitamine E** : antioxydante également, elle ralentit le vieillissement cutané et stimule la microcirculation ;
- **Caroténoïdes** : pigments naturels qui protègent contre les rayons UV et les dommages cellulaires (Karadag & Omarova, 2023).
- **Phytostérols** : aux propriétés apaisantes et nourrissantes, utiles pour les peaux sensibles ou irritées ;
- **Triglycérides** : ils renforcent la barrière lipidique de la peau, améliorent son élasticité et participent à son hydratation.

II.2.5 Principales variétés d'abricots :

Plusieurs variétés d'abricots sont cultivées selon les régions et les conditions climatiques. Parmi les plus connues, on peut citer :

- **Bulida** : Originare d'Espagne, cette variété est surtout cultivée dans la région de Murcie, où elle représente près de 80 % de la production nationale. Elle se distingue par une production élevée et des fruits de calibre moyen, à peau jaune orangé clair(**Lichou & A. A., 1989**).
- **Luizet** : Cet arbre de grande vigueur et à port buissonnant présente une production faible et irrégulière. Il est principalement cultivé dans les régions à climat continental. Les fruits, de taille moyenne à grosse, sont juteux et de bonne qualité, mais restent sensibles au transport et aux gelées de printemps (**Gautier, 1987**).
- **Louzi** : Variété locale provenant de la région de M'Sila (Algérie), le Louzi est un arbre vigoureux, à port étalé et à ramifications fines. Bien que autostérile, il est fertile et s'adapte bien aux altitudes basses et moyennes. Il nécessite peu de repos végétatif et donne des fruits de taille moyenne, à chair très fine(**I.T.A.F, 2001**)
- **MAASAD DJELFA**: est une variété locale d'abricotier cultivée principalement dans la région de Djelfa, en Algérie. Elle se caractérise par une bonne résistance aux conditions climatiques semi-arides, une floraison adaptée aux régions à risque de gel printanier, et des fruits de taille moyenne, à chair sucrée et juteuse. Cette variété est appréciée pour sa rusticité et sa productivité régulière (**Direction des Services Agricoles de Djelfa, 2020**)



CHAPITRE III

Méthodes d'extraction des huiles végétales

III. Méthode d'extraction de l'huile des noyaux d'abricot

III.1 Extraction par pression à froid

L'extraction par pression à froid est une méthode simple et naturelle, qui consiste à **briser mécaniquement, par abrasion ou pression**, les poches oléifères contenues dans les tissus du fruit, principalement au niveau de l'écorce, du péricarpe ou de l'amande. Ce procédé permet de libérer l'huile sans recourir à la chaleur ou à des solvants chimiques.

L'huile végétale obtenue est ensuite **séparée mécaniquement des résidus solides et de l'éventuel jus résiduel** par décantation ou filtration à froid. Cette méthode garantit la **conservation des propriétés nutritionnelles, organoleptiques et physico-chimiques** de l'huile, car elle évite l'oxydation thermique et la dégradation des composés sensibles.

À l'heure actuelle, l'extraction mécanique à froid reste le procédé le plus **respectueux du produit**, le **plus simple à mettre en œuvre** et le **seul à ne pas altérer la qualité de l'huile obtenue**.



Figure 4 : machine de presse automatique

III.2 Procédure expérimentale d'extraction par presse à froid:

L'opération d'extraction se déroule en plusieurs étapes successives :

III.2.1 1. Chargement de la presse

Les amandes d'abricot, propres et sèches, sont introduites manuellement dans la trémie de la presse. Il est important d'assurer une alimentation continue et régulière pour éviter les blocages de la vis ou les variations de pression.

III.2.2 2. Extraction

Une fois l'appareil mis en marche, la vis sans fin tourne à vitesse constante, entraînant les amandes vers l'avant. Progressivement, la vis comprime la matière contre les parois de la chambre d'extraction et une filière d'évacuation. Sous l'effet de cette pression croissante :

L'huile est libérée des cellules et s'écoule à travers les petits orifices présents sur le cylindre.

Le tourteau (résidu solide) est expulsé à l'extrémité de la vis.

Cette phase dure en moyenne 15 à 30 minutes pour chaque lot selon la quantité introduite.

III.2.3 3. Récupération de l'huile

L'huile s'écoule naturellement dans un récipient propre placé sous la sortie. L'huile obtenue peut contenir des fines particules solides en suspension, nécessitant une décantation pendant 24 à 48 h ou une filtration à l'aide d'un tissu filtrant.

III.2.4 4. Nettoyage

Une fois l'opération terminée, la presse doit être démontée et nettoyée pour éviter toute oxydation ou rancissement résiduel, surtout en cas d'utilisation ultérieure avec d'autres graines.



Figure 6 :Chargement de la presse

Figure 5 : Récupération de l'huile



CHAPITRE IV
MATERIEL ET
METHODES

IV. Matériel et protocole expérimental :

IV.1 Informations sur la matière végétal :

Le matériel végétal (Figure) utilisé est les amandes d'abricot (les déchets de l'industrie AMOUR).

Le matériel végétal utilisé dans nos expériences correspond à l'amande des noyaux d'abricot (*Prunus armeniaca* L) collecté de la région de MAASAD. L'amande du noyau est du poids de $0,35 \pm 0,05$ g, d'une longueur $18,4 \pm 1,2$ mm, de largeur $10,6 \pm 0,9$ mm et d'épaisseur $5,8 \pm 0,6$ mm, les mesures des dimensions ont été prises par un pied à coulisse digital comme c'est illustré dans les figures suivantes :

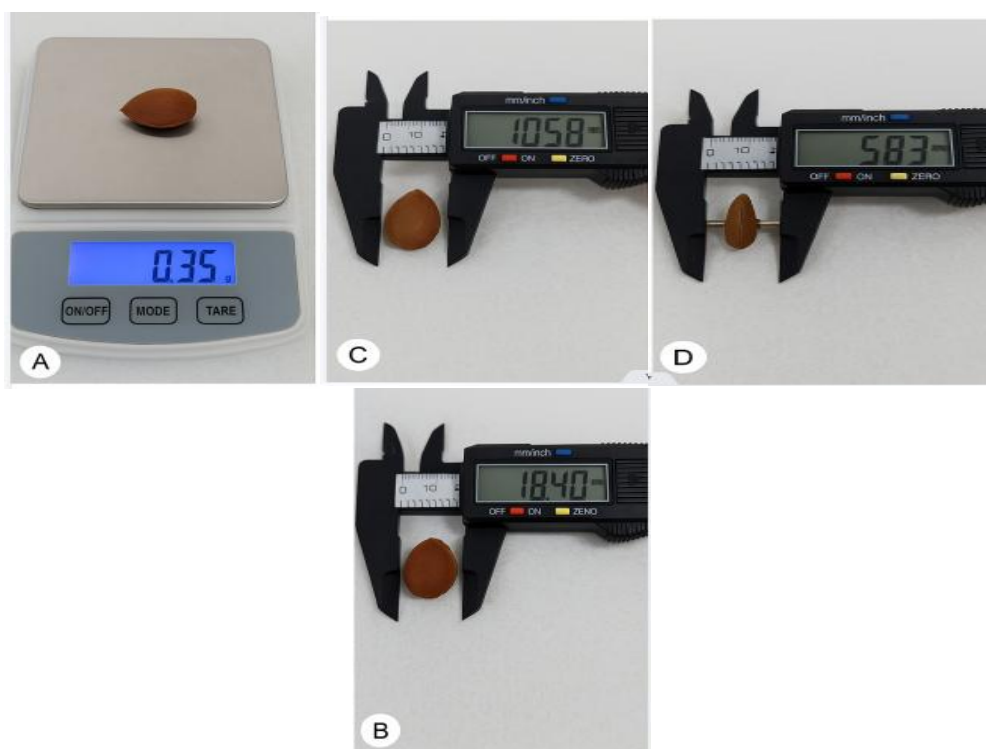


Figure 7 :(A) : poids des noyaux (B) : longueur (C) : largeur (D) : épaisseur

Le matériel végétal a été respectivement soumis à une extraction par pression à froid à l'aide d'une presse mécanique modèle DL-ZYJ05 (Figure) au niveau de la distillerie « BIO EXTRAPAMAL » à Oued Allueug, Wilaya de Blida.

La DL-ZYJ05 est une presse mécanique à vis sans fin, conçue pour l'extraction d'huiles végétales à petite échelle, principalement dans un cadre expérimental ou semi-artisanal. L'appareil fonctionne selon un mécanisme simple mais efficace, basé sur la compression progressive des graines dans une chambre fermée.

V. Méthode:

V.1 Préparation de matériel végétale:

La préparation des amandes d'abricot constitue une étape primordiale avant l'extraction de l'huile par pression à froid. Les noyaux d'abricots, récupérés après consommation du fruit, sont d'abord soigneusement nettoyés pour éliminer toute trace de pulpe résiduelle, puis séchés à l'air libre pendant plusieurs jours afin de réduire leur humidité. Une fois secs, les noyaux sont cassés mécaniquement ou à l'aide d'un pilon pour libérer les amandes internes. Cette opération demande une certaine force manuelle car la coque du noyau est particulièrement dure et épaisse. Après décortiquage, les amandes sont triées manuellement pour éliminer les débris de coques et les impuretés, puis concassées ou broyées légèrement afin d'augmenter la surface de contact lors du pressage. Les amandes ainsi préparées sont ensuite directement introduites dans la presse mécanique, sans traitement thermique préalable, conformément aux exigences de l'extraction à froid visant à préserver les qualités nutritionnelles et physico-chimiques de l'huile.

V.2 Extraction d'huile d'abricot :

Extraction par pression à froid

L'huile végétale a été obtenue par **pression à froid**, en utilisant une **presse mécanique de la marque DL-ZYJ05**. La matière végétale (amandes d'abricot), préalablement nettoyée, séchée et décortiquée manuellement, a été introduite directement dans la presse, sans aucun traitement thermique ni ajout de solvant.

Le fonctionnement de la machine permet une **extraction continue et automatique de l'huile**, qui s'écoule par un bec de sortie, tandis que les résidus solides (tourteaux) sont évacués séparément. Cette méthode, entièrement mécanique, préserve la **qualité nutritionnelle et physico-chimique** de l'huile.

L'extraction a été réalisée au niveau de l'unité spécialisée **BIO EXTRAPAMAL**, située à Blida, dans des conditions contrôlées, garantissant la conformité avec les principes de l'extraction à froid.



Figure 8 : (a) Mise des amandes dans la presse ; (b) Récupération de l'huile ; (c) Déchets solides (tourteaux) ; (d) Réintroduction des déchets pour extraire plus d'huile

V.3 Evaluation du rendement de l'extraction

Le rendement de l'extraction est défini comme étant le rapport entre la masse d'huile végétale obtenue par extraction et la masse totale du matériel végétal traité. Il est Exprimé en pourcentage

RHV: Rendement en huile végétale en%.

MH: Masse d'huile végétale récupérée en gramme.

MV: Masse de la matière végétale sèche utilisée en gramme

V.4 Caractéristiques physico-chimiques de l'huile d'abricot:

V.4.1 Introduction :

Dans le cadre de ce travail, une série d'analyses physico-chimiques a été réalisée afin de caractériser l'huile végétale extraite des noyaux d'abricot (*Prunus armeniaca*). Ces analyses permettent d'évaluer la qualité de l'huile obtenue, de déterminer sa stabilité, ainsi que son potentiel d'utilisation dans le domaine alimentaire.

Les travaux pratiques ont été menés au laboratoire de pharmacognosie relevant du département de Pharmacie, faculté de l'Université Saad Dahleb – Blida 1, et aussi dans laboratoire physico-chimique de groupe BIMO , sans oublier laboratoire CRAPC à Bissakra. Ces laboratoires offrent un cadre propice à la réalisation d'analyses de type qualitatif et quantitatif sur des extraits végétaux, dans le respect des normes méthodologiques.

Cette partie présente donc l'ensemble des techniques utilisées pour caractériser l'huile d'abricot selon différents paramètres : physiques (couleur, odeur, densité, indice de réfraction) et chimiques (indice d'acide, indice de saponification, indice d'iode, etc.). Ces données sont essentielles pour comparer l'huile obtenue avec les standards de qualité et pour confirmer ses propriétés potentielles en tant que matière première naturelle.

V.4.2 1. Détermination du rendement d'extraction

Le rendement en HV, exprimé en pourcentage, est calculé par la formule suivante : **$RR(\%) = (mHV/mHVm) \times 100$**

mHV: masse d'HV obtenue après extraction (g).

m: masse de la matière végétale utilisée (g).

Pour une quantité de 2Kg des noyaux d'abricot ,on a obtenue 493.599g des amandes ,après l'extraction par pression à froid ,on trouve 175g d'huile d'abricot après filtration.

$$R = MHE = (175/493.599) \times 100$$

$$R = 35.45\%$$

V.5. Analyses physico-chimiques

Les résultats d'analyses pour les différents échantillons sont donnés pour une température T=28 °C

V.5.1 Potentiel d'hydrogène

Les mesures du potentiel d'hydrogène (pH) de HV étudiée a été effectuées à l'aide d'un pH mètre de marque METTLER TOLEDO (Figure) au niveau du laboratoire d'ISTA.
pH=5.72



Figure 9 : Mesure du pH à l'aide d'un pH-mètre numérique

V.5.2 – Détermination de l'indice d'acidité

- **Définition (ISO 660:2017):**

L'indice d'acidité d'une huile végétale représente la quantité en mg d'hydroxyde de potassium (KOH) nécessaire pour neutraliser les acides gras libres contenus dans 1 gramme d'huile.(Figure 9)

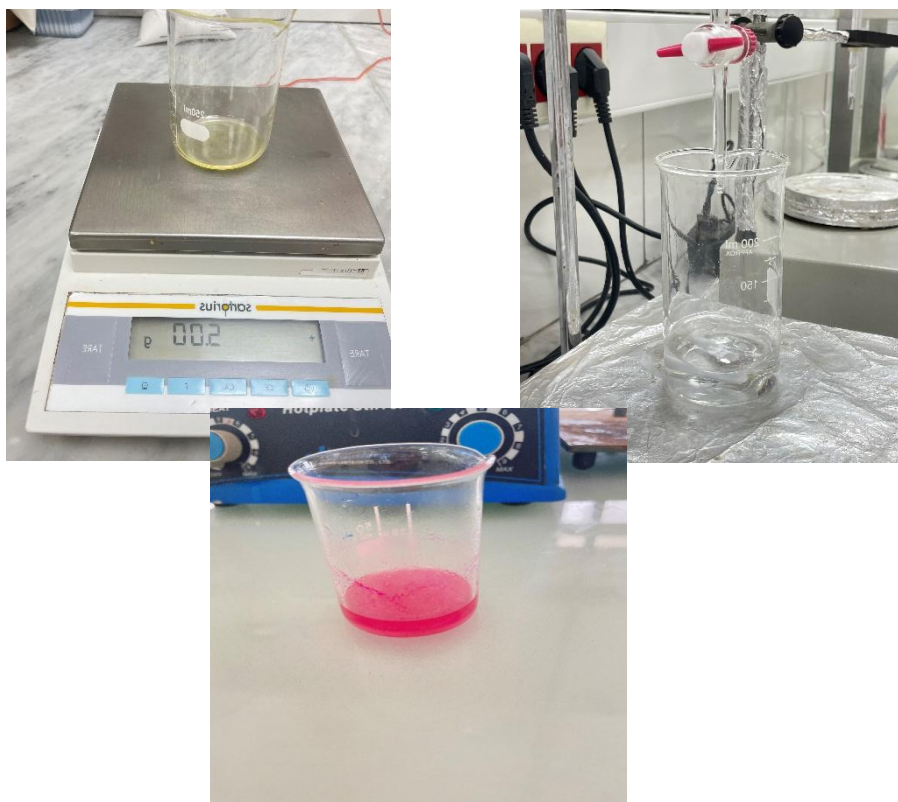


Figure 10 a _la masse de HUILE b _montre clairement le volume de KOH utilisé $\approx 2,54\text{mL}$.c _montre le virage de couleur après titrage avec la phénolphtaléine

– **Matériel utilisé:**

- - Agitateur magnétique
- - Balance analytique électronique
- - 2 Béchers de 250 ml
- - 1 burette de 10 ml
- - 1 fiole jaugée de 100 ml

– **Réactifs et solutions:**

- Ethanol à 98% (1 vol)
- Ether di éthylique (2 Vol)
- KOH (0.1 N)
- Solution alcoolique de Phénolphtaléine 1% (ph.ph)

•Mode opératoire:

1. Mise sous tension de la balance analytique en appuyant sur la touche « POWER ».
2. Pesée de 5 g de matière grasse sous forme liquide dans un bécher de 250 mL.
3. Activation de l'agitateur magnétique à l'aide de l'interrupteur.
4. Remplissage et ajustement d'une burette de 10 mL avec une solution de KOH (0,1N).
5. Préparation d'un mélange constitué de 2 volumes d'éther diéthylique et 1 volume d'éthanol, versé dans une fiole jaugée de 50_100 mL.
6. Transfert du mélange dans un bécher propre et sec.
7. Ajout de quelques gouttes de phénolphthaléine comme indicateur coloré.
8. Placement du bécher sur l'agitateur magnétique.
9. Réglage de la vitesse d'agitation à la position « 6 » pour assurer l'homogénéisation
10. Titrage goutte à goutte du mélange avec la solution de KOH jusqu'à l'apparition d'une teinte rose stable. Le volume de KOH utilisé est noté VI.
11. Transfert de la solution titrée dans le bécher contenant la matière grasse.
12. Nouveau titrage du mélange jusqu'à l'obtention d'une coloration rose. Le volume de KOH ajouté à cette étape est noté V2.

avec la relation suivante :

$$\text{Indice d'acidité} = \frac{(282 \times N \times \Delta V)}{m} \times 10$$

Avec :

282 = Masse molaire de l'acide oléique

N = Normalité du KOH

AV = V2- Vi

m = Masse en gramme de la matière grasse.

V.6 – Détermination de la densité:**Définition**

La densité d'une huile est le **rapport entre la masse d'un volume donné d'huile** et celle du **même volume d'eau** à une température donnée (ici : **28 °C**). C'est un indicateur important de **pureté** et de **qualité physique**.

Mode opératoire :

1. Peser le **pycnomètre vide** (sec et propre) → masse : m_0
2. Le remplir avec **de l'eau distillée** à température ambiante, puis le peser → masse : m_1
3. Vider, sécher, puis remplir le pycnomètre avec **l'huile végétale** → masse : m_2
4. Noter toutes les masses et appliquer la formule.

Formule de calcul:

Avec :

m_0 : masse du pycnomètre vide (g)

m_1 : masse du pycnomètre rempli d'eau (g)

m_2 : masse du pycnomètre rempli d'huile (g)

0,00068 : coefficient de correction



Figure 11 : Détermination de la densité de l'huile végétale par pycnométrie

V.7 la viscosité:

La mesure de viscosité définit le taux de variation de la viscosité en fonction de la température. En effet, plus l'indice de viscosité est grand, plus la propension à varier de la viscosité sera faible.

Voici les étapes de fonctionnement d'un viscosimètre rhéomat RM 100 :

1. **Préparation de l'échantillon:** L'échantillon de l'huile à mesurer est placé dans un récipient approprié.
2. **Choix du mobile:** Un mobile (également appelé spindle ou rotor) adapté à la viscosité du fluide et à la géométrie de l'échantillon est sélectionné.
3. **Fixation du mobile:** Le mobile est solidement fixé à l'appareil.
4. **Immersion:** Le mobile est immergé dans l'échantillon de l'huile.
5. **Mesure:** Le viscosimètre fait tourner le mobile à une vitesse prédéfinie et mesure le couple nécessaire pour maintenir cette vitesse.
6. **Calcul de la viscosité:** La viscosité de l'huile est calculée en fonction du couple mesuré et de la vitesse de rotation, souvent à l'aide d'un logiciel intégré ou d'une formule.
7. **Affichage des résultats:** Les résultats, tels que la viscosité, la température et d'autres paramètres, sont affichés sur l'écran de l'appareil.



Figure 12 : Mesure de la viscosité dynamique à l'aide du viscosimètre

V.8 Indice de réfraction:

Définition:

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 déterminée, lorsqu'il passe de l'air dans le liquide analysé (ici, l'huile), à une température constante de 20 °C [30].

Il permet d'évaluer **la pureté, la composition et la stabilité** d'une huile végétale. L'indice de réfraction varie selon la température et la structure chimique de l'huile.

Mode opératoire

1. **Nettoyage de la lame** du réfractomètre avec un papier doux imbibé d'alcool.
2. **Étalonnage de l'appareil** à l'aide de l'eau distillée, dont l'indice de réfraction est de **1,333 à 20 °C**.
3. **Dépôt de l'échantillon** : appliquer quelques gouttes de l'huile à analyser sur la lame du réfractomètre à l'aide d'une pipette Pasteur.
4. **Fermeture du prisme**, puis réglage du cercle de clarté/obscurité au centre de l'écran de lecture.
5. **Lecture directe** de la valeur de l'indice de réfraction sur l'échelle numérique.
6. **Nettoyage final** après chaque mesure pour éviter toute contamination croisée.

V.9 Analyse de l'humidité dans les huiles végétales**Définition :**

L'humidité dans une huile végétale représente la teneur en eau résiduelle présente dans l'échantillon. Elle est exprimée en pourcentage (%) de la masse totale.

Une huile de bonne qualité doit contenir moins de 0,2 % d'humidité, car la présence d'eau favorise l'oxydation, la rancidité, et la croissance de microorganismes.

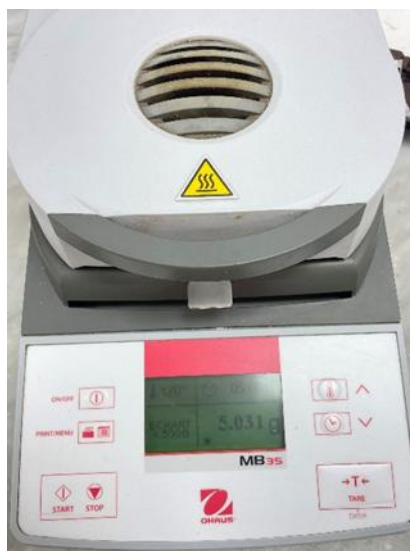
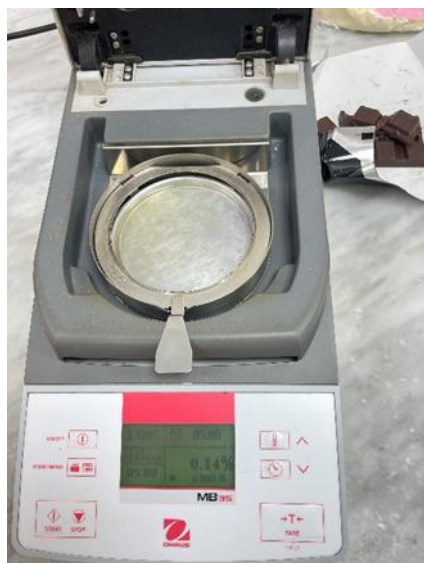
Matériel nécessaire :

- _Un plateau
- Une spatule
- Un filtre en fibre de verre.
- Un mortier.

Mode opératoire :

- 1) Mettre l'appareil sous tension en appuyant sur le bouton (ON/OFF) et régler la température à 120 °C.
- 2) Placer un plateau vide.
- 3) Tare le plateau en appuyant sur le bouton tare.
- 5) Peser l'échantillon à analyser jusqu'à atteindre 5g et bien répartir la prise d'essai sur le plateau.
- 6) Fermer le couvercle et démarrer le processus.
- 7) En fin de test lire la teneur en humidité en (%) directement sur l'afficheur.

- 8) Retire le plateau a l'aide du
- 9) Eteindre l'appareil.



porte plateau.

Figure 13 Analyse de taux d'humidité pour l'huile de noyau d'abricot

V.10 taux de cendres

Définition

Le taux de cendres correspond à la quantité totale de minéraux inorganiques contenus dans une huile végétale, exprimée en pourcentage de masse. Il est déterminé par incinération du produit jusqu'à extinction complète des matières organiques. Cette analyse est essentielle pour évaluer la pureté et le niveau de contamination minérale de l'huile

Matériel nécessaire :

- Un four à moufle réglable à $500^{\circ}\text{C} + 25^{\circ}\text{C}$.
- Une balance électronique.
- Un creuset en porcelaine.
- Un dessiccateur.
- Une spatule.
- Une pince.

Mode opératoire :

Chauffer durant 10 mn le creuset dans le four réglé à $550^{\circ}\text{C} + 25^{\circ}\text{C}$.

2) Laisser refroidir à la température ambiante dans le dessiccateur et le peser.

3) Peser 10g du produit à analyser.

4) Introduire le creuset dans le four à $550^{\circ}\text{C} + 25^{\circ}\text{C}$ jusqu'à la disparition des particules

Charbonneuses (en général le temps d'incinération est de 6h

5) Retirer le creuset du four à l'aide d'une pince et le refroidir dans le dessiccateur

jusqu'à température ambiante.

6) Peser le creuset.

Calcul du taux de cendres

Le taux de cendres exprimé en % en masse est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$\% \text{ de cendres} = (m_2 - m_0 / m_1 - m_0) \times 100$$

m_0 = masse du creuset vide en gramme

m_1 = masse du creuset + prise d'essai en gramme

m_2 = masse du creuset

+ cendres en gramme

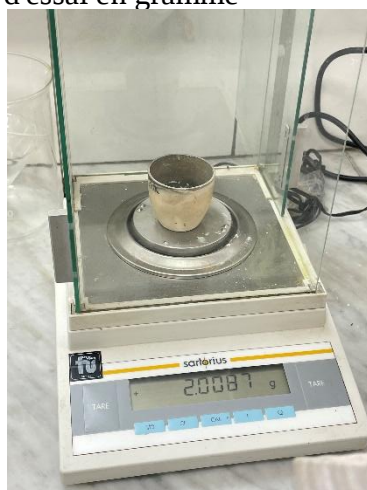


Figure 14 : Détermination des cendres par calcination et pesée gravimétrique

La chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse : GC/MS

Principe :

La CGSM est une technique d'analyse qui combine les performances de la chromatographie en phase gazeuse, pour la séparation des composés d'un échantillon, et de la spectrométrie de masse, pour la détection et l'identification des composés en fonction de leurs rapports masse sur charge (M/Z).

Objectif :

- Analyse qualitative et quantitative de composés organiques sous forme de traces.
- Injection ponctuelle d'un échantillon liquide susceptible d'être vaporisée sans décomposition ;
- Séparation chromatographique en phase gazeuse sur colonne capillaire ;
- Détection et identification des molécules séparées par spectrométrie de masse.

V.11 La chromatographie en phase gazeuse :

- Injecteur : mode standard : avec division / sans division (split/splitless) ;
- Échantillonneur automatique : TriPlus RSH ;
- Modes de transporteurs de gaz : débit et pression constante et programmable ;
- Four : Température : Sous-ambiante jusqu'à 450°C.

Mode de détection : Spectromètre de masse à simple quadripôle ISQ**Spécifications :**

- Mode d'Ionisation : Ionisation par bombardement électronique (EI) ;
- Gamme de masse : De 1 à 1100 u.m.a avec résolution de masse.

Applications :

- Dosage des médicaments ou de stupéfiants, analyse environnementale, médecine, et identification de toutes substances inconnues même sous forme de traces.



Figure 15 La chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse GC/MS

Analyse par CGMS des huiles végétales :

La composition chimique par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie

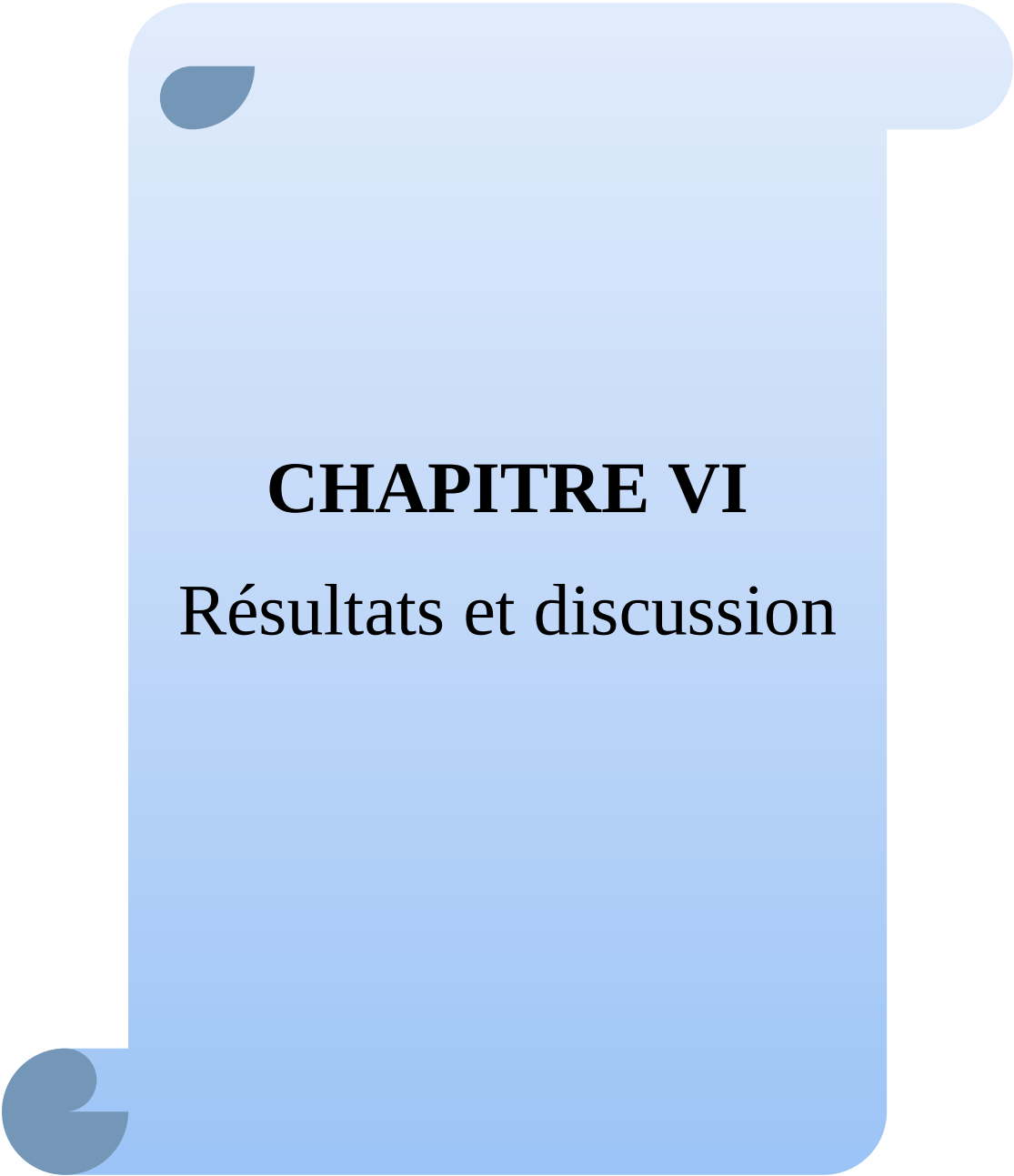
De masse d'huile étudiée a été déterminée à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse

Couplé à un spectromètre de masse (CPG/SM) de type [GCMS-QP2020 NX] , les analyses

Ont été réalisées en mode ionisation par impact électronique (EI) avec une énergie

ionisation de 70 eV en utilisant ;acquisition en mode SCAN. La colonne utilisée est une OV 1701 de 25 m x 0,25 mm x 0,25 µm. Les injections ont été faites en mode splitless. ;hélium

A été employé comme gaz vecteur à un débit de $0,60 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$, la température de la Colonne est de 60 à 250°C à raison de $3^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ en mode splitless. La température du four a été programmée comme suit : la température initiale de la colonne est de 60°C maintenue en isotherme pendant 3 min puis augmentée à raison de $5^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ pour atteindre 250°C . Le volume injecté de l'huile est de $1 \mu\text{L}$ diluée dans 7 ml d'éthanol de masse volumique égale à $0,75 \text{ g/L}$.



CHAPITRE VI

Résultats et discussion

VI. Résultats :**Huile de noyau d'abricot**

L'huile végétale d'abricot est extraite par pression à froid des noyaux d'abricots. Elle est largement utilisée en cosmétique et parfois en nutrition.

Propriétés physiques :**I.1 Interprétation des résultats :****pH :**

Un pH situé autour de 5,7 indique également une bonne stabilité microbiologique, car les micro-organismes pathogènes se développent moins dans des environnements légèrement acides (Codex Alimentarius, 2019).

Les huiles végétales présentent généralement un pH compris entre 4,5 et 6,5 selon leur pureté et leur mode d'extraction (Boudries et al., 2015).

Tableau 2 : Valeurs comparatives du pH de différentes huiles végétales

Huile végétale	Méthode d'extraction	pH	Température de mesure (°C)
Huile de noyau d'abricot	Pression à froid	5,72	25
Huile d'argan	Pression à froid	5,80	25
Huile d'olive	Pression à froid	4,90	25
Huile de tournesol	Pression à froid	5,50	25
Huile d'amande douce	Pression à froid	5,60	25

Le tableau comparatif met en évidence les valeurs de pH mesurées à 25 °C pour plusieurs huiles végétales obtenues par pression à froid. Ces données permettent de situer le pH de

l'huile de noyau d'abricot par rapport à d'autres huiles végétales alimentaires ou techniques.

L'huile de noyau d'abricot présente un pH de 5,72, ce qui reflète un produit :

Légèrement acide, ce qui est courant pour les huiles de bonne qualité,

Indicateur de fraîcheur et de pureté, et qui n'est pas oxydée ou dégradée.

En comparaison :

- L'huile d'olive présente un pH plus acide (4,90), souvent lié à la présence naturelle de composés phénoliques.
- L'huile de tournesol et d'amande douce ont des pH proches, également dans la zone légèrement acide.
- L'huile d'argan, avec un pH de 5,80, se rapproche de celui de l'abricot, ce qui confirme la régularité des huiles végétales obtenues par des méthodes douces.

L'indice d'acidité :

$$\text{Indice d'acidité} = (282 \times 0.1 \times 0,54) / 50$$

$$\text{AC\%} = 0,3 \%$$

L'indice d'acidité de l'huile de noyau d'abricot obtenue est de **0,3% d'huile**.

Ce que cela signifie :

- Un indice d'acidité de 0,3 % indique que l'huile de noyau d'abricot contient une faible proportion d'acides gras libres. Cela signifie :
- Que l'huile est de bonne qualité, fraîche, et peu oxydée.
- Que la matière grasse n'a pas subi de dégradation importante, ce qui est généralement le cas lorsque les acides gras se libèrent par hydrolyse des triglycérides.
- Que la méthode d'extraction à froid a permis de conserver l'intégrité chimique de l'huile, sans provoquer de rancissement.
- Que l'huile est conforme aux normes de qualité exigées pour une utilisation alimentaire ou cosmétique.

En résumé, une valeur aussi basse traduit une bonne stabilité et pureté de l'huile, et donc une valeur fonctionnelle et commerciale intéressante.

Tableau 3 Valeurs comparatives du L'indice d'acidité de différentes huiles végétale

Type d'huile végétale	Indice d'acidité moyen
Huile de noyau d'abricot	0,3
Huile d'olive extra vierge	$\leq 0,8 \%$
Huile de tournesol raffinée	$\leq 0,2 \%$
Huile d'argan vierge	0,2 à 1,0 %
Huile de coco	0,2 à 0,5 %

L'huile de noyau d'abricot, avec un indice d'acidité de 0,3 %, présente une qualité comparable à celle des meilleures huiles végétales comme l'huile d'olive extra vierge, l'huile de coco ou l'huile d'argan vierge. Cette faible acidité témoigne d'une bonne stabilité oxydative, d'un faible taux d'hydrolyse, et donc d'un potentiel intéressant pour des usages alimentaires, cosmétiques ou pharmaceutiques.

Elle se démarque notamment des huiles brutes comme l'huile de palme, qui nécessitent des procédés de raffinage pour atteindre un niveau de qualité similaire

VII. Densité

La densité de l'huile végétale à **28 °C** a été déterminée par la méthode du **pycnomètre**. La masse du pycnomètre rempli d'eau distillée était de **5,063 g**, tandis que celle remplie d'huile était de **4,611 g**.

En appliquant la formule suivante :

$$\rho = \frac{m_2}{m_1 + 0,00073} = \frac{4,611}{5,063 + 0,00073} = 0,911$$

On obtient une densité de **0,911**, ce qui est conforme à la **plage typique des huiles végétales**, généralement comprise entre **0,91 et 0,93** à température ambiante (Gunstone, 2002).

Cette valeur indique que l'huile est **moins dense que l'eau**, ce qui est normal, et **confirme la qualité physique attendue** d'une huile extraite par pression à froid (Boudries et al., 2015).

Tableau 4 : Détermination de la densité de l'huile végétale à 20 °C

Paramètre	Valeur (g)
Masse du pycnomètre vide (m_0)	14,579
Masse du pycnomètre + eau (m_1)	19,642
Masse du pycnomètre + huile (m_2)	19,191
Masse d'eau ($m_1 - m_0$)	5,063
Masse d'huile ($m_2 - m_0$)	4,612
Densité calculée (ρ)	0,911

VII.1 la viscosité de l'huile de noyau d'abricot à 31,5 °C :

La viscosité cinématique de l'huile de noyau d'abricot a été mesurée à **2,6 mm²/s** à une température de **31,5 °C**.

Cette valeur indique que l'huile est **légère et fluide**, ce qui est caractéristique des huiles végétales riches en acides gras insaturés (**Boudries et al., 2015**)

Signification:

- **Faible viscosité** = huile fluide, facile à manipuler, à pomper et à filtrer.
- À cette température proche de la température ambiante ou corporelle, la fluidité est idéale pour :
- les **applications cosmétiques** (massage, crèmes, sérums),
- les **formulations alimentaires légères** (si elle est raffinée) (**Chebbah et al., 2021**) .

Tableau 5 : Comparaison avec d'autres huiles

Huile végétale	Viscosité à 30 °C (mm ² /s)
Abricot	2,6
Tournesol	≈ 3,0
Olive	≈ 8,0
Ricin	≈ 15,0

L'humidité dans les huiles végétales

Une teneur en humidité de **0,14 %** est **faible** et **parfaitement acceptable** pour une huile végétale extraite par pression à froid. Cette valeur indique que :

- **L'huile est bien déshydratée**, avec très peu d'eau résiduelle.
- Le risque de **développement microbien** (levures, moisissures) est quasi nul.
- La **stabilité chimique** de l'huile est assurée, car l'eau favorise l'hydrolyse des triglycérides.
- La **durée de conservation** sera prolongée.

Une humidité de **0,14 %** reflète une **bonne maîtrise du procédé d'extraction et de séchage**. Cette valeur est **conforme aux normes de qualité pour les huiles végétales** vierges, qui recommandent généralement une humidité **inférieure à 0,2 %**. Elle confirme ainsi la **qualité, la pureté et la stabilité** de l'huile de noyau d'abricot obtenue

Analyses par CG/SM

L'analyse par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) réalisée sur l'huile végétale des amandes d'abricot a permis l'identification de 35 composés chimiques majeurs, répartis sur une plage de temps de rétention allant d'environ 6,8 minutes à 32,6 minutes. Ces composés représentent différents groupes chimiques, principalement des alcools terpéniques, sesquiterpènes, monoterpènes, ainsi que quelques composés aromatiques et hydrocarbures linéaires.

Le chromatogramme met en évidence plusieurs pics significatifs, notamment à 11,29 min, 11,37 min, 16,62 min, 24,77 min et 25,37 min, correspondant à des composés en forte abondance.

Parmi les composés identifiés, le τ -Cadinol (11,54 % d'aire), le (-)-Carvone (8,41 %), et le Muurolol (α -, epi -) (8,48 % et 7,57 %) se distinguent par leurs abondances significatives. Ces composés sont connus pour leurs propriétés biologiques, notamment antimicrobiennes, anti-inflammatoires, et antioxydantes, ce qui suggère un fort potentiel thérapeutique de l'huile analysée.

L'un des constituants les plus importants est le (2E,6E)-3,7,11-triméthyl-2,6,10-dodécatrién-1-ol, également connu sous le nom de Farnésol, représentant 15,04 % de l'aire totale. Ce composé est souvent retrouvé dans les huiles essentielles et est reconnu pour ses propriétés antibactériennes et anti-âge.

À 25,37 minutes, un autre composé majeur a été détecté : 1-Naphthalènepropanol, α -éthényldécahydro- α ,5,5,8a-tetraméthyl-2-méthylène-, avec une aire relative de 15,05 %, renforçant encore le profil lipophile et potentiellement bioactif de l'échantillon.

Des composés tels que le Limonène (0,20 %), le Benzaldéhyde (0,74 %), et le Benzyl alcool (1,90 %) sont également présents, bien que leur contribution relative soit moindre. Ils apportent néanmoins un intérêt organoleptique (parfum, arôme) à l'huile et peuvent participer à des effets synergiques.

D'autres composants notables incluent :

- Spathulénol (0,28 %) : un sesquiterpène oxygéné à potentiel anti-inflammatoire.
- Humulène (0,63 %) et β -Bisabolène (1,63 %) : composés sesquiterpéniques aux effets antimicrobiens et anticancéreux.
- Phytol (3,35 %) : un diterpène utilisé dans la synthèse de vitamines E et K, reconnu pour ses propriétés antioxydantes.

Enfin, la présence de composés linéaires comme Docosane, Heneicosane, et Tetracosane, bien que mineure, suggère une part résiduelle d'hydrocarbures saturés, parfois issus de la décomposition lipidique ou présents naturellement dans les matrices végétales.

Le tableau suivant regroupant l'ensemble des 35 composés identifiés par GC-MS dans l'huile végétale des amandes d'abricot :

N° pic	Nom du composé	Temps de rétention (min)	Aire (%)	Famille chimique
20	β -Bisabolène	24,530	1,63	Sesquiterpène
21	(2E,6E)-3,7,11-Triméthyl-2,6,10-dodécatrien-1-ol (Farnésol)	24,771	15,04	Alcool diterpénique
22	1-Naphthalénepropanol, dérivé méthylène	25,372	15,05	Alcool aromatique
23	Pregn-5-en-3-ol, 20-méthyl...	25,525	0,58	Stéroïde hydroxylé
24	(-)-Isopinocampheol, pentafluoropropionate	25,662	2,98	Alcool terpénique (dérivé)
25	trans-Dehydroandrosterone, pentafluoropropionate	25,795	1,47	Stéroïde hydroxylé
26	Eicosane	25,988	2,24	Hydrocarbure saturé (C20)
27	1,4-Diméthyl-8-isopropylidénetricyclo[5.3.0.0(4,10)]décane	26,188	1,32	Terpène bicyclique
28	Phytol	26,447	3,35	Diterpène alcool
29	1-Phénanthréneméthanol dérivé, acétate	26,896	2,23	Ester terpénique
30	Heptadécène-(8)-acide carboxylique	27,075	1,47	Acide gras insaturé
31	8a(2H)-Phénanthrénol dérivé, acétate	27,263	0,81	Ester phénolique
32	α -Farnésène	27,791	0,78	Sesquiterpène
33	Docosane	28,472	1,77	Hydrocarbure saturé (C22)
34	Heneicosane	30,683	1,38	Hydrocarbure saturé (C21)
35	Tetracosane	32,687	0,89	Hydrocarbure saturé (C24)

Conclusion :

L'huile végétale des amandes d'abricot analysée présente un profil chimique d'une grande richesse en composés bioactifs, principalement des terpènes et leurs dérivés oxygénés, typiques des huiles essentielles. La prédominance de molécules comme le τ -Cadinol, le Muurolol, et le Farnésol confirme un fort potentiel antimicrobien, antioxydant et anti-inflammatoire, ce qui justifie son intérêt pour des applications pharmaceutiques ou cosmétiques. Cette composition chimique justifie également une éventuelle exploration en aromathérapie ou dans la formulation de produits naturels de soin.

L'incorporation de l'huile d'amande dans un produit alimentaire :(Crème fourrée)**Formulation de la crème fourrée avec incorporation de l'huile d'amande d'abricot :**

Deux essais de formulation ont été réalisés dans l'usine BIMO pour évaluer l'incorporation de l'huile d'amande d'abricot dans une crème fourrée.

- **Essai 1** : Une crème a été préparée avec **50 % de matière grasse** standard, dont **5 % ont été remplacés par de l'huile d'amande d'abricot**. Ce mélange a permis d'obtenir une crème stable, homogène, avec une bonne onctuosité et une texture agréable. Cet essai a été considéré comme **réussi** sur le plan organoleptique et technologique.
- **Essai 2** : Suite à la réussite du premier essai, une crème a été formulée avec **100 % de matière grasse provenant exclusivement de l'huile d'amande d'abricot**, afin d'évaluer sa performance en tant que seul corps gras. Ce second essai a permis d'observer l'impact direct de cette huile végétale sur la texture, la stabilité et les propriétés sensorielles du produit final.

Conclusion Générale

Le présent travail a porté sur l'extraction de l'huile végétale contenue dans les amandes de noyaux d'abricots (*Prunus armeniaca L.*), issue de sous-produits agroalimentaires locaux, à travers une méthode de pression à froid. Ce mode d'extraction a permis d'obtenir une huile brute conservant ses propriétés physico-chimiques naturelles, sans l'ajout de solvants ni traitement thermique.

La première phase de l'étude a concerné la caractérisation de cette huile à travers plusieurs paramètres, notamment la densité, la viscosité, le pH, l'humidité, le taux de cendres et l'indice de réfraction. Ces analyses ont permis d'évaluer la qualité, la stabilité et la pureté de l'huile obtenue.

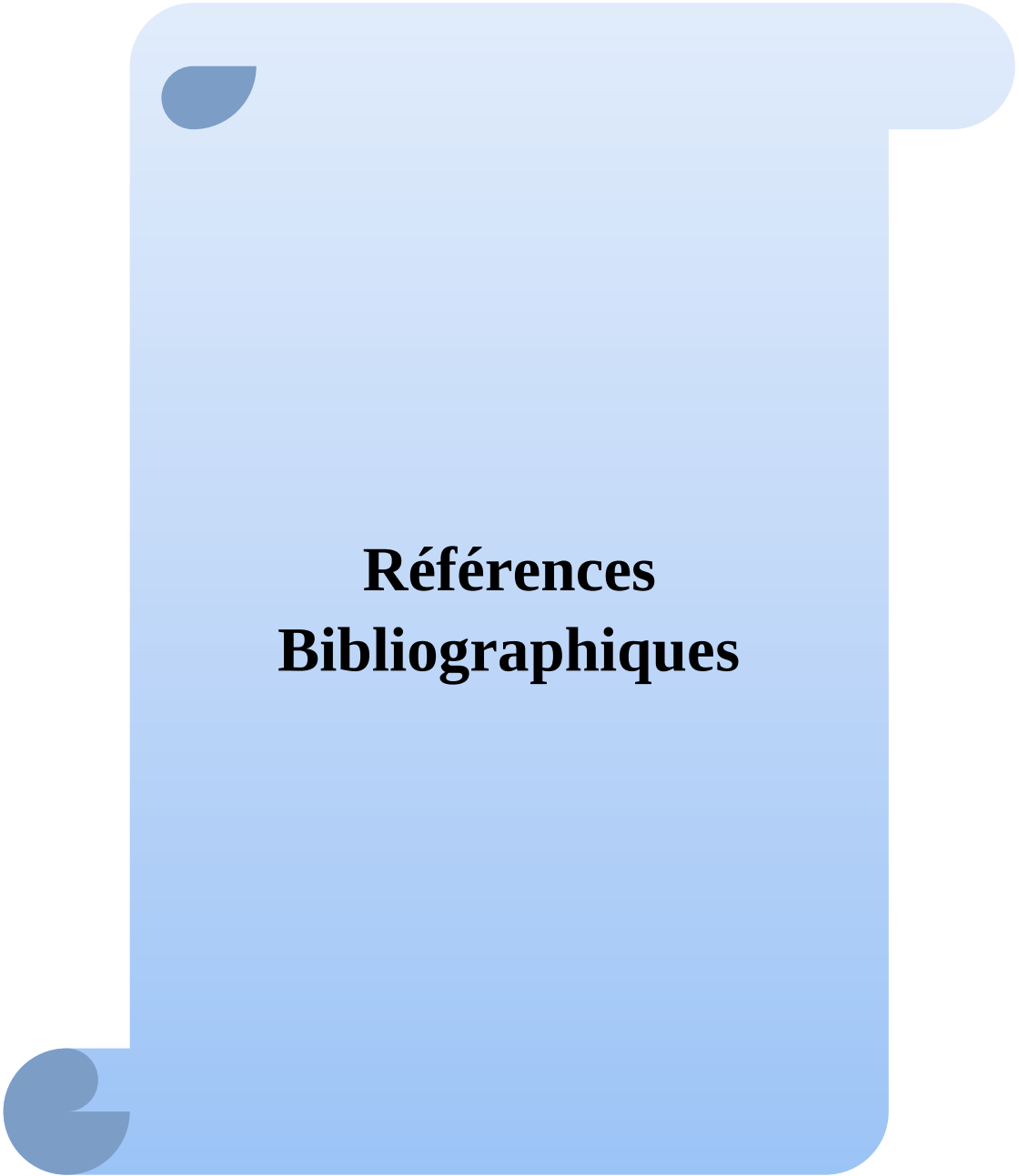
Dans une seconde phase, la composition chimique de l'huile a été analysée par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS), réalisée au centre CRAPC .

Cette analyse a permis d'identifier plusieurs acides gras insaturés ainsi que des composés bioactifs présentant un intérêt nutritionnel et fonctionnel.

En parallèle, une démarche de valorisation alimentaire a été entamée à travers une collaboration avec l'entreprise BIMO, spécialisée dans la biscuiterie industrielle, en vue d'intégrer cette huile dans des formulations sucrées.

Ainsi, ce travail a permis de démontrer que l'huile de noyau d'abricot, souvent négligée, possède des caractéristiques physiques, chimiques et nutritionnelles valorisables. Cette étude ouvre la voie à des applications agroalimentaires et industrielles, dans une logique de transformation des déchets en ressources utiles.

Il serait pertinent, dans le prolongement de ce travail, d'approfondir certaines analyses complémentaires (comme l'identification des composés antioxydants spécifiques, ou l'activité biologique), et d'élaborer une formulation finale intégrant cette huile dans un produit alimentaire ou fonctionnel fini



Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

1. Achaya, K. T. (1990). Traditional ghani technology, in Traditional Method of Oil Processing in India, FAO/WHO Expert Consultation (1993).
2. Al-Houdalieh, S., & Iqtait, I. (2015). The Oil Press Complex of Khirbat al-Tira. *Jerusalem Quarterly*, 62, 88-96.
3. Aluyor, E. O., & Hamidu, A. Z. (2011). Chromatographic analysis of vegetable oils: A review. *African Journal of Biotechnology*, 10(45), 9181–9186.
4. ARÉVALO-PINEDO, A. & MURR, F. E. X. J. (2007). Influence of pre-treatments on the drying kinetics during vacuum drying of carrot and pumpkin. *Journal of Food Engineering*, 80(1), 152–156.
5. BENHABIB, S. R. (2020/2021). Valorisation de la coque du noyau d'abricot par la production de charbons actifs. Université d'Ain Temouchent.
6. Boudries, H., Bentebba, M., & Kechida, N. (2015). Caractéristiques physico-chimiques des huiles de quelques graines oléagineuses. *Nature & Technologie*, (12), 33–41.
7. Bourgeois, C. F. (2003). Les vitamines dans les industries agroalimentaires. Tec & Doc Lavoisier.
8. Bretaudeau, J. J. B. d. h. p. (1963). Atlas d'arboriculture fruitière.
9. Cancer Research UK. (2022). Laetrile (amygdalin or vitamin B17).
10. Chebbah, D., Bouzidi, M., & Ait Amara, H. (2021). Étude des propriétés physico-chimiques et évaluation de la stabilité oxydative de l'huile de noyaux d'abricot. Mémoire de Master, Université de Béjaïa.
11. Chatzisitotherianakis, P. et al. (2023). Exploring the Chemical Composition and Antioxidant Properties of Apricot Kernel Oil. *Separations*, 10(6), 332.
12. CHERIF, M. A. (1980). Histoire de la Tunisie. Tunis : Cérès Éditions.
13. Codex Alimentarius – FAO/WHO. (2019). Standard for Named Vegetable Oils (CODEX-STAN 210-1999).
14. Direction des Services Agricoles de Djelfa. (2020). Rapport technique sur les principales variétés fruitières cultivées dans la wilaya de Djelfa : Fiche variétale de l'abricotier Maasad.
15. Dirlewanger, E., Quero-García, J., Le Dantec, L., Lambert, P., Ruiz, D., Dondini, L., ... & Arús, P. (2012). Comparison of the genetic determinism of two key phenological traits.... *Heredity*, 109(5), 280–292.
16. FAUST, M., SURAN, G., EREMENKO, O. & NYUJTO, F. (1998). Origin and dissemination of apricot. *Horticultural Reviews*, 22, 225–260.
17. Gautier, M. J. T. D. (1987). La culture fruitière, Volume 1 : L'arbre fruitier. Paris.
18. Górnaś, P., & Soliven, A. (2017). Chemical composition, oxidative stability and antioxidant capacity of cold-pressed apricot kernel oil. *EJLST*, 119(1), 1600135.
19. Gunstone, F.D. (2002). *Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses*. CRC Press.

Références Bibliographiques

20. Institut Technique de l'Arboriculture Fruitière (I.T.A.F). (2001). Plantation de l'abricotier. Brochure de vulgarisation, Alger.
21. JACQUES, E., PAGÈS-XATART-PARÉS, X., CHRISTIAN, A. & ODILES, M. (2007). Procédés d'obtention et composition nutritionnelle des huiles...
22. Kawthar, e. B. (2023_2024). La valorisation d'un déchet d'industrie alimentaire : Les noyaux d'abricot. Université de Tlemcen.
23. Lakhdar, A. (2023). La Nouvelle Étude de l'AND. Journal La Nouvelle République.
24. Lamya, B. H. (2020). Activités Biologiques de l'Extrait des Noyaux de Prunus armeniaca L. Université de Mostaganem.
25. Lichou, J., & A. A. (1989). L'abricotier. CTIFL – Paris.
26. Makrygiannis, I., Athanasiadis, V., Chatzimitakos, T., et al. (2023). Exploring the Chemical Composition and Antioxidant Properties of Apricot Kernel Oil. Separations, 10(6), 332.
27. Ministère de l'environnement et des énergies renouvelables. (2016). SNGID 2035.
28. Nacera, e. R. (2012_2013). ESSAI DE POLLINISATION DE DEUX CULTIVARS D'ABRICOTIER. Université de Blida.
29. OUKACI, M. A., & OUKACI, S. (2021 /2022). Extraction et caractérisation d'extraits de végétaux : application. Université de Boumerdès.
30. PMC9332734. (2021). Apricot kernel: Bioactivity, Characterization, Applications, and Health Effects. Frontiers in Nutrition.
31. Rachida, B. (2019 / 2020). Effets des températures de torréfaction sur les compositions biochimiques des amandes. Université de Mostaganem.
32. Wikipedia. (2025). Apricot oil; Amygdalin. Consulté le 5 juillet 2025.
33. Zine, S. (2020). Caractérisation physico-chimique de l'huile extraite des noyaux d'abricot par pressage à froid. Mémoire de Master, Université Mohamed Khider Biskra.
34. ZIVI, O. (2009). Fonctionnalisation et photopolymérisation de l'huile de lin.... Thèse de doctorat, INSA de Rouen.

