



N° de série :

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي

Université Echahid Hamma Lakhdar - El OUED

كلية علوم الطبيعة والحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم البيولوجيا الجزيئية والخلوية

Département de biologie Cellulaire et Moléculaire

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

**En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Sciences
biologiques**

Spécialité : Biochimie Appliquée

Evaluation et Analyse des Propriétés Chimiques des Huiles Extraites de Graines d'Amandes de Cajou et de Pistache Vendus sur le Marché de la Wilaya d'El Oued

Présenté Par :

M^{me} FEGUIR ASMA

M^{me} CHENNOUF CHAHINEZ

M^{me} NADIR NESRINE

Devant le jury composé de :

Président : DJAHRA ALI BOUTLELIS

M.C.A, Université d'El Oued.

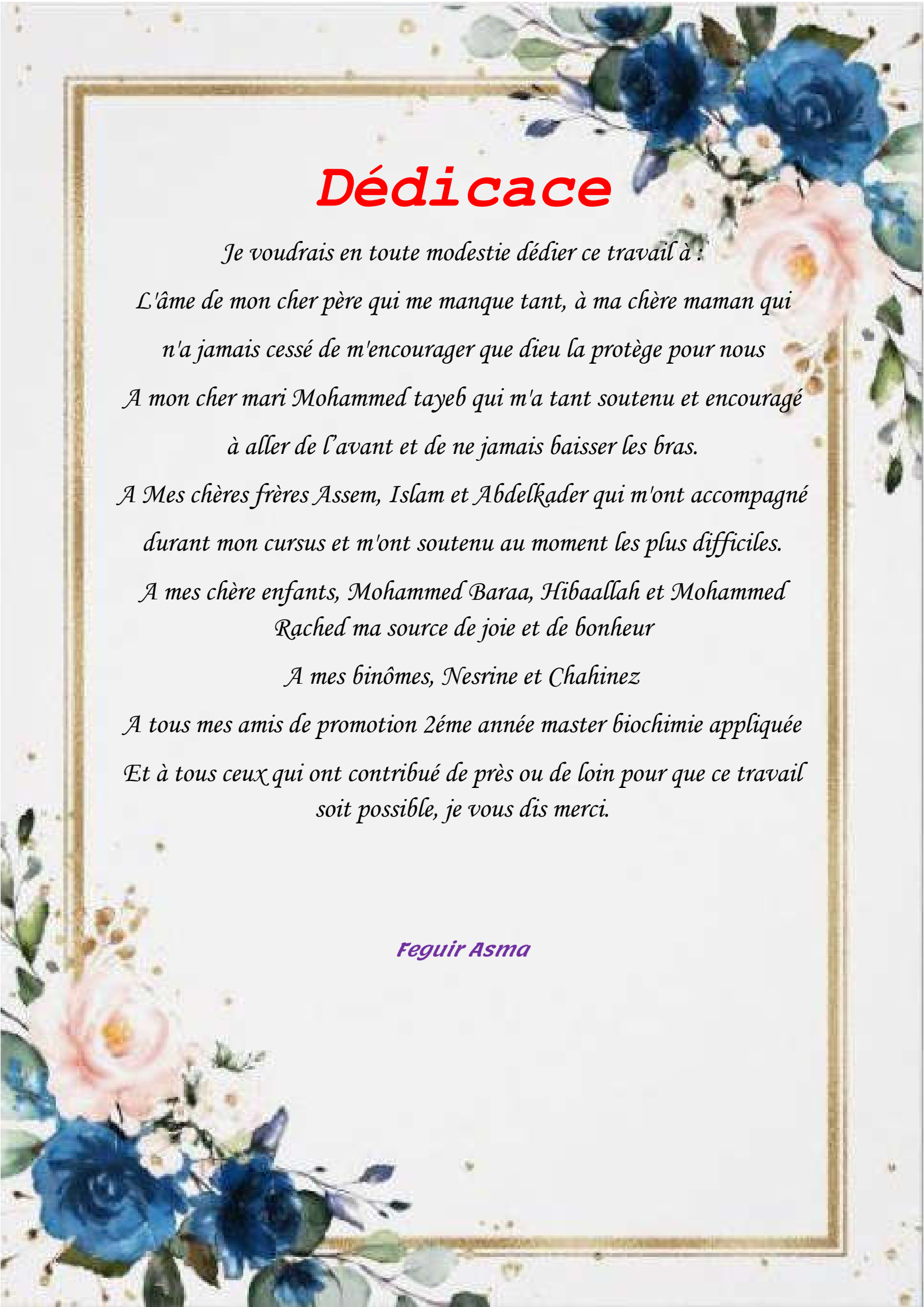
Examineur : MAHBOUB NASMA

M.C.A, Université d'El Oued.

Promoteur : SALEMI SAID

M.A.A, Université d'El Oued.

Année Universitaire 2021/2022



Dédicace

Je voudrais en toute modestie dédier ce travail à :

*L'âme de mon cher père qui me manque tant, à ma chère maman qui
n'a jamais cessé de m'encourager que dieu la protège pour nous*

*A mon cher mari Mohammed tayeб qui m'a tant soutenu et encouragé
à aller de l'avant et de ne jamais baisser les bras.*

*A Mes chères frères Assem, Islam et Abdelkader qui m'ont accompagné
durant mon cursus et m'ont soutenu au moment les plus difficiles.*

*A mes chère enfants, Mohammed Baraa, Hibaallah et Mohammed
Rached ma source de joie et de bonheur*

A mes binômes, Nesrine et Chahinez

A tous mes amis de promotion 2ème année master biochimie appliquée

*Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce travail
soit possible, je vous dis merci.*

Feguir Asma

Dédicace

Dieu soit loué, qui nous a permis de franchir cette étape de notre cheminement académique avec ce mémorandum, fruit de la prévenance de la réussite et de la lutte, grâce à Dieu Tout-Puissant.

Je dédie cet ouvrage :

A chère maman Faiza bien-aimée au cœur tendre, celle dont la supplication fut le secret de ma réussite,

Au propriétaire du grand crédit, mon cher père Ahmed.

A mon cher mari Adel Bouki qui m'a poussé de poursuivre mes études et réalise mon rêve de Master.

A mes frères Haithem et Abdelmalek et mes petites Sœurs Nour Isra et Loudjine .

A mes binômes, Asma et Nesrine

A tous mes proches, amis et camarades de classe.

Et à tous mes enseignants et enseignantes qui m'ont soutenu et aidé dans cette recherche et cette science, je les remercie tous.

Je tiens à remercier énormément mon enseignant, qui a un grand mérite dans la réalisation de cette recherche Mr. Salmi Said

Chennouf Chahinez

Dédicace

*Dieu soit loué, qui nous a permis de franchir cette étape de notre
cheminement académique avec ce mémorandum, fruit de la prévenance
de la réussite et de la lutte, grâce à Dieu Tout-Puissant.*

Je dédie cette remise de diplôme à :

A l'âme pur de ma mère

Au propriétaire du grand crédit, mon cher père Embarek

Amon cher mari Aze Adine et toute sa famille

*A tous mes frères Kais.Nabil.Abedlehak et ma petite Sœur Nadjla
chers fils Asil et Iline*

A mes binômes, Asma et Chahinez

A tous mes amis de promotion 2ème année master biochimie appliquées

*Je tiens à remercier énormément mon enseignant, qui a un grand mérite
dans la réalisation de cette recherche Mr. Salmi Said*

Nadir Nesrine



Remerciements

Nous remercions le bon Dieu tout puissant de nous avoir donné courage et volonté pour accomplir ce modeste travail.

Comme nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements :

A Mr. DJAHRA ALIBOUTLELIS. d'avoir accepté de juger ce travail en qualité de président de jury.

A Mme. MAHBOUB NASMA d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail

Nous exprimons nos remerciements les plus distingués à notre encadreur Mr. SALEMI SAID pour son orientation, ses conseils, et son aide à progresser dans nos recherches grâce à son esprit critique et son soutien tout le long de la réalisation de ce modeste travail.

Au Professeur LANEZ TOUHAMI le directeur de laboratoire de la faculté de Technologie

A Mr. SADAK NANI et TELIBA ALI pour leurs soutiens et leurs encouragements

Un grand merci aux membres du laboratoire de Biochimie BENAMARA SALMA, HOUSSEM et SOULTANE.

Chahinez C. Asma F. Nesrine N.



Résumé

Le but de cette étude est d'évaluer et d'analyser les propriétés chimiques de l'huile extraite de graine d'amande de pistache et de cajou vendus sur le marché de la wilaya d'El Oued .A cet effet, les caractéristiques chimiques, (indice d'iode, de peroxyde, de saponification, et de profil d'acides gras par CPG/FID) de l'huile obtenue. Les résultats obtenus ont montré que, d'un point de vue chimique, l'huile de pistache et de cajou répond aux normes des qualités requises par le Codex Alimentarius. La composition en acides gras a révélé que L'huile de pistache et de cajou sont très riches en acides gras saturés : C4:0 , C6:0 , C8:0 , C10 :0 , C11:0 , C12:0 , C13:0 , C14:0 , C15:0 , C16:0 ,C17:0 ,C18:0 , C20:0 et C23:0 avec un taux atteint 8.95% pour le pistache et 15.55 % pour le cajou , et pour les acides gras in-saturés C14:1 , C15:1 , C16:1 , C17:1 , C18:1 c+t n-9 ,C18:2 c+t n-6 , C18:3 c+t n-6 , C18:3 c+t n-3 , C20:1 , C20:2 , C20:3 n-3 , C20:4 n-6 , C20:5+C24:0 , C22:6 et C24:1 avec un taux atteint 44.90% pour le pistache et 67.74% pour le cajou. D'où leur intérêt pour la nutrition et leur conservation à long terme. De plus, l'extraction par Soxhlet de l'huile de pistache et de cajou a donné un rendement significatif de 28 % pour la pistache et 20 % pour le cajou, ce qui donne aux graines de pistache et de cajou une source potentielle d'huile végétale.

Mots clés : Huile de pistache, Huile de cajou, indices chimique, acides gras, CPG.

ABSTRACT

The aim of this study is to evaluate and analyze the chemical properties of the oil extracted from pistachio and cashew kernel seeds sold on the market of the wilaya of El Oued.. For this purpose, the chemical characteristics, (iodine, peroxide, saponification index, and fatty acid profile by GPC) of the oil obtained. The results obtained showed that, from a chemical point of view, pistachio and cashew oil meets the quality standards required by the Codex Alimentarius. The fatty acid composition revealed that pistachio and cashew oil is very rich in saturated fatty acids: C4:0, C6:0, C8:0, C10:0, C11:0, C12:0, C13: 0, C14:0, C15:0, C16:0, C17:0, C18:0, C20:0 and C23:0 with a rate reached 8.95% for pistachio and 15.55% for cashew, and for fatty acids unsaturated C14:1, C15:1, C16:1, C17:1, C18:1 c+t n-9, C18:2 c+t n-6, C18:3 c+t n-6, C18 :3 c+t n-3 , C20:1 , C20:2 , C20:3 n-3 , C20:4 n-6 , C20:5+C24:0 , C22:6 and C24:1 with a rate reached 44.90% for pistachio and 67.74% for cashew. Hence their interest in nutrition and long-term preservation. Additionally, Soxhlet extraction of pistachio and cashew oil yielded a significant yield of 28% for pistachio and 20% for cashew, giving pistachio and cashew seeds a potential source of vegetable oil.

Keywords: Pistachio oil, Cashew oil, chemical indices, fatty acids, CPG

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو تقييم وتحليل الخواص الكيميائية للزيت المستخرج من الفستق الحلبي وبذور الكاجو المباعة في سوق ولاية الوادي . لهذا الغرض، تم تحديد الخصائص الكيميائية (اليود، والبيروكسيد، وملف تعريف الأحماض الدهنية بواسطة من GPC) للزيت الذي تم الحصول عليه. وأظهرت النتائج التي تم الحصول عليها، من وجهة نظر كيميائية، أن زيت الفستق والكاجو يفي بمعايير الجودة المطلوبة في الدستور الغذائي. كما أظهرت تركيبة الأحماض الدهنية أن زيت الفستق والكاجو غني جدًا بالأحماض الدهنية المشبعة 0: C4 ، 0: C6 ، 0: C8 ، 0: C10 ، 0: C11 ، 0: C12 ، 0: C13 ، 0: C14 ، 0: C15 ، 0: C16 ، 0: C17 ، 0: C18 ، 0: C20 و 0: C23 بمعدل وصل إلى 8.95% للفستق و 15.55% للكاجو . وللأحماض الدهنية غير المشبعة 1: C14 ، 1: C15 ، 1: C16 ، 1: C17 ، 1: C18 ، 9- n-1 c + t ، 6- n-2 c + t ، 3- n-3 c + t ، 2: C20 ، 1: C20 ، 3: C18 ، 6- n-2 c + t ، 3: C18 ، 4- n-6 ، 5: C20 ، 6: C22 و 1: C24 بمعدل 44.90% للفستق و 67.74% للكاجو. مما يجعل الاهتمام أكثر بهذا الزيت نظرا للاحتفاظ بخصائصه على المدى الطويل . بالاضافة الى ذلك اعطى الاستخلاص بطريقة مستخلص مردودا معتبرا من الزيت بلغت 28 بالمائة بالنسبة للفستق و 20 بالمائة بالنسبة للكاجو مما يجعل بذور الفستق و الكاجو مصدرا قويا لهذا الزيت النباتي.

الكلمات المفتاحية: زيت الفستق ، زيت الكاجو ، المؤشرات الكيميائية ، الأحماض الدهنية ، CPG

SOMMAIRE

Dédicace

Remerciements

Résumé

Abstract

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction

Partie Théorique

Chapitre I

Les huiles végétales

I-1- Historique:.....	6
I-2- Définition :.....	7
I-3- Composition chimique des huiles végétales:.....	8
I-3-1-La fraction saponifiable:.....	9
I-3-2- La fraction insaponifiable :	12
I-4-Les Caractéristique des huiles végétales:.....	15
I-4-1-Propriétés physiques :	15
I-4-2-Propriétés chimiques :	17
I-5-Trituration:	18
I-5-1-Principes généraux de la trituration:	18
I-5-2-Procédé Extraction des huiles:.....	18
I-6-Raffinage de l'huile:	20

I-6-1-Le raffinage des corps gras	20
I-6-2- Les procédés de raffinage	20
I-6-3-Effets du raffinage sur quelques composés mineurs des huiles végétales:	23
I-7-Le marché mondiale des huiles végétales :	23
I-8-Le rôle des huiles végétales :	23
I-9-Les utilisations des huiles végétales :	24

Chapitre II

Pistache (*Pistacia vera*)

II -1-Historique :	26
II-2-Définition :	26
II-3-L'Origine :	26
II-4-Classification :	27
II-5-Morphologie de la plante :	28
II-6-chimie de la plante :	29
II-7-Propriétés biologiques de pistache :	29
II-8-Utilisations de pistache:	30
II-9-Production mondiale de pistache :	30
II-10 Généralités sur l'huile de pistache	31
II- 10-1-Définition	33
II-10-2-Composition en acides gras de l'huile de pistache	34
II-10-3-Propriétés chimiques et organoleptiques de l'huile de pistache :	35
II-10-4-Extraction	37
II-10-4-1- Extraction par action mécanique	37
II-10-4-2-Extraction par solvant :	39
II-10-5- Raffinage :	40

II-10-6- Comparaisons de quelques caractéristiques qualitatif et quantitatif d'huile de pistache par rapport aux autres huiles :	40
II-10-7- Utilisations de l'huile de pistache :	43
A. L'huile de pistache et santé:	43
B- L'huile et son marché	44

Chapitre III

Cajou (Anacardium Occidentale)

III -1-Historique :	47
III-2-Définition:	47
III-3-L'Origine :	47
III-4-Classification :	48
III-5-Morphologie de la plante :	48
III-6- Propriétés biologique de l'anacardium occidentale:.....	51
III-7- Utilisation de l'anacardier:.....	51
III-8- Production mondiale d'Anacardier:.....	52
III-9-Composition en acides gras de l'huile de cajou	54
III-10-Propriétés chimiques et organoleptiques de l'huile de cajou :	55
III-11-Extraction	55
III-11-1- Extraction par action mécanique	55
III-11-2-Extraction par solvant :	56
III-11-3- Raffinage :	57
III-11-4- Comparaisons de quelques caractéristiques qualitatif et quantitatif d'huile de cajou par rapport aux autres huiles:.....	58
III-11-5- Utilisations de l'huile de cajou:	60
A. L'huile de cajou et santé:	61
B- L'huile et son marché	61

Partie Théorique
Chapitre IV
Matériels et Méthodes

IV-1- Cadre de l'étude :	65
IV-2- Échantillonnage :	65
IV-3- Extractions et Identifications de l'huile de pistache et de cajou	65
IV-3-1- L'extraction :	65
IV -3-2-Extraction au Soxhlet :	65
IV -3-3- Détermination de la teneur en matière grasse.....	66
IV-4- Analyses chimiques :	67
IV -4-1- Indice d'iode	67
IV-4-2-Indice de saponification :	68
IV -4-3- Indice de peroxyde :	70
IV-5-La composition en acides gras de l'huile de pistache et de cajou par CPG/FID.....	71
IV-5-1 -L'objectif de la dérivation « La méthylation » :	71
IV-5-2-Analyse par la CPG/FID	73

CHAPITRE V
RESULTATS ET DISCUSSION

V- RESULTATS ET DISCUSSION:	76
V-1- Détermination de la teneur en matière grasse (huile) :	76
V-2-Caractéristiques chimiques de l'huile de pistache et de cajou :	77
V-2-1-Indice d'iode (ISO 660 Deuxième édition 15-05-1996):	77
V-2-2-L'indice de saponification :	77
V-2-3-Indice de peroxyde :	77
V-3-Détermination de la composition en acide gras :	78
Conclusion/perspectives	84

Références	85
ANNEXES	102

Liste des Tableaux

N	TITRE	PAGE
1	Compositions en acides gras de quelques huiles végétales (% des acides gras totaux)	14
2	Teneurs en tocophérols et tocotriénols totaux de quelques huiles végétales, formes majoritaires selon les huiles et pouvoir vitaminique E global (en α -tocophérol équivalent)	15
3	Caractéristiques physiques de quelques huiles	16
4	Classification de pistacia vera	27
5	Caractère distinctives entre pied male et femelle	28
6	La composition en nutriments de 100 g de pistache vraie (pistacia vera) grillée	29
7	Volume de production mondial de pistacia vera principaux pays producteurs dans le monde en 2007/2018.	31
8	Composition en acides gras d'huile de fruit de Pistacia vera L'étude de Saidi et al. (2009) sur l'huile de lentisque de la région Kroumirie (Tunisie) a révélée à une composition en acide gras proche à celle de Mezni et al. (2012).	34
9	Propriétés chimiques de l'huile de Pistacia vera	36
10	Propriétés chimiques de l'huile de Pistacia vera des fruits murs et non mures	37
11	Teneur en huile de quelques plantes oléagineuses	41
12	Composition en acides gras pour différents huiles	41
13	Température critique de quelques huiles végétales alimentaires	43
14	Composition chimique de la noix de cajou	51
15	Composition en acide gras de l'huile de cajou	54
16	Propriétés physico-chimiques et organoleptiques de l'huile de cajou	55
17	Teneur en huile de quelques plantes oléagineuses	58
18	Composition en acides gras de quelques huiles végétales	59
19	Température critique de quelques huiles végétales alimentaires	60
20	Rendement extraction de l'huile de pistache et celui du cajou par soxhlet	76
21	Les indices de cajou et pistache	77
22	la composition en acide gras de cajou et de pistache	78

Liste des figures

N	TITRE	PAGE
1	Composition panoramique des corps gras et importance relative des principales classes de composées	8
2	Constituants des huiles végétales	9
3	Structure du glycérol (à gauche) et d'un acide gras (à droite)	9
4	Structure des mono- di- et triglycérides des acides gras	10
5	Structure d'un acide gras saturé et insaturé	11
6	Exemples d'acides gras saturés (acide stéarique), mono-insaturé (acide oléique), et polyinsaturé de la série oméga-6 (acide linoléique, souvent abrégé en LA) et oméga-3 (acide α -linolénique, souvent abrégé en ALA ou LNA).	12
7	Structure et dénomination des quatres types de tocophérols	13
8	Structure de caroténoïdes	13
9	Les différents types d'extraction par solvants volatils	20
10	Consommation mondiale par type d'huile végétale en 2018	23
11	Structures chimique des anthocyanes de fruits de Pistacia vera	35
12	Structures chimiques des polyphénols de fruits de Pistacia vera	35
13	Schéma d'un Soxhlet	38
14	Le fruit de l'anacardier	49
15	Production de noix de cajou en volume au niveau mondial de 2007 à 2018	53
16	Les étapes de méthylation et d'identification d'huile de Pistache et de cajou par CPG/FID	72
17	Chromatographie en phase gazeuse	73
18	Description d'une chromatographie en phase gazeuse (CPG)	74
19	Chromatogramme de pistache	81
20	Chromatogramme de cajou	81

Liste des abréviations

AG: Acide Gras

AGMI: Acide Gras Mono-insaturé

AGPI: Acide Gras Poly-insaturé

AGS: Acide Gras Saturé

CPG : Chromatographie en phase gazeuse

E.D : Eau distillé

FID : Détecteur à Ionisation de Flamme

I.A: Indice Acide

I.E: Indice Ester

I.I : Indice Iode

I.P: Indice Peroxyde

I.S: Indice Saponifications

RDT: Rendement

TG : Triglycéride

INTRODUCTION

Introduction

Les huiles végétales représentent un ensemble très vaste de corps gras d'origine, de composition, de qualité et de goûts différents. Celles-ci sont présentées selon leurs caractéristiques physico-chimiques, leur mode de fabrication, leur composition en acides gras, en vitamines, en composés mineurs, leur intérêt nutritionnel et leurs usages. Toutes ont un intérêt différent. [1]

Les huiles végétales jouent un rôle essentiel dans notre alimentation. Elles contribuent à assurer des fonctions nutritionnelles, énergétiques et des fonctions technologiques. La transformation des graines oléagineuses en huile commerciale met en œuvre une succession d'étapes de trituration des graines (broyage, décorticage, aplatissage, cuisson, séchage, pressage et extraction par l'hexane) et de raffinage des huiles brutes (dégommage, neutralisation, décoloration, désodorisation, décirage) réalisées dans des appareillages spécifiques conçus pour chacune d'entre elles. [2]

Le pistache (*pistacia vera*) et le cajou (*Anacardium Occidentale*) est l'une des plus importantes oléagineuses cultivées dans le monde. Cette plante occupe une place importante dans l'alimentation humaine être présentée une source de lipide (50%), de protéine (26%) et de vitamines et sels minéraux. Le succès de cette plante réside dans le fait que c'est une oléo-protéagineuse aux nombreuses utilisations fourragères et alimentaires (tourteaux, graine et huile). [4]

L'huile pistache et cajou est une huile végétale préparée et extraite à partir des graines pistache et graines cajou. [3]

La composition chimique de l'huile de pistache et cajou confère une bonne aptitude pour la friture. Son humidité en fait une huile industrielle très appréciée pour la fabrication de certains produits alimentaires. [3]

Sur le plan nutritionnel, les bienfaits de cette huile sur notre santé sont indéniables. Par ailleurs, elle est très riche en acide gras essentiel $\omega 6$ (acide linoléique) et en antioxydants ; ce qui fait d'elle un aliment qui peut contribuer à réduire le risque de maladies cardiovasculaires.[4] la pistache et cajou produite dans le monde est principalement transformée en huile, en farine et en dérivés qui entrent dans la composition de produits alimentaires.

la composition totale d'acide gras de l'huile des graines de pistache 100% et cajou 25% pour les acides gras saturés et insaturés, respectivement. Les acides gras les plus abondantes de l'huile de graines de pistache et cajou e sont l'acide : Acide laurique (12 :0), Acide

myristique (14:0), Acide palmitique (16:0), Acide palmitoléique (16:1n-9), Acide stéarique (18:0), Acide oléique (18:1n-9), Acide lénoléique (18:2n-6), Acide linoléique (18:3n-6), Acide arachidonique (20:4n-6).....et al.), qui, représentent un taux de 36.7% des acides gras totaux de pistache et cajou 28.3%. En termes de diététique, l'huile pistache et cajou sont donc riches en acides gras essentiels ω -6 (acide linoléique), et son rapport ω -6/ ω -3 variant de 8,22480445 pour le pistache et 15,5414558 pour le cajou qui lui permet de se figurer parmi les huiles dites huiles pour assaisonnement.[5]

A part l'usage alimentaire, l'huile de pistache et cajou sont également employées en savonnerie pour fabriquer divers types de détergents, en cosmétique comme agent excipient de lotion démaquillante, de lait de beauté grâce à sa teneur en vitamine E, sa non-siccativité, ses minéraux et les acides gras essentiels qu'elle renferme, en industrie des peintures hauts de gamme et enfin récemment dans la filière de biocarburant. [6]

C'est dans un cadre de l'évaluation de l'analyse de l'huile de pistache et cajou que nous avons jugé nécessaire d'identifier leurs caractéristiques chimiques. C'est dans cette optique que se situe notre étude dont les objectifs principaux se résument dans les volets suivants :

- ❖ L'extraction des huiles végétales à partir des graines de pistache et de cajou
- ❖ La détermination de caractéristiques chimiques de l'huile végétale de graines de pistache et de cajou
- ❖ La composition chimique quantitativement et qualitativement en acides gras de l'huile végétale des graines de pistache et de cajou extraites par la chromatographie en phase gazeuse (CPG/FID) :

Pour cela notre travail, a été organisé comme suit :

- ✚ Une introduction.
- ✚ Une partie bibliographique composée de deux chapitres qui nous renseigne sur les huiles végétales (leurs compositions, caractéristiques, utilisations... etc.) et qui nous informe également sur la pistache et le cajou.
- ✚ Un chapitre intitulé « matériel et méthodes » dans lequel sont citées toutes les méthodes d'extraction des huiles et les techniques d'analyses chimiques utilisées, ainsi que l'analyse en acides gras.
- ✚ Un dernier chapitre est réservé pour les résultats obtenus et leurs discussions,
- ✚ Une conclusion générale et perspective.

CHAPITRE 1 :

LES HUILES VEGETALES

I-1 Historique

L'huile a une place importante dans l'alimentation, notre organisme ayant besoin d'un apport calorique d'environ 30% de lipides.[7]

Les huiles sont généralement les corps gras qui se présentent à l'état solide à température ambiante, sont des substances insolubles dans l'eau mais très solubles dans les solvants organiques tels que les hydrocarbures. Les huiles appartiennent à la classe des lipides, lesquels englobent aussi des métabolites pouvant être solubles dans l'eau. Il existe des traces de connaissance et d'utilisation des corps gras par les humains depuis des millénaires, non seulement pour l'alimentation mais aussi pour l'éclairage, la cosmétique, la protection du cuir, les onguents, peintures, lubrifiants et autres savons. Les graisses animales ont probablement constitué la source initiale, avant que ne soient employées les huiles végétales de graines et de pulpes. Cette diversité d'usages, parfois conflictuelle, perdure aujourd'hui. Les sources se sont diversifiées, donnant naissance à autant de filières oléagineuses intégrant secteurs agricoles et industriels. Si les usages alimentaires restent largement majoritaires, une part croissante des huiles est désormais utilisée comme carburant et pour la chimie « moderne », et ce depuis le début du 20ème siècle, avant même que naisse la pétrochimie. Les propriétés de la qualité d'huile sont appréciées à travers plusieurs paramètres permettant une sélection en fonction des applications. Il existe ainsi un lien complexe entre composition chimique, propriétés et application. [8]

Les huiles sont les aliments les plus riches en énergie (37 kJ/g contre 17 kJ/g pour les sucres). Elles sont constituées à plus de 90 % de triglycérides (également appelés triacylglycérols, et abrégés TG). La fraction complémentaire comprend un ensemble complexe de composés, minoritaires sur le plan pondéral mais importants d'un point de vue nutritionnel. [9]

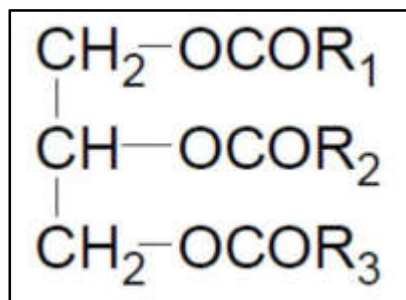
Si la teneur en ces composés dépend de l'espèce végétale, la composition pour une espèce donnée varie aussi en fonction de la qualité du fruit ou de la graine, ainsi que des techniques d'extraction et de raffinage. De plus, durant le stockage de l'huile, des réactions de dégradation modifient sa composition. L'analyse des composants mineurs permet d'en apprécier l'origine, la méthode d'extraction et de raffinage, mais aussi l'état de dégradation, et donc la qualité [8]

I-2 -Définition :

Les huiles végétales sont des substances insolubles dans l'eau, mais dans les solvants organiques constituées en majeure une partie d'ester de glycérol et d'acides gras. Elles sont extraites des graines, des amandes et des fruits. Les oléagineux sont ceux qui servent à produire industriellement de l'huile et qui sont cultivés dans ce but. Parmi les plantes cultivées pour leur huile, en citant : *l'arachide*, *l'olivier*, le *colza*, le *ricin*, le *soja* et le *tournesol*, *Jatropha curcas*. En général toutes les graines contiennent de l'huile (Chaib et Khenfer. 2013). [9]

Les triglycérides, composants principaux des huiles végétales Les TG sont des triesters d'acides gras (AG) et de glycérol, ce dernier comportant trois fonctions alcool [10]

Leur formule générale s'écrit : (bibfac.univ.tlemcen.dz)



Contrairement aux autres corps gras (beurre, margarine, crème fraîche, saindoux, suif, autres corps gras d'origine animale) qui contiennent une proportion variable d'eau, les huiles ne contiennent pas d'eau, mais près de 100 % de lipides.

On distingue, selon leur point de fusion, déterminant leur solidité à température ambiante :

- les huiles fluides, majoritaires.
- les huiles solides, ou graisses concrètes : huile ou graisse de palme, de palmiste issu du palmier à huile, de coprah issue de la noix de coco, « beurre » de karité et beurre de cacao. Ces huiles solides sont des huiles dites « tropicales », dont le point de fusion, c'est-à-dire la température à laquelle elles passent d'une consistance solide à une consistance liquide, est haut : ceci leur permet de rester solides, même lorsque la température ambiante atteint ou dépasse 40°C. Cette caractéristique témoigne d'un faible nombre total de doubles liaisons et, donc, d'une teneur élevée en acides gras saturés. De même, la fluidité d'une huile végétale liquide est d'autant plus importante qu'elle est riche en acides gras polyinsaturés. [11]

I-3-Composition chimique des huiles végétales

Un corps gras (huile ou graisse) est composé d'une grande variété de constituants que la figure 1 présente de façon panoramique ; les triglycérides sont très largement majoritaires (95-99%) : ils sont composés de glycérol (3-5%) et d'acides gras (90-95%). D'autres constituants sont naturellement présents en plus faible quantité : des lipides à caractère polaire tels que les phospholipides (0,1-0,2 %) et des composés dits insaponifiables appartenant à une fraction non glycéridique (0,1 à 3 %) principalement représentés par les stérols et les tocophérols & tocotriénols mais contenant également des caroténoïdes, des alcools terpéniques, du squalène, des composés phénoliques, etc. [11] . Figure (01)

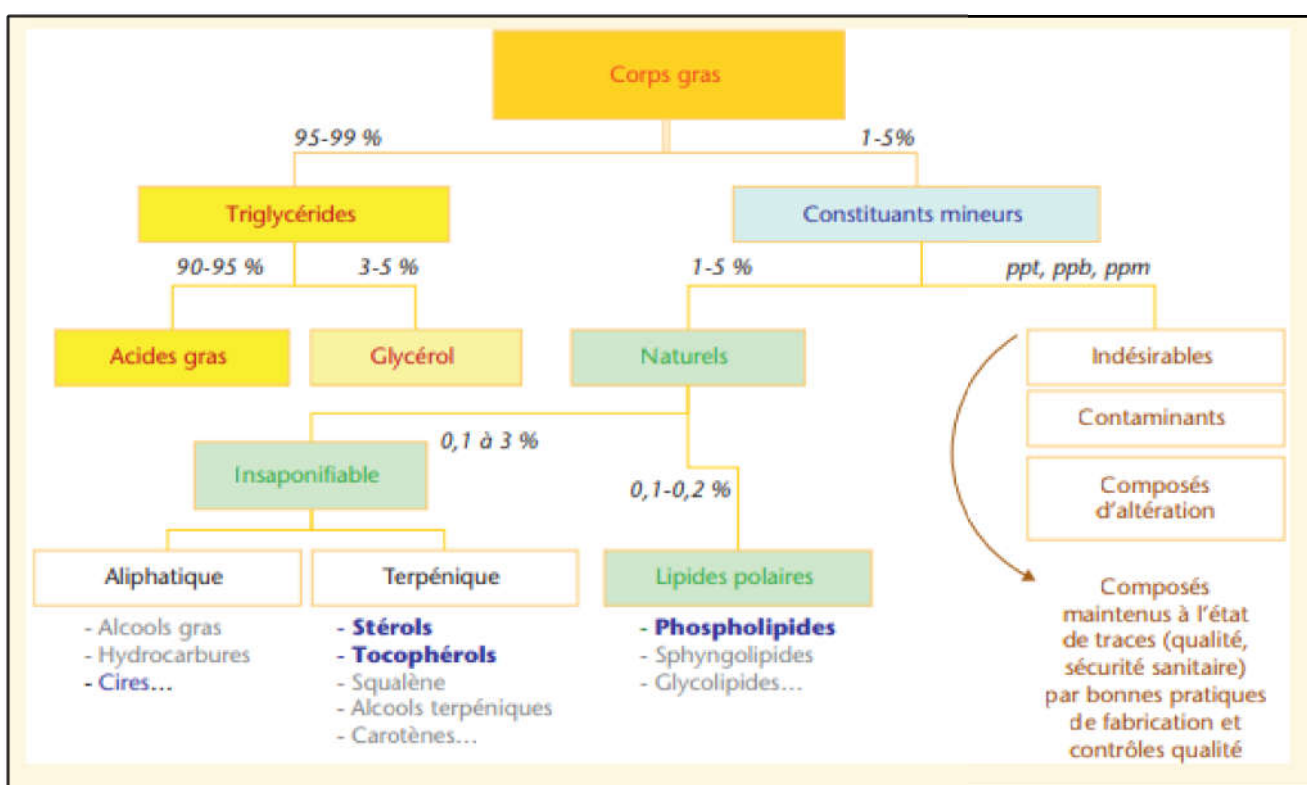


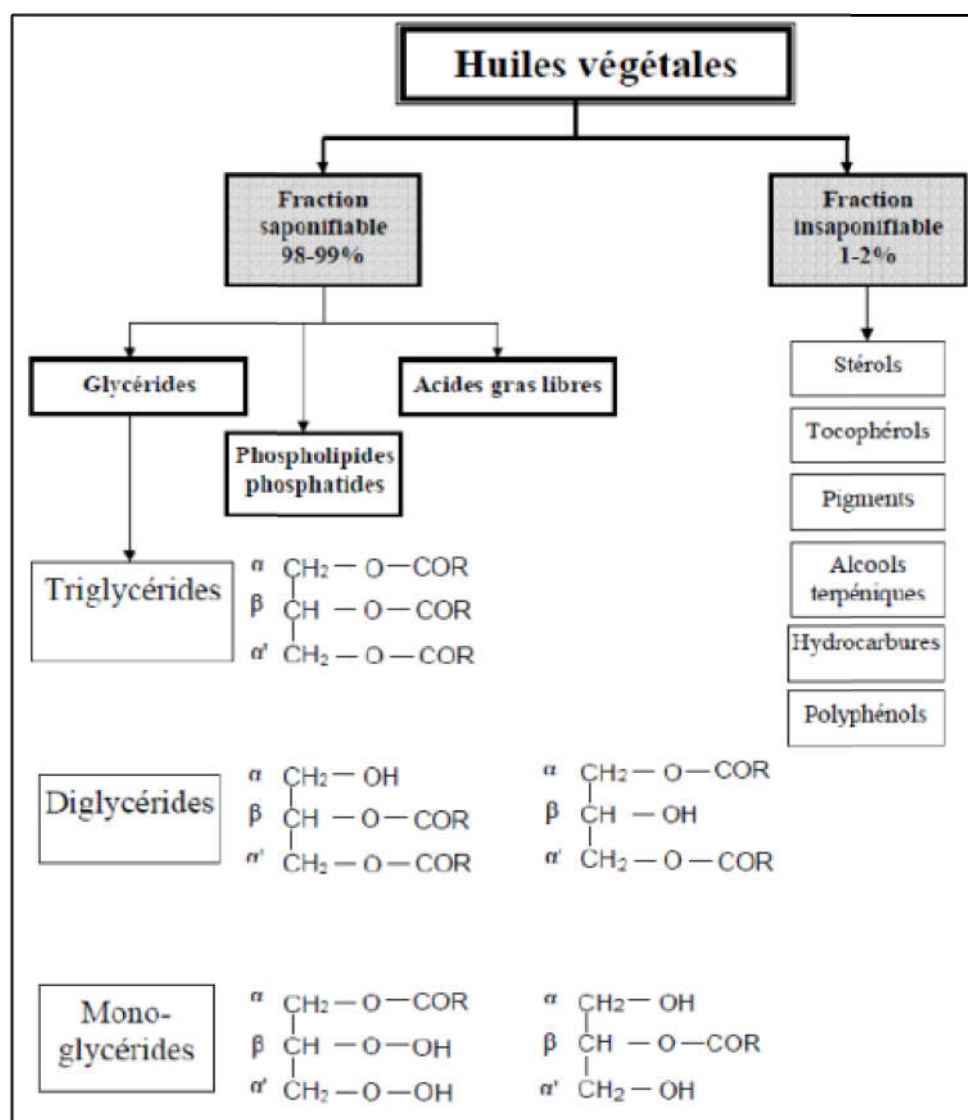
Figure (01): Composition panoramique des corps gras et importance relative des principales classes de composées

On peut parler aussi de deux fractions dans les corps gras,

: $\frac{3}{4}$ une fraction saponifiable représentant un pourcentage massique de 98 à 99%

; $\frac{1}{4}$ une fraction insaponifiable représentant un pourcentage massique de 1 à 2%.

La composition de chacune de ces deux fractions est donnée dans la figure (2). [12]



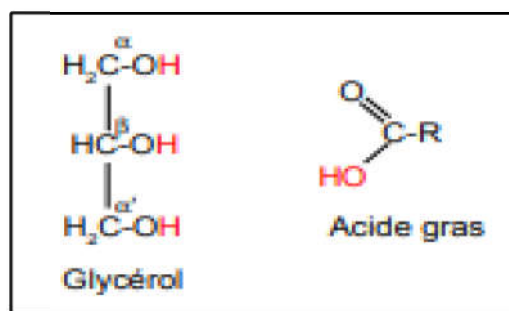


Figure (03) . Structure du glycérol (à gauche) et d'un acide gras (à droite).

C : atome de carbone ; O : atome d'oxygène ; H = atome d'hydrogène ; R. [15] : « radical », terme qui indique une chaîne d'atomes de carbone et d'hydrogène à longueur variable. Les exposants α , α' et β sont utilisés pour différencier les trois atomes de carbone du glycérol. En rouge les atomes qui vont former une molécule d'eau éliminée dans la formation de l'ester. Selon que cette réaction concerne un, deux ou trois acides gras on obtient les mono-, di- ou triglycérides des acides gras (figure 3.)

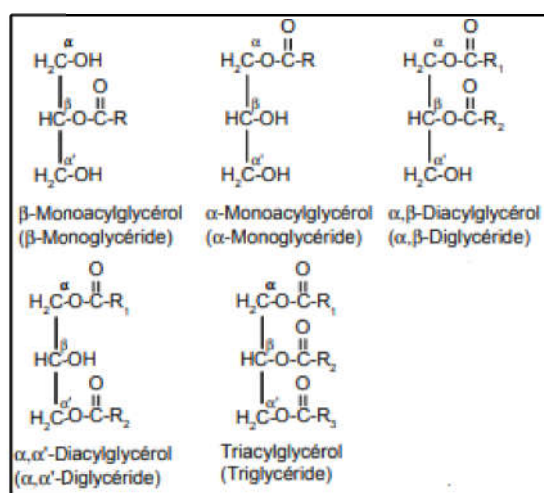
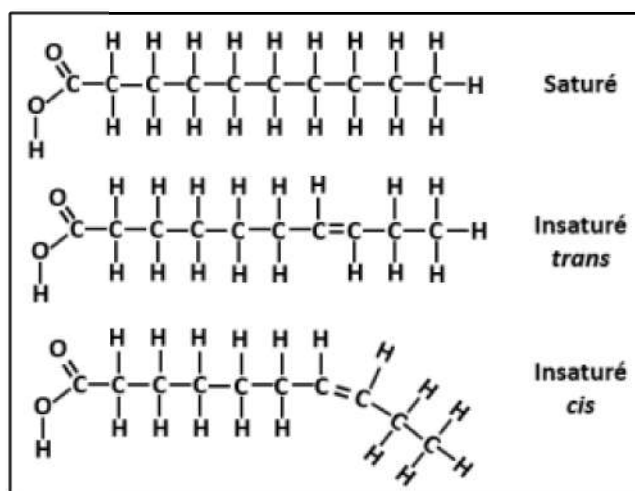


Figure (04): Structure des mono- di- et triglycérides des acides gras.

La grande variabilité chimique des triglycérides vient du fait que plusieurs acides gras différents peuvent se lier avec le glycérol, y apportant des propriétés physico-chimiques spécifiques et qui ont des effets bien précis sur notre santé .[16] Figure (04)

B) les acides gras:

Les acides gras (AG) constitutifs des TAG diffèrent entre eux par la longueur de la chaîne carbonée et le nombre de doubles liaisons entre 2 atomes de carbone (C), ces liaisons se trouvant naturellement sous la forme *cis* (ou *Z*). On trouve ainsi des acides gras à chaînes courtes (AGCC : 4 à 6 atomes de C), moyennes (AGML : 8 à 12 C), longues (AGCL : 14 à 18 C) et très longues (AGCTL : 20 C ou plus). [17]



Figure(05): Structure d'un acide gras saturé et insaturé (en configuration trans et cis).

On peut aussi classer les acides gras :

B) -1 Acides gras saturés :

Les atomes de carbone de la chaîne tous liés par une seule liaison (forte) : cette liaison est représentée par C-C. On parle alors ; d'acide gras saturé parce que il contient le maximum d'atomes d'hydrogène (l'acide gras est saturé en hydrogène). [14]

B) -2 Acides gras insaturés :

Lorsque deux atomes de carbone sont liés par deux liaisons (une forte, l'autre plus faible), l'acide gras est dit mono insaturé : cette liaison est représentée par C=C. Si deux ou plusieurs paires d'atomes de carbone sont liées par des doubles liaisons, on parle d'acides gras polyinsaturés. [14]

La position de la première double liaison à partir de la queue de la chaîne permet de classer les acides gras en plusieurs séries oméga (ω : celle-ci étant la dernière lettre de l'alphabet grecque, elle est utilisé justement pour indiquer la queue de la chaîne, extrémité opposée au groupe acide qui est pris comme tête de la chaîne). Les acides gras ω -x, présentent la première double liaison sur le xième atome de carbone à partir de la queue. On indique un acide gras saturé par $C_n:0$ où n est le nombre d'atomes de carbone dans la chaîne et 0 indique qu'il n'y a aucune double liaison. On indique par $C_n:m \omega$ -x un acide gras saturé de la série oméga-x ($x = 3, 5, 6, 7, 9, 10, 12$) 2 ; n est le nombre d'atomes de carbone dans la chaîne et m le nombre de double liaisons. Figure (05)

Les séries les plus abondantes et importantes sont les séries oméga-3, oméga-6 et oméga-9. [14]

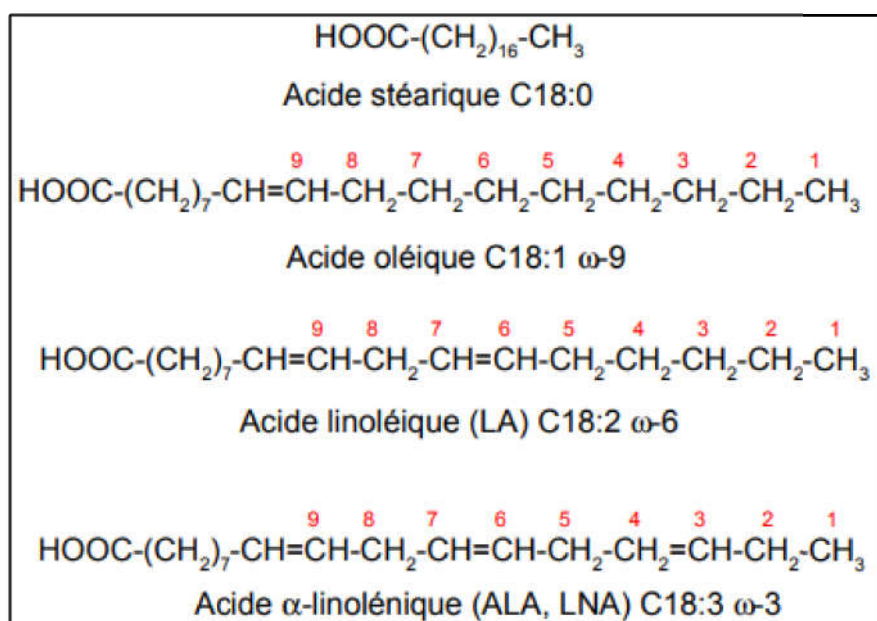


Figure (06): Exemples d'acides gras saturés (acide stéarique), mono-insaturé (acide oléique), et polyinsaturé de la série oméga-6 (acide linoléique, souvent abrégé en LA) et oméga-3 (acide α-linolénique, souvent abrégé en ALA ou LNA).

Selon leurs compositions en acides gras, les corps gras d'origine végétale (huiles, graisses, beurres végétaux) se répartissent entre différentes familles. Selon les critères de caractérisation de ces familles, elles peuvent être plus ou moins nombreuses (Dubois et al, 2008) mais il en existe quatre principales

- famille oléique ou cet acide gras, principal représentant des acides gras mono-insaturés (AGMI), est majoritaire : huiles d'olive, d'arachide, de noisette, les variétés de tournesol et de colza riches en acide oléique et l'huile de colza elle-même ;
- famille linoléique ou cet acide gras (C18:2 oméga-6), acide gras polyinsaturé (AGPI), est majoritaire : huiles de soja, de tournesol, de germe de maïs et de pépins de raisin ;
- famille α-linolénique ou cet acide gras (C18:3 oméga-3/AGPI) est présent en quantité significative : huiles de colza, de soja, de noix et de lin ou cet acide gras est majoritaire
- famille des corps gras riches en acides gras saturés (AGS) avec leurs principaux représentants (C12:0, C16:0, C18:0) présents en quantité moyenne à forte : les huiles de palme, les huiles de palmiste et de coprah riches en acide laurique (C12:0), le beurre de cacao et pour comparaison la matière grasse de beurre.[11] Figure (06)

I-3-2 La fraction insaponifiable

La quantité des composés mineurs varie selon que l'huile considérée soit dans son état natif ou qu'elle soit raffinée. Leur quantité sera réduite dans le second cas. [17]

A) Les vitamines liposolubles

❖ Vitamine E, (Tocophérol) ;

Les tocophérols autrement appelés vitamine E, sont des molécules liposolubles. Il en existe 4 formes sont présentées dans la figure 7 : la forme α est la plus active (100 %), les formes β et γ présentent des activités plus faibles (respectivement 50 % et 10 %) et la forme δ ne possède qu'un très faible pouvoir vitaminique E [18]. Les différentes formes se distinguent par le nombre et la position des groupes méthyles sur le noyau chromanol. Ils présentent des propriétés antioxydants, [19]

Nom	R ₁	R ₂	R ₃
α -tocophérol	CH ₃	CH ₃	CH ₃
β -tocophérol	CH ₃	H	CH ₃
γ -tocophérol	H	CH ₃	CH ₃
δ -tocophérol	H	H	CH ₃

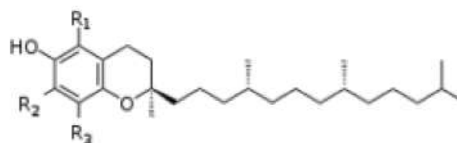


Figure (07): Structure et dénomination des quatre types de tocophérols

❖ Vitamine A et caroténoïdes :

Les caroténoïdes sont des hydrocarbures fortement insaturés, de couleur allant du jaune à l'orange.[20] Ils constituent des pigments liposolubles sensibles à la chaleur, à la lumière et aux rayons ultraviolets et ayant pour formule brute C₄₀H₅₆. Ils comprennent les carotènes et les xanthophylles et se présentent sous plusieurs types (α , β , γ). Les principaux carotènes rencontrés dans les huiles végétales sont les β carotènes.[21] Figure (08)

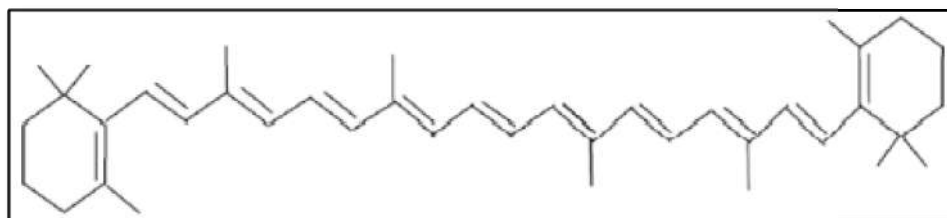


Figure (08) : Structure de caroténoïdes. [22]

Tableau (01): Compositions en acides gras de quelques huiles végétales (% des acides gras totaux)

Huiles/corps gras		Noix	Olive (COI/UE)	Pepins de raisin	Sesame	Soja	Tournesol	Tournesol oléique
Ac. gras								
<i>saturés</i>								
Ac.myristique	C14:0	-	< 0,05	< 0,3	< 0,1	< 0,2	< 0,2	-
Ac.palmitique	C16:0	6-8	7,5-20,0	7-10	8-11	8-13	5-8	3,0-4,8
Ac.margarique	C17:0	< 0,1	< 0,3	< 0,1	< 0,3	-	< 0,1	-
Ac.stéarique	C18:0	1-3	0,5-5,0	3-6	4-6	3-6	4-6	3,0-4,5
Ac.arachidique	C20:0	< 0,3	< 0,6	< 0,3	< 1	< 1	< 0,5	0,2-0,5
Ac.béhenique	C22:0	< 0,2	0,2	< 0,5	< 0,3	< 0,7	0,5-1	0,5-1,1
Ac.lignocérique	C24:0	-	0,2	-	< 0,3	< 0,4	< 0,3	< 0,5
<i>mono-insaturés</i>								
Ac.palmitoléique	C16:1 n-7	< 0,2	0,3-3,5	< 0,5	< 0,2	< 0,2	< 0,5	< 0,1
Ac.heptadécénoïque	C17:1	-	< 0,3	< 0,1	-	-	-	-
Ac.oléique	C18:1 n-9	14-21	55-83	14-22	36-42	17-26	15-25	75-85
Ac.gadoléique/ gondoïque	C20:1 n-11/ n-9	< 0,3	0,4	< 0,2	< 0,4	< 0,4	< 0,5	0,1-0,5
Ac.érucique	C22:1 n-9	-	-	-	-	< 0,2	< 0,2	< 0,1
<i>polyinsaturés</i>								
Ac.linoléique	C18:2 n-6	54-65	3,5-21,0	65-73	39-47	50-62	62-70	7,0-17,0
Ac.alphalinoléique	C18:3 n-3	9-15	< 0,9	< 0,5	< 0,6	4-10	< 0,2	< 0,3
Ac.gras saturés	AGS	7-11	9-26	11-17	13-19	11-21	10-16	6-10
Ac.gras mono-insaturés	AGMI	14-21	56-87	15-23	36-43	17-27	15-26	75-83
Ac.gras polyinsaturés	AGPI	63-80	4-22	65-73	40-48	54-72	62-70	10-21
								& C20:2 n-6, ND-0,3 & C20:4 n-6, ND-0,1

B) les antioxydants

❖ **Le tocotriénol** : C'est un analogue de la structure du tocophérol qui possède certaines propriétés physiologiques qu'on n'observe pas chez le tocophérol ; par exemple son activité hypocholestérolémiant. [23]. Tab(2)

❖ **Le phytostérol** : Toutes les huiles végétales en contiennent (de 0.1 à 0.5% en moyenne) et leur structure moléculaire présente de fortes analogies avec le cholestérol. Apportés en qualité suffisante par l'alimentation (de 2 à 3 g/j), ils ont un rôle hypocholestérolémiant qui ne peut être obtenu qu'avec la consommation de produits enrichis en phytotrons puisque l'apport total journalier est estimé à moins de 500 mg. [24]. Tab(2)

Tableau (02): Teneurs en tocophérols et tocotriénols totaux de quelques huiles végétales, formes majoritaires selon les huiles et pouvoir vitaminique E global (en α -tocophérol équivalent). [25]

Huile/corps gras	Tocophérols totaux (mg/100 g d'huile)	Formes majoritaires	Pouvoir vitaminique E pour 100 g d'huile ...	... et rang correspondant
Olive	5-15	α	5-10	8
Pépins de raisin	30-50	α , γ tocotriénols	10-30	7
Noisette	30-55	α	30-55	3
Noix	55-60	γ	5-10	8
Colza	60-90	γ	20-40	4
Palme	30-100	tocotriénols	10-30	7
Arachide	30-100	α	5-30	5
Tournesol	70-120	α , γ	45-110	2
Soja	80-170	γ , δ	10-40	6
Germe de maïs	110-185	γ	10-40	6
Germe de blé	300-350	α , β	135-225	1

I-4-Les Caractéristiques des huiles végétales:

I.4.1 Les propriétés physiques

Les huiles sont fluides à température ambiante, riches en acides gras insaturés à bas point de fusion. Les triglycérides sont des composés polymorphes et revêtent plusieurs formes cristallines. Chaque forme cristalline a un point de fusion, une viscosité relativement élevée Tab(03).[26]

– La viscosité :

La viscosité cinématique est déterminée en mesurant, à une température donnée, la durée de l'écoulement d'un volume connu de liquide à travers un appareil comportant un orifice (tube calibré ou tube capillaire) de dimensions normalisées et elle s'exprime en m^2/s , Stoke (St) ou centistoke (cSt). Elle dépend de la structure et de la température des huiles. Par ailleurs, la viscosité dynamique caractérise les couches de lubrifiant à frotter ou à glisser les unes sur les autres, c'est aussi le produit de la viscosité cinématique ν par la masse volumique du fluide ρ et elle s'exprime en Pa. s (pascal. Seconde) ou $\text{N.s}/\text{m}^2$; poise (P) et centpoise (cP). A 20 °C la viscosité de l'huile d'arachide est de 84 mm^2/s tandis que celle de l'huile de palme à 50 °C est de 30 mm^2/s . [27]

– **La masse volumique :**

La masse volumique est la masse exprimée en kilogramme contenu dans un volume d'un mètre cube. Dans le cas des huiles, la masse volumique ou la densité sont surtout utiles comme moyen d'identification ou de contrôle . La densité varie avec la pression et la température. La masse volumique de l'huile est élevée pour des composés ayant une insaturation faible. Pour des composés ayant le degré d'insaturation identique, elle croît lorsque la longueur des chaînes baisse. La masse volumique de l'huile d'arachide et de coton, est respectivement comprise entre 0,917-0,921 g/cm³ et 0,914-0,925 g/cm³ à 20 °C.[26]

– **Point trouble, Point d'écoulement :**

Le point trouble est la température à laquelle apparaît un début de cristallisation ou de dépôt dans l'huile se traduisant par une altération de la limpidité. Il permet de prévoir le comportement de l'huile dans une période froide. Le point d'écoulement définit la température à laquelle une huile chauffée, puis refroidie dans des conditions bien précises et normalisées, cesse de couler (cristallise ou se solidifie) .[27]

L'indice de réfraction :

L'indice de réfraction est le rapport de vitesse de la lumière dans le vide à la vitesse de la lumière dans l'huile. Il renseigne sur l'état de dégradation d'une huile. En effet, la présence d'acides gras libres abaisse fortement l'indice de réfraction .

Tableau(03):Caractéristiques physiques de quelques huiles.

Huile	Point de fusion (°C)	Densité	Viscosité (cSt)	Indice de cétane
Tournesol	-15	0.94	66	30/33
Lin	-24	0.93	45-50	-
Colza	<2	0.91	98	32/36
Olive	0	0.91	84	-
Soja	-15	0.91	57-76	36/39
Palme	37 à 40	0.92	-	38/40
Arachide	2 à 13	0.94	84	39/41
Palmiste	26 à 28	0.92	-	-
Coco	21 à 25	0.92	-	-

I.4.2 Les propriétés chimiques

– L'indice d'acide :

L'indice d'acide (Ia) est la masse (mg) de potasse alcoolique (hydroxyde de potassium, KOH) qui sert à neutraliser l'acidité contenue dans 1 g de corps gras. C'est aussi le nombre d'acide oléique pour 100 g de substance. Il permet de connaître la quantité d'acide libre présent dans l'huile. Une huile est considérée consommable si sa teneur en acide libre est inférieure à 1 % en masse. Cette caractéristique rend compte de l'état de dégradation d'une huile dans la mesure où les acides gras libres sont des produits de dégradation et plus particulièrement d'hydrolyse des triglycérides. La qualité d'une huile est donc définie par sa quantité en acides gras libres, plus cette quantité est faible, plus l'huile est de bonne qualité. [28]

– L'indice de saponification :

L'indice de saponification (Is) est la masse (mg) de potasse (KOH) nécessaire pour neutraliser l'acidité libre et saponifier les esters d'un gramme de lipides. Cet indice est d'autant plus faible que les acides gras liés au glycérol ont un poids moléculaire plus élevé. [29]

– L'indice d'ester :

L'indice d'ester (Ie) est la masse de potasse (KOH) (mg) nécessaire pour saponifier les acides gras estérifiés contenu dans 1 g de matière grasse. On le calcule par la différence entre l'indice de saponification et l'indice d'acide.[30]

– L'indice d'iode :

L'indice d'iode (Ii) est la masse en gramme de d'iode (I₂), nécessaire pour saturer les doubles liaisons de 100 g de lipides (matière grasse). Il permet de connaître le nombre moyen de doubles liaisons présent dans le corps gras et renseigne sur le degré d'insaturation. Plus l'indice d'iode est grand, plus le point de fusion est bas et plus l'huile est fluide. [31]

– L'indice de peroxyde :

L'indice de peroxyde (Ip) est le nombre de microgrammes d'oxygène actif contenu dans 1 g de produit capable d'oxyder l'iodure de potassium avec libération d'iode. Cette méthode permet de mesurer les produits primaires d'oxydations tels que les peroxydes formés lors de l'oxydation lipidique.[32]

– **La teneur en matières insaponifiables :**

La teneur en matières insaponifiables d'un corps gras est l'ensemble des produits présents après saponification de celui-ci par un hydroxyde alcalin suivi d'une extraction par un solvant spécifique et élimination de ce dernier. Cet ensemble est formé par des constituants naturels extraits de matières grasses tels que les stérols, les tocophérols, les alcools aliphatiques supérieurs, les pigments et les hydrocarbures naturels. [33]

1.5- Trituration

1-5-1-Principes généraux de la trituration :

La trituration industrielle est basée sur deux techniques majeures, qui sont la pression mécanique et l'extraction à l'hexane : Les graines dites « riches » en huile (teneur supérieure à 35 % d'huile) sont triturées par pression puis extraction. Les graines classées « pauvres » en huile (teneur inférieure à 35 % d'huile, cas du soja par exemple) subissent généralement une extraction directe à l'hexane après préparation. La trituration industrielle des graines oléagineuses comporte classiquement les étapes suivantes :

Les opérations de préparation des graines: nettoyage et séchage, décorticage ou dépelliculage, préparation mécanique (aplatissage et/ou broyage), conditionnement thermique,

La pression, pour extraire mécaniquement l'huile de la graine; on obtient une huile de pression et un résidu solide, appelé écaïlle de presse, contenant encore un pourcentage non négligeable d'huile (environ 20 %), L'extraction de l'huile résiduelle des écaïlles par solvant (l'hexane); on obtient alors une huile d'extraction et un tourteau déshuilé. [34]

1-5-2-Procédé Extraction des huiles

La technique d'extraction « classique » par solvant, consiste à placer dans un extracteur, un solvant volatil et la matière végétale à traiter. Grâce à des lavages successifs, le solvant va se charger en molécules aromatiques, avant d'être envoyé au concentrateur pour y être distillé à pression atmosphérique. Le produit ainsi obtenu est appelé « concrète ». Cette concrète pourra être par la suite brassée avec de l'alcool absolu, filtrée et glacée pour en extraire les cires végétales. Après une dernière concentration, on obtient une « absolue ». Les rendements sont généralement plus importants par rapport à la distillation et cette technique évite l'action hydrolysante de l'eau ou de la vapeur d'eau. Du fait de l'utilisation de solvants organiques, cette technique présente toutefois des inconvénients qu'il est important de noter. En effet, l'intervention de solvants organiques peut entraîner des risques d'artéfacts et des possibilités de contamination de l'échantillon par des impuretés parfois difficile à éliminer. Le

choix du solvant d'extraction va s'avérer très délicat, d'autant que la législation sur les produits à destination de l'industrie agro-alimentaire est extrêmement rigoureuse. Le solvant choisi, en plus d'être autorisé devra posséder une certaine stabilité face à la chaleur, la lumière ou l'oxygène, sa température d'ébullition sera de préférence basse afin de faciliter son élimination, et il ne devra pas réagir chimiquement avec l'extrait. Parmi les solvants les plus utilisés, on recense : le méthanol, l'éthanol, l'éther de pétrole ou encore le dichlorométhane. Cependant, depuis quelques décennies, l'extraction par solvant a connu d'intéressantes améliorations. L'hydrodistillation-extraction simultanée et l'extraction par Soxhlet en sont les principales. L'hydrodistillation-extraction simultanée (Simultaneous Distillation Extraction : SDE) a été décrite en 1964 pour la première fois par Lickens et Nickerson. Le nom des concepteurs de la technique sera par la suite donné à l'appareillage utilisé pour ce type d'extraction. L'originalité et le principe de cette technique résident dans la rencontre de la vapeur d'eau chargée de molécules aromatiques provenant de l'hydrodistillation et des vapeurs de solvant, entraînant l'extraction des composés aromatiques de la phase aqueuse vers la phase organique. Le passage des deux phases dans la partie réfrigérante va permettre la condensation et la séparation des deux phases dans la partie en U de l'appareil. La conception du procédé assure le recyclage des deux phases. La SDE est une technique actuellement très utilisée dans l'extraction de molécules aromatiques d'origines végétales mais aussi dans l'agro-alimentaire pour la détermination qualitative et quantitative de molécules aromatiques présentes dans certains produits alimentaires. Plus récemment, la SDE a été réalisée sous pression réduite, ce qui permet de réduire les phénomènes d'artéfact comme cela a été mis en évidence en étudiant l'acétate de linalyle.

L'extraction par l'appareil de Soxhlet consiste à faire passer à travers la matière à traiter contenue dans une cartouche de cellulose, un flux descendant de solvant toujours neuf puisque distillé à chaque cycle. Cette technique est loin d'être exclusive aux molécules aromatiques d'origine végétale. Elle est fréquemment utilisée pour l'extraction de lipides, ou de diverses autres catégories de molécules. De plus, cette technique d'extraction a été récemment combinée aux micro-ondes et aux ultra-sons [35] Fig(09)

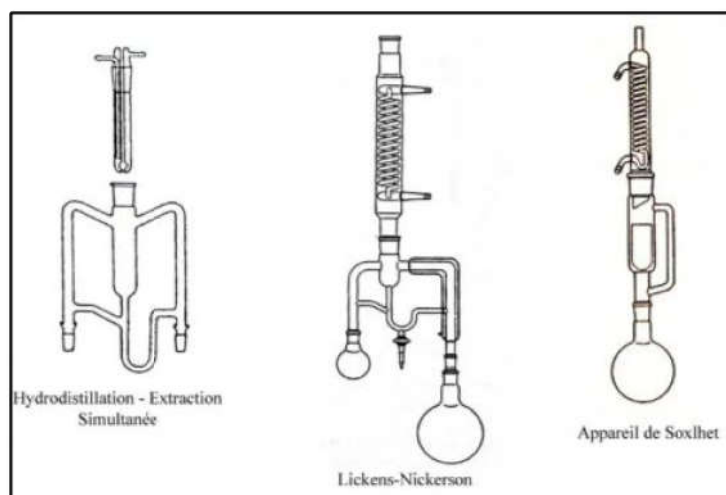


Figure (09) : Les différents types d'extraction par solvants volatils

1-6- Raffinage des huiles

Le raffinage consiste en un certain nombre de traitements qu'on fait subir à une huile brute pour aboutir à un produit pur, non peroxydé, neutre et peu coloré. D'après la littérature, le raffinage entraînerait des pertes en tocophérols allant de 0–82 % et 32–38 % pour des huiles brutes. C'est un traitement de purification qui permet d'obtenir une huile de qualité et qui répond aux exigences réglementaires.

Le raffinage vise à préserver les caractères organoleptiques, nutritionnels ainsi que la stabilité des corps en mettant en œuvre des étapes afin d'éliminer les composés indésirables (gommes, cires, acides gras libres, pigments, traces métalliques, composés odorants volatils) et les contaminants potentiellement présents dans les matières premières, tout en maîtrisant la formation de nouveaux composés indésirables par hydrolyse, oxydation ou isomérisation. [36]

1-6-1- Les procédés corps de raffinage

La conduite du procédé peut au besoin s'adapter aux usages ultérieurs qui seront faits des huiles raffinées produites : un usage alimentaire (ou cosmétique/pharmaceutique) conduira le raffineur à optimiser son procédé afin de conserver les constituants d'intérêt nutritionnel (acides gras polyinsaturés, vitamine E) ; pour un usage technique, le procédé s'adaptera aux emplois visés (par exemple, dans le cas d'un procédé ultérieur de trans-estérification pour la production d'esters méthyliques d'huiles végétales, biocarburant). [37]

1-6-2- Les procédés de raffinage

Il existe deux types de raffinage : chimique et physique. [38]

- **Raffinage physique** comprend la démucilagination, neutralisation, Lavage, Séchage, Décoloration, . La filtration, La désodorisation, La désodorisation. [39]
- **Raffinage chimique** comprend la démucilagination, neutralisation . Lavage, Séchage, Décoloration, . La filtration, La désodorisation, La désodorisation. [40]

-la démucilagination

L'huile brute contient de 1 à 3 % de produits appelés couramment mucilages qui favorisent l'oxydation. Ce sont essentiellement des phospholipides qui présentent des propriétés émulsifiantes bien connues entraînant une augmentation des pertes au raffinage Cette étape vise à éliminer les phospholipides par action de l'acide citrique ou l'acide Phosphorique. [41]

– Neutralisation

efficacité pour les molécules selon leur degré de solubilité en phase aqueuse (conditionnant leur susceptibilité à réagir) et leur instabilité en milieu basique ; parmi les étudiés, seuls le dichlorvos et le maltions subissent une forte diminution de concentration à cette étape ; les autres molécules, bien que plus ou moins instables en milieu basique, n'étant pas affectées. [42]

– Lavages

Le critère important de l'efficacité de cette étape est la solubilité dans l'eau des pesticides ; là encore, seuls le dichlorvos et le maltions subissent une diminution significative lors de ce traitement. Ces résultats sont en accord avec es caractéristiques physicochimiques de ces molécules : solubilité dans l'eau et coefficient de partage octane/eau (KO/E, exprimé comme « logP »), indicateur du caractère plus ou moins lipophile d'une substance. [43]

– Séchage

L'huile lavée a une humidité comprise entre 0.5% et 0.7 % qui doit être réduite à moins de 0.08 % par séchage &sous vide a travers une pulvérisation dans une tour verticale maintenue sous pression 50 mbar et a une température de 90 °C , car cette eau, surtout en présence des savons, peut provoquer un colmatage rapide des filtres utilisés au cours de la décoloration. [44]

– Décoloration

Cette étape appelée aussi blanchiment a un rôle « nettoyant » essentiel dans la purification des huiles (elle vise à éliminer les pigments colorés) (chlorophylle, beta carotène,

xanthophylle) par le phénomène d'adsorption chimique au moyen d'une terre décolorante ou adsorption physique par utilisation du charbon actif. L'huile neutralisée est chauffée à 105°C dans un échangeur tubulaire puis mélangée à cette terre décolorante avant de passer dans un réacteur « décolorateur » travaillant sous vide 50mbar pour être maintenue sous agitation durant 15 à 20 minutes. [45]

– **La filtration**

Cette phase a pour but de séparer la terre chargée de pigments de l'huile décolorée à l'aide de filtres avec des pores d'un diamètre suffisant pour empêcher le passage des matières solides. « Filtres de Niagara, filtre à cricket et filtre à poche » afin d'obtenir une huile limpide débarrassée de toutes impuretés solides (Denise, 1992), cette dernière sera envoyée vers le bac tampon dont la température est de 95°C. [46]

– **La désodorisation**

Etant la dernière étape du raffinage, elle permet d'éliminer les impuretés qui ont pu échapper aux traitements précédents, tel que : acides gras libres et des autres produits (stérols, tocophérols, hydrocarbures...), mais surtout les substances volatiles odoriférantes (aldéhydes et des cétones) afin qu'elle soit plate de goût et d'odeur, souhait du consommateur. C'est très souvent l'étape déterminante pour l'élimination des résidus de pesticides. Les paramètres cruciaux de cette étape sont la température, la durée et la quantité de vapeur injectée. L'augmentation de la durée est surtout importante pour les résidus rémanents présents en quantité plus importante ; l'accroissement de la température augmente le taux de vaporisation des molécules de pesticides, favorisant ainsi leur entraînement par la vapeur et son impact est plus sensible pour les molécules les plus lourdes (critère poids moléculaire) ; le débit de vapeur d'eau injectée. [47]

I-6-3-Effets du raffinage sur quelques composés mineurs des huiles végétales

Généralement les pertes en phytostérols sont estimées entre 10 et 70 % tandis que les pertes moyennes en tocophérols totaux sont estimées entre 30.2 % et 35.5 % [48]

I-7-Le Marché mondiale des huiles végétales

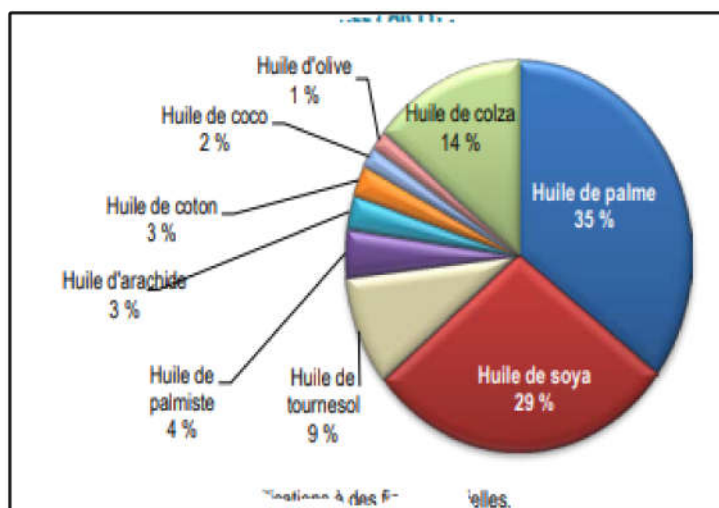


Figure (10): Consommation mondiale par type d'huile végétale en 2018

En 2018, les premiers pays consommateurs et utilisateurs étaient la Chine (19 %), les pays de l'Union européenne (14 %), l'Inde (12 %) et les États-Unis (8 %). Ce classement reflète l'importance que revêtent le poids démographique et le niveau de développement industriel parmi les facteurs déterminant la consommation et l'utilisation des huiles végétales. Bien que certains de ces pays comptent aussi parmi les principaux producteurs, le volume de leur production demeure en deçà de leurs besoins nationaux. Dans ce contexte, les exportations internationales accaparent une large part de la production mondiale d'huiles végétales, soit environ 44 % en 2018. [48] Fig(10)

I-8- Rôle des huiles végétales

Les huiles végétales remplissent 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 de transfert de chaleur, par exemple dans les utilisations en friture).

Elles sont principalement composées de triglycérides (90 à 99 %) eux-mêmes essentiellement constitués d'acides gras (90 à 95 %) et de glycérol (3 à 5 %), et de constituants mineurs naturels (1 à 5 %) regroupant des composés de structure variées tels que les stérols, tocophérols, caroténoïdes ou phospholipides (0,1 à 0,2 %).[49]

I-9-les Utilisations 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 cosmétiques³, produits pharmaceutiques, peintures. [50]

CHAPITRE II :

PISTACHE (PISTACIA VERA)

II-1- Historique

Les savants accompagnants Alexandre le Grand signalaient déjà la culture du *pistachier* en Bactriane. D'après Pline, la pistache comestible fut introduite en Italie, sous le règne de Tibère, par Vitellius gouverneur de la Syrie, de là elle parvint en Espagne où Flacus Pompeius l'importa. Posidonius, Dioscoride, Pline et Jalenius, signalent sa culture en Syrie. Soleiman, en 815 après J.C, a remarqué, en Chine, des cultures de *pistachier*. C'est *vrai* semblablement à partir des arbres importés en Italie que les plantations se créent dans l'empire romain : France, Grèce, Afrique du Nord. Aux Etats-Unis, l'importation de pistache est relativement récente : 1853. Mais, en fait, ce n'est qu'à partir d'une seconde introduction en provenance de France, en 1876, que la culture se développe un peu en Californie, en Arizona et au Texas. [51]

II-2- Définition

Selon QUEZEL et SANTA (1963)[52]. le Pistachier fruitier ou *pistachier vrai* (*Pistacia vera*.) est une espèce cultivée. Elle est parfois sub-spontanée. La Syrie est un centre important de diversité pour le *Pistachier* selon IBRAHIM BASHA et al. (2007)[53]. . Les espèces du genre *Pistacia* sont dioïques et à pollinisation anémophile avec une alternance dans la fructification. Selon RAHO et HACHEMI (2007)[54]. le *pistachier vrai* et le *pistachier* de l'Atlas ou "bétoum" (*Pistacia atlantica*) sont caractérisés du point de vue écologique par une grande tolérance aux variations climatiques. Ils peuvent croître sous les tranches pluviométriques assez faibles et s'accommodent à tous les sols. Pour ce qui concerne le Pistachier fruitier, c'est une espèce originaire de l'Asie centrale

OUKABLI (2005) [55]. précise que parmi les espèces que compte le genre *Pistacia*, c'est la seule qui donne des fruits comestibles. Le Pistachier est un arbre à port retombant. Il ressemble beaucoup au figuier avec une écorce blanchâtre (F.A.O., 1985) [56]. D'après OUKABLI (2005) [57]. la période juvénile est longue. Elle dure entre 6 et 8 ans. Cette longue période n'a pas encouragé les agriculteurs à adopter cette essence. Le *Pistachier fruitier* croît naturellement dans les régions arides caractérisées par des étés chauds, secs et des hivers modérément froids [58]

II-3- Origine

Entre le Nord de l'Iran et le Sud du Turkménistan, la montagne du Kopet Dag qui sert de frontière entre ces deux pays étend d'est en ouest ses pentes arides et ses rudes vallées rocheuses aux allures de canyon. Le Sud de l'Ouzbékistan, le Nord de l'Afghanistan, les

plateaux du Tadjikistan et du Kirghizistan encore plus à l'Est offrent des reliefs similaires. Ces régions désertiques entre la mer Caspienne à l'Ouest et la Chine à l'Est se caractérisent par un climat rude et continental avec des étés chauds et secs, aux températures atteignant les 40°C, des vents violents, des froids intenses l'hiver où le mercure peut descendre à -25°C. Dans ces zones arides, les pluies, rares, se concentrent au printemps et à l'automne. La terre à prédominance calcaire y est sèche, presque sableuse. C'est là, et uniquement là dans le monde, entre 600 et 1 200 mètres d'altitude, qu'a choisi de s'implanter le Pistache vrai.

Quand le sol est plus riche et profond, en fond de vallées, les arbres deviennent un peu plus nombreux et de belle venue. La valeur patrimoniale de ces forêt-reliques comme berceau du *Pistachier*, a été reconnue par l'Unesco avec la création en 2018 de la Réserve de biosphère iranienne de Kopet Dag. Tout proche, de l'autre côté de la frontière, le Sud du Turkménistan abrite la Réserve naturelle de Syunt Hazardag, connue comme l'un des centres historiques de la culture de plantes sauvages. Dans cette zone particulièrement généreuse, au climat légèrement plus humide, est né en plus du Pistachier la forme sauvage d'un grand nombre de nos plantes comestibles : des fruitiers (amandier, noisetier, poirier, figuier, grenadier et certains ancêtres de nos cerisiers, abricotiers et pruniers...), des céréales (blé, petit épeautre, orge, seigle [59]

II-4- Classification

L'étude monographique du genre du pistache, faite par ZOHARY en 1952.[60] montre que ce genre comprend 04 sections et 11 espèces, *pistacia vera* est la seule espèce produisant des fruits comestibles, sa classification botanique est la suivante: Tab(04)

Tableau (04): Classification de *pistacia vera* [61]

Règne	Végétale
Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Apétales
Ordre	Thérribinthales
Famille	Anacardiacees
Genre	Pistacia

Source: ACSAD, 1998.

II-5- Morphologie de la plante

❖ Aspect de l'arbre

Le Pistachier cultivé est un arbre de faible vigueur, de 3 à 10 m de hauteur; le tronc strié, grisâtre et court : l'écorce des branches est blanchâtre. Le *Pistachier vrai* est une espèce dioïque. C'est à dire que l'on distingue des pieds mâles et des pieds femelles. Le port du pied mâle est plus érigé que celui du pied femelle .[62]

❖ Description de la plante

1. Partie sous terrain Le système racinaire: le *pistachier* par son système racinaire très développé et pivotant, participe à la stabilisation et à la conservation du sol ainsi, il joue un rôle important dans l'équilibre de l'écosystème semi-désertique.
2. Partie aérienne
 - **Le bois** : très dur, lourd et résistant, de couleur jaune à la naissance brun rougeâtre à l'âge adulte. Son développement est lent mais d'une grande longévité (150 à 500 ans) (Lemaistre, 1959). [63]
 - **Les feuilles** : Les feuilles du *pistachier* ont une longueur de 10 à 20 cm pouvant atteindre jusqu'à 30 cm. Elles sont caduques un peu coriaces composées (3 à 5 folioles glabres et ovales entières) vertes, luisantes sur la face ventrale, plus claires et mates sur la face dorsale. Ses folioles légèrement échancrées au sommet et paripennées
 - **Fleurs** : Les fleurs femelles sont constituées d'un pistil court et recourbé avec un petit ovaire (5 à 7 mm) bicarpellés. Les stigmates sont bilobés et couvertes par des papilles. A la base, le disque nectarifère est entouré de 5 à 6 sépales rudimentaires. Les fleurs mâles portent 5 étamines [64]. . Les fleurs mâles sont rosâtres, de petite taille (6 à 10 mm de longueur), spiralées et réunies en un grand nombre pour former des grappes droites et axillaires plus courtes que les feuilles à l'aisselle desquelles sont développées .[65]. Tab(5).

Tableau (05):Caractères distinctives entre pied mâle et femelle.

	Arbres males	Arbres femelles
Bourgeons	Plus allongés, effilés	Plus globuleux
Port	E lancés	Étalés
feuille	5 à 7 folioles	5 folioles arrondies
Rameaux	—	3 bourgeons au même point à l'extrémité

- **Fruit** : Le fruit est généralement une drupe souvent à mésocarpe résineux. La graine est exalbuminée ou presque, à embryon courbé. [66]
- **Graines** : La graine possède un seul embryon, les cotylédons sont volumineux de teinte verte; l'épiderme de la graine également appelée amandon est de couleur brune, à reflets rosâtres. L'amandon est d'une saveur très agréable et fine, surtout lorsqu'il est grillé. Il renferme de 56 à 60,4 % d'huile grasse, 18, 87 à 23, 84 % de matières albuminoïdes et 15 à 17,6 % de matières extractives, non azotées.[67]

II-6- La chimie de la plante

La pistache, est une drupe contenant une graine unique. Elle est composée de 50% de matières grasses, 20-25% de protéines et 13% de glucides. Elle contient également des oligoéléments tels que le potassium, le cuivre, le magnésium et le fer ,Tab(06)

Tableau (06) : La composition en nutriments de 100 g de pistache vraie (*pistacia vera*) grillée.[68]

Portion comestible (pour 100 g)		Oligoéléments et vitamines (pour 100 g)		Acides lipidiques (pour 100 g)	
Energie	608 kCal	Potassium	1020 mg	Acide palmitique	4,86 g
Protéines	18,4 g	Phosphore	478 mg	Acide myristique	0,018 g
Lipides	47,4 g	Magnésium	115 mg	Acide laurique	0,05 g
Glucides	18,6 g	Calcium	108 mg	Acide oléique	23,1 g
		Fer	4,1 mg	Acide linoléique	13,3 g
		Sélénium	4,7 µg	Acide stéarique	0,49 g
		Beta-Carotène	156 µg	Acide palmitoléique	0,29 g
		Vitamine C	3,33 mg	Acide linoléinique	2,28 g
		Vitamine E	2,42 mg	Acide alpha-linolénique	0,26 g
		Niacine	1,375 mg		
		Vitamine B1	0,78 mg		
		Vitamine B2	0,2 mg		
		Vitamine K1	13,2 µg		
		Folates totaux	50,8 µg		

II-7- Propriétés biologiques du *pistacia vera*

Jusqu'à maintenant, cinq grandes études (the Adventist Health Study, The Physicians' Health Study, The Iowa Women Health Study, the Nurses' healthS tudy and the CARE study) ont examiné la relation entre la consommation de fruits oléagineux et l'incidence des maladies cardiovasculaires. Toutes ont trouvé un effet bénéfique de la consommation des fruits oléagineux. Ceci est principalement dû à la teneur en matières grasses de ces fruits. Les acides gras mono insaturés ont un effet reconnu sur la réduction du cholestérol total et LDL (mauvais cholestérol).[69]

Le pistache est l'un des noix les plus pauvres en calories elle contient 3 à 4 kcal par fruit (120 à 180 kcal pour une portion de 30 pistaches et 3 g de fibres alimentaires). et les phytostérols qu'elles contiennent aident à réduire l'absorption de cholestérol des autres aliments (Anonyme, 2009). [69]

Le magnésium, le cuivre, l'acide folique, le potassium, les fibres et la vitamine E présents dans les pistaches peuvent aussi jouer un rôle dans la prévention des maladies cardiovasculaires. (ITAFV Mascara). [70]

II-8- Utilisation de *pistacia vera*

L'huile de graines de *Pistacia vera* est extraite des noix. Il est utilisé pour ses propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires dans les produits cosmétiques. Notre peau est exposée aux radicaux libres en raison de l'exposition à des facteurs environnementaux tels que les radiations, la pollution et d'autres produits chimiques toxiques. Ces radicaux libres décomposent le collagène, entravent le processus de réparation de la peau. Cela entraîne une inflammation, des ridules, des rides et des infections comme l'acné et les taches brunes. Les composants antioxydants présents dans l'huile de pistache aident à éliminer ces radicaux libres et réduisent ces signes visibles du vieillissement. Il illumine la peau, stimule la production de collagène et rend la peau plus saine et plus jeune. Il réduit également les rougeurs, les démangeaisons et l'inflammation causées par des infections comme l'acné et l'eczéma. Il conditionne la peau et la fait paraître plus saine et plus rajeunie. Il est utilisé dans les formulations de produits de bain, de produits de nettoyage et d'autres produits de soins de la peau et des cheveux.[71]

II-9- Production mondiale des pistaches

Au cours de la saison 2020/2021, la production mondiale des pistaches selon le département américain de l'Agriculture (USDA), atteint un record de 985 mille tonnes. L'augmentation de la production par rapport à la saison précédente est de 40%.

L'augmentation de la production sera réalisée en raison de la récolte élevée aux États-Unis et en Turquie, révèle East-Fruit. En effet, la production étasunienne de pistaches devrait croître de 42% pour atteindre un record de 476.000 tonnes. Outre le caractère cyclique, la croissance de la production est également influencée par la croissance rapide des superficies agricoles de ce fruit sec.

Par ailleurs, les exportations de pistaches des États-Unis devraient augmenter de près de 20% pour atteindre 225.000 tonnes en raison de l'approvisionnement accru des principaux

marchés de la Chine et de l'Union européenne, parallèlement, la production turque de pistaches devrait presque tripler pour atteindre 250.000 tonnes grâce au cycle de fructification en alternance. Toutefois, l'augmentation de la production n'affectera pas les exportations, compte tenu de la forte consommation locale de ce produit agricole.

Dans le même temps, la production de pistaches en Iran a diminué de 7% – à 190 mille tonnes, car il y a une cyclicité inverse à celle observée aux États-Unis. Cependant, les exportations iraniennes de pistaches devraient augmenter de près de 15%, à environ 185 000 tonnes, en partie en raison d'une récolte plus élevée de ces noix.

La production de pistaches de l'UE devrait baisser de 3.000 tonnes à 18.000 tonnes en raison des pertes de récolte en Espagne et en Italie. Par ailleurs, les importations de l'UE devraient augmenter de 15% pour atteindre 120.000 tonnes.[72].Tab(07)

Tableau (07): Volume de production mondiale de *pistacia vera* des principaux pays producteurs dans le monde en 2013/2018.[73]

Pays	2013 (tonnes)	2016 (tonnes)	2017 (tonnes)	2018 (tonnes)
Iran	225 001	405 925	574 987	551 307
États-Unis	213 188	406 646	272 291	447 700
Turquie	88 600	170 000	78 000	240 000
Chine	74 000	90 082	95 294	74 828
Syrie	54 516	57 910	56 508	28 800
Grèce	7 100	12 200	12 300	8 558
Production mondiale	679 229	1 166 767	1 115 066	1 375 77

II-10- Généralités de l'huile de *pistacia vera* :

Les corps gras sont des esters naturels, formés à partir d'acides gras et de glycérol. C'est une classe essentielle de notre alimentation, comprenant les huiles et les graisses qui s'accumulent dans certains tissus animaux et végétaux. Ce sont des biomolécules caractérisées par leur insolubilité dans l'eau et solubilité dans les solvants organiques (éthers, hexane, benzène) et leur touché onctueux (huileux). [74]

- **Les huiles végétales :**

Une huile végétale est un mélange à consistance liquide ou semi-liquide à température ambiante, de substances majoritairement hydrophobes, solubles dans les solvants organiques apolaires ou peu polaires, non volatiles : on parle alors d' « huile fixe ou graisse » [75]

Les huiles végétales s'extraient naturellement par compression de la matière qui les contient, préalablement concassée. La compression est exercée à froid ou à chaud.

- **Classification :**

D'après Guichard C. (1967) [76] . Selon l'utilisation finale des huiles, on distingue :

1-Huiles officinales :

Ce sont des huiles utilisées dans un but thérapeutique ou cosmétique. Elles sont exclusivement obtenues par expression à froid. Il s'agit d'huile vierge de première pression.

2- Huiles alimentaires :

Ce sont des huiles destinées à être utilisées par le secteur agro-alimentaire, obtenues par expression des graines oléagineuses, à froid ou à chaud. Elles peuvent subir des traitements de raffinage pour éliminer les pigments, les substances odorantes, à goût insipide et d'autres contaminants.

3-Huiles industrielles :

Ce sont des huiles de qualité moindre utilisées par différents secteurs industriels (peintures, lubrifiants, détergents, biocarburants). Elles sont le plus souvent obtenues par extraction par solvant (hexane).

- **Composition des huiles végétales :**

Une huile végétale est constituée majoritairement de triglycérides (ou triacylglycérols), c'est-à-dire de triesters du glycérol et d'acides gras, accompagnés de substances lipidiques auxiliaires non glycéridiques (constituants mineurs), comme les hydrocarbures saturés ou insaturés, des phytostérols, des alcools terpéniques, des alcools gras, des vitamines liposolubles.

A côté de ces lipides, dits simples, on retrouve aussi dans les huiles une quantité faible de lipides complexes, comme les phospholipides et les glycolipides.[75] [76]

- **Rôles des huiles végétales :**

Les lipides sont largement répandus dans l'environnement. Ce sont des produits complexes dont les différents constituants jouent de façon directe ou indirecte, immédiate ou retardée, un rôle énergétique, structural et fonctionnel.

Trois rôles essentiels sont assurés par les lipides : source d'énergie ; source d'acides gras essentiels et de vitamines liposolubles en plus de leur rôle structurant .[77] [78]

II-10-1- Définition :

La teneur en matières grasses brutes des fruits de *Pistacia varie* de 32,8% pour les fruits noirs (mûrs) à 11,70% pour les fruits rouges. Ainsi, le fruit noir peut être considéré comme une graine oléagineuse ayant des teneurs élevés en matières grasses comme c'est le cas pour l'arachide, l'olive, le tournesol et le coton [79].

Le rendement en huile *varie* de 11,95% (fruits non mûres) à 45,97% (fruits trop mûrs) ; une différence liée à une augmentation progressive de la teneur en huile des fruits de *Pistacia* au cours du processus de maturation du fruit.

Des différences du rendement en huiles sont également enregistrées chez des plantes provenant de différentes populations ; une situation attribuées aux différentes conditions bioclimatiques relatives à chaque population.

Concernant la teneur en huile des différentes parties constitutives du fruit : la pulpe montre la plus grande quantité d'huile, quel que soit le stade de maturité ; alors que la plus faible teneur en huile est obtenue à partir des graines 4,37% ; 9,66% ; et 14,84% respectivement pour les stades immatures, mûrs ou trop mûrs[80] .L'analyse de la composition chimique de cette huile réalisée par [81] .a montré une prédominance de l'acide linoléique (47.02%), les autres principaux constituants sont par ordre Décroissant d'importance: 3-Undécylphénol (18.86%) ; acide palmitique (15.64%) et le 3-pentadécylphénol (14.11%). Dans leur étude, [82] Ont trouvé comme principal acide gras l'acide oléique avec plus de 56% du total des acides gras, suivie par l'acide palmitique et l'acide linoléique avec des taux respectifs de 27 et 16%. Les acides gras insaturés (correspondant à l'acide oléique, l'acide linoléique et l'acide palmitoléique) représentent plus de 70% du total des acides gras. Le rapport entre acides gras saturés / insaturés était presque 0,4. [83]. La prédominance des acides gras mono insaturés et les teneurs élevées en acides gras essentiels, attribuent une grande valeur alimentaire à cette huile [84] . A côté des acides gras isolés de l'huile de *Pistacia* [85] ont pu isoler et quantifier quatre stérols et six alcools

triterpéniques, dont les concentrations varient en fonction de l'origine géographique de l'huile. Par ailleurs, l'huile de lentisque est riche en minéraux dont le plus abondant est Na, suivi de K, Ca, Mg, Fe et Cu [84].Coton [86]

Cette huile donc a une bonne qualité nutritive en raison de sa teneur en acides gras insaturés et saturés et constitue un produit apprécié pour ses usages thérapeutiques dans le traitement des ulcères de l'estomac, des bronchites, la cicatrisation des plaies et comme un antiseptique. [83] [87]

II-10-2- Composition en Acide Gras de l'huile de Pistache

Dans la région méditerranéenne, beaucoup d'études sur la composition chimique du *Pistacia lentiscus l vrai* ont été effectuées jusqu'ici.[88]

Les huiles de fruit sont composées de 90-96% hydrocarbures de monoterpène. [89]

En Algérie, a montré que l'huile extraite de fruits du *Pistacia vrai*. de région de costantina est composée de trois acides gras dominants et qui sont palmitiques 16.3%, oléiques 55.3% et linoléique 17.6%. L'huile contient une quantité d'appréciable d'acides gras insaturés 78.8%, la fraction non saponifiable contient des tocophérols, des stérols et des composants phénoliques. Beaucoup d'études de la composition chimique de cette huile ont été effectués par quelques auteurs. ont rapporté que l'huile a la bonne qualité nutritive en raison de son contenu en acides gras insaturé (oléique + linoléique = 73%) et d'acides gras saturés (Palmitique + stéarique = 25.8%). L'étude de GC/MS d'huile du *Pistacia vera*. a donné les spectres de masse de six composants : (1) l'acide palmitique, (2) acide linoléique, (3) 3-undecylphenol, (4) 1-formyl-1,3-cyclohexadiene, (5)pentadecylphenol et (6) 2, 6, 10, 14, 18,22-tetracosahexane.[90] .Tab(08)

Tableau (08): Composition en acides gras d'huile de fruit de *Pistacia vera*

Acides gras	Nefza (%)	Bizerte (%)
Oléique (C18 :1)	54.45± 2.11	54.45±3.08
Palmitique (C16 :0)	26.94±0.8	27.79±0.8
Linoléique (C18 :2)	16.03±1.50	15.49±3.10
Palmitoléique (C16 :1)	1.41±0.08	0.66±0.34
Stéarique (C18 :0)	1.15±0.10	1.60±0.50
Saturé	28.09	29.39
Insaturé	71.89	71.52
Saturé / insaturé	0.39	0.41

L'étude sur l'huile de pistache de la région Kroumirie (Tunisie) a révélée à une composition en acide gras proche à celle de Mezni et al.[91]

Une étude phytochimique réalisée sur les baies de *Pistacia vera* a permis d'identifier trois anthocyanes appelés cyanidine 3-O-glucoside (1), Delphinidine 3-O-glucoside (2) et cyanidine 3-O-arabinoside (3) qui ont été déterminées par HPLC–DAD–MS . Fig(11)

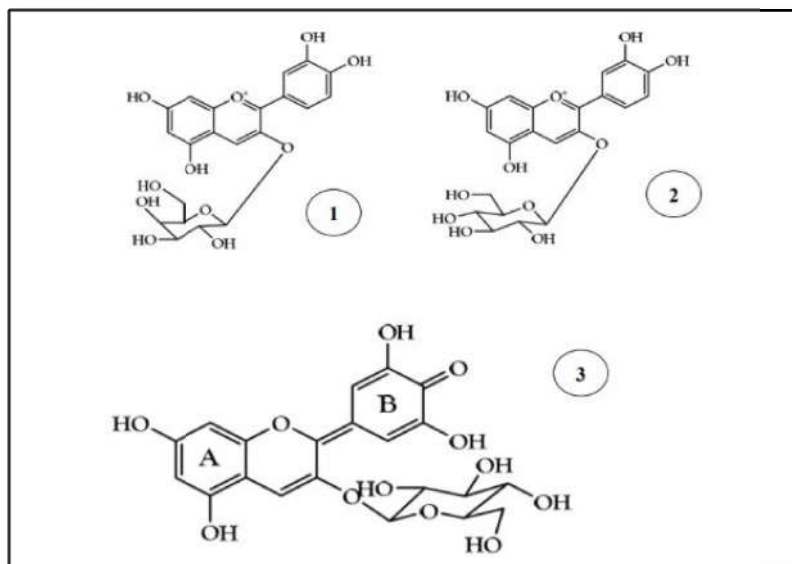


Figure (11): Structures chimique des anthocyanes de fruits de *Pistacia vera*

D'autre étude chimique effectuée sur la fraction d'acétate d'éthyle (AcOEt) de fruits de *Pistacia vera* à permis d'isoler deux polyphénols acide gallique (4) et 1.2.3.4.6-entagolloylylucose(5).[92] Fig(12)

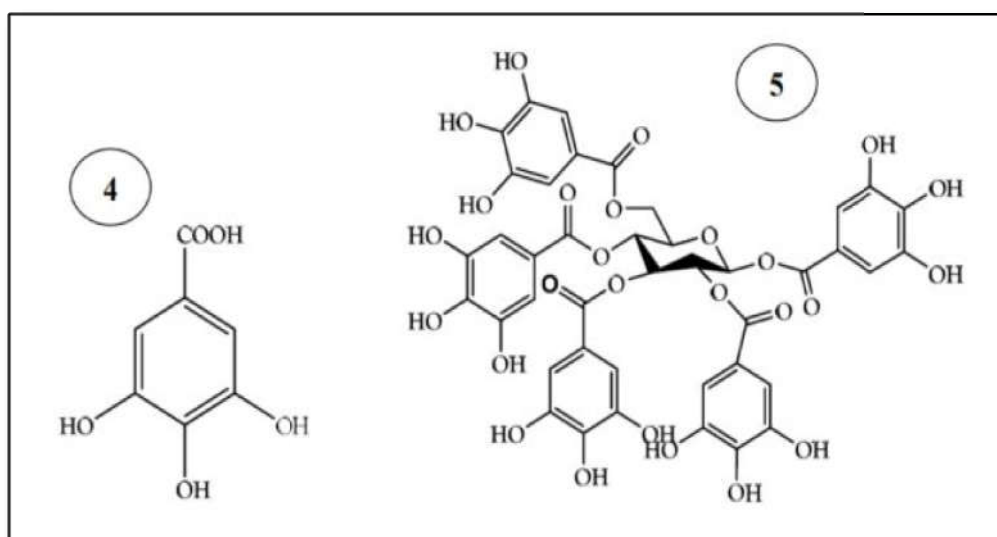


Figure (12): Structures chimiques des polyphénols de fruits de *Pistacia vera*. [93]

II-10-3- Propriétés chimiques et organoleptiques de l'huile de pistache :

Les chimistes qui se sont intéressés à ce produit ont déterminé les diverses constantes d'une huile extraite par l'éther et non pas à partir de l'huile obtenue traditionnellement . [94]

Les principales caractéristiques indiquées concernent le poids spécifique (0.9185, mesuré à 15°C) ; le point de solidification (entre -8 et -10°C) ; l'indice de saponification (entre 191.0 à 191.6 mg de KOH) et l'indice d'iode (entre 86.8 et 87.8). Ces valeurs diffèrent sensiblement de celles de l'huile traditionnelle car la pureté n'est pas égale dans les deux cas.[95]

Evreïnoff (1948), cité par Rjaibi (1996) a signalé la similarité de cette huile avec la composition en huile d'olive, il ajoute que les mêmes constituants (acide oléique, acide palmitique) et leurs caractéristiques physico-chimiques sont si étroites qu'il n'y a aucune distinction des substances. [96]

Les propriétés chimiques de l'huile vera sont indiquées dans le Tab(09).

Tableau (09) : Propriétés chimiques de l'huile de *Pistacia vera* .[97]

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

La densité ou masse volumique dépend de la température et de la composition chimique de l'huile. Elle nous renseigne sur la nature de la composante en acides gras, notamment de la longueur de la chaîne, de la présence d'insaturation et de fonctionnalité sur la chaîne carbonée.[98]

L'indice de réfraction dépend, comme la densité, de la composition chimique de l'huile et de la température. Il croît avec l'insaturation et la présence sur les chaînes grasses de fonctions secondaires. Les valeurs trouvées par Boukeloua (2009) sont proches de celles rapportées par Karleskind (1992), concernant les huiles d'olive, de palme, et d'avocat, qui sont respectivement (1,468-1,470) et (1,453- 1,458) et (1,465-1,474).

L'indice d'acide nous renseigne sur le taux d'acides gras libres existant dans l'huile. Les valeurs de l'indice d'acide pour l'échantillon de l'huile de lentisque est de 5,891 à 6,203 mg KOH/g . Charef transcrit des valeurs d'acide de 7,7±0,3 et de 24±0,5 mg KOH/g (tableau III.2), pour l'huile de pistacia lentiscus L., respectivement extraite des baies de couleur noire et rouge (Charef et al., 2008), il a signalée que le taux d'acides gras libres est plus élevé dans

les baies de couleur rouge (non encore mures) par rapport aux baies mures de couleur noire.[99] Tab(10).

Tableau (10): Propriétés chimiques de l'huile de *Pistacia vera* des fruits murs et non mures. [100]

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

L'huile de lentisque est extraite par l'appareil de soxhlet avec l'hexane. L'indice d'iode est élevée cela indique la présence des taux importants des acides gras insaturés.

II-10-4- Extraction :

L'huile contenue dans les graines oléagineuses est stockée dans les cellules oléifères sous forme de globules, organes de stabilisation et de stockage des réserves lipidiques des graines appelés oléosomes. Les huiles de graines demandent généralement une technologie plus élaborée : nettoyage, triage, décorticage, trituration, extraction et enfin raffinage. Certaines huiles de graines sont parfois commercialisées non raffinées. C'est le cas des huiles vierges courantes « à goût » huile d'argan ou (germes de blé, germe de maïs). Quant aux huiles de fruits, ils sont souvent obtenus à partir de la chair des fruits oléagineux, par pression, puis par filtration, par centrifugation et filtration. C'est le cas de l'huile vierge courante d'olive et de lentisque. Il existe deux méthodes d'extraction de l'huile de vera : la méthode traditionnelle mécanique et artisanale. La méthode traditionnelle artisanale est la plus ancienne est la plus répandue, elle utilise la meule en pierre ou par le biais des pieds pour le broyage des fruits de vera. La décantation et la séparation de l'huile s'effectuent en bassin. Le ramassage de l'huile s'effectue après filtration manuelle.[101]

En général, il existe deux méthodes d'extraction d'huile :

II-10-4-1- Extraction par action mécanique

• Définition

A partir d'un produit composé de solides, l'extraction par pression (ou pressage) permet de séparer les liquides en leur appliquant une pression extérieure.[102]

- **Principe- procédé**

Le produit à presser est supporté par une paroi ou une toile permettant le passage du liquide. On procède tout d'abord à un broyage qui permet d'abaisser la résistance au passage. [103]

Le processus nécessite un long contact du solvant avec le solide préalablement broyé avant extraction. La déformation d'un milieu complexe (mélange solide-liquide, le plus souvent cellulaire). [103]

- L'écoulement du liquide à travers ce milieu poreux et la paroi-support.

En général, on utilise deux types de presse :

- **Les presses continues :**

L'extraction continue est une méthode beaucoup plus longue que l'extraction discontinue, mais plus efficace.

elle consiste à faire passer lentement un solvant à travers une couche de substance finement pulvérisée, habituellement contenue dans une cartouche de papier poreux et épais ou une pochette de papier filtre. Pour que la durée de contact entre le solvant et l'échantillon soit assez longue, on utilise l'extracteur de Soxhlet. [104] . Fig(13)

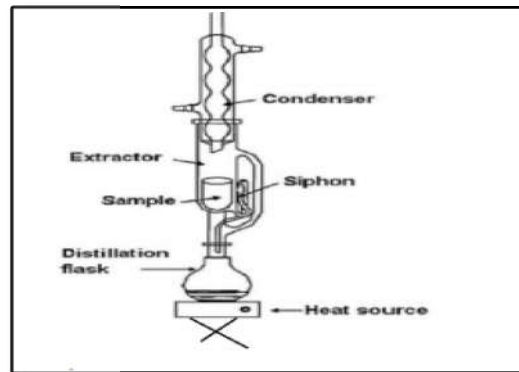


Figure (13): Schéma d'un Soxhlet. [104]

Les presses à vis conviennent à de nombreux produits : graines oléagineuses, pulpes de sucrerie, luzerne, drêches de malt ou de maïs, marc de café, peaux de citron, etc. La pression croît de l'entrée vers la sortie de la vis. La rotation de la vis et les hautes pressions générées entraînent des frottements importants pouvant provoquer un échauffement du produit. Ces frottements doivent donc être limités afin de ne pas nuire à la valeur alimentaire de solide (cas des tourteaux d'oléagineux).

- Les moulins sont des systèmes à cylindre presseurs générant, eux aussi des fortes pressions. Ils sont exclusivement utilisés en sucrerie de canne, en combinaison avec une addition d'eau d'imbibition. [103]
- Les presses à bandes utilisent des rouleaux et des bandes textiles ou métalliques et fonctionnent à basses pressions. Elles sont employées pour des boues de traitement des eaux ainsi que pour divers déchets des industries agroalimentaires. [104]

II-10-4-2- Extraction par solvant :

Utilisation du pressoir à huile est associée à une perte en huile dans le tourteau (perte de 10 % ou plus). L'extraction par solvant permet de diminuer cette perte à 1 %. Elle est idéale pour les composés qui contiennent peu d'huile. En revanche, elle est peu appropriée pour ceux contenant une grande quantité d'huile comme le coprah. L'huile résiduelle du tourteau obtenue par pressage peut être extraite par extraction à l'hexane. [104]

L'extraction par solvant consiste à dissoudre la substance contenant l'huile recherchée dans un solvant, puis à éliminer le solvant et récupérer l'huile. Il suit deux étapes :

II-10-4-2-1-Première étape : Lavages successifs au solvant

On met en contact le solvant et le matériel végétal dans des cuves appelées extracteurs. Celles-ci sont constituées de plaques métalliques percées de trous, pour que le solvant puisse circuler librement dans la totalité de l'espace. [105]

Le choix du solvant s'effectue en fonction de :

Sa solubilité : le composé à extraire doit être très soluble dans le solvant (pour pouvoir être extrait dans celui-ci). La solubilité du composé à extraire dans le solvant dépend de sa structure chimique : un composé polaire sera soluble dans un solvant polaire (eau, alcool), tandis qu'un composé peu polaire (limonène par exemple) sera soluble dans un solvant peu polaire (pentane, hexane, benzène). Elle dépend aussi de la taille et de la rigidité des molécules Son état physique : il doit être liquide à la température et la pression où l'on réalise l'extraction. [105]

Sa température d'ébullition : elle doit être faible (pour que le solvant puisse être éliminé plus facilement). De plus, le solvant ne doit pas réagir chimiquement avec l'huile à extraire. [105]

Le solvant le plus utilisé est l'hexane car il est très volatil. Le benzène et le dichlorométhane étaient aussi très courants mais ont été interdits du fait de leur toxicité : cancérigènes. [105]

II-10-4-2-2- Deuxième étape :

❖ Extraction du solvant par évaporation :

basées sur la distillation d'un mélange hétérogène eau-composé organique. Elles sont mises en œuvre pour l'isolement des huiles essentielles des plantes ou d'un composé organique situé dans un milieu hétérogène.[106]

❖ Intérêts :

L'intérêt de cette méthode réside dans les températures très faibles qu'elle nécessite. En effet, on l'utilise surtout pour des molécules fragiles qu'une distillation endommagerait.[106]

❖ Inconvénients :

- La quantité de solvant est importante. Il existe donc un grand risque d'inflammation et de pollution, donc augmentation de risque sur la dégradation environnementale.
- Des traces résiduelles de solvant peuvent être présentes à la fin dans l'huile, altérant sa qualité.
- La durée nécessaire est très longue, donc besoin d'un grand investissement.[106]

II-10-5-Raffinage :

❖ Définition

Le raffinage a pour but de maintenir ou d'améliorer les caractères organoleptiques et la stabilité des corps gras alimentaires. Les huiles brutes renferment un certain nombre d'impuretés indésirables, responsables du goût et d'odeur désagréables et de leur mauvaise conservation. Le raffinage a pour but d'éliminer les acides gras libres, les produits d'oxydation, les arômes désagréables, les colorants. Autrement dit le raffinage consiste à éliminer les composés nuisibles à la qualité ou à la santé. [107]

II-10-6- Comparaisons de quelques caractéristiques qualitatif et quantitatif d'huile pistacia vera par rapport aux autres huiles :

❖ Aspect quantitatif :

Le tableau suivant nous donne le teneur en huile de quelques plantes oléagineuses :

Tableau (11) : Teneur en huile de quelques plantes oléagineuses.[108]

Plant oléagineuse	Teneur en huile en
Pistache	26 à 50
Arachide	35 à 45
Cocotier	65 à 70
Ricin	42 à 56
Toumesol	30 à 40
Soja	15 à 22

Le pistache possède une quantité importante en teneur d'huile qui atteint jusqu'à 26 à 50%. En tenant compte de la matière première en huilerie le plus existant (ASIA), pistache reste encore comme matière première rentable être découvert. Du point de vue d'extraction d'huile, est plus a pistache avantageuse par rapport au soja dû à sa teneur en huile. Tab(11)

Tableau(12) : Composition en acides gras pour différents huiles [109]

❖ **Aspect qualitatif :** D'après ce tableau ci-dessus, on peut tirer les conclusions suivantes :

Composé	Huile Pistacia vera	Huile soja	Huile Arachide	Huile d'olive
Acide laurique (12 :0)	0.10g	-	-	0.022g
Acide myristique (14:0)	0.19g	-	-	0.125g
Acide palmitique (16:0)	11.55g	-	0.1g	-
Acide palmitoléique (16 :1n-9)	0.58g	10.455g	9.5g	11.29g
Acide stéarique (18:0)	15.21g	4.435g	2.2g	1.9553g
Acide oléique (18:1n-9)	65.64g	-	1.4g	0.144g
Acide lénoléique (18 :2n-6)	4.81g	-	2.8g	0.129g
Acide linoléique (18 :3n-6)	1.35g	-	0.9g	-
Acide arachidonique (20 :0)	0.58g	0.233g	1.3g	0.311g
Total des acides gras	100g	22.55g	44.8g	71.269g
Acide gras saturés	27.62g	15.65g	1.1g	1.255g

Acide gras mono-insaturés	66.22g	50.952g	46.2g	9.762g
Acide gras poly-insaturés	6.16g	57.74g	32g	10.523g

❖ Les acides gras saturés

Ils représentent la base essentielle de l'apport énergétique alimentaire d'origine lipidique et constituent la forme majeure de stockage énergétique. Ils sont indispensables au bon métabolisme des structures cérébrales et nerveuses. Par ailleurs, ils sont le carburant essentiel du muscle cardiaque et permettent l'effort de longue durée. L'huile *Pistacia vera* a un taux élevé en acide gras insaturé par rapport à L'huile *d'arachide* l'huile *de soja* et l'huile *d'olive*. [109]

❖ Les acides gras mono insaturés

Les acides gras mono insaturés comportent une double liaison.

On les trouve en quantité relativement élevée dans l'huile *d'olive* et l'huile *de colza*. Ils devraient représenter la part principale d'acides gras à raison de 10 à 15% de l'énergie consommée par jour (pour 2000°kcal ou 8374°kJ/jour: 20-35 g).

Une quantité élevée d'acides gras mono insaturés dans l'alimentation peut réduire le taux de cholestérol LDL et, partant, le risque cardiovasculaire (cet effet est lié en grande partie au remplacement dans son alimentation des acides gras saturés par des acides gras mono insaturés). Parmi eux, l'acide oléique qui semble avoir un rôle protecteur vis-à-vis des maladies cardiovasculaires. L'huile d'*pistacia vera* a une proportion moyenne en quantité de cette classe d'acide, supérieur. par rapport à l'huile de soja, mais inférieur par rapport à l'huile d'olive. [110]

❖ Acides gras polyinsaturés (AGPI)

Les acides gras polyinsaturés comportent deux ou plusieurs doubles liaisons. Ces acides gras sont dits essentiels, c.-à-d. qu'ils ne peuvent pas être synthétisés par le corps et doivent lui être fournis par l'alimentation. Les acides gras polyinsaturés exercent des fonctions métaboliques indépendantes les uns des autres L'huile *pistacia vera* a une quantité importante en acides gras poly- insaturés. La teneur en acides gras poly- insaturés de l'huile d'*arachide* est largement supérieure par rapport à celle de l'huile de l'olive. [110]

II-10-7-Utilisations de l'huile de *pistacia vera*

L'huile de *pistache vrai* est une excellente l'huile de friture. La température moyenne d'une friture étant environ de 170°C, le point de fumée de l'huile de *pistache vrai* est de 7 à 7.5 C Le tableau(15) représente une comparaison des points de fumée de quelques huiles présentes sur le marché international. Tab(13)

Tableau (13) : Température critique de quelques huiles végétales alimentaires .[111]

Type d'huile	Température critique C
Pistacia vera	7à7.5
Arachide	229
Germe de maïs	140
Noix	140
Oliv	210
Pepins de raisin	150
Sésame	150
Soja	150
Tournesol	160à170
Coprah	220
Palme	230

D'après ce tableau, température d'environ 7à7.5°C conviennent au *pistacia vera* car il a besoin du froid (1000 à des températures inférieures à 7°C en hiver) mais aussi de chaleur en été pour lever la dormance des bourgeons et pour un bon et complet développement des fruits en fin de saison.

Ce sont l'huile d'arachide et l'huile d'olive qui s'adaptent plus à la friture à cause de leur point de fumée élevé. Les huiles de palme et de coprah résistent également à la chaleur élevée ; mais leur consommation trop fréquente est déconseillée à cause de leur forte teneur en acides gras saturés

A- L'huile de pistache et santé:

❖ Aspects nutritionnels de l'huile de *pistacia vera*

Les pistaches contiennent des graisses saines et constituent une bonne source de protéines, de fibres et d'antioxydants. Ce type de fruit à coque peut même lutter contre le

stress en raison de sa forte teneur en magnésium. Selon des informations du département de l'Agriculture des États-Unis, les pistaches contiennent des protéines, des glucides, des fibres, du magnésium, du potassium, du phosphore, de la vitamine B-6 et de la thiamine. Une portion de pistaches fournit environ 37% de l'apport quotidien recommandé en vitamine B-6, soit 1,3 mg pour les adultes. La vitamine B-6 joue un rôle vital en ce qui concerne le métabolisme des protéines et le développement cognitif. Les pistaches sont l'un des fruits à coque les moins caloriques. En effet, 30 grammes de pistaches ne contiennent que 159 calories.[112]

- **Allergie et huile *pistacia vera***

En Algérie le fruit du *pistache vrai* (*Pistacia vera*), riche en matière grasse, n'est utilisé que par la population locale d'une façon très artisanale en médecine comme anti-diarrhéique et aussi en alimentation des troupeaux. Le suintement du tronc d'arbre donnant l'encre rouge est utilisé dans la tannerie des peaux. La résine qui suinte de l'arbre du *Pistacia vera*, dont l'odeur rappelle celle de latérebenthine, est largement utilisée en industrie agro-alimentaire pour préparer les masticatoires et en médecine dentaire. L'huile du fruit est utilisée pour la saponification et pour préparer des cosmétiques adoucissants.[113]

B- L'huile et son marché

Le commerce mondial des pistaches (*pistacia vera* L.) a changé avec l'arrivée en force des États-Unis d'Amérique sur le marché mondial au début des années 1980 en tant que producteur et dès le début des années 1990 en tant qu'exportateur. Le volume total exporté, avec un taux de croissance moyen annuel de 6%, a passé d'un peu plus de 9 mille tonnes (moyenne 1961-1970) avec deux principaux pays producteurs-exportateurs historiques (Iran et Turquie) à près de 352 mille tonnes (moyenne 2011-2016) avec deux principaux pays producteurs-exportateurs (États-Unis et Iran) et cinq pays re-exportateurs (Chine, Allemagne, Pays-Bas, Belgique et E.A.U.). Dans le classement mondial, l'Iran a perdu son leadership aux États-Unis malgré une croissance soutenue de ses exportations en volume grâce à un TCMA de 3,5% par an. Par contre, la Turquie, qui détenait plus d'un tiers des exportations mondiales dans les années 1960, en raison d'une demande domestique élevée à côté d'arrivée en force des nouveaux pays fournisseurs du marché mondial tels que les États-Unis et la Chine, a vu baisser sa part dans les exportations mondiales de 32,1% (1961-1970) à 0,7%.[114]

- **Le tourteau et son marché:**

Le tourteau *d'arachide* qui contient un taux de protéine élevé (21,7g) a été pendant longtemps une des bases de l'alimentation du bétail en Europe et en France spécialement. Là également, la concurrence du soja et des autres protéagineux est extrêmement sévère et l'accroissement considérable de la consommation d'aliments protéiniques , rendant la France et l'UE tributaires des USA et de l'Amérique du Sud pour leur approvisionnement. La régression de la *pistacia vera* dans ce domaine est associée à deux faits : la baisse de l'offre générale dans les pays d'Afrique où l'auto - consommation s'accroît au détriment des exportations, alors que la production baisse ; la présence d'aflatoxine* dans les produits récoltés qui entraîne une nette dépréciation de la graine et du tourteau.

Le redressement de la situation sera lié à l'application générale des techniques de prévention et de détoxification* et à la diversification des utilisations (valorisation de la fraction protéique pour l'alimentation humaine). La détoxification industrielle des tourteaux est réalisée au Sénégal, où les principales huileries sont équipées d'unités de détoxification d'une capacité totale de 1 250 tonnes/jour.[115]

- **Le *pistacia vera* de bouche**

La quasi - totalité des transactions internationales en graines ou en coques portent sur la *pistacia vera* de bouche, la *pistacia vera* d'huilerie étant le plus souvent triturée sur place dans les pays producteurs. Les pistaches de bouches sont destinées à la consommation humaine sans extraction d'huile. Les pistaches décortiquées constituent déjà un premier stade de la transformation ; elles représentent la plus grande partie des transactions effectuées. en général après grillage, vont presque directement à la consommation humaine. En revanche les décortiquées sont le résultat d'un triage propre à pistache de bouche, effectué après décorticage. Le produit trié est la matière première de la filière de transformation qui conduit aux différents produits de la consommation humaine (graines grillées, nougats, farine, pâtes, «beurre», etc....).[116]

CHAPITRE III :

CAJOU (L'ANACARDIER)

III-1- Historique

Les explorateurs Portugais, ont découvert et ont introduit *l'Anacardium occidentale* L. dans leurs colonies d'Afrique et d'Asie et surtout en Inde qui est maintenant, et de loin, le plus gros producteur de noix de cajou. Les rapports les plus anciens concernant cet arbre ont été écrits par des observateurs français, portugais et hollandais. Un naturaliste Français a décrit l'arbre et peint le premier dessin montrant les indigènes récoltant les noix et pressant le jus des « pommes » de cajou dans un grand récipient. Les noix furent décrites pour la première fois par un portugais du nom de Gandavo qui remarqua déjà en 1576, qu'elles étaient meilleures que les amandes comestibles déjà connues. C'est bien après que des nouvelles et de plus grandes descriptions botaniques de la plante furent faites par divers auteurs. Le nom «cajou» provient de l'appellation «acaju» des indiens Tupi du Brésil. Ce nom est devenu «cajou» en portugais, «cashew» en anglais, «cajuil» en espagnol et «acajou» ou «cajou» en français. Mais le terme "cajou" est plus usité en français pour ne pas amalgamer avec «acajou» qui est un bois précieux bien connu aussi.[117][118]

III-2-Définition

L'anacardier, Anacardium occidentale L., appartient à la famille des anacardiacees. C'est un arbre qui peut atteindre une dizaine de mètres et dont le diamètre du tronc peut varier entre 1,2 à 1,5 m. Du point de vue pédologique, l'anacardier est une plante qui s'adapte à une large gamme de sols, notamment les sols légers, sableux, profonds et bien drainés, d'où son caractère rustique .[119] Outre les fruits que sont la noix et la pomme de cajou, la plante fournit une gamme de produits secondaires. La noix de cajou au sens botanique du terme, est le *vrai fruit de l'anacardier*. C'est un akène de couleur grise ou brun gris à maturité, réniforme et mesurant en moyenne 2,7 cm de long sur 2,1 cm de large et 1,6 cm d'épaisseur [120]. L'anacardier est un fruitier dont la culture contribue au développement socio-économique de plusieurs pays du monde [121][122]. La noix qui est le principal produit commercial est utilisée dans plusieurs domaines dont l'agroalimentaire, le cosmétique, la médecine et l'industrie automobile [123][124]. Il est aujourd'hui largement cultivé dans toutes les zones tropicales, comme en Afrique, aux Antilles, au Brésil, en Asie du Sud-Est et en Inde.

III-3-l'Origine

L'anacardier (Anacardium occidentale L.) est un arbre tropical dont l'aire d'origine s'étend du Mexique jusqu'au Nord-Est du Brésil et au Pérou [123][125].

Anacardium occidentale L. a été introduit en Afrique par les navigateurs portugais vers le 15^{ème} siècle comme plante d'agrément et pour fixer les dunes [122]. Il participe aussi à la conservation de la biodiversité et à la reconstitution des terres de culture dégradées et appauvries.

III-4-Classification

- **Botanique et systématique de l'anacardier**

L'anacardier (*Anacardium occidentale* L.) appartient au règne végétal, à l'embranchement des Phanérogames, aux sous - embranchement des Angiospermes, à la classe des Dicotylédones, famille des Anacardiacees, genre *Anacardium* et espèce occidentale. D'où son nom scientifiques *Anacardium occidentale* L.. L'anacardier est aussi connu sous les noms d'acajou, cajou ou pomme de cajou en français [122], puis de cashew tree en anglais, et Cajueiro en Portugai.

Selon, la famille des anacardiacees renferme 73 genres, environ 600 espèces et 20 variétés classées selon la consistance de la pulpe, le format, le goût et la couleur du fruit.[122]

- **Classification commerciale de l'anacardier**

La noix de cajou, ou plutôt, l'amande, est principalement consommée sous la forme de "grignotises" ou "amuse-gueule " au même titre que les arachides. Elle est alors consommée de façon directe sous forme de fruit sec additionne ou non de sel, du sucre ou d'aromate. Elle est aussi utilisée en assortiment avec d'autres fruits sec ou en ingrédient dans l'industrie agroalimentaire de biscuits et de pâtisserie. Ce débouché représente la plus grande partie de ventes de noix de cajou, avec six ventes sur dix. Elle est traditionnellement consommée de cette manière en Europe et aux Etats –Unis ou elle représente également la première source de débouches.) [126]

III-5-Morphologie de la plante

A - Aspect de l'arbre

L'anacardier est un arbre formant un feuillage en dôme et pouvant atteindre 20 m de hauteur avec un diamètre de tronc à hauteur d'homme de 25 cm en conditions favorables. Le fût est relativement court et généralement bas branchu donnant une apparence d'arbre étalé. Le tronc est rugueux, résineux, légèrement gris ou brun [127][128][129]. *L'anacardier* a un port hémisphérique (globuleux) de type arbre fruitier et la hauteur indiquée plus haut est seulement possible dans son aire originale.

Il s'adapte à presque tous les types de sols. Cependant, il préfère les zones tropicales, en générales les terres meubles et profondes. Elle peut vivre dans des zones présentant des conditions climatiques et pédologiques très variées. Les principales régions de production sont situées entre les parallèles 15o Nord et 15o Sud. Elle peut supporter des périodes de chaleur et de sécheresse (12- 32°C est l'idéal, mais pas au-delà de 40- 45 C) ; l'arbre dans son entier craint le gel.

Pour donner des récoltes importantes et saines. Il a besoin des sols bien drainés, riches et bénéficiant d'un apport en eau pendant la saison sèche (pluviométrie de l'ordre 500- 1500 mm /an).[130]

B - Description de la plante

B-1 Partie sous terraine :

Son système racinaire est constitué d'une racine pivotante bien développée qui peut dépasser 10 mètres de profondeur [131], et des racines latérales sub-superficielles. La ramification s'initie sur l'arbre à partir de la deuxième année .[132]et s'intensifie au fur et à mesure que l'arbre se développe tout au long de sa vie.

B-2 Partie aérienne :

– Le fruit

Le fruit de *l'anacardier*, au sens botanique du terme, est la noix de cajou . Fig (14).



figure (14): Le fruit de l'anacardier

Elle est constituée par une amande formée de deux cotylédons blancs et charnus, séparée du mésocarpe de la noix, appelée coque, par une pellicule de couleur rouge, la testa. L'amande représente de 20 à 25 % du poids total de la noix [133]. Elle mesure à maturité de 3 à 5 cm de longueur et de 2 à 3,5 cm de largeur. Son poids peut varier de 3 à 18 g. Une fois récoltées et détachées des pommes, les noix sont séchées au soleil pendant 4 à 5 jours, ce qui

permet d'abaisser leur humidité relative et de diminuer le risque d'attaque fongique. Elles sont ensuite stockées en attendant d'être transformées.[134]

– **Le faux fruit de l'anacardier : la pomme de cajou**

Après le développement de la noix, son pédoncule s'hypertrophie et change de couleur pour donner un faux fruit connu sous le nom de pomme de cajou. À maturité, cette pomme de cajou est de couleur rouge, jaune ou orangée. En revanche, quelle que soit la couleur de la fine pellicule cireuse qui constitue la peau du fruit, sa chair est jaune. La forme de ce faux fruit est ronde ou piriforme (sa dénomination, *Anacardium*, signifie « en forme de cœur ») et il peut atteindre 10 cm de long et 5 cm de large [135]. Le poids d'une pomme de cajou est généralement compris entre 70 et 90 g .[136]

– **Les feuilles de l'anacardier**

Sont simples, alternes, oblongues, lancéolées ou ovales, arrondies au sommet, cunées à la base, parcheminées, glabres, coriaces et possèdent une cuticule épaisse avec des nervures saillantes à la face supérieure. Elles mesurent de 7 à 18 cm de long sur 5 à 12 cm de large et sont portées par un pétiole de 1 à 2 cm environ, épaissi à la base. Le limbe est cassant et le pétiole aussi à sa base. La couleur de la face supérieure des feuilles est vert foncé et est plus claire sur la face inférieure. Les feuilles sont marquées de 10 à 15 paires de nervures latérales.[137]

– **Bois et branches**

Les branches sont extrêmement sensibles au feu, et lorsque les branches sont détruites par le feu, il faut de longues années avant que l'arbre ne refasse sa couronne et ceci d'autant plus que l'arbre est âgé. A l'état naturel, les branches touchent rapidement le sol et peuvent même provoquer des marcottes naturelles

– **Fleurs:**

L'anacardier porte à la fois des fleurs unisexuées mâles et des fleurs hermaphrodites. De couleur blanche ou jaune pâle striées de rose ou rouge-vert, elles sont nombreuses, regroupées en panicule ou cymes terminales et sont odoriférantes. Les pétales sont au nombre de 5 avec 10 étamines. Les fleurs sont couvertes de larges bractées légèrement pubescentes. Les fleurs hermaphrodites partagent la même aire de distribution et des conditions climatiques similaires. Groupées en racèmes, d'un côté de la branche. L'espèce est donc allogame, ce qui rend difficile le processus de sélection en faveur de l'amélioration de cette plante. Les fleurs apparaissent généralement vers la fin de la saison des pluies aux endroits de la couronne

touchée par les rayons du soleil. Il faut donc à l'anacardier beaucoup de lumière pour donner le maximum de rendement.[138]. Tab(14).

Tableau (14): Composition chimique de la noix de cajou.[139]

Composants	(g)
Eau	84.4 - 88.7g
Protéines	0.101 – 0.162g
Matières grasses	0.05 – 0.50g
Hydrates de carbone	9.8g – 9.75g
Fibre	0.4 - 1g
Cendre	0.19 – 0.34g
Calcium	0.9 – 5.4 mg
Phosphore	6.1 – 21.4mg
Fer	0.19 – 0.71mg
Carotène	0.03 – 0.742 mg
Thiamine	0.023 – 0.03mg
Riboflavine	0.13 – 0.4mg
Niacine	0.13 – 0.539 mg
Acide ascorbique	146.6 – 372mg

(DAVIS, 1999)

III-6- Propriétés biologique de l'anacardium occidentale

L'amande de cajou se caractérise par sa richesse en acides gras essentiels, notamment en acides linoléique et oléique qui composent 20 % et 60 % de la matière grasse.

Les acides gras contenus dans l'amande de cajou sont d'un grand intérêt au plan diététique, dans la lutte contre le mauvais cholestérol. En effet, les acides gras mono et polyinsaturés présentent de nombreux bienfaits pour l'homme par conséquent, les amandes cajou doivent être recommandées dans divers mets. En effet ces acides gras diminuent les risques de maladies cardiovasculaires en faisant chuter le taux de cholestérol estérifié des LDL et en augmentant celui du cholestérol HDL, dans le sang. Outre la réduction de risque d'attaque cardiaque, la consommation de cajou a également des effets bénéfiques sur la réduction du risque de faire une apoplexie, de contracter le diabète de type 2, souffrir de calculs biliaires, de dégénérescence musculaire et de démence.[140]

III-7- Utilisation de l'anacardier :

L'anacardier est un arbre aux usages multiples. L'intérêt porté par les producteurs à la culture de l'anacardier témoigne de ces nombreuses retombées économiques et environnementales.

L'anacardier participe à la conservation de la biodiversité et à la reconstitution des terres de cultures dégradées et appauvries. Cette plante participe aussi à la bonne séquestration du carbone avec un taux de séquestration de 4,6teqCO₂/Ha/an .[141] Par ailleurs, l'anacardier est de nos jours une source de conservation du patrimoine foncier et de diversification des revenus. Outre son intérêt sur le plan forestier, les populations utilisent les fruits *de l'anacardier* dans leur alimentation. Si on cultive l'anacardier c'est avant tout pour ses graines.[143] .La noix est donc le principal produit commercial de *l'anacardier* [142]. Il s'agit d'un akène riche en protéines, vitamines, oligo-éléments et acides gras mono-insaturés qui aident à réduire le taux de cholestérol [144]. Cette amande est utilisée dans l'alimentation humaine. Il existe de nombreuses recettes culinaires à base de ces amandes [145] Les amandes entières sont principalement consommées comme «amuse-gueule». La noix d'anacarde est utilisée dans plusieurs domaines dont l'agroalimentaire, la cosmétologie, la médecine, l'industrie automobile .[146] Ainsi la noix est considérée comme un remède potentiel dans la médecine traditionnelle de l'Inde. Les noix de cajou sont également très utilisées dans la pharmacopée africaine pour soigner le diabète, les troubles rénaux, soulager l'arthrite et les rhumatismes, et traiter des maladies de la peau comme l'eczéma[147] Quant à la pomme de cajou ou faux fruit, elle est aussi comestible par l'homme. Ce faux fruit très juteux, très sucré et très riche en vitamine C est généralement consommé dans les zones de production d'anacarde mais rarement commercialisé. Son goût est astringent, sa conservation est difficile et les légendes sur ses dangers limitent l'utilisation du produit, sauf au Brésil où environ 20% de la production est consommée La pomme de cajou peut être utilisée pour fabriquer des jus de fruits, compotes, vinaigres et autres préparations Certaines populations utilisent le bois léger de l'anacardier comme combustible ou pour faire des cageots, ses cendres comme engrais. La coque de la noix est un sous-produit de la transformation qui généralement est utilisé comme combustible. Quant aux feuilles de l'anacardier, elles sont aussi utilisées en médecine traditionnelle pour le traitement de diverses maladies. [148]

III-8-Production mondiale d'*Anacardier*

Cette statistique montre la production mondiale de noix de cajou en volume de 2007 à 2018, en tonnes métriques. En 2007, le volume mondial de production de noix de cajou était de plus de 400.000 tonnes métriques.[149]. Fig(15).

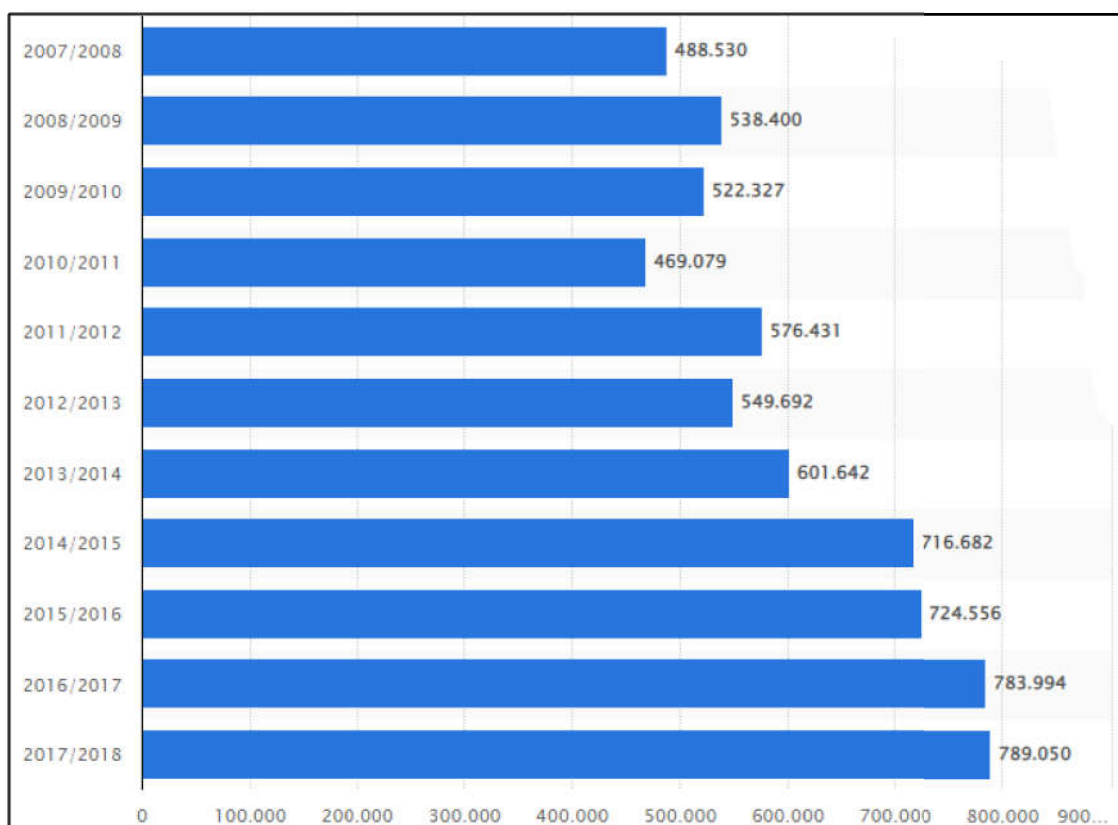


Figure (15) :Production de noix de cajou en volume au niveau mondial de 2007 à 2018.[149]

III-9-Composition en acide gras de l'huile de cajou

Tablau (15): Composition en acide gras de l'huile de cajou.[150]

Acides gras (2)		
Acide palmitique	C16 :0	9,0 % à 14,2 %
Acide palmitoléique	C16 :1	0,3 % à 0,4 %
Acide margarique	C18 :0	0,1 % à 0,2 %
Acide stéarique	C18 :0	6,3 % à 11,6 %
Acide oléique	C18 :1	57,3% à 65,1%
Acide linoléique	C18 :2 w6	15,6 % à 18,6 %
Acide alpha linolénique	C 18 :3 w3	traces à 0,2 %
Acide arachidonique	C20 :0	0,3 % à 0,8 %

Le cajou est très riche en :Acides Gras essentiels -surtout acide oléique et linoléique – 77%Protéines - 21%Vitamines A, D, K, PP, E Sels minéraux: calcium, phosphore, fer.[151]

L'huile d'Anacarde ou huile de Noix de Cajou contient 80% d'Acides Gras Insaturés dont les plus représentatifs sont l'acide oléique – oméga 9 - et l'acide linoléique – oméga 6 - (1, 2, 3, 10).[152]. Tab(15)

Les insaponifiables/huile représentent 0,9% à 1,8% avec le béta- sitostérol (environ 80% des stérols), et le delta 7-Avenastérol (2, 3). C'est une huile rare contenant de la Vitmine E (21,5mg/100g.[153].

III-10-Propriétés chimiques et organoleptiques de l'huile de cajou

Tablau (16): Propriétés physico-chimiques et organoleptiques de l'huile de cajou.[154].

	Huile d'amandes de cajou		
	Analyse effectuée à la Division de Chimie L.R.A.F.I. (Saigon)	d'après JAMIESON [30]	d'après GONNET [22]
Densité	0,917 *	0,911 à 0,918 **	0,9184
Indice de réfraction (n_D)	1,4715 *	1,4623 à 1,4633 ***	1,4609
Indice de saponification	193,9	187 à 195	200
Indice d'iode	82,6	79 à 85	82,8
Acidité % (en acide oléique)	0,95	0,7 à 0,9	1,1
Indice Reicher-Messl	0,4	—	0,6
Insaponifiable %	0,44	0,4 à 1,5	—
Point de congélation	— 8° C	—	—
Poids moléculaire moyen des acides gras	318	—	—
Viscosité absolue à 100° C	0,087	—	—
Solidification des acides gras	—	28 à 30° C	28° C

* à 15° C ; ** à 20° C ; *** à 40° C.

III-11-Extraction

En général, il existe deux méthodes d'extraction d'huile :

III-11-1- Extraction par action mécanique

• Définition

A partir d'un produit composé de solides, l'extraction par pression (ou pressage) permet de séparer les liquides en leur appliquant une pression extérieure.[155]

• Principe - procédé

Le produit à presser est supporté par une paroi ou une toile permettant le passage du liquide. On procède tout d'abord à un broyage qui permet d'abaisser la résistance au passage. L'extraction par pression consiste ensuite à faire sortir le liquide de la masse poreuse sous l'effet d'une diminution de volume de l'ensemble. Les mécanismes de base sont donc :

- La déformation d'un milieu complexe (mélange solide-liquide, le plus souvent cellulaire)
- L'écoulement du liquide à travers ce milieu poreux et la paroi-support. [156]

En général, on utilise deux types de presse :

• Les presses continues :

Ces presses sont conçues pour traiter des débits importants, pouvant atteindre des dizaines voire des centaines de tonnes à l'heure.

- Les presses à vis convenant à de nombreux produits : graines oléagineuses, pulpes de sucrerie, luzerne, drêches de malt ou de maïs, marc de café, peaux de citron, etc. La

pression croît de l'entrée vers la sortie de la vis. La rotation de la vis et les hautes pressions générées entraînent des frottements importants pouvant provoquer un échauffement du produit. Ces frottements doivent donc être limités afin de ne pas nuire à la valeur alimentaire du solide (cas des tourteaux d'oléagineux).

- Les moulins sont des systèmes à cylindre presseurs générant eux aussi de fortes pressions. Ils sont exclusivement utilisés en sucrerie de canne, en combinaison avec une addition d'eau d'imbibition.
- Les presses à bandes utilisent des rouleaux et des bandes textiles ou métalliques et fonctionnent à basses pressions. Elles sont employées pour des boues de traitement des eaux ainsi que pour divers déchets des industries agroalimentaires.[157]

III-11-2-Extraction par solvant :

L'extraction par solvant consiste à dissoudre la substance contenant l'huile recherchée dans un solvant, puis à éliminer le solvant et récupérer l'huile. Il suit deux étapes :

❖ Première étape : Lavages successifs au solvant

On met en contact le solvant et le matériel végétal dans des cuves appelées extracteurs.

Celles-ci sont constituées de plaques métalliques percées de trous, pour que le solvant puisse circuler librement dans la totalité de l'espace.

Le choix du solvant s'effectue en fonction de :

Sa **solubilité** : le composé à extraire doit être très soluble dans le solvant (pour pouvoir être extrait dans celui-ci). La solubilité du composé à extraire dans le solvant dépend de sa structure chimique : un composé polaire sera soluble dans un solvant polaire (eau, alcool), tandis qu'un composé peu polaire (limonène par exemple) sera soluble dans un solvant peu polaire (pentane, hexane, benzène). Elle dépend aussi de la taille et de la rigidité des molécules.

Son **état physique** : il doit être liquide à la température et la pression où l'on réalise l'extraction.

Sa **température d'ébullition** : elle doit être faible (pour que le solvant puisse être éliminé plus facilement).

De plus, le solvant ne doit pas réagir chimiquement avec l'huile à extraire.

Le solvant le plus utilisé est l'hexane car il est très volatile. Le benzène et le dichlorométhane étaient aussi très courants mais ont été interdits du fait de leur toxicité : cancérogènes. [158]

❖ Deuxième étape :

- **Extraction du solvant par évaporation :**

On fait bouillir le mélange obtenu, dans le but d'éliminer le solvant. Ceci est possible car sa température d'ébullition est inférieure à celle de l'huile. On obtient ainsi l'huile.[158]

- **Intérêts**

L'intérêt de cette méthode réside dans les températures très faibles qu'elle nécessite. En effet, on l'utilise surtout pour des molécules fragiles qu'une distillation endommagerait.[158]

- **Inconvénients**

- La quantité de solvant est importante. Il existe donc un grand risque d'inflammation et de pollution, donc augmentation de risque sur la dégradation environnementale.
- Des traces résiduelles de solvant peuvent être présentes à la fin dans l'huile, altérant sa qualité.
- La durée nécessaire est très longue, donc besoin d'un grand investissement.[158]

III-11-3- Raffinage

❖ Définition

Le raffinage, par définition, une opération qui consiste à séparer d'une substance les matières qui altèrent sa pureté. Les huiles brutes contiennent de nombreuses autres substances telles que les triglycérides, en proportion minoritaire. Certaines d'entre elles portent des propriétés intéressantes comme les vitamines, d'autres ont un effet négatif sur la qualité et la conservation des huiles. Ces molécules peuvent donner un mauvais goût, un aspect indésirable, une mauvaise odeur ainsi que perturbent les propriétés fonctionnelles. D'où l'intérêt.[159]

❖ Objectifs visés

En effet, il a pour double objectif :

- D'une part d'éliminer des substances indésirables, tout en conservant celles dont les propriétés sont intéressantes ;

- D'autre part fournir un produit d'aspect engageant, neutre gout, résistant à l'oxydation, adapté à l'emploi désiré des consommateurs et débarrassé des substances toxiques.[159]

III-11-4- Comparaisons de quelques caractéristiques qualitatif et quantitatif d'huile d cajou par rapport aux autres huiles :

❖ Aspect quantitatif :

Le tableau suivant nous donne le teneur en huile de quelques plantes oléagineuses :

Tableau (17) : Teneur en huile de quelques plantes oléagineuses.[159]

Plan oléagineuse	Teneur en huile en %
Cajou	26.7
Arachide	35à45
Cocotier	65à70
Ricin	42à56
Toumesol	30à40
Soja	15à22

Cajou une quantité importante en teneur d'huile qui atteint jusqu'à 26.7%. En tenant compte de la matière première en huilerie le plus existant à Vietnam (Asia), Cajou reste encore comme matière première rentable.Tab(17)

Du point de vue d'extraction d'huile, cajou est plus avantageuse par rapport au soja dû à sa teneur en huile.

❖ Aspect qualitatif :

Le tableau suivant nous donne quelques caractéristiques d'huiles alimentaires, composition pour 100g d'huile.

Tableau (18) : Composition en acides gras de quelques huiles végétales. [160]

composé	Huile Cajou	Huile Pistacia vera	Huile soja	Huile Arachid e	Huile d'olive
Acide laurique (12 :0)	-	0.10g	-	-	0.022g
Acide myristique (14:0)	-	0.19g	-	-	0.125g
Acide palmitique (16:0)	9.0g	11.55g	-	0.1g	-
Acide palmitoléique (16 :1n-9)	0.3g	0.58g	10.455g	9.5g	11.29g
Acide stéarique (18:0)	9.0g	15.21g	4.435g	2.2g	1.9553g
Acide oléique (18:1n-9)	57.01g	65.64g	-	1.4g	0.144g
Acide lénoléique (18 :2n-6)	22.5g	4.81g	-	2.8g	0.129g
Acide linoléique (18 :3n-6)	1.3g	1.35g	-	0.9g	-
Acide arachidonique (20 :0)	0.6g	0.58g	0.233g	1.3g	0.311g
Total des acides gras	25g	100g	22.55g	44.8g	71.269g
Acide gras saturés	-	27.62g	15.65g	1.1g	1.255g
Acide gras mono-insaturés	65.20g	66.22g	50.952g	46.2g	9.762g
Acide gras poly-insaturés	-	6.16g	57.74g	32g	10.523g

D'après ce tableau ci-dessus, on peut tirer les conclusions suivantes :

❖ Les acides gras insaturé

Ils représentent la base essentielle de l'apport énergétique alimentaire d'origine lipidique et constituent la forme majeure de stockage énergétique. Ils sont indispensables au bon métabolisme des structures cérébrales et nerveuses. Par ailleurs, ils sont le carburant essentiel du muscle cardiaque et permettent l'effort de longue durée. L'huile cajou a un taux élevé en acide gras insaturé par rapport à l'huile de soja et l'huile d'olive. [161].Tab(18)

❖ Les acides gras mono insaturés :

Parmi eux, l'acide oléique qui semble avoir un rôle protecteur vis-à-vis des maladies cardiovasculaires.

L'huile d' cajou e a une proportion moyenne en quantité de cette classe d'acide, supérieur par rapport à l'huile de soja, mais inférieur par rapport à l'huile d'olive.[162].Tab(18)

❖ Les acides gras poly-insaturés :

Parmi lesquels, notamment, les acides linoléique (C18 - 2 doubles liaisons en C9 et C12) et linoléique, ce sont des acides gras essentiels parce qu'ils ne peuvent être synthétisés par l'organisme et doivent donc être obligatoirement apportés par l'alimentation. Il est indispensable à la croissance, au développement et au maintien des fonctions vitales ; permettant d'abaisser le taux de cholestérol et des phospholipides sériques. L'huile d'arachide a une quantité importante en acides gras poly-insaturés. La teneur en acides gras

poly-insaturés de l'huile de cajou largement supérieure par rapport à celle de l'huile de l'olive.[163].Tab(18)

❖ Les Vitamines :

Comme les autres types d'huile, l'huile d'cajou contient diverses vitamines telles que la vitamine E et les vitamines K et autre .

En guise de conclusion, l'huile d'cajou possède presque toutes les molécules des acides gras classés comme acides gras alimentaires et de diverses vitamines. Donc on peut dire s'il est une huile de qualité.[164]

III-11-5- Utilisations de l'huile de Cajou :

L'huile d'cajou est une excellente huile de friture. La température moyenne d'une friture étant environ de 170°C, le point de fumée de l'huile d'arachide est de 16à 20°C

Le tableau suivant représente une comparaison des points de fumée de quelques huiles présentes sur le marché international.[165]

Tableau (19) : Température critique de quelques huiles végétales alimentaires.[166]

Type d'huile	Température critique C
Cajou	16à20
Arachide	229
Pistacia vera	7à7.5
Noix	140
Oliv	210
Pepins de raisin	150
Sésame	150
Soja	150
Tournesol	160à170
Coprah	220
Palme	230

D'après ce tableau, ce sont l'huile de cajou à la teneur moyenne en humidité qui s'adapte plus à la préparation des gâteaux et des produits de beauté par rapport à l'huile d'arachide et d'olive qui s'adaptent plus à la friture à cause de leur point de fumée élevé. Les huiles de palme et de coprah ne résistent pas également à la chaleur élevée ; mais leur consommation trop fréquente est déconseillée à cause de leur forte teneur en acides gras saturés. Tab(19)

Enfin, l'huile d'cajou est utilisée pour la préparation de nombreux produits industriels (cosmétique), grâce à sa haute teneur en acide oléique .

A. L'huile de Cajou et santé :

❖ Aspects nutritionnels de l'huile de cajou :

L'huile d'cajou est un produit très énergétique ; 100 g d'huile d'arachide fournissent environ 630 calories . Elle fait partie des huiles oléiques où l'acide oléique, est majoritaire La teneur de l'huile d'cajou en acides gras est très proche de l'optimum défini par les nutritionnistes, notamment en ce qui concerne les acides gras mono insaturés.

Concernant les acides gras essentiels, l'huile d'cajou est une bonne source d'acide linoléique mais ne contient pas d'acide α -linoléique. Il est alors conseillé d'associer sa consommation à des sources d'oméga 3. Il faut juste veiller à maintenir un rapport équilibré entre les oméga-6 et les oméga-3.[167]

❖ Allergie et huile de cajou :

Dans la liste des principaux allergènes de l'Agence canadienne d'inspection des aliments on retrouve les « noix », qui désignent un ensemble de fruits à écale et oléagineux. Une étude a démontré que les noix de cajou, les noisettes, les noix de Brésil, les amandes et les pistaches formaient un groupe dont les allergies étaient fortement associées. Une personne allergique à l'un de ces aliments est ainsi susceptible d'être allergique aux quatre autres.

Par ailleurs, on recommande habituellement aux personnes allergiques aux arachides de s'abstenir de consommer des fruits à écale et oléagineux, dont la noix de cajou. Ils ont aussi un potentiel allergénique élevé et sont souvent manipulés et distribués par des entreprises spécialisées dans les arachides. Les symptômes d'allergie aux fruits à écale et oléagineux peuvent être graves et aller jusqu'au choc anaphylactique.[168]

B- L'huile et son marché

L'anacarde est cultivé dans toutes les régions tropicales du monde. Toutefois la grande majorité de la production commercialisée se concentre dans quatre grandes zones : le Sud Est de l'Asie , l'Afrique de l'Ouest, l'Afrique de l'Est et le Brésil.

La production mondiale de noix de cajou 2012 s'est établi à 2 200 000 tonnes de noix brute, soit l'équivalent de 440 000 tonnes d'amande de cajou.

L'amande de cajou contient 45 % de matières grasses (35 % de graisses insaturées), 21 % de protides et de nombreuses vitamines et sels minéraux. Elle peut être consommée crue mais également grillée et salée sous forme « d'amuse-bouche », cette utilisation est de plus en plus répandue en Europe et aux Etats-Unis et elle aurait de nombreux effets bénéfiques sur la santé. [169]

En fait, plusieurs études associent une consommation régulière de fruits à écale à divers bienfaits pour la santé :

- baisse du cholestérol sanguin ;
- diminution du risque de maladies cardiovasculaires et de diabète de type 2 ;
- diminution du risque de calculs biliaires et d'ablation de la vésicule biliaire ;
- -diminution du risque de cancer du côlon chez la femme.

La qualité des amandes de cajou est déterminée par le goût, la teneur en humidité et certaines caractéristiques de calibrage, qui sont influencées par la dimension et la couleur. Les amandes de cajou dont la teneur en humidité est moindre présentent souvent une fissure de la coque.[170]

❖ Le tourteau et son marché:

Le tourteau d'cajou qui contient un taux de protéine élevé (10 - 20 %) a été pendant longtemps une des bases de l'alimentation du bétail en Europe et en France et Asia spécialement. Là également, la concurrence du soja et des autres protéagineux* est extrêmement sévère et l'accroissement considérable de la consommation d'aliments protéiniques a réduit dramatiquement la part de cajou par rapport à celle des autres sources, rendant la France et l'UE tributaires des USA et de Asia pour leur approvisionnement. La régression de Cajou dans ce domaine est associée à deux faits : la baisse de l'offre générale dans les pays d'Afrique où l'auto - consommation s'accroît au détriment des exportations, alors que la production baisse ; la présence d'aflatoxine* dans les produits récoltés qui entraîne une nette dépréciation de la graine et du tourteau.[171]

Le redressement de la situation sera lié à l'application générale des techniques de prévention et de détoxification* et à la diversification des utilisations (valorisation de la fraction protéique pour l'alimentation humaine). La détoxification industrielle des tourteaux est réalisée au Sénégal, où les principales huileries sont équipées d'unités de détoxification d'une capacité totale de 1 150 tonnes/jour.[172]

❖ Cajou de bouche

La quasi - totalité des transactions internationales en graines ou en coques portent sur cajou de bouche, cajou d'huilerie étant le plus souvent triturée sur place dans les pays producteurs. Les cajou de bouche sont destinées à la consommation humaine sans extraction d'huile. Les cajou décortiquées constituent déjà un premier stade de la transformation ; elles représentent la plus grande partie des transactions effectuées. Les cajou en coques, en général

après grillage, vont presque directement à la consommation humaine. En revanche les décortiquées sont le résultat d'un triage propre à cajou de bouche, effectué après décorticage. Le produit trié est la matière première de la filière de transformation qui conduit aux différents produits de la consommation humaine (graines grillées, nougats, farine, pâtes, « beurre », etc....).[173]

CHAPITRE VI :

MATERIEL ET METHODES

VI-1- Cadre de l'étude :

Le but de ce travail, consiste en la caractérisation et l'analyse des acides gras d'huile du *pistachier vrai* et celle de *l'anacardium occidentale*, ainsi leurs caractères chimiques. L'analyse des acides gras a été réalisée au laboratoire de recherche de département de Sciences de la matière par la chromatographie phase gazeuse (CPG/FID), les autres analyses ont été effectuées au département de Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université Echahid Hamma Lakhdar d'El oued, au sein du laboratoire de biochimie .

VI-2- Échantillonnage :

Notre matériel végétal est constitué de graines de *pistache (pistacia vera L.)* et de graines de cajou (*anacardium occidentale*) qui ont été recueilli du marché de la wilaya d'el oued (variété asiatique) pour la saison Octobre 2021,

Les échantillons sont séchés à l'air libre puis dénoyautés et finement broyés à l'aide d'un broyeur électrique pour obtenir une poudre fine à partir de laquelle nous extrayons l'huile par un solvant organique (l'hexane) en utilisant l'appareil de Soxhlet comme extracteur

VI-3- Extractions et identifications de l'huile de pistache et de cajou

VI-3-1 -L'extraction :

L'extraction est une étape nécessaire et présente dans de nombreux procédés de fabrication dans les différents domaines industriels relevant de la pharmacie, de la cosmétique, de la parfumerie et de l'agroalimentaire. C'est le fait d'isoler les matières naturelles ou composées de la matière première (la plante) avec l'utilisation des solvants organiques, si la matière qui on veut la séparer est liquide on applique la méthode : liquide liquide ; si la matière est solide on applique l'extraction solide-liquide. [174]

VI-3-2- Extraction au Soxhlet :

L'appareil de Soxhlet permet de réaliser une extraction par solvant continue d'une espèce chimique contenue dans une poudre solide. [175]. L'extraction par soxhlet est une méthode simple et convenable permettant de répéter infiniment le cycle d'extraction avec du solvant frais jusqu'à l'épuisement complet du soluté dans la matière première. [176]. Dans le montage (figure 19), chaque échantillon broyé est mis dans une cartouche en papier-filtre épais qui est ensuite placée dans un siphon fixé sur un ballon rempli de solvant d'extraction (hexane). Le tout est surmonté d'un réfrigérant

Après deux heures d'extraction, on récupère l'huile extraite mélangée au solvant. La séparation se fait à l'aide d'un appareil appelé « Rotavapor » (Figure 21). On effectue trois extractions de l'huile végétale par cette méthode de Soxhlet afin de déterminer le rendement. Nos échantillons d'huiles sont stockés dans des flacons en verre fumé et conservés dans le réfrigérateur à 4°C et à l'abri de la lumière afin d'éviter toute oxydation lors de l'analyse. A la fin de cette opération on pèse le ballon avec l'huile pour le calcul du rendement.

VI-3-3- Détermination de la teneur en matière grasse

❖ Méthode de Soxhlet (NF EN ISO 734-1, 2000)

- **Principe**

Les corps gras sont des substances organiques qui peuvent être extraites à partir des fruits et végétaux par des solvants organiques apolaires au moyen de l'appareil Soxhlet.

- **Mode opératoire**

La matière grasse contenue dans les graines est extraite à partir de 50g de poudre en utilisant la méthode de Soxhlet ; le solvant utilisé est l'hexane.

Après la distillation le pourcentage des lipides est exprimé en poids de la matière sèche :

- Sécher le ballon de 500 ml à l'étuve à 105 °C pendant une heure ;
- Refroidir le ballon au dessiccateur pendant 30 mn ;
- Peser le ballon à la précision de 0.001g ;
- Peser 50 g d graine de pistache et de cajou broyée ;
- Introduire le broyat dans la cartouche de papier filtre ;
- Placer la cartouche avec la prise d'essai à l'intérieur de l'appareil Soxhlet ;
- Verser 400 ml de solvant d'hexane dans le ballon ;
- Chauffer le ballon pendant 2 heures pour chaque extraction jusqu'à l'épuisement de la matière grasse ;
- Ensuite, évaporer le solvant par l'appareil rota vapeur ; (Figure 15)
- Sécher le résidu du ballon dans une étuve à 70-80 °C ;
- Refroidir le ballon au dessiccateur pendant 30 mn ;
- Récupérer l'huile et peser à précision 0.001g.

❖ Expression des résultats La teneur en matière grasse est calculée selon la formule suivante :

$$Rdt = \frac{m}{m_0} \times 100$$

m : Masse en grammes de l'huile évaporée.

m₀ : Masse en grammes de la prise d'essai

(Graines broyées)

VI-4-- Analyses chimiques :

VI-4-1- Indice d'iode

Il est déterminé suivant la norme NF ISO 3961 (Corps gras d'origines animale et végétale. Détermination de l'indice d'iode). En présence d'un large excès d'halogénure d'iode (Réactif de Wijs, commercial), l'iode se fixe sur les doubles liaisons des acides gras insaturés. L'iode non consommé est ensuite dosé en retour par le thiosulfate de sodium. L'indice d'iode rend compte de l'insaturation des chaînes grasses (indice iode : 85 à 110). Il existe d'autres méthodes non reprises dans la norme NF ISO 3961 qui utilisent des halogénures mixtes ou halogénures :

- méthode de Hanus (monobromure d'iode) ;
- méthode au brome.

L'indice d'iode peut être évalué à partir de l'analyse chromatographique en phase gazeuse des esters méthyliques des acides gras en tenant compte des masses molaires moléculaires des différents acides gras ou esters méthyliques des acides gras. [177]

❖ Définition :

L'indice d'iode est le nombre en gramme d'iode fixé par 100g de corps gras. Il nous renseigne sur le degré d'insaturation des chaînes carbonées des acides gras constitutifs des matières grasses. – (CEVITAL avec la norme [178])

❖ Principe :

Il s'agit d'ajouter à une prise d'essai, une solution de monochlorure d'iode dans un mélange formé d'acide acétique et de tétrachlorure de carbone. Après, il est déterminé l'excès de monochlorure d'iode par addition d'iodure de potassium et d'eau en titrant l'iode libéré par une solution de thiosulfate de sodium. Cette réaction d'addition est utilisée pour déterminer qualitativement l'insaturation des corps gras.

❖ **Mode opératoire :**

- Peser la prise d'essai, à 0.001g près et l'introduire dans un flacon de 250 ml ;
- Ajouter 15 ml du tétrachlorure de carbone et 25 ml du réactif de Wijs ;
- Après avoir bouché et agiter, envelopper avec du papier noir et laisser au repos pendant une heure ;
- Ajouter 20 ml de l'iodure de potassium à 10% préparé instantanément et 150 ml d'eau distillé ;
- Titrer avec la solution de thiosulfate de sodium à 0,1 N jusqu'à ce que la couleur jaune due à l'iode ait presque disparu ;
- Ajouter quelques gouttes d'empois d'amidon et poursuivre le titrage jusqu'à la disparition de la couleur bleue violette, la solution devient alors transparente. ;
- Effectuer de la même façon un essai à blanc.

❖ **Expression de calcul :**

L'indice d'iode est donné par la formule établie ci-dessous. [179]

$$II = \frac{(V_0 - V)}{P} \times 126,9 \times N$$

Où :

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

V0 : volume de thiosulfate de sodium utilisé pour titrer l'excès d'iode en ml.

N : normalité de thiosulfate de sodium.

P : Prise d'essai (g) de l'échantillon.

12,69 : masse d'iode correspondant à 1ml de thiosulfate de sodium pour 100g de corps gras.

VI-4-2- Indice de saponification :

Cet indice est déterminé suivant la norme NF ISO 3657 (Corps gras d'origines animale et végétale – Détermination de l'indice de saponification).

Il est nécessaire d'opérer :

- en phase homogène ;
- à température élevée en présence d'un excès d'une solution éthanolique d'hydroxyde de potassium. Cet excès est ensuite dosé en retour, ce qui permet de déterminer la quantité

d'hydroxyde de potassium consommée. L'indice de saponification rend compte de la longueur des chaînes hydrocarbonées des acides gras.

Indice de saponification : 188 à 196. [180]

❖ **Définition :**

L'indice de saponification consiste à déterminer le nombre de milligrammes de potasse nécessaires pour saponifier les acides gras contenus dans un gramme de matière grasse. [181]

❖ **Principe :**

Il s'agit de traiter l'ester par de la potasse suffisamment concentrée et chaude en présence d'un indicateur coloré ; ce qui régénère suivant une réaction totale de l'alcool et le sel de potassium de l'acide en donnant naissance à l'ester.

❖ **Mode opératoire :**

- Peser 1 gramme d'huile dans un ballon puis ajouter 25 ml de KOH à 0.5N. Le tout est mis dans un chauffe ballon muni d'un réfrigérant.
- Maintenir l'ébullition pendant 45 à 60 minutes.
- Après refroidissement, ajouter 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine à 2%.
- Titrer par une solution d'acide chlorhydrique (HCl à 0.5N) jusqu'à la disparition de la couleur rose et la réapparition de la couleur initiale du mélange.
- Noter le volume de HCl utilisé.
- Faire un essai à blanc dans les mêmes conditions opératoires.

❖ **Méthode de calcul :**

L'indice de saponification est calculé selon la formule : [182]

$$IS = \frac{(V_0 - V)}{P} \times N \times 56.11$$

Où :

V_0 : Volume en ml de HCl utilisé pour l'essai à blanc.

V : Volume en ml de HCl utilisé pour l'échantillon à analyser.

P : Prise d'essai en grammes.

N : Normalité de la solution d'HCl.

56.1 : Masse molaire exprimée (g/mole) d'hydroxyde de potassium.

VI-4-3- Indice de peroxyde :

❖ Définition :

L'indice de peroxyde est une mesure permettant d'estimer la quantité de peroxydes présents dans une matière grasse. Les peroxydes sont des constituants caractéristiques de l'oxydation des acides gras insaturés, ils sont déterminés en se basant sur leur propriété de libérer l'iode de l'iodure de potassium dans les milieux acides. L'iode libéré est mesuré par la réaction avec le thiosulfate, sachant que 1ml de thiosulfate 0,01 N correspond à une quantité de 80 mg d'oxygène fixé sur les acides gras. L'indice de peroxyde est le nombre de µg actif de peroxyde contenu dans un gramme de produit et oxydant l'iodure de potassium entraînant la libération d'iode. Le processus d'auto-oxydation qui, par exemple, met en jeu une réaction en chaîne radicalaire, qui entraîne l'oxydation des acides gras insaturés de l'huile. Cette oxydation conduit à une diminution de la valeur nutritionnelle de l'huile par dégradation des acides gras essentiels (acide linoléique). En outre, elle aboutit à la formation de divers produits de décomposition qui lui confèrent une odeur et un goût indésirable, voire vrai semblablement une certaine toxicité. [183]

❖ Principe :

Le principe repose sur le traitement de l'huile en solution dans de l'acide acétique et du chloroforme par une solution d'iodure de potassium. Il s'agit de titrer l'iode libéré par une solution titrée de thiosulfate de sodium

❖ Mode opératoire :

- -Dans un erlenmeyer, peser 1 gr d'huile.
- Ajouter 10 ml du chloroforme, dissoudre rapidement la prise d'essai en agitant.
- Ajouter 15 ml d'acide acétique puis 1 ml de solution d'iodure de potassium (KI).
- Boucher rapidement l'erlenmeyer, l'agiter pendant 1 min et le laisser pendant 5 min à l'abri de la lumière à une température comprise entre 15 et 25°C.
- Ajouter 75 ml d'eau distillée et bien agiter.
- Titrer l'iode libéré avec une solution de thiosulfate de sodium à 0.01N en agitant vigoureusement en présence d'amidon (1g/100ml) comme indicateur coloré.
- Effectuer simultanément un essai à blanc.

❖ **Méthode de calcul :**

L'indice de peroxyde est calculé selon la formule suivante :

$$\text{IP} = \frac{(V_1 - V_0) \times C}{m} \times 100$$

Où :

V0 : Volume de thiosulfate de sodium (ml) nécessaire pour l'essai de blanc.

V1 : Volume de thiosulfate de sodium (ml) nécessaire pour la détermination.

C : Concentration exacte, en mole par litre de la solution titrée de thiosulfate de sodium utilisé.

m : Masse (g) de la prise d'essai.

VI-5-La composition en acides gras de l'huile pistache et cajou par CPG/FID

Notre échantillon d'huile végétale a été analysé par chromatographie en phase gazeuse (CPG/FID). Cette technique est très utilisée dans l'analyse qualitative et quantitative des huiles

VI-5-1-L'objectif de la dérivation « La méthylation » :

En chromatographie en phase gazeuse particulièrement, il est souvent avantageux de dériver les groupements fonctionnels polaires (généralement des atomes d'hydrogène actifs) avec des réactifs appropriés. Il s'agit de synthétiser un dérivé unique de façon quantitative, rapide et reproductible. Le but de cette transformation est l'augmentation de la volatilité, une plus grande stabilité thermique ou l'abaissement de la limite de détection par l'amélioration de la symétrie des pics. L'introduction d'atomes halogènes par dérivation permet une détection spécifique de très haute sensibilité. L'ordre d'élution et la fragmentation dans le cas de la détection par spectroscopie de masse peuvent être également influencés par une dérivation ciblée. La méthylation la plus couramment utilisée en chromatographie en phase gazeuse est la substitution des atomes d'hydrogène actifs par un groupement méthyle.

❖ **Principe :**

La chromatographie en phase gazeuse (CPG) est une technique de séparation des substances chimiques qui repose sur des différences de comportement de séparation entre une

phase mobile courante et une phase stationnaire pour séparer les composants d'un mélange. Si les conditions d'équilibre thermodynamique sont remplies de façon idéale, les molécules du soluté se dispersent de façon gaussienne et leur distribution à la sortie de la colonne peut être figurée par une courbe de Gauss, qui est un pic spécifique à chaque élément à analyser du fait de temps de rétention spécifique dans la colonne en fonction de leur affinité pour celle-ci. Cette méthode permet donc l'analyse de la composition des lipides en acides gras et permet la détermination exacte de la composition des lipides par comparaison avec des standards. Fig(16)

❖ **Mode opératoire :**

Préparation des esters méthyliques :

- 1- Desséchez l'huile à examiner avant la méthylation
- 2- peser 1g d'huile dans un ballon à fond rond et à col rodé de 25 ml mené d'un réfrigérant à reflux et d'une étuve à gaz.
- 3- Ajouter 10 ml de méthanol anhydre R et 0.2 ml d'une solution KOH dans du méthanol.
- 4- Fixez le réfrigérant et faites passer un courant d'azote à un débit d'environ 50 ml / min agitez et chauffez à ébullition.
- 5- Refroidissez le ballon sous l'eau courant et transvasez dans une ampoule à décantation.
- 6- Ajoutez 10 ml de solution de Na Cl à 200g/l et agitez vigoureusement.
- 7- laissez les phases se séparer et transférez la phase organique dans un flacon contenant du sodium anhydre R laissez reposer, puis filtrer. Méthylation Décantation.

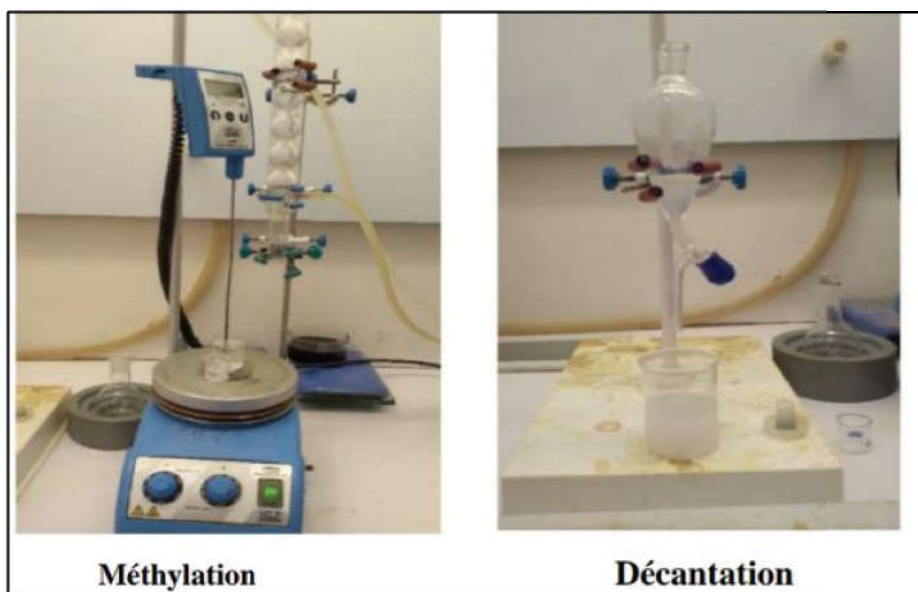


Figure (16) : Les étapes de méthylation et d'identification d'huile de Pistache et de cajou par CPG/FID [184]

VI-5-2-Analyse par la CPG/FID :

L'analyse chromatographique a été réalisée sur un chromatographe en phase gazeuse (C.P.G./FID) qui est un appareil du type Shimadzu équipé d'une colonne capillaire DB-WAX, de longueur :30 m, et de diamètre interne de 0,32 mm ; l'épaisseur du film de la phase : 0,25 μ m. Les conditions analytiques sont les suivantes :Le gaz vecteur qui constitue la phase mobile est l'azote réglé à un débit de 0.59ml/mn. Fig(17) et Fig(18)

La Programmation de la température été programmé comme suit: Initialement la température du four à température initiale est de 50 °C maintenue pendant 01 minute, augmenté de 25°C/min jusqu'à 200°C, puis l'augmentation de la température se fait graduellement à raison de 03°C/mn jusqu'à 230°C.

l'injection est faite en mode « Splitle » ration « Splitle 50; le volume injecté est de: 1 μ l; les analyses ont été réalisées en mode FID l'identification des composés a été faite par comparaison des spectres de masse avec ceux contenus dans la librairie VTRS.

Le pourcentage de chaque composé calculé par la méthode de normalisation interne



Figure (17) : Chromatographie en phase gazeuse. [185]

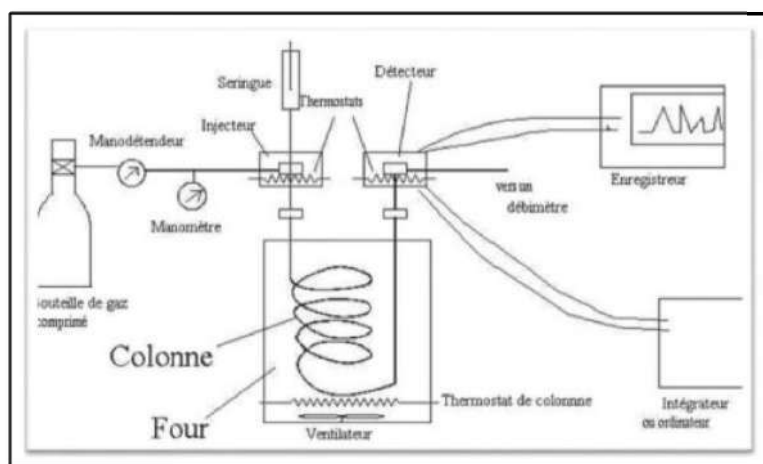


Figure (18) : Description d'une chromatographie en phase gazeuse (CPG).[186]

CHAPITRE V:

RESULTATS ET DISCUSSION

V- RESULTATS ET DISCUSSION

Dans la carte de cette étude, nous nous sommes intéressés à l'analyse des propriétés chimique de l'huile de pistache et celle de cajou, en vue de comparer les indices déterminés avec d'autres huiles usuelles, au même temps nous voulions déterminer les différents acides gras que contient chaque huile examinée ainsi que leurs rendements.

V-1- Détermination de la teneur en matière grasse (huile) :

La teneur en matière grasse des graines de *pistache pistacia vera* et de *cajou (anacardium occidentale.)* a été calculée chacune sur la base de trois extractions. Les pourcentages de rendement d'huile végétale sont regroupés dans le tableau suivant (Tableau 20.)

Tableau (20) : Rendement extraction de l'huile de pistache et celui du cajou par soxhlet

Extraction	Huile de Pistache	Huile de Cajou
Ex 01	29	21
Ex 02	25	17
Ex 03	30	22
Moyenne %	28 %	20 %

D'après les résultats obtenus, on note que ;

Les graines de pistache ont fourni un taux de rendement moyen d'environ 28 % et celui du cajou était d'environ 20%. En comparant ces valeurs à ceux de la norme commerciale du COI, on constate que les résultats obtenues sont conformes à la norme 20% et 25%.

Ce taux en matière grasse, nous permet de constater que les amandes du pistachier vrai et celles de l'anacardium occidentale sont relativement oléagineuses.

Les pourcentages obtenus en matière grasse des huiles de pistache et de cajou sont comparables aux rendements de la matière grasse de certaines types d'organes de plantes comme le soja (13% - 26%), la noix de hêtre (23% - 29%), l'onagre (15% – 25%) [14], et inférieur à celui des graines d'arachide qui fournissent entre 42 à 56% d'huile selon RAKOTOARIMANANA en 2010,

Les résultats obtenus montrent que les graines de pistaches détiennent le meilleur taux d'extraction de l'huile avec un taux d'environ 28% suivi des graines de cajou avec un taux d'environ 20% sachant que la teneur en huile de matière sèche de graines ne constitue pas en

soi un critère de détermination de la qualité de l'huile mais c'est surtout un critère à envisager lors d'une sélection variétale.

V-2- Caractéristiques chimiques de l'huile de pistache et de cajou

Les résultats obtenus pour les caractères chimiques de l'huile végétale de la pistache et celle du cajou sont regroupés dans le tableau (21)

Tableau (21):Les indice de cajou et de pistache

Paramètre	Huile de Cajou	Huile de Pistache
Indice d'iode	98,06	74,05
Indice de saponification	188	170
Indice de peroxyde	17,1	19,2

V-2-1- Indice d'iode (ISO 660 Deuxième édition 15-05-1996)

L'indice d'iode nous renseigne sur le degré d'insaturation des acides gras contenus dans une huile donnée. Il est en rapport direct avec le degré d'oxydation d'une huile : plus une huile est insaturée plus son indice d'iode est plus élevé .[184]

Le résultat obtenu de l'indice d'iode de l'huile de pistache et de cajou est respectivement de l'ordre de 74.05 et de 98,06. Comparé à celui des autres huiles usuelles, l'indice d'iode de l'huile de pistache et celui du cajou obtenus sont tous les deux plus faible que celui de soja (120-143), celui de l'huile de sésame (118-120), et celui de l'arachide (85-90 (karleskind, 1992) par exemple.[186]

V-2-2- L'indice de saponification :

L'indice de saponification nous informe sur la longueur de la chaîne carbonée des acides constituant l'huile. L'indice de saponification d'une huile est d'autant plus élevé que la chaîne carbonée des acides gras est courte [187]

L'indice de saponification obtenu de l'huile de pistache et de cajou est respectivement de 170 et 188 , ces deux valeurs sont comparable à l'indice de saponification des huiles usuelles (FAO, 1981) comme le soja (189-195), l'arachide (187-196) et le coton (189-198).

V-2-3- Indice de peroxyde :

L'indice de peroxyde est un critère de qualité qui permet de voir l'état d'oxydation des huiles et de contrôler les premières étapes de l'altération oxydative. [188]. Les normes du

Codex Alimentarius. [190] fixent l'indice de peroxyde pour les huiles raffinées inférieur ou égal à 10 mEq/kg et pour les huiles brutes inférieur à 15 mEq/kg. [189]

Le résultat obtenu est de 19,2 et 17,1 respectivement pour l'huile de pistache et de cajou, ces deux valeurs sont proches à la valeur exigée par la norme Codex Alimentarius (Max 15meq d'oxygène actif /Kg d'huile),

V-3-Détermination de la composition en acide gras :

Les résultats obtenus de la chromatographie en phase gazeuse couplée à un détecteur à ionisation de flamme (CPG/FID) sont présentés dans le tableau ci-dessous : Tableau -22- et Fig(19) et Fig(20)

Tableau (22): la composition en acide gras de cajou et pistache 20)

Numéro de Pic	Acide gras	Dénomination	%massique dans l'huile de pistache	%massique dans l'huile de cajou
1	C4:0	Butyrique	0,08890442	0,05049128
2	C6:0	Caproïque	0,35826481	0,24130227
3	C8:0	Caprylique	0,20045867	0,12659999
4	C10:0	Caprique	2,01779066	0,14918662
5	C11:0	/	0,73389153	0,05415645
6	C12:0	Laurique	0,06573404	0,06012645
7	C13:0	/	0,1535212	0,05233443
8	C14:0	Myristique	0,12519621	0,04033452
9	C14:1	Myristoléique	2,05075607	0,1698737
10	C15:0	/	0,0990613	0,04770011
11	C15:1	/	1,91507289	0,2129571
12	C16:0	Palmitique	3,34367579	8,21450803
13	C16:1	Palmitoléique	0,34476251	0,36633399
14	C17:0	/	0,2086667	0,17061378
15	C17:1	/	0,21089486	0,15768348
16	C18:0	Stéarique	1,34146324	6,1063748
17	C18:1c+tn-9	Oléique	31,4414393	51,3598654
18	C18:2 c+t n-6	linoléique	7,40857239	14,5218752
19	C18:3 c+t n-6	γ -linolénique	0,1034478	0,04368251
20	C18:3 c+t n-3	α -linolénique	0,21711595	0,14252235
21	C20:0	Arachidique	0,12743072	0,03608785
22	C20:1	Gadoléique	0,48001403	0,24022034
23	C20:2	/	0,06849544	0,07845584
25	C20:3 n-3	/	0,12233324	0,07405058
26	C20:4 n-6	Arachidonique	0,16298614	0,08642406
27	C23:0	/	0,09463671	0,23933929

28	C24:1	Sélacholéique	0,20254718	0,06138107
29	C20:5 + C24:0	/	0,08925991	0,04163143
30	C22:6	/	0,08481627	0,04561378
Σ AGS	/	/	8,22480445	15,5414558
Σ AGMI	/	/	36,6454868	52,568315
Σ AGPI	/	/	8,25702715	15,03618
Rapport $\omega 6/\omega 3$	/	/	8,3850452	15,2459979

Les résultats obtenus pour les deux échantillons étudiés montrent que la composition en acides gras de l'huile de cajou et celle de pistache analysées est variable ; d'où il y a mise en évidence de ;

- La présence majoritaire d'un acide gras saturé présenté par l'acide palmitique C16 avec un pourcentage de l'ordre de 3,34% et de 8,21% respectivement pour la pistache et le cajou
- La présence majoritaire d'un acide gras mono-insaturé présenté par l'acide oléique C18 :1 avec un pourcentage de l'ordre de 31,44% et de 52% respectivement pour la pistache et le cajou
- La présence majoritaire d'un acide gras polyinsaturé présenté par l'acide linoléique C18 :2oméga-6 avec un pourcentage de l'ordre de 7,40 %et de 14,52% respectivement pour la pistache et le cajou

On donc peut regrouper les résultats obtenus des acides gras par CPG comme suit :

- Le pourcentage des acides gras saturés est de l'ordre de 8,95 et de 15,55
- Le pourcentage des acides gras mono-insaturés est de l'ordre de 36,64 et de 52,56
- Le pourcentage des acides gras polyinsaturés est de l'ordre de 8,25 et de 15,17 respectivement pour la pistache et le cajou

On note aussi un rapport de $\omega 6/\omega 3$ de l'ordre de 15,24 et 8,38 respectivement pour le cajou et la pistache sachant que ce rapport est très important pour notre santé. En effet, l'idéal serait d'avoir un apport de 5 omégas 6 pour 1 oméga 3. Cependant, dans notre alimentation occidentale, ce n'est pas le cas : ce rapport se situe entre 10 et 30 omégas 6 pour 1 oméga 3 ; ce qui entraine forcément des répercussions sur notre santé(56)

D'après les résultats obtenues, on note alors que :

La présence de l'acide linoléique ,un acide gras essentiel appartenant à la famille des omégas 6 (ω -6), dans les deux huiles aussi bien la pistache que le cajou, constitue une propriété essentielle pour assurer un équilibre nutritionnel et un développement cognitif

adéquat.[191] Cet acide est dit essentiel car il ne peut être synthétisé par l'organisme et doit être apporté par l'alimentation.

comparer à d'autres huiles, le pourcentage massique de l'acide linoléique (oméga 6) de l'huile de cajou (15,40 %) est supérieur à celui de l'huile d'olive (8,80 - 9,40 %) [192] et qui est proche à celui de la pistache (7,40)

La teneur importante l'huile de cajou et celle de la pistache en acide oléique rend ces huiles particulièrement intéressantes dans la régulation du cholestérol.

Les graines de cajou détiennent le meilleur pourcentage en acides gras mono et polyinsaturés avec un taux respectif de 52,56 et de 15,17

A côté de ces acides gras on note aussi la présence de différents autres acides gras de pourcentages différents qui varient de 0,065 à 2,05 % pour l'huile de pistache tels que ;(C12 :0, C22 :2, C22 :6, C4 :0, C20 :5, C16 :0, C 23:0, C20 :3, C14 :0, C13 :0, C20 :4,C8:0,C17:0,C17:1,C18:3,C16:1,C6:0,C20:1,C11:0,C18:0,C10:0,C14:1) et pour l'huile de cajou leurs pourcentages varient de 0,036 à 6,10 tels que (C20:0 ,C14:0,C20:5,C20:3,C22:6,C15:0,C14:0,C13:0,C11:0,C12:0,C24:1,C20:3,C20:2,C20:4,C8:0, C18:3,C10:0,C17:1,C14:1,C17:0,C20:1,C6:0,C23:0,C16:1,C18:0) .

Dans cette étude on doit signaler la présence de l'oméga-3 au niveau des acides gras C18 :3n-3 et C20 :3 n-3 en petite concentration respectivement de 0,21 et de 0.12%, de même pour l'huile de cajou, l'oméga-3 est présent aussi au niveau de l'acide gras (C18 :3n-3) en petite concentration de 0,14 % .

Ces derniers entrent dans la composition des lipides de l'huile de pistache et du cajou étudiée auprès d'oméga-6 qui sont tous les deux considérés comme des acides gras essentiels.

Le deux figures (18)(19) présente deux chromatogrammes obtenus lors de la détermination des acides gras des deux huiles étudiées par la chromatographie en phase gazeuse.

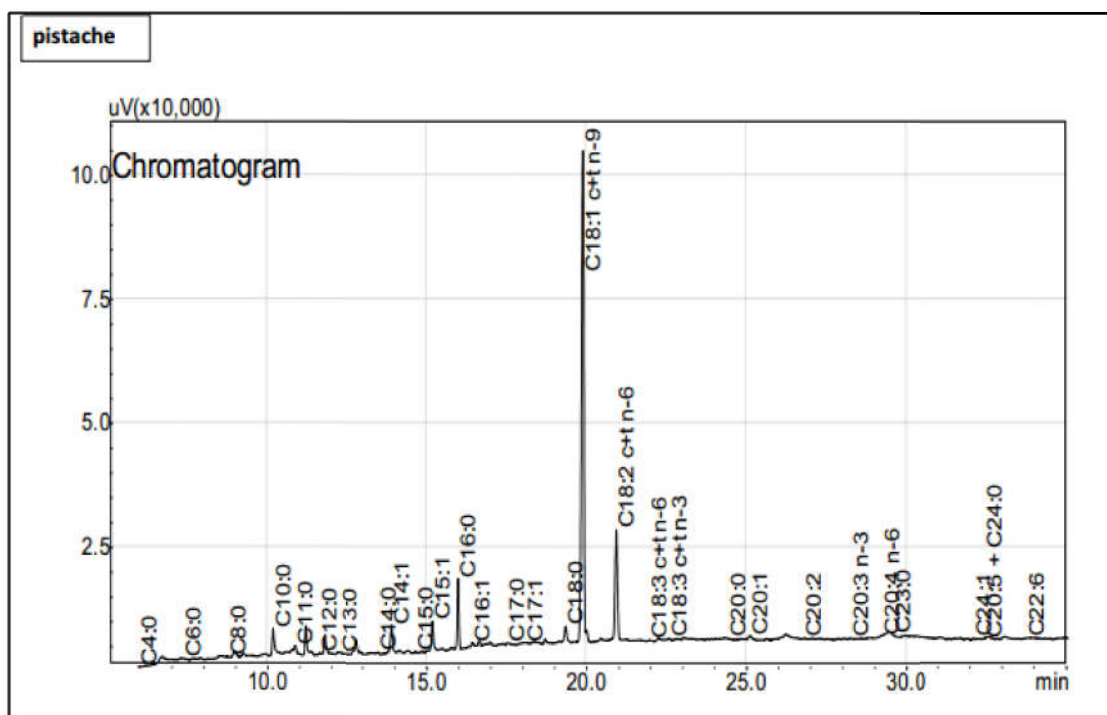


Figure (19) : Chromatogramme de pistache

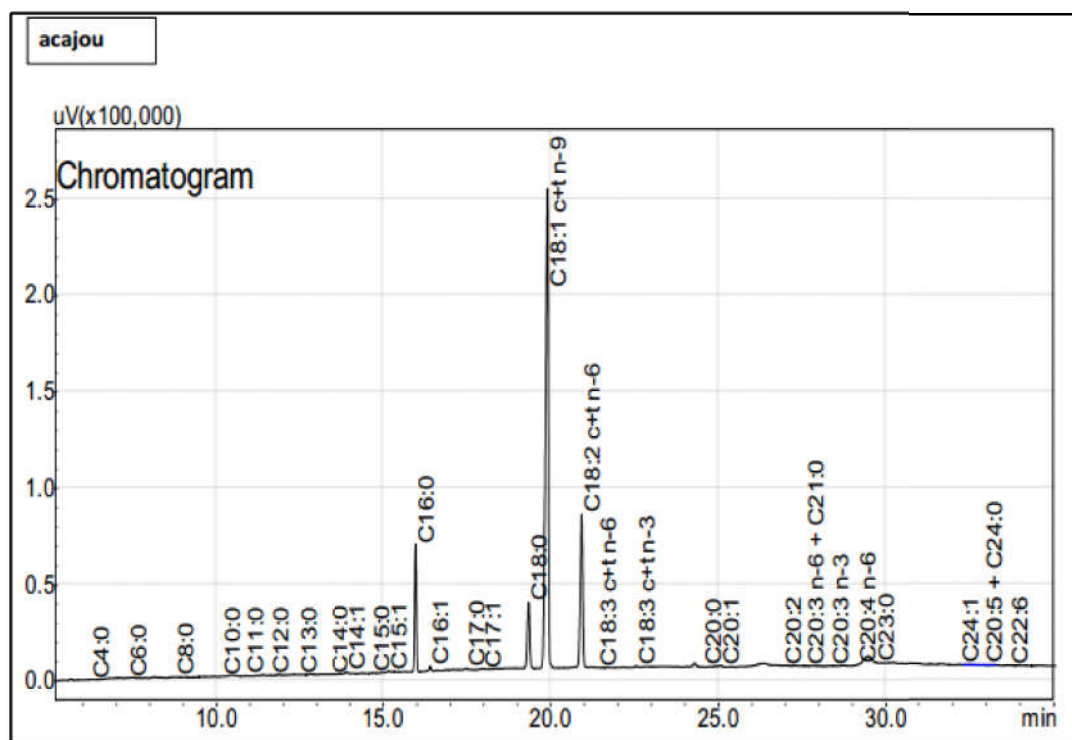


Figure (20) : Chromatogramme de cajou.

Chaque chromatogramme présente trois grands pics de temps de rétention (en minutes) respectifs : 15.97, 19.87, 20.92, correspondent respectivement aux acides gras majoritaires qui sont l'acide palmitique (C16 :0), l'acide oléique (C18 :1) et l'acide linoléique (C18 :2)

On note aussi la présence d'un quatrième pic avec un temps de rétention de 19, 33, qui correspond à l'acide stéarique (C18 :0), ce dernier est plus intense sur le chromatogramme de

l'huile de cajou que celui de la pistache, en effet son pourcentage massique de 6,12 dans l'huile de cajou .

CONCLUSION

CONCLUSION

L'objectif de ce travail consiste à déterminer les caractères chimiques et la composition en acides gras de l'huile de graines de pistache et de cajou vendus sur le marché de la wilaya d'El Oued

En premier lieu, nous sommes parvenus à optimiser le rendement en matière grasse (huile) des graines de pistache et de cajou, en extraction de l'huile par la méthode de soxhlet en utilisant l'hexane comme solvant. Ces graines donnent un rendement d'environ (28 %) et de (20%) de matière grasse, respectivement pour la pistache et le cajou, ces valeurs sont conformes aux normes ce qui permet de considérer ces graines comme une source d'huile végétale.

Les analyses des indices chimiques (indice d'iode, indice de peroxyde, indice de saponification) des deux huiles examinées présentent des résultats proches à celles d'autres huiles usuelles et indiquent que les huiles de pistache et de cajou peuvent être utilisées en savonnerie et cosmétique

L'analyse de la composition chimique de ces huiles extraites par chromatographie en phase gazeuse (CPG-FID) a révélé la présence de différents types d'acides gras : elle est riche en des acides gras mono-insaturés AGMI avec un pourcentage de 31,44% et de 52% respectivement pour la pistache et le cajou et en acides gras polyinsaturés (AGPI) avec un pourcentage total de 7,40 % et de 14,52% respectivement pour la pistache et le cajou . Aussi on note la présence des acides gras saturés avec un pourcentage total de 3,34% et de 8,21% respectivement pour la pistache et le cajou

D'après les résultats obtenus dans cette étude menée sur la caractérisation des propriétés chimiques et la composition en acides gras des graines de pistache (*pistacia vera*) et de cajou (*ananacardium occidentale*) vendus sur le marché de la wilaya d'El Oued,

on peut déduire que l'huile végétale des graines de pistache et celle du cajou sont des huiles riches en acides gras essentiels indispensables à l'organisme tel que l'acide gras oléique C18:1 et linoléique C18 :2(ω -6 et l' ω -3) ce qui les rends particulièrement intéressantes dans la régulation du taux de cholestérol et la réduction des risques cardiovasculaires .

On note un ratio ω 6/ ω 3 de 8,38 et 15,24 respectivement pour l'huile de pistache et de cajou, donc afin d'éviter des répercussions sur la santé, il est important de maintenir ce rapport en équilibre en réduisant son apport en ω 6 augmentant celui en ω 3.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] -**Lecerf, J.M.(2011)**. Les huiles végétales : particularités et utilités. Médecine des maladies Métaboliques, 5,257-262.
- [2] -**Cuvelier, M.E., Maillard, M.N. (2012)**. Stabilité des huiles alimentaires au cours de leur stockage. OCL, 19(2).125-132.
- [3] - **Tchiégang C., Dandjouma A.A.K., Kapseu C., Parmentier M., 2005** : Optimisation dès l'extraction de l'huile par pressage des amandes de *Ricinus communis* Pierre ex Pax. Journal of Food Engineering. 68, pp. 79-87.
- [4] - **Vilkas M., 1994** : Vitamines : mécanisme d'action chimique. Ed. HERMANN, éditeurs des séances et des arts. 167p.
- [5] **RAKOTORIMANANA S.R, 2010** : Contribution à l'amélioration de la comestibilité de l'huile d'arachide artisanale par raffinage. Mémoire d'Ingénieur en Génie chimique. Université d'Antananarivo. P 110.-
- [6] - **ADRIAN J et R. JACQUOT, 1968** :« Valeur alimentaire de l'arachide et de ses dérivés», Edition G.P. MAISONNEUVE & LAROSE, Paris.
- [7] - **LEMAISTRE. J.2000** - Etudes bibliographique de pistachier pp1 2-15.
- [8] - **Magali ,A. 2019 2020** . Le pistachier vrai pistacia vera on en parle dans le luberon N16 p54 a 63.
- [9] -**Chaib.F, khenfer A., (2013)**. Synthèse de biodiesel par la transestérification des huiles commercialisées. Mémoire master académique. Spécialité génie chimique. Université kasdimarbah, ouargla. p40
- [10] -**Chaib.F, khenfer A., 2013**. Synthèse de biodiesel par la transestérification des huiles commercialisées. Mémoire master académique. Spécialité génie chimique. Université kasdimarbah, ouargla. p40
- [11]- **QUEZEL P. et SANTA S., 1963** - Nouvelle flore de L'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed. Cent. nati. rech. sci. (C.N.R.S.), Paris, T. II : 517 - 1170.
- [12]-**IBRAHIM BASHA A.PADULOSI S., CHABANE K, DNAN H.H., DULLOO E., PAGNOTTA M.A. and PORCEDDU E. 2007** - Genetic diversity of Syrian Pistachio (*Pistacia vera* L.) varieties evaluated by AFLP markers. Genetic resources and crop evolution Springer Netherlands, Vol. 54 (8) : 1807 – 1816.
- [13]- **JAHOUACH .W. 2002** : Décoloration des huiles végétales sur des argiles étude de la stabilité physicochimiques des huiles décolorées. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'études approfondies en chimie organique.
- [14]-**RAHO B. et HACHEMI G., 2007** - Etude des phytostérols et des acides gras de *Pistacia atlantica*. Afrique science, (3) : 405 – 412.

- [15]- **FASHI-HARANDI O. and GHAFARI M.1999** - Chromosome studies on pistachios (*Pistacia vera* L.) from Iran.Cahiers options méditerranéennes. 11eme Colloque du Grempa sur le pistachier et l'amandier, 1 - 4 septembre 1999, Cent. Internat. haut. étu. agro. médit. (C.I.H.E.A.M.) Zaragoza, Vol. 56 : 35 - 39.
- [16]-**ZOHARY 1952** - amonographical study of the genus pistacia .palestine journal bot j.séries ,5pp :187-228
- [17]- **OUKABLI A.2005** - Le pistachier un arbre fruitier et forestier. Transfert de technologie en agriculture, (125) : 1 - 4.
- [18]-**F.A.O. 1985** - Contribution à l'étude de la biologie florale du pistachier fruitier (*Pistacia vera* L.). Ed. Food agriculture organization (FAO), Tunis, 87 p.
- [19] - **LAGHZALI M. et OUKABLI A. 1990** -Etude des exigences thermiques d'une série de deux espèces de fruits secs méditerranéens : l'amandier et le pistachier. 8 eme Colloque, Cent. Internat. haut. étu. agro. médit. (C.I.H.E.A.M.), 26 - 27 juin 1990, Nimes : 295 – 298
- [20]- **FRANKEL. EN.1998**: Lipid oxidation, Ed: The oily press, Dundee, UK (1988)
- [21] - **KANDJI N.2001** : Etude de la composition chimique et de la qualité d'huile végétales artisanale consommées au Sénégal. Docteur en pharmacie Université Cheik AntaDiop de Dakar. P68.
- [22] - **MORIN .O .et PAGES-XATART-PARES.2012** : Huiles et corps gras végétaux : ressources fonctionnelles et intérêt nutritionnel. OCL, 19 (2) : P 63-64.
- [23]- **ALAIS C. 2008** : Biochimie alimentaire. 5ème édition. Bunod. Paris. P250.
- [24]- **ALAIS C.LINDENG.1997** : Lipides, Vitamines in Abrégé de biochimie alimentaire. Ed : Masson, Paris : P70-112.
- [25]- **jeff .G.Kebba.J.Jasallah . 2011**:projetd 'amélioration de la chaine de valeurs du cajou dans le bassin du fleuve gambie (CEP),international relief et développement ,septembre 2011
- [26]- **Rudolf Mansfeld, R. Büttner, Mansfeld's.2001**: *Encyclopedia of Agricultural and Horticultural Crops*, Springer Science & Business Media, , 3641 p.
- [26]- **Aylor, D.F., 2003**. “Rate of dehydration of Corn Pollen in the Air”.J. of Experimental Botany, 54, 2307-2312.
- [27]-**Esmacil, A., and Khezri, M., 2006**. “Abscission of Inflorescence Buds as Affected by Genetic Characteristics in Some Iranian Commercial Pistachio Cultivars”. International Journal of agriculture & biology., 360-362.
- [28]-**Evreinoff. A. 1955**. “Le Pistachier etude pomologique” In : Jornal d'agriculture tropicale et de botanique appliquée. Vol 2,N°7-9 , juillet-aout-septembre 1955.Pp 387-415.Evreinoff.v A Le Pistachier fruits, N°8 : 1947.
- [29]- **Itafv 2019**- l'institut technique de l'arboriculture fruitière et de la vigne
- [30]-**Anonyme. (2008)**. Les marchés mondiaux du blé. USDA. <http://www>
- [31]-**Tozanli .2018**.Selma Etude du marché algérien intérieur et import /export de la pistache ,de la capre ,de l'amande amère et du safra.

- [32] -**Kenmogne Simo Thierry Césaire, a, b, c, Di-Maissou Jean Albert b, c, Mana Ngangue Sastile, c , Ntsomboh-Ntsefong Godswill b, d*, Ngando Ebongue Georgeb , Mpondo Mpondo Emmanuel c . 2019.** Etude de l'Origine et de L'Identité de quelques Types d'Huiles Végétales Raffinées Commercialisées à Douala/Cameroun. JOURNAL OF THE CAMEROON ACADEMY OF SCIENCES Vol. 15 No. 1
- [33] - **Pioch,D. 2018** Le Démentier p55_63.
- [35]-**Sloan A.E.2006.** "Good For You Fats and Oil ,New nutraceutical opportunities for fats and oils ",Inform,17(2) :68_79.
- [36]- **Lecerf, J.M. 2011.** Les huiles végétales: Particularités et utilités. Vol5.N°3: 257_262 & juin.
- [37]-**Mori,O.2012,** Pages-Xatart-Par es X. Huiles et corps gras végétaux : ressources fonctionnelles et intérêt nutritionnel. OCL ; 19(2) : 63-75 .
- [38] **Jahouache, w.2002.** Décoloration des huiles végétales sur des argiles étude de la stabilité physico-chimique des huiles décolorées. .
- [39] **Jun Liu Z, 2016.** Développement d'un procédé pour l'époxydation et la carbonatation des huiles végétales, application à l'huile de coton .
- [40] **Nespolo, M.** Comment choisir, conserver et consommer des huiles végétales.
- [41] -**Cuvelier ME, Maillard MN.2012.** Stabilité des huiles alimentaires au cours de leur stockage. OCL ; 19(2) : 125-132.
- [42]- **Lamia AA. 2006 .**Evolution de la qualité nutritionnelle des protéines de biscuits modèles au cours de la cuisson au travers d'indicateurs de la réaction de Maillard: Intérêt de la fluorescence frontale. [Thèse de Doctorat en Chimie analytique]. [Paris – Grignon]: Institut National Agronomique.
- [43] -**Chen CW, Lai OM, Ghazali HM, Chong CL. 2002.** Isothermal crystallization kinetics of refined palm oil. J Amer Oil Chem Soc.;79(4):403-10.
- [44] -**Sainlaud, Ch.2021.** Aging characterization of lipid based enriched food matrices. Study of the evolution of their textural properties over time.
- [45] -**2017.**Sciences fondamentales et appliquées université NANGUI ABROGOUA par NANGBE MEDY CAMILLE .

- [46] **-BENSEGHIR K, KHAMED O. 2014.** Huiles Alimentaire de graines Pinus pinea Extraction et Caractérisation physique-chimique .
- [47] **-BRADSHAW . F.CHEMAT . A.LOUPI .J. PARE .J.SMADJA .B.VIDAL .2013.** UNIVERSITE DE LA REUNIONle
- [48]-**HAMAIL I. BOUDJABI R .2020.** Contrôle qualité de deux huiles alimentaires tournesol et soja au cours du raffinage au sein de l'industrie CEVITAL . Mémoire de master. Université Frères Mentouri Constantine 1.p.23. Xavier PAGES .
- [49]-**Odile M . Céline B . Marie G. Stéphane F. Morgan G.2010.** Raffinage des huiles et des corps gras et élimination des contaminants.sci.99:1684-0302. .
- [50] **-KAROUI B. BASSI CH. GROUN A. 2020.** Evaluation de la qualité de l'huile .d'arachide de la wilaya d'El-oued. Mémoire de master. Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED.p22.
- [51]-**Lemaistre,(1959) :**Le pistachier(étude bibliographie) fruits
- [52]-**Padulosi, S., Caruso, T., Barone, E., (1995)** "Taxonomy, Distribution, Conservation and Uses of Pistacia Genetic Resources". Project on Underutilized Mediterranean Species, report of a workshop 29–30 June, 12–19, Palermo, Italy, IPGRI.
- [53]-**Aylor, D.F., (2003)** "Rate of dehydration of Corn Pollen in the Air".J. of Experimental Botany, 54, 2307-2312.
- [54]-**Esmacil, A., and Khezri, M., (2006)** "Abscission of Inflorescence Buds as Affected by Genetic Characteristics in Some Iranian Commercial Pistachio Cultivars". International Journal of agriculture & biology., 360-362.
- [55]-**Evreinoff. A (1955)** "Le Pistachier etude pomologique" In : Jornal d'agriculture tropicale et de botanique appliquée. Vol 2,N°7-9 , juillet-aout-septembre 1955.Pp 387-415.Evreinoff.v A Le Pistachier fruits, N°8 : 1947.
- [56]-**Anonyme. (2008).** Les marchés mondiaux du blé. USDA. <http://www>
- [2]**Magali ,A.** Le pistachier vrai pistacia vera on en parle dans le luberon N16 2019 2020 p54 a 63
- [57]-**BRAHIM BASHA A., PADULOSI S., CHABANE K, DNAN H.H., DULLOO E., PAGNOTTA M.A. and PORCEDDU E., 2007** - Genetic diversity of Syrian Pistachio (Pistacia vera L.) varieties evaluated by AFLP markers. Genitic resources and crop evolution Springer Nethelands, Vol. 54 (8) : 1807 – 1816.–
- [58]-**RAHO B. et HACHEMI G., 2007** - Etude des phytostérols et des acides gras de Pistacia atlantica. Afrique science, (3) : 405 – 412.
- [59]-**FASHI-HARANDI O. and GHAFARI M., 1999** - Chromosome studies on pistachios (Pistacia vera L.) from Iran.Cahiers options méditerranéennes. 11eme Colloque du Grempa sur le pistachier et l'amandier, 1 - 4 septembre 1999, Cent. Internat. haut. étu. agro. médit. (C.I.H.E.A.M.) Zaragoza, Vol. 56 : 35 - 39.

- [60]-**LAGHZALI M. et OUKABLI A., 1990** -Etude des exigences thermiques d'une série de deux espèces de fruits secs méditerranéens : l'amandier et le pistachier. 8^{eme} Colloque, Cent. Internat. haut. étu. agro. médit. (C.I.H.E.A.M.), 26 - 27 juin 1990, Nîmes : 295 – 298
- [61]-**Tozanli ,Selma** Etude du marché algérien intérieur et import /export de la pistache ,de la capre ,de l'amande amère et du safran :2018
- [62]-**LEMAISTRE. J, 2000** - Etudes bibliographique de pistachier pp1 2-15.
- [63]- **OUKABLI A., 2005** - Le pistachier un arbre fruitier et forestier. Transfert de technologie en agriculture, (125) : 1 - 4.
- [64]-**QUEZEL P. et SANTA S., 1963** - Nouvelle flore de L'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed. Cent. nati. rech. sci. (C.N.R.S.), Paris, T. II : 517 - 1170.
- [65]-**F.A.O., 1985** - Contribution à l'étude de la biologie florale du pistachier fruitier (*Pistacia vera* L.). Ed. Food agriculture organization (FAO), Tunis, 87 p.
- [66]-**ZOHARY 1952** - amonographical study of the genus pistacia .palestine journal bot j.séries ,5pp :187-228.
- [67]-**Boutboul H .1986** - LA RELANCE DE LA NATURE DU PISTACHIER FRUITIER DANS LE MIDI méditerranéen rev .hort n°264 ,pp 25 :29
- [68]-**Itafv 2019-** l'institut technique de l'arboriculture fruitière et de la vigne.
- [69]- **Julius O.2020.** Les facteurs déterminants du marché mondial des huiles végétales. Vol. 28, n° 1.p1.
- [70] -**XAVIER P.2008.**Technologies des corps (huiles et graisses végétales),240,20-23.
- [71]-Huile de geraines de pistaacia vera ;INCI.P1
- [72]-**2021.**La production mondiale de pistaches approche le million de tonnes rédaction Agri Maroc .p1.
- [73]- **FAOSTA T.2019.** *Crops Pistachios.*
- [74] **MOHTADJI C., 1989** - Les aliments. Ed Maloine : Paris, 1989. 94P. ISBN° 2-224-018894
- [75] **KARLESKIND A., 1992** - Manuel des corps gras. Tome2. Ed tec et doc, Lavoisier : Paris, 1992.PP : 1571-1578. ISB, N° 2-85206-662-9.
- [76] **GUICHARD C., 1967** -Elements de Pharmacie et de Technologie Pharmaceutique (Pharmacie Galénique), Flammarion.
- [77] **NAUDET M., 1992** - Principaux Constituants des Corps Gras, in Manuel des Corps Gras, Tech. & Doc. Lavoisier, tome (I), pp 65-94
- [78] **COMBE N., ROSSIGNOL - CASTERA A., 2010-** Vegetable oils and frying. Cahiers de nutrition et diététique. (45) 44-51.

[79] **LEGRAN D., 2010** - .Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatifs à l'actualisation des apports nutritionnels conseillés pour les acides gras.

[80] **CHAREF M., YOUSFI M., SAIDI, M. and STOCCKER, P., 2008** -Determination of the fatty acid composition of Acorn (*Quercus*), *Pistacia lentiscus* seeds growing in Algeria. J. Am. Oil Chem. Soc. 85 :(10):921-924.

[81] **-MEZNI F., LABIDI A., MSALLEM M., BOUASAID M., KHOUBA M L., KHALDI A., 2014** - Influence of harvest date on fatty acid composition and antioxidant activity of *Pistacia lentiscus* L. edible oils. J. Mater. Environ. Sci. 5, (6):1703-1708.

[82]-**MEKNI N., 2011** - GC/MS Chemical Analysis of *Pistacia lentiscus* fatty oil from the north of Tunisia. International Journal of PharmTech Research. 3, (4):2245-2248.

[83]-**MEZNI F., MAAROUFI A., MSALLEM M., BOUSSAID M., KHOUBA M L.,KHALDI A., 2012** - Fatty acid composition, antioxidant and antibacterial activities of *Pistacia lentiscus* L. fruit oils. Journal of Medicinal Plants Research. 6, (39):5266-5271.

[84]-**TEJYAAKOUBI M., DHAOU S., 2007** - Extraction et analyse de la composition acide des huiles fixes de *Pistacia lentiscus* L. Revue des régions arides. 1:30-39. (résumé)

[85] **-DHIFI W., JELALI N., CHAABANI E., BEJI M., FATNASSI S., OMRI S., MNIF W ., 2013** - Chemical composition of *Lentisk* (*Pistacia lentiscus* L.)seedoil. African Journal of Agricultural Research. 8(16): 1395-1400

[86] **MEZGHANI S., 1992** - L'exploitation traditionnelle du maquis au nord de la Tunisie : possibilité d'une meilleure utilisation .Office de l'élevage et des pâturages. Tunis. 99-158.

[87]-**Wagne, IB. (1999)**. Contribution à l'étude physico-chimique et biochimique de l'huile extraite de *Pistacia lentiscus*. Department of Biology, University of Annaba, Algeria, Master thesis, p72

[88] **MOHTADJI C., 1989** - Les aliments. Ed Maloine : Paris, 1989. 94P. ISBN° 2- 224-018894 .

[89]-**Mekni N. (2011)**. GC/MS Chemical Analysis of *Pistacia lentiscus* fatty oil from the north of Tunisia. Faculty of Science of Tunis, Tunisia, 3(4): 2245-2248.

[90]-**Zrira, S., Elamrani, A., Benjilali, B. (2003)**. Chemical composition of the essential oil of *Pistacia Lentiscus* L. from Morocco –A seasonal variation. Flavour and Fragrance Journal, 18: 475-480.

- [91]-Duru, M.E., Cakir, A., Kordali, S., Zengin, H., Harmadar, M., Izumi, S., Hirata, T., 2003. Chemical composition and antifungal properties of essential oils of three Pistacia species. *Fitoterapia* 74, 170-176.
- [91]-Boelens M.H et Jimenez R. (1991). Chemical composition of the essential oils from the gum and from various parts of Pistacia lentiscus L. (mastic gum tree). *Flavor fragr. J.6* : 271-275. Doi : 10.1002/ffj.2730060406.
- [93]-Charef M., Yousfi M., Saidi M., Stocker P., (2008) Determination of the Fatty Acid Composition of Acorn (Quercus), Pistacia lentiscus Seeds Growing in Algeria, Springerlink.
- [94]-Boukeloua, A. (2009). Caractérisation botanique et chimique et évaluation pharmacotoxicologique d'une préparation topique à base de l'huile de Pistacia lentiscus L. thèse de magister mémoire en Biologie. Spécialité : Biotechnologie végétal. Université Mentouri Constantine.
- [95]-Charef M., Yousfi M., Saidi M., Stocker P., (2008) Determination of the Fatty Acid Composition of Acorn (Quercus), Pistacia lentiscus Seeds Growing in Algeria, Springerlink.
- [96]-Lewkowitsch J. et Bontoux E., 1909. Technologie et analyses chimiques des huiles, graisses et cires, T. II, éd. Dunod. Paris.
- [97]-Lanfranchi, Fr. (de), Bui, Thi Maï et Girard M., (1999). La fabrication d'huile de lentisque (listincu ou Chessa) en Sardaigne. *JATBA, Revue d'ethnobiologie*, vol.41 (2) : 81-100.
- [98]- Camps, G. et Faber, H. (1953). «L'olivier et huile dans l'agri que romaine» Ed : imprimerie officielle, Alger.
- [99]-BENSEGHIR K, KHAMED O., 2014 Huiles Alimentaire de graines Pinus pinea Extraction et Caractérisation physique-chimique (Mémoire de Master, Université de Ouargla).
- [100]-Fiche technique – Extraction STL-SPCL Chimie et développement durable.
- [101]- KAROUI B, BASSI CH, GROUN A, 2020, Evaluation de la qualité de l'huile d'arachide de la wilaya d'El-oued. Mémoire master .Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED.
- [102]- BIMAKR M., ABDUL RAHMAN R., TAIP FS., ADZAHAN NM., SARKER IMZ., GANJLOOA., 2012: Optimisation de l'extraction assistée par ultrasons de pétrole brut de melon d'hiver (Benincasa hispida) semences en utilisant la méthodologie de surface de

réponse et l'évaluation de son activité antioxydante, contenu phénolique et la composition en acides gras de. Molécules 17. 11748-11762.

[103]- **Sandrine .2006.** Extraction aqueuse d'huile de colza assistée par hydrolyse enzymatique : optimisation de la réaction, caractérisation de l'émulsion et étude de procédés de déstabilisation. Mémoire. Institut National Polytechnique de Lorraine Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires Laboratoire de Sciences et Génie Alimentaires. Université de Lorraine.

[104]-**Mme Acheheb H.2012.**Valorisation de huile des graines de pistachier de l'atlas (pistacia atlantica Desf).optimisation de l'extraction par presse et caractéristiques photochimiques. Ecole Nationale supérieure Agronomique-El Harrach.

[105]-**AOUDJIT H.2006.**Etude de la germination des graines du pistacia atlantica Desf (pistachier de l'Atlas)et essai de multiplication de pictacia vera L (pistachier vrai)en pépinière selon deux types de greffes Ecusson et (chip budding).Institut Nationnal Agronomique el Harrach. Mémoire master.

[106]- **LA PISTACH.2020.** Pistache en Provence.

[107]-, **BELFADEL FZ.** Huile de fruits de Pistacia lentiscus Caractéristiques physico-chimiques et effets biologiques (Effet cicatrisant chez le rat). mémoire master.Université Mentouri Constantine.

[108]- **Tozanli S. Octobre 2018.** Étude du marché algérien intérieur et import/export de la pistache, de la câpre, de l'amande amère et du safran.p1.

[109]- **CHEKROUN N., 2013** : Détermination de la capacité antioxydant des huiles végétales : Huile Afia. Master en chimie. Université ABB Tlemcen. 67P.

[110]-**Bellakhdar, J., (1997).** La pharmacopée marocaine traditionnelle, Médecine arabe ancienne et savoirs populaires. Ibis Press, Paris, P. 764.

[111]-**Lacroix E. 2003.** Les anacardiés, les noix de cajou et la filière Anacarde à Bassila et au Bénin. Projet Restauration des Ressources Forestières de Bassila, GTZ, République du Bénin, 75 p.

[112]**Goujon, P et al. (1973)** Etudes sur l'Anacardier. BFT 151, p. 27- 5

[113]-**Tandjiékpon, A. M (2005)** Caractérisation du système Agroforesterie à base d'anacardier (anacardium Occidentale linnaeus) en zone de Savane au Bénin. Mémoire du Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA), FLASH, ABOMEY-CALAVI.4Lautié E, Dorniera

M, de SouzaFilhoc M, Reynes M. 2001. Les produits de l'anacardier : caractéristiques, voies de valorisation et marchés. *Fruits*, 56 (4): 235-248.

[114]-Olossoumaï F, Agbodja FAC. 2001. Plantation d'anacardier (*Anacardium occidentale*) : production et commercialisation de noix cajou aigbomakro dans la sous-préfecture de Bassila. Mémoire- Projet de fin de cycle pour l'obtention du Diplôme d'Etudes Agricoles Tropicales (DEAT).

[115]-De figueiredo RW, Lajolo FM, Alves RE, Filgueiras HAC. 2001. Phsysical–chemical changes in early dwarf cashew pseudo fruits during development and maturation. *Food Chemistry*, 77 : 343 – 347. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00358-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00358-2).

[116] Marlos BA, Claudivan F, Iacerda DE, Enéasgomes F, Carlos de abreu B, José Prisco T .2007. Physiology of cashew plants grown under adverse conditions. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19 (4): 449-461. DOI: 10.1

[117]-Soro D. 2012. Couplage de procédés membranaires pour la clarification et la concentration du jus de pomme de cajou : performances et impacts sur la qualité des produits, Thèse de doctorat, Université de Montpellier Sup Agro, 156 p. 590/S1677-04202007000400012

[118]Aliyu OM, Awopetu J A. 2007. Assessment of genetic diversity in three populations of cashew (*Anacardiumoccidentale* L.) using protein-isoenzyme electrophoretic analysis. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 54: 1489 – 1497. DOI: 10.1007/s10722-006-9138-9.

[119]-SamalS, Rout G. R. &Lenka P. C. (2003). Analysis of genetic relationships between populations of cashew (*Anacardiumoccidentale* L.) by morphological characterization and RADP markers. *Plant Soil Environ*, 49 (4), 176–182.

[120]Lyannaz J-P. (2006). Vers une relance de l'anacarde au Mozambique. *Fruits*, 61 (2), 125–133.

[121] -Conférence de Nations Unies sur le commerce et le Développement (CNUCED), 2002. Noix de cajou - Technologie, Paris - France. Vol 2 226p ;

[122]Meijer W, 1983. Anacardiaceae In: Dassanayaka MD, Fosberg FR, eds. *Revised Handbook to the Flora of Ceylon, Volume IV*. New Delhi, India: AAmerind Publishing Company Private Limited, 1-8

[123]-Purseglove, J.W. (1968) Tropical crops dicotyledons 1 et2. Longmans, London. pp. 520-719.

- [124]-**Van Eijnatten, C.L.M. (1991)** *Anacardium occidentale* L. In Verheij EWM, Coronel RE (eds). *Plant Resources of South-East Asia, No. 2: Edible Fruits and Nuts*. Wageningen, The Netherlands, pp.60-64..
- [125] **-PROGRAMME DE RECHERCHES FORESTIERES(PRF)., 2002.** Fiche technique N°2 : Comment créer et gérer les plantations d'anacardier. PRF, 06 BP 707 Cotonou, Bénin ;
- [126] **TREKPO P., 2003.** *Projet Restauration des Ressources Forestières de Bassila. La Culture de l'Anacardier dans la Région de Bassila au Nord Bénin*. 53p;
- [127] **-FROTA P. et AL., 1988.** *A cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil*. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ETENE, p. 63-79. (BNB. EstudosEconômicos e Sociais, 35)
- [128]- **Dogo N.N., N'Guetta M., Neves E. 1999.,** *L'anacardier, valorisation du faux fruit et du fruit*, Dossier thématique, École nationale supérieure des Industries alimentaires, Section Industries alimentaires régions chaudes (Ensia-Siarc), Montpellier, France,
- [129]-Anonyme, FAOSTAT, Banque de données de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, Adresse URL : www.fao.org, 2001
- [130]-**Wardowski W.F., Ahrens M.J., Cashew Apple and Nut, in: Nagy S., Shaw P.E., Wardowski W.F, 1990.** (Eds), *Fruits of tropical and subtropical origin*, Florida Sci. Source, Lake Alfred, USA.
- [131]-**Reynes M. 1998,** *Valorisation de la pomme de cajou*, Compte rendu de mission effectuée au Brésil 4–18 mai, Rapport interne, Centre de coopération international en recherche agronomique pour le Développement (Cirad), Montpellier, France,
- [132] **-Ricaud P., 2013.** *Connaître et comprendre le marché international de l'anacarde*. RONGEAD, 48 p.
- [133]- **MORIN. O. (2005),** *Acides gras trans : récents développements*. *Oilseed, Fat Crop and Lipids*, 12 414 - 42
- [134]-**BRUNETON J(1999),** *Pharmacognosie, phytochimie des plantes médicinales*. 3ème éd. Lavoisier, Paris, 11.20 p.
- [135]-**MOTARD-BELANGER, A. CHAREST, G. GRENIER, P. PAQUIN, Y. CHOUINARD, S. LEMIEUX, P. COUTURE, B. (2008)** *LAMARCHE*, Study of the impact of trans fatty acids from ruminants on blood lipids and other risk factors for cardiovascular disease. *American Journal of Clinical Nutrition*, 87 593 -599.

[136]-Thiombiano S.T.,2010. Contribution à la facilitation de l'accès des petits producteurs d'anacarde aux crédits carbone au Burkina Faso. Mémoire de Master Spécialisé en Génie Electrique, Energétique et Energies Renouvelables Option Energie. Institut International d'Ingénierie de l'eau et de l'environnement (2iE), Ouagadougou, Burkina Faso, 62p.

[137]-Sutter P.L., 2010. Analyse de la filière anacarde au Burkina-Faso: identification des leviers d'actions pour une meilleure valorisation des ressources paysannes. Mémoire d'ingénieur/Master. Institut Supérieur d'Agriculture(ISA), Lille, France, 80p

[138]-Martinez A.R., Penarredona M.A., Pheng B.,Hoyos D.E., Ting J.C.H.,et Alvarez N.F.P., 2011. Global entreprise expérience, indicashew, team 58, 8p.

[139]-Ricaud P., 2013. Connaître et Comprendre le marché international de [http://www.rongead.org/IMG/pdf/Guide_RONGEAD___Le_Marche_International_de_l_A_nacarde ; consulté le 20 janvier 2017 à 10h)

[140]-AFAO, 2016. Manuel sur les techniques modernes de transformation de la pomme de cajou. GIZ,25p

[141]-Rinderknecht L., 2013. Evaluation du potentiel à l'exportation des noix de cajou Côte d'Ivoire, 54.

[142]-Sokemawu K., 2015. Le développement de la filière anacarde dans la préfecture de tchamba au Togo : vers une nouvelle stratégie paysanne de diversification des revenus agricoles, Revue de géographie de l'université de Ouagadougou, 2(4) :21-42.

[143]-Mendes O., 2007. Agro climatologie de la production de l'anacardier en Guinée-Bissau. Mémoire d'ingénieur en agro climatologie, Centre Régional de Formation et d'Application en Agro météorologie et Hydrologie Opérationnelle (AGRHYMET), Niamey, NIGER, 41p.

[144]-[Agriculture](#) 2022. Production de noix de cajou en volume au niveau mondial de 2007 à 2018.

[145]- MOHTADJI C., 1989 - Les aliments. Ed Maloine : Paris, 1989. 94P. ISBN° 2- 224-018894

[146]- KARLESKIND A., 1992 - Manuel des corps gras. Tome2. Ed tec et doc, Lavoisier : Paris, 1992.PP : 1571-1578. ISB, N° 2-85206-662-9

- [147] **GUICHARD C., 1967** -Elements de Pharmacie et de Technologie Pharmaceutique (Pharmacie Galenique), Flammarion. [54] **NAUDET M., 1992** - Principaux Constituants des Corps Gras, in Manuel des Corps Gras, Tech. & Doc. Lavoisier, tome (I), pp 65-94
- [148] **COMBE N., ROSSIGNOL - CASTERA A., 2010**- Vegetable oils and frying. Cahiers de nutrition et diététique. (45) 44-51.
- [149] **LEGRAN D., 2010** - .Avis de l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments relatifs à l'actualisation des apports nutritionnels conseillés pour les acides gras.
- [150]-**Gharby S. (2012)**. Contribution a la valorisation de l'huile d'argane. Influence de l'origine du fruit (terroir, forme) et de la méthode d'extraction sur la composition chimique, les caractéristiques organoleptiques et la stabilité de l'huile d'argane. Thèse de doctorat. Discipline : Chimie Organique. Spécialité : Phytochimie. Université Mohammed V-Agdal. Faculté des sciences. Rabat. 241p.
- [151]-**Lyannaz J-P., 2006**.Vers une relance de l'anacarde au Mozambique. Fruits, 61(2):125–133.
- [152]-**Lacroix E., 2003**. Les anacardiers, les noix de cajou et la filière Anacarde à Bassila et au Bénin. GTZ-GFA Terra Systems, 75p.
- [153]-**Ohler, J.G., 1979**. Cashew. Amsterdam, Netherlands. Koninklijk Instituut voor de Tropen ,250p. Olosso
- [154]-**Lautié E,Dorniera M., de Souza Filhoc M., Reynes M., 2001**. Les produits de l'anacardier : caractéristique, voies de valorisation et marchés, Fruits ,56(4) :235-249
- [155]- **J KERHARO,1974**. La Pharmacopée Sénégalaise Traditionnelle. Plantes Médicinales et Toxiques., Tome 1, 598-602
- [156]- **E UCCIANI** Nouveau Dictionnaire des Huiles Végétales. Lavoisier TEC DOC. 1995
- [157]- **M PODEBA**. Les bienfaits des huiles végétales. Poche Marabout, 200, p 137
- [158]- **Cosmetic Ingredient Review**. Plant-derived Fatty Acid Oils as Used in Cosmetics, 04/03/2011.
- [159]-**Amygdalus communis L**. Fruits d'Outre-Mer -Vol.4,n°7, 1949
- [160]- **CUVELIER C: Cabaraux J.F ; Du Frasne I ; Hornick J.L., 2004** ; Istassel. Acides gras : nomenclature et sources alimentaires, P 134.
- [161]- **DENISE. J;1992...**, Raffinage des corps gras. Edition westhock, les éditions effrois

- [162]- **AOGOU A. S. (1996)** : « L'arbre du mois, L'anacardier, *Anacardium occidentale*, famille des Anacardiacees. » Le Flamboyant N° 38 ., France
- [163]- **ASSOGBA E., ALAMON Z, ICHOLA J., BEEKMAN B., VAN de VIJVER M. (1998)** : « ANFANI : Organisation de la filière Anacardier au Bénin » NovoTRADE Consult, Cotonou, Bénin
- [164]- **ASSOGBA E. , BEEKMAN B. et VAN de VIJVER M. (1998)** : « Proposition pour l'organisation de la filière Anacarde au Bénin » NovoTRADE Consult, Cotonou, Bénin
- [165]- **CITE (1995)** : L'anacardier. ORSTOM, Madagascar.
- [166]- **CZESNIK F., MOUSTAPHA W. (1999)** « Les Modalités de financement des organisations villageoises d'aménagement et les dispositifs de rémunération des travaux forestiers », LUSO-CONSULT GmbH, disponible à GFA -Terra Systems, Hamburg, Allemagne.
- [167]- **D'ALMEIDA J. (1995)** : « La culture des espèces fruitières, Anacardier », Cotonou, Bénin
- [168]- **HOUDAYER Robert, (1999)**, Evaluation financière des projets : Ingénierie de projet et décision d'investissement, 2e Edition, Paris, Economica, Collection « Techniques de gestion », 461 p.
- [169]- Ministère d'Agriculture de CÔTE D'IVOIRE, Projet d'Appui au Secteur Agricole (2014), Etude sur les mesures incitatives et de protection de l'industrie de l'anacarde en CÔTE D'IVOIRE. Résumé atelier du 11 et 12 Février. PP 13 - 15 Site internet .
- [170]- **Hubert de la BRUSLERIE, (2010)**, Analyse financière : Information financière, évaluation, diagnostic. 4e Edition, Gestion-finance, Paris, DUNOD, 529 p.
- [171]- **Aogou S.A.1996**. L'anacardier, *Anacardium occidentale*, famille des anacardiacees, Le Flamboyant 38) 7–11.
- [172]- **Anonyme F.2001**. Banque de données de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, Adresse URL : www.fao.org, 2001.
- [173]- **Haendler L., Duverneuil G.1970**. Note sur les possibilités de transformation des fruits et des faux fruits de l'anacardier, Fruits 25 .379–384.
- [174]- **MacLeod A.J. de Troconis N.G. 1982**. Volatile flavour components of cashew apple (*Anacardium occidentale*), Phytochemistry 21. 2527–2523.
- [175]- **Ohler J.G.1979**. Kominklijk Instituut voor de Tropen, Amsterdam, Netherlands.

[176]- ASSOGBA E., ALAMON Z, ICHOLA J., BEEKMAN B.1998, VAN de VIJVER M Bénin » Novo TRADE Consult, Cotonou, Bénin : Organisation de la filière Anacardier au » ANFANI.

[177]- PROGRAMME DE RECHERCHES FORESTIERES (2002) : Fiche technique N°2 : Comment créer et gérer les plantations d'anacardier. PRF BP 707 Cotonou, Bénin, Tel : 229 55 00 89, pforet@usa.com prfanac@yahoo.fr €.

[178]- VAN EIJNATTEN C. (1996) : « Perspectives de la culture de l'anacardier et la transformation des noix de cajou au Bénin. Résultat d'une visite conseil du 17 mai au 4 juin 1996. » CARREFOUR en collaboration avec ECOFAIR, Amsterdam, Denneenlaan 5, 5375 KV REEK Pays-Bas. BP 06-1053 Cotonou, Bénin

[179]- CHEMAT F., 2011 : Eco-extraction du végétal procédés innovants et solvants alternatifs. Dunod, Paris p. 193

[180]- PENCHEV P. I., 2010 : étude des procédés d'extraction et de purification de produits bioactifs à partir de plantes par couplage de techniques séparatives à basses et hautes pressions, thèse en vue de l'obtention du doctorat de l'université de Toulouse.

[181]-TEDJINI B., 2006 : Extraction des huiles essentielles et des concrètes de l'huile visqueuse. mémoire de Fin d'études d'ingénieur d'Etat Ecole Nationale Polytechnique. 85 p.

[182]-Wolff J.P; 1968 : Méthodes générales d'analyse ; dosage des produits d'oxydation. Ed

[183]-Wolff, Manuel d'analyse des corps gras. Ed. Azoulay, Paris 1968

[184]-WWW.FUTURA. Récupérée sur <https://www.futura-esciences.com/sante/definitions/>

[185]-MARTY, 2005 : De la graine au pot d'échappement ; les huiles végétales un carburant.

[186]-CHIMI H. RAHMANI, CILLARD J, CILLARD P. 1990 : Auto-Oxydation Des Huiles D'olives : Rôle Des Composes Phénoliques biologie-chromatographie-phase-gazeuse.

[187]-Véronique OLIVIER et al. 2015. Analyse des lipides - Extraction. Paramètres physicochimiques. Constituants majeur

[188] - Encyclopédie chimique (traduction du russe) volume 4, Grande encyclopédie russe, Edition 1995, Moscou..

[189]- RAKOTORIMANANA S.R, 2010 : Contribution à l'amélioration de la comestibilité de l'huile d'arachide artisanale par raffinage. Mémoire d'Ingénieur en Génie chimique. Université d'Antananarivo. P 110.

[190]-Blondeau N, Schneider SM, 2006. Les acides gras essentiels de la famille des omégas-3 et la santé de la mère et de l'enfant. *Nutrition Clinique et Métabolisme*. 20 : 68-72.

[191] -Ail El Cadi M.,(2001). Huiles végétales en pharmaceutiques. Thèse de Doctorat n°43, Faculté de médecine et de pharmacie de Rabat

[192]-Afnor. Recueil des normes françaises des corps gras, graines oléagineuses et produits dérivés. Paris, 1978, NT TGO-223.

ANNEXES

ANNEXE –1– Indices physiques des principaux corps gras (Véronique OLIVIER et al.
2015. Analyse des lipides - Extraction. Paramètres physicochimiques. Constituants majeur)

Nomenclatures des acides gras					
Nom commun de l'acide	Symboles	Nom chimique de l'acide	Nomenclature Δ	Nomenclature s	Nomenclature n
butyrique	Bu	Butanoïque	4:0	4:0	4:0
caproïque	Ca	Hexanoïque	6:0	6:0	6:0
caprylique	Cy	Octanoïque	8:0	8:0	8:0
caprique	C	Décanoïque	10:0	10:0	10:0
laurique	La	dodécanoïque	12:0	12:0	12:0
myristique	M	tétradécanoïque	14:0	14:0	14:0
myristoléique	My	tétradécèn-9(c)-oïque	14:1 Δ^9	14:1 ω 5	14:1n-5
pentadécylrique	Pe	pentadécanoïque	15:0	15:0	15:0
pentadécénoïque	Pen	pentadécèn-9(c)-oïque	15:1 Δ^9	15:1 ω 6	15:1n-6
palmitique	P	hexadécanoïque	16:0	16:0	16:0
hypogéique	H	hexadécène-7-oïque	16:1 Δ^7	16:1 ω 9	16:1n-9
palmitoléique	Po	hexadécène-9-oïque	16:1 Δ^9	16:1 ω 7	16:1n-7
margarique	Ma	heptadécanoïque	17:0	17:0	17:0
margaroléique	Mo	heptadécène-9-oïque	17:1 Δ^9	17:1 ω 8	17:1n-8
stéarique	S	octadécanoïque	18:0	18:0	18:0
oléique	O	octadécène-9-oïque	18:1 Δ^9	18:1 ω 9	18:1n-9
vaccénique (Z)	V	(Z)-octadécène-11(c)-oïque	18:1 Δ^{11}	18:1 ω 7	18:1n-7
vaccénique (E)	Ve	(E)-octadécène-11(t)-oïque	18:1 Δ^{11}	18:1 ω 7	18:1n-7
ricinoléique	R	hydroxy-12 octadécène-9-oïque	18:1 Δ^9 ,OH ¹²	18:1 ω 9,OH ⁷	18:1(n-9),OH(n-7)
linoléique	L	octadécène-9,12-dioïque	18:2 $\Delta^{9,12}$	18:2 ω 6	18:2n-6
γ linolénique	Lg	octadécène-6,9,12-trioïque	18:3 $\Delta^{6,9,12}$	18:3 ω 6	18:3n-6
linolénique	Ln (ALA)	octadécène-9,12,15-trioïque	18:3 $\Delta^{9,12,15}$	18:3 ω 3	18:3n-3
arachidique	Ar	eicosanoïque	20:0	20:0	20:0
gondoïque	Go	eicosène-9-oïque	20:1 Δ^9	20:1 ω 11	20:1n-11
gadoléique	Ga	eicosène-11-oïque	20:1 Δ^{11}	20:1 ω 9	20:1n-9
arachidonique	A	eicosatétraène-5,8,11,14-oïque	20:4 $\Delta^{5,8,11,14}$	20:4 ω 6	20:4n-6
eicosapenténoïque	EPA	eicosapentène-5,8,11,14,17-oïque	20:5 $\Delta^{5,8,11,14,17}$	20:5 ω 3	20:5n-3
béhénique	Be	docosanoïque	22:0	22:0	22:0
cétoléique	Ce	docosène-9-oïque	22:1 Δ^9	22:1 ω 13	22:1n-13
érucique	E	docosène-13-oïque	22:1 Δ^{13}	22:1 ω 9	22:1n-9
docosapenténoïque	DPA	docosapentène-4,7,10,13,16-oïque	22:5 $\Delta^{4,7,10,13,16}$	22:5 ω 6	22:5n-6
docosahexénoïque	DHA	docosahexène-4,7,10,13,16,19-oïque	22:6 $\Delta^{4,7,10,13,16,19}$	22:6 ω 3	22:6n-3
lignocérique	Lg	tétracosanoïque	24:0	24:0	24:0
nervonique	N	tétracosène-15-oïque	24:1 Δ^{15}	24:1 ω 9	24:1n-9

ANNEXE – 2 - Les Principaux Producteurs de Cajou (en Tonnes)

N°	Pays	2010	2015	2016	2017	2018	2019	2020
01	Cote d'Ivoire	380000	703000	650000	711000	761000	635000	849000
02	India	613000	745000	671000	745000	817000	743000	773000
03	Viet Nam	312000	352000	305000	216000	266000	286000	349000
04	Burundi	-	-	-	216000	266000	283000	301000
05	Philippines	135000	206000	216000	223000	229000	242000	256000
06	Tanzania	74000	198000	155000	265000	314000	225000	233000
07	Benin	102000	225000	126000	134000	116000	130000	190000
08	Mali	35000	66000	71000	120000	168000	168000	173000
09	Burkina Faso	21000	120000	120000	125000	135000	142000	162000
10	Guinea –Bissau	121000	169000	155000	161000	162000	159000	161000
11	Brazil	104000	103000	75000	134000	141000	139000	140000
12	Indonesia	115000	138000	137000	136000	148000	134000	132000
13	Mozambique	97000	81000	104000	139000	130000	140000	128000
14	Nigeria	792000	97000	98000	100000	100000	100000	99000
15	Ghana	33000	50000	78000	90000	103000	86000	82000
16	Sri Lanka	7000	14000	19000	20000	45000	35000	34000
17	Thailand	38000	22000	25000	25000	24000	25000	24000
18	Guinea	7000	14000	20000	16000	25000	29000	21000
19	Malaysia	15000	16000	16000	16000	16000	16000	16000
20	Kenya	18000	28000	25000	19000	14000	13000	13000
21	Senegal	6000	8000	10000	10000	9000	9000	9000
22	Togo	5000	9000	8000	8000	8000	8000	8000
23	Madagascar	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000
24	Divers	25000	24000	24000	21000	20000	20000	23000
	Total général	3062000	3395000	3115000	3657000	4024000	3774000	4183000

ANNEXE –3– Résultats de Chromatographe en Phase Gazeuse de l'Huile de Pistache étudiée Figures A-B-C-D -E

Figure – A -

Ret-time	Area	Height	% Massique	N° pik	name comp
5,979	1400,5	331,5	0,08890442	1	C4:0
6,072	1041,5	308	0,06611492		
6,171	2176,5	415,9	0,13816527		
6,248	2330,4	329,8	0,14793492		
6,355	1245,6	437,1	0,07907129		
6,405	2548,3	479,8	0,16176732		
6,548	4403,2	769,8	0,27951727		
6,711	19207,7	1916,7	1,21931409		
6,808	7910,3	1470,8	0,50214967		
6,902	4837,2	1238,5	0,30706780		
6,963	4819,8	1226	0,30596324		
7,025	4017	1155,6	0,25500110		
7,118	4953	1109,3	0,31441884		
7,171	2448,2	1035,9	0,15541292		
7,274	8468,3	1345,6	0,53757178		
7,325	3525,1	1303,7	0,22377505		
7,369	5643,7	1194,9	0,35826481	2	C6:0
7,463	3860,9	1081,4	0,24509180		
7,528	3198,2	919,3	0,20302328		
7,612	3522,8	1021,3	0,22362905		
7,669	4769,3	1075	0,30275747		
7,726	3064	1003,5	0,19450420		
7,804	3399,5	914,4	0,21580190		
7,893	7019,7	1098,1	0,44561395		
7,988	3157,2	754,7	0,20042058		
8,119	5177,8	809,2	0,32868925		
8,185	2738,1	758,2	0,17381591		
8,223	2236	728,7	0,14194236		
8,302	4148,4	718,2	0,26334244		
8,468	8061,2	1149,7	0,51172888		
8,56	8838,4	1140,3	0,56106591		
8,741	5455,9	873,7	0,34634317		
8,775	3157,8	842,6	0,20045867	3	C8:0
8,955	18729,3	1822,5	1,18894503		
9,228	13085,9	1363,9	0,83069926		
9,408	4444,7	826,6	0,28215171		
9,485	2950,8	736,6	0,18731821		
9,542	2632,6	710,3	0,16711872		
9,592	3093,8	639,4	0,19639592		
9,763	4159	645,3	0,26401533		
9,867	5399,2	848,8	0,34274383		
9,943	4934,3	817,4	0,31323175		

Figure – B –

10,166	31786	5840,1	2,01779066	4	C10:0
10,332	6713,1	961,7	0,42615084		
10,519	4326,7	808,1	0,27466101		
10,588	3241,1	893,2	0,20574660		
10,642	3747,4	872,8	0,23788677		
10,764	6622,5	1293	0,42039950		
10,857	11560,9	2032,6	0,73389153	5	C11:0
10,982	1435,6	345,1	0,09113258		
11,187	19480,9	5632,7	1,23665696		
11,618	1035,5	400,5	0,06573404	6	C12:0
11,788	20247,8	3909,4	1,28534014		
11,979	1080,5	312,3	0,06859066		
12,209	2499,4	487,1	0,15866312		
12,258	2418,4	498,4	0,15352120	7	C13:0
12,789	18544,2	3070,3	1,17719479		
12,913	2669,3	605,4	0,16944846		
13,169	1019,9	228,4	0,06474375		
13,262	2954,1	364,2	0,18752770		
13,439	2224,9	498,8	0,14123773		
13,492	1972,2	542,7	0,12519621	8	C14:0
13,623	1050,1	275,9	0,06666086		
13,763	2245,6	553,1	0,14255177		
13,898	32305,3	5934,1	2,05075607	9	C14:1
14,144	6459,7	839,1	0,41006488		
14,401	3449,9	685,5	0,21900132		
14,429	2514,8	658	0,15964072		
14,651	1560,5	469,1	0,09906130	10	C15:0
14,809	1003,3	264,4	0,06368997		
14,874	1335,3	328,3	0,08476549		
15,008	1452,5	394,1	0,09220540		
15,171	30167,9	6199,1	1,91507289	11	C15:1
15,355	1251,8	423,4	0,07946487		
15,407	1552,2	486,3	0,09853441		
15,487	3200,7	524,4	0,20318198		
15,774	2584,2	513,6	0,16404627		
15,978	52672,5	14288,7	3,34367579	12	C16:0
16,331	1514	335,4	0,09610945		
16,42	5431	1063,3	0,34476251	13	C16:1
16,536	1440,5	406,2	0,09144364		
16,644	7061,6	1382,1	0,44827378		
16,851	6546,1	684	0,41554960		
16,977	6721,1	1015	0,42665868		
17,249	2295,4	432,5	0,14571310		

Figure – C –

17,288	1485,9	486,8	0,09432565		
17,382	2029	510,7	0,12880190		
17,421	1213,2	471,7	0,07701452		
17,502	3287,1	683,2	0,20866670	14	C17:0
17,58	2309,1	578,7	0,14658279		
17,663	1059,6	340,5	0,06726392		
17,736	1378,6	355,2	0,08751420		
17,939	3013,5	496,4	0,19129844		
17,988	1927,4	573,7	0,12235228		
18,074	3322,2	593,3	0,21089486	15	C17:1
18,135	1287,4	524,3	0,08172477		
18,175	1031,1	456,8	0,06545473		
18,275	1083,9	541,3	0,06880650		
18,348	4607,8	766,6	0,29250537		
18,426	2728,9	548,1	0,17323189		
18,552	1127	343,2	0,07154251		
18,697	6041,7	1128,9	0,38353004		
18,841	1636,1	394,6	0,10386042		
19,148	3777	593,7	0,23976579		
19,338	21131,9	3514,5	1,34146324	16	C18:0
19,578	1817,3	317,4	0,11536308		
19,875	495293	99062,6	31,44143929	17	C18:1 c+t n-9
19,995	10342,8	2561,1	0,65656595		
20,44	4398,3	649,4	0,27920621		
20,788	1700,2	445	0,10792952		
20,925	116706,3	22245,1	7,40857239	18	C18:2 c+t n-6
21,953	1629,6	314,3	0,10344780	19	C18:3 c+t n-6
22,22	4470,5	689,6	0,28378950		
22,339	1212,3	310,9	0,07695739		
22,418	1132,7	280	0,07190434		
22,569	3420,2	482,3	0,21711595	20	C18:3 c+t n-3
22,776	1260,8	284	0,08003619		
23,017	2013,1	495,9	0,12779256		
23,592	1577,7	240,4	0,10015316		
23,797	1665,4	304,1	0,10572040		
23,905	1719,9	344,2	0,10918008		
24,031	2827,4	412,8	0,17948472		
24,178	2291,2	417,2	0,14544648		
24,315	3117,7	553,6	0,19791310		
24,349	1093,9	514,8	0,06944130		
24,409	2007,4	453,6	0,12743072	21	C20:0
24,655	1024,5	279,1	0,06503576		

Figure – D –

24,836	1212,4	356,3	0,07696374		
24,961	1467	356,8	0,09312587		
25,101	7561,6	906,9	0,48001403	22	C20:1
25,603	2421,9	365,5	0,15374338		
25,889	2322,1	258,5	0,14740803		
26,21	5814,8	919,9	0,36912632		
26,252	3782,2	860,2	0,24009589		
26,352	1193	349,7	0,07573222		
26,773	1079	202	0,06849544	23	C20:2
27,051	1051,3	267,9	0,06673703		
27,23	1236,7	221,6	0,07850631		
27,23	1236,7	221,6	0,07850631		
27,323	1165,2	282,2	0,07396746		
28,243	1927,1	285,1	0,12233324	25	C20:3 n-3
29,217	2567,5	489,3	0,16298614	26	C20:4 n-6
29,411	9064,5	1051,6	0,57541885		
29,453	7493,7	1113,1	0,47570370		
29,572	1490,8	544,3	0,09463671	27	C23:0
29,935	1151,3	319,7	0,07308508		
29,975	1050,5	350,1	0,06668625		
31,029	1815,9	328,2	0,11527421		
31,079	2761,6	404,7	0,17530770		
31,352	1111,8	266,5	0,07057760		
31,513	2663,7	398,5	0,16909296		
31,678	3605,7	379,6	0,22889158		
31,876	1602,3	362,5	0,10171478		
31,947	1587	457,8	0,10074353		
32,113	3190,7	538,2	0,20254718	28	C24:1
32,217	1623,5	430,8	0,10306057		
32,303	1797,2	391,5	0,11408713		
32,449	1406,1	437,4	0,08925991	29	C20:5 + C24:0
32,556	6949,4	759,1	0,44115127		
32,7	2839	505,8	0,18022109		
32,876	2241,1	323,2	0,14226611		
33,08	6388,1	714,9	0,40551968		
33,158	1722,3	540,3	0,10933244		
33,228	1230	347,4	0,07808100		

Figure – E-

33,761	1336,1	279,6	0,08481627	30	C22:6
33,876	2596	362,7	0,16479534		
33,982	1612,1	339,8	0,10233689		
34,712	1371,1	353,6	0,08703809		
34,792	2052,9	355,7	0,13031909		
34,889	2222,3	418,7	0,14107268		
35,003	3137,6	489,8	0,19917637		
35,109	1221,4	285,3	0,07753506		
35,333	1485	213,4	0,09426852		
35,932	179975,9	9165,8	11,42495721		
36,672	2053,2	469,2	0,13033813		
36,716	3060,4	605,6	0,19427567		
36,812	7648,4	759,6	0,48552413		
40,125	1914,6	301,7	0,12153973		
41,865	1151,5	239,9	0,07309778		
42,319	1052,7	230,7	0,06682591		
	1575287,3		100		

ANNEXE – 4 - Résultats de Chromatographe en Phase Gazeuse de l'Huile de Cajou étudiée Figures F-G-H-I

Figure – F -

Ret-time	Area	Height	% Massique	N° pik	name comp
6,247	1432,7	247,6	0,05049128	1	C4:0
6,704	2235,8	445,1	0,07879416		
6,789	4296,2	609,8	0,15140687		
6,885	1720,1	627	0,06061984		
7,022	5540,7	692,2	0,19526559		
7,062	2991,4	651,1	0,10542305		
7,143	3494,6	689,8	0,12315685		
7,363	6847	700,6	0,24130227	2	C6:0
7,477	3291,4	716,8	0,11599566		
7,527	3872,2	719,4	0,13646424		
7,67	3654,8	542	0,12880262		
7,873	2551	410,6	0,08990245		
7,912	1051	351,3	0,03703939		
8,019	1832	417,5	0,06456342		
8,165	8314,4	712,4	0,29301645		
8,355	2153,7	470,9	0,07590079		
8,674	4308,2	600,2	0,15182977		
8,765	3592,3	473,2	0,12659999	3	C8:0
8,857	1972,3	467,3	0,06950788		
9,012	3109,5	474,1	0,10958513		
9,066	1037	376,4	0,03654600		
9,135	1000,7	340,6	0,03526671		
9,445	2260,6	338,9	0,07966816		
9,574	1890,9	436,4	0,06663918		
9,653	2302,5	467,3	0,08114481		
9,778	1679,1	315,1	0,05917492		
9,865	1350,5	385,2	0,04759438		
9,906	2387,6	417,3	0,08414390		
10,166	4233,2	406,1	0,14918662	4	C10:0
10,312	2081,7	562,4	0,07336336		
10,399	5704,1	792,6	0,20102414		
10,493	3493,6	864,1	0,12312160		
10,57	3766,2	636,1	0,13272858		
10,804	1168,5	384,1	0,04118033		
10,855	1536,7	556,6	0,05415645	5	C11:0
10,984	1684,1	285,3	0,05935113		
11,055	1067,8	220,5	0,03763145		
11,196	2331,7	447,3	0,08217387		
11,262	1120	383,2	0,03947109		
11,378	4818,7	627,1	0,16982084		

Figure – G –

11,608	1706,1	362,3	0,06012645	6	C12:0
11,758	1119,3	281,3	0,03944642		
11,864	3795,6	735,1	0,13376470		
12,052	1488	329,2	0,05244016		
12,179	1008,5	347,6	0,03554160		
12,225	1747,1	389,9	0,06157137		
12,309	2500,6	432	0,08812625		
12,439	1485	326,1	0,05233443	7	C13:0
12,772	1661,3	437,8	0,05854761		
12,814	2014,4	553,3	0,07099157		
13,396	1144,5	158,5	0,04033452	8	C14:0
13,831	1308,5	264,7	0,04611421		
13,9	4820,2	944,9	0,16987370	9	C14:1
14,402	1875,7	286,1	0,06610350		
14,649	1353,5	352,4	0,04770011	10	C15:0
14,692	1506,7	351,8	0,05309919		
14,957	1144,5	273,3	0,04033452		
15,169	6042,7	964,1	0,21295710	11	C15:1
15,266	1707	476,8	0,06015817		
15,332	2820	454,6	0,09938256		
15,669	1438	165,3	0,05067806		
15,966	233088,3	66107,2	8,21450803	12	C16:0
16,315	1505,4	416,8	0,05305337		
16,407	10394,8	2655,5	0,36633399	13	C16:1
16,597	3091,1	462,5	0,10893668		
16,822	1374,3	383,9	0,04843314		
16,869	1723,5	473,1	0,06073966		
17,012	2575,8	493,9	0,09077646		
17,085	2735,2	568,7	0,09639404		
17,244	1375,4	389,1	0,04847191		
17,484	4841,2	926,4	0,17061378	14	C17:0
17,589	1414,4	328,1	0,04984635		
17,962	4474,3	453,9	0,15768348	15	C17:1
18,352	1147,4	251	0,04043672		
18,939	1297,7	240,9	0,04573360		
19,113	1585,9	214,8	0,05589036		
19,337	173269,6	34400,8	6,10637480	16	C18:0
19,601	2002,1	319	0,07055810		
19,9	1457346,4	249087,9	51,3598654	17	C18:1 c+t n-9
20,133	2062,5	350,6	0,07268671		
20,231	1801,4	366,3	0,06348502		
20,392	1047,3	340,1	0,03690899		
20,449	1191,8	270,5	0,04200147		
20,584	2288,4	406,8	0,08064789		
20,714	3426,1	511,4	0,12074277		

Figure – H –

20,92	412061,1	79715,9	14,5218752	18	C18:2 c+t n-6
21,203	1566	294,2	0,05518904		
21,402	1239,5	222,5	0,04368251	19	C18:3 c+t n-6
22,548	4044,1	704,7	0,14252235	20	C18:3 c+t n-3
22,833	2650,5	373,5	0,09340904		
23,761	1260,6	251,2	0,04442612		
24,068	1451,1	262,6	0,05113973		
24,284	16078,8	2270,3	0,56664977		
24,53	1024	269,1	0,03608785	21	C20:0
24,761	1440,7	326,8	0,05077321		
24,869	1100,1	451,9	0,03876977		
24,893	2277,5	478,3	0,08026375		
25,064	6816,3	852,2	0,24022034	22	C20:1
25,4	1056,1	258,6	0,03721912		
25,688	1174,2	330,5	0,04138121		
25,879	2417,5	418,9	0,08519764		
25,945	1223,2	437,8	0,04310807		
26,012	1644,6	660	0,05795906		
26,25	20112,4	1732,5	0,70880208		
26,363	15690,6	1872,6	0,55296881		
26,465	4232,6	1413	0,14916547		
26,525	3518,6	1152,5	0,12400265		
26,569	1703,2	961,3	0,06002425		
26,626	3629,8	987,3	0,12792157		
26,659	3208	889,6	0,11305648		
26,767	5283,1	863,9	0,18618724		
26,857	2457,2	626	0,08659675		
26,932	2226,2	614,4	0,07845584	23	C20:2
27,041	5024,2	738,2	0,17706308		
27,135	3266,3	483,6	0,11511109		
27,293	2312,1	539,8	0,08148313		
27,339	1344,2	465,1	0,04737235		
27,468	2366,4	337,4	0,08339677		
27,59	1235,9	217,2	0,04355564	24	C20:3 n-6 + C21:0
28,329	2101,2	282	0,07405058	25	C20:3 n-3
28,462	1315	318,9	0,04634329		
28,601	1458,8	286,6	0,05141109		
28,722	3133	369,6	0,11041332		
29,148	2452,3	566,6	0,08642406	26	C20:4 n-6
29,449	48731	4650,9	1,71738003		
29,482	36712,5	4658,5	1,29382353		
29,697	6791,3	1276,1	0,23933929	27	C23:0
29,782	1303,8	951,1	0,04594858		
29,809	1788,8	920,4	0,06304097		

Figure – I –

29,897	5649	994,9	0,19908230		
29,965	3066,9	854,2	0,10808382		
30,065	4400,5	873	0,15508261		
30,122	3794,6	938,8	0,13372946		
30,214	5677,7	918,3	0,20009375		
30,289	2756,8	710,1	0,09715527		
30,469	2320,5	325,4	0,08177916		
30,971	1115,4	249,3	0,03930898		
32,211	1741,7	249	0,06138107	28	C24:1
32,319	1181,3	180,2	0,04163143	29	C20:5 + C24:0
33,339	1209,4	227	0,04262173		
33,678	1294,3	230,1	0,04561378	30	C22:6
33,934	1430,8	277,1	0,05042432		
34,489	1423,8	258,6	0,05017762		
34,561	1178,3	310,4	0,04152570		
34,652	1523,6	265,6	0,05369478		
35,008	1642,5	257	0,05788506		
35,49	1256,9	306,9	0,04429572		
35,84	65986,7	2929	2,32550616		
36,656	1821,9	356,7	0,06420748		
36,791	4814,9	574,7	0,16968692		
39,811	1014,2	208,7	0,03574248		
40,458	1369,8	255,4	0,04827455		
	2837519,9		100		