



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 : Toxicologie

Evaluation de la qualité de l'huile d'arachide de la wilaya d'El-oued

Présenté Par

M^r KAROUI BADAREDDINE

M^{lle} BASSI CHAIMA

M^{lle} GROUN AMANI

Devant le jury composé de :

Président : Mr. BOUALI N.

M.A.A, Université d'El Oued.

Examinatrice : M^{me}. ZETTAL H.

M.A.A, Université d'El Oued.

Promoteur : Mr SALEMI S.

M.A.B, Université d'El Oued.

Année universitaire 2020/2021



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 :
L'âme de mes chers parents, que Dieu tout puissant ait
pitié d'eux
Ma chère épouse qui m'a poussé de poursuivre mes études
et réalise mon rêve de Master qui
m'accompagnait depuis 1986
Mes chers fils (Abdou, Ahmad, Cussama, Younes,
Djoumana, Anas)*

Badareddine K.

(1962-2021)



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

Au propriétaire du grand crédit, mon cher père.

A tous mes frères, chacun en son nom.

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 estimé enseignant, qui a un grand mérite dans la réalisation de cette recherche : Mr. Karoui Badreddine

Bassi Chaïma



الإهداء

اهدي تخرجي هذا وثمره جهدي وذروة دارستي واجتهادي وفرحتي التي

انتظرتها طوال حياتي الى

من تربيت على يديه ومن علمني القيم والمبادئ والاخلاق الى من لا ينفصل اسمه عن
اسمي ابدا الى مصدر الدعم والعطاء وينبوع الامل الى ابي الغالي سليم حفظه الله تعالى
وادامه تاجا على راسي دائما وابدا

الى الصدر الدافئ الحنون الى من تذكرتي بالدعاء ليلا ونهارا الى من لا أجد لها كلمات
تعبر عنها او توفيقها حقها الى امي الغالية سهيلة محمودي اطل الله لنا بعمرها وكتب لها
الصحة والعافية

الى كل اخوتي عاطف والصادق الأمين واختي الصغيرة نهى وفقها الله في مشوارها
الدراسي،

والى كل عائلة قرون ومحمودي كل باسمه الخاص

والى كل أصدقائي وأساتذتي الكرام وأخص بالذكر السيد بدر الدين قروي حفظه الله تعالى

اماني قرون

Remerciements

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

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

A Mr. BOUALI N. d'avoir accepté de juger ce travail en qualité
de président de jury.

A M^{me}. M ZETTAL H. d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.

Un grand merci aux membres du laboratoire pour leurs soutiens
et leurs encouragements (SADAK, HOUSSAM, KADDOUR...).

Badareddine K./ Chaima B./ Amani G.

Résumé

Le but de cette étude est d'évaluer la qualité de l'huile extraite des graines d'arachide dans la wilaya d'El-Oued. A cet effet, les caractéristiques physico-chimiques (densité relative et indice de réfraction), (indices d'acide, d'iode, de peroxyde, de saponification, d'ester et de profil d'acides gras par CPG/FID) de l'huile obtenue ainsi que les caractéristiques phytochimiques ont été déterminées. Les résultats obtenus ont montré que, d'un point de vue physico-chimique, l'huile d'arachide répond aux normes de qualité requises par le Codex Alimentarius. La composition en acides gras a révélé que cette huile est très riche en acides gras insaturés : C18 :1, C18 :2 et C18 :3 avec un taux atteint 70%, et 16,50% d'acides gras saturés C16 :0, C18 :0, C20 :0, d'où leur intérêt pour la nutrition et leur conservation à long terme. L'analyse phytochimique de cette huile a mis en évidence une richesse en molécules bioactives comprenant des flavonoïdes, des tanins et des composés réducteurs.

De plus, l'extraction par Soxhlet de cette huile a donné un rendement significatif de **38,80%**, ce qui donne aux graines d'arachides une source potentielle d'huile végétale.

Mots clés : Huile d'arachide, indices physico-chimique, acides gras, CPG/FID

ABSTRACT

ABSTRACT

The purpose of this study is to evaluate the quality of the oil extracted from groundnut seeds in the wilaya of El-Oued. For this purpose, the physico-chemical characteristics (relative density and refractive index), (acid, iodine, peroxide, saponification, ester and fatty acid profile by CPG / FID) of the oil obtained as well as the phytochemical characteristics were determined. The results obtained have shown that, from a physico-chemical point of view, groundnut oil meets the quality standards required by the Codex Alimentarius. The fatty acid composition revealed that this oil is very rich in unsaturated fatty acids: C18: 1, C18: 2 and C18:3 with a rate reached 70%, and 16.50% saturated fatty acids C16: 0, C18: 0, C20: 0, hence their interest in nutrition and their long-term preservation. The phytochemical analysis of this oil has demonstrated a richness in bioactive molecules including flavonoids, tannins and reducing compounds. In addition, Soxhlet's extraction of this oil gave a significant yield of 38.80%, which gives peanut seeds a potential source of vegetable oil.

Keywords: Peanut oil, physical-chemical indices, fatty acids, CPG/FID.

الغرض من هذه الدراسة هو تقييم جودة الزيت المستخرج من بذور الفول السوداني في ولاية الوادي. لهذا الهدف تم الكشف عن الخصائص الفيزيائية والكيميائية (الكثافة النسبية ومؤشر الانكسار)، (مؤشر الحموضة، اليود، البيروكسيد، الإستير والأحماض الدهنية بواسطة CPG / FID) من الزيت المستخلص وكذلك الخصائص الكيميائية النباتية. وأظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن زيت الفول السوداني يفي من الناحية الفيزيائية الكيميائية، بمعايير الجودة التي يتطلبها الدستور الغذائي الدولي، كما كشف مكونات الأحماض الدهنية أن هذا الزيت غني جدا بالأحماض الدهنية غير المشبعة: C18:1 و C18:2 و C18:3 بمعدل يصل إلى 70٪، و 16.50٪ من الأحماض الدهنية المشبعة: C16:0، C18:0، C20:0، مما يجعل الاهتمام أكثر بهذا الزيت نظرا للاحتفاظ بخصائصه على المدى الطويل واستعماله في مجال التغذية. وقد كشف التحليل الكيميائي النباتي لهذا الزيت على ثرائه بالجزئيات البيولوجية النشطة بما في ذلك الفلافونويدات والعفص والمواد المختزلة. بالإضافة إلى ذلك، أعطى الاستخلاص بطريقة سوكسليت مردودا معتبرا من الزيت بلغت 38.80٪، مما يجعل بذور الفول السوداني مصدرا قويا لهذا الزيت النباتي.

الكلمات المفتاحية: زيت الفول السوداني - الخصائص الفيزيائية الكيميائية - الأحماض الدسمة - CPG/FID



SOMMAIRE

SOMMAIRE

Dédicace

Remerciements

Résumé

Abstract

Sommaire

Liste de tableaux

Liste de figures

Liste des abréviations

Introduction

Chapitre I

Les huiles végétales

I-1- Historique:.....	5
I-2- Définition :	5
I-3- Composition chimique des huiles végétales :	6
I-3-1-La fraction saponifiable:	7
I-3-2- La fraction insaponifiable :	11
I-4-Les Caractéristique des huiles végétales :	14
I-4-1-Propriétés physiques :	14
I-4-2-Propriétés chimiques :	15
I-5-Trituration:	15
I-5-1-Principes généraux de la trituration:	15
I-5-2-Procédé Extraction des huiles :	16
I-6-Raffinage de l'huile:	20

SOMMAIRE

I-6-1-Le raffinage des corps gras	20
I-6-2- Les procédés de raffinage	21
I-6-3-Effets du raffinage sur quelques composés mineurs des huiles végétales.....	22
I-7-Le marché mondial des huiles végétales :.....	23
I-8-Le rôle des huiles végétales :	24
I-9-Les utilisations des huiles végétales :	24

Chapitre II

L'Arachide (*Arachis Hypogea* L.)

II-1-Historique :	26
II-2-Definition :.....	26
II-3-L'Origine :	26
II-4-Classification :	27
II-5-Morphologie de la plante :	29
II-6-chimie de la plante :	32
II-7-Propriétés biologiques de l'arachide :	33
II-8-Utilisations d'arachide :	33
II-9-Production mondiale d'arachide :	34
II-10 Généralités sur l'huile d'arachide	36
II- 10-1-Définition	36
II-10-2-Composition en acides gras de l'huile d'arachide.....	37
II-10-3-Propriétés physico-chimiques et organoleptiques de l'huile d'arachide :	37
II-10-4-Extraction	39

SOMMAIRE

II-10-4-1- Extraction par action mécanique.....	39
II-10-4-2-Extraction par solvant :	40
II-10-5- Raffinage :	41
II-10-6- Comparaisons de quelques caractéristiques qualitatif et quantitatif d'huile d'arachide par rapport aux autres huiles :	41
II-10-7- Utilisations de l'huile d'arachide :	44
A. L'huile d'arachide et santé:.....	45
B- L'huile et son marché	46

Chapitre III

Matériel et méthodes

III.1 Cadre de l'étude :	50
III.2. Échantillonnage :	50
III.3. Présentation de site d'étude	50
III.4 Extractions et Identifications de l'huile d'arachide	51
III.4.1 L'extraction :.....	51
III.4.2. Extraction au Soxhlet :.....	51
III.4.3 Détermination de la teneur en matière grasse	53
II.5 Analyses physico-chimiques :.....	54
II.5.1 Analyses physiques :	54
III.5.1.1 Densité relative :	54
III.5.1.2 Indice de réfraction:	56
III.5.2. Analyses chimiques :	57

SOMMAIRE

III-5.2.1- Indice d'iode.....	57
III.5.2.2. Indice d'acide.....	59
III.5.2.3 Indice de saponification :	60
III.5.2.4. Indice d'ester :.....	61
III.5.2.5. Indice de peroxyde :.....	61
III.6.1. Epuisement du matériel végétal avec de l'eau chaude.....	63
III.6.2. Epuisement du matériel végétal avec l'éthanol	63
III.7. La composition en acides gras de l'huile d'arachide par CPG/FID.....	64
II.7.1. L'objectif de la dérivation « La méthylation » :.....	64
III.7.2. Analyse par la CPG/FID	66

CHAPITRE IV

RESULTATS ET DISCUSSION

IV-1 Détermination de la teneur en matière grasse (huile) :.....	69
IV.2. Caractéristiques physico-chimiques de l'huile d'arachide :	69
IV.2.1 Caractéristiques physiques :	70
IV.2.1.1. La densité relative :.....	70
IV.2.1.2. L'indice de réfraction :	70
IV.2.2. Caractéristiques chimiques :	70
IV.2.2.1. Indice d'iode (ISO 660 Deuxième édition 15-05-1996):.....	71
IV.2.2.2 Indice d'acide (ISO 660 Deuxième édition 15-05-1996):	71
IV.2.2.3. L'indice de saponification :	72
IV.2.2.4. Indice d'ester:	72

SOMMAIRE

III.2.2.5. Indice de peroxyde :	72
IV.3. Analyse phytochimique	72
IV.4. Détermination de la composition en acide gras :	73
Conclusion/perspectives	77
Références.....	81
ANNEXES	90

Liste de tableaux

Liste de tableaux

N	TITRE	PAGE
01	Compositions en acides gras de quelques huiles végétales (% des acides gras totaux).	12
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)	13
03	Position systématique du (<i>Arachis Hypogaea L</i>) Selon HUBERT en 2000	27
04	Classification et principales caractéristiques de l'espèce <i>Arachis hypogaea</i> .	28
05	Composition de 100 g de graine d'arachide	32
06	Teneur en acides gras de l'huile d'arachide	37
07	Caractéristiques physico-chimiques de l'huile d'arachide raffinée	37
08	Teneur en huile de quelques plantes oléagineuses	41
09	Composition moléculaire d'huile d'arachide, d'olive et de soja (pour 100g d'huile)	42
10	Température critique de quelques huiles végétales alimentaires	45
11	Rendement de l'huile d'arachide par soxhlet	69
12	Résultats caractères physiques de l'huile d'arachide	70
13	Résultats indices chimiques huile arachide	71
14	Screening chimique des graines d'arachide	73
15	Principaux acides gras obtenus par CPG dans l'huile végétale examinée.	74

Liste de figures

Liste de figures

N	TITRE	PAGE
01	Constituants des huiles végétales.	07
02	Les triglycérides d'acide gras	08
03	Structure des acides gras	08
04	Structure d'un acide gras (saturé)	09
05	Métabolisme des acides gras poly-insaturés des séries oméga-3 (n-3) et oméga-6(n-6)	10
06	Structure et nomenclature des principales familles de acides gras	11
07	Structure des tocophérols	13
08	Structure de caroténoïdes	13
09	Représentation schématique d'un extracteur de Soxhlet	19
10	Marché mondial des huiles végétales	22
11	Les principaux pays producteurs d'huile végétale dans le monde en 2014	24
12	Représentation d'une plante arachide	29
13	Représentation des Feuilles d'arachide	30
14	Fleurs d'arachide	31
15	La graine d'arachide	32
16	Principaux producteurs d'arachide dans le monde	35
17	Carte géographique de la wilaya d'EL-OUED	51
18	Schéma d'un Soxhlet	52
19	Appareil de Soxhlet.	52
20	Rotavapor	52
21	Etapes d'extraction de l'huile d'arachide par Soxhlet	54
22	Présentation de différentes étapes de calcul de densité relative.	56
23	Refractomètre	57
24	Les étapes de méthylation et d'identification d'huile d'arachide par CPG/FID	66
25	Chromatographie en phase gazeuse	67
26	Description d'une chromatographie en phase gazeuse	67
27	Chromatogramme de principaux composés chimiques (%) de L'huile végétale de graines d'arachides analysée par CPG/FID	75

LISTE DES ABRÉVIATIONS

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

H.A : Huile arachide

I.A: Indice Acide

I.E: Indice Ester

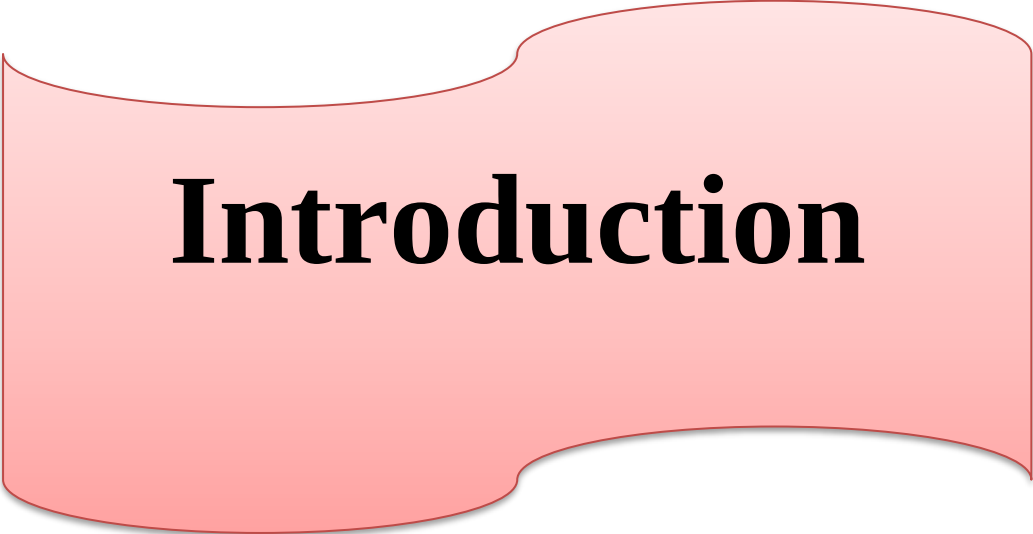
I.I : Indice Iode

I.P: Indice Peroxyde

I.S: Indice Saponifications

RDT: Rendement

TG : Triglycéride



Introduction

Introduction

Les huiles végétales font partie des éléments essentiels dans l'alimentation humaine et représentent la source d'énergie la plus importante pour l'organisme. Les huiles végétales sont des corps gras comestibles et liquides à la température de 15°C et s'obtiennent à partir des plantes oléagineuses c'est-à-dire des plantes dont les graines ou fruits contiennent des matières grasses. Elles sont constituées de 99% de lipides qui sont des composés de triglycérides différents et dont la teneur en acides gras monoinsaturés ou polyinsaturés est élevée. Elles sont indispensables pour la santé. D'autres composants mineurs sont présents en faible quantité comme : les phénols, les stérols et les tocophérols (vitamine E) ...etc.

L'arachide (*Arachis hypogaea* L.) est l'une des plus importantes oléagineuses cultivées dans le monde. Cette plante occupe une place importante dans l'alimentation humaine et représente 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).

L'huile d'arachide est une huile végétale préparée et extraite à partir des graines d'arachide. La composition chimique de l'huile d'arachide lui confère une bonne aptitude pour la friture. Sa résistance à la chaleur et sa stabilité en font une huile industrielle très appréciée pour la fabrication de certains produits alimentaires.

Sur le plan nutritionnel, les bienfaits de cette huile sur notre santé sont indéniables. Par ailleurs, elle est très riche en acide gras essentiel ω 6 (acide linoléique) et en antioxydants ; ce qui fait d'elle un aliment qui peut contribuer à réduire le risque de maladies cardiovasculaires.

L'arachide produite dans le monde est principalement transformée en huile, en farine et en dérivés qui entrent dans la composition de produits alimentaires (confiserie, beurre de cacahuète, pâte d'arachide...). Durant la période 1996-2000, 49.2% de la production mondiale a servi à produire de l'huile et de la farine et 41.1% est entrée dans la composition de produits alimentaires (**REVOREDO and FLETCHER**, 2002). Selon (**INGALE et SHRIVASTAVA** en 2011), la composition totale d'acide gras de l'huile des graines d'arachide était de 10,44 et 33,51% pour les acides gras saturés et insaturés, respectivement. Les acides gras les plus abondantes de l'huile de graines d'arachide sont l'acide : oléique (C18 : 1), linoléique (C18 : 2) et palmitique (C16 : 0), qui, représentent un taux de 88,35% des acides gras totaux. En termes de diététique, l'huile d'arachide est donc riche en acides gras essentiel ω -6 (acide linoléique), et son rapport -6/ ω -3 variant de 0,6 à 5,2 lui permet de se figurer parmi les huiles dites huiles pour assaisonnement

(**RAKOTOARIMANANA**. 2010)

Introduction

A part l'usage alimentaire, l'huile d'arachide est également employée 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 (**ADRIAN et JACQUOT.**, 1968).

En Algérie la culture d'arachide malgré son importance économique n'est pas pratiquée à grande échelle, ce qui a imposé sa grande importation. La production d'arachide en Algérie est principalement vouée à la consommation de graines. La surface agricole d'arachides dans la wilaya d'El-oued est passée de 4.000 ha la saison écoulée (2018/2019) à 6.000 ha pour cette saison. La culture a enregistré une extension "*remarquable*" à travers l'ensemble des régions agricoles de la wilaya.

La wilaya d'El- Oued se positionne en tête des wilayas productrices d'arachides à l'échelle nationale avec une capacité de production annuelle dépassant les 120.000 QX, avec une contribution qui atteint 80 % de la production nationale, selon les statistiques de la production de la saison précédente. (**WWW.APS.DZ**).

C'est dans un cadre d'évaluation de la qualité de l'huile d'arachide de la wilaya d'El oued que nous avons jugé nécessaire d'identifier les principales classes des composés phytochimiques des graines d'arachides. 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 d'arachides (*Arachis hypogea* L.) ;
- ❖ La détermination de caractéristiques physico-chimiques de l'huile végétale de graines d'arachide ;
- ❖ Le screening phytochimique de l'huile d'arachide étudiée,
- ❖ La composition chimique quantitativement et qualitativement en acides gras de l'huile végétale des graines d'arachides 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 l'arachide,
-  Un chapitre intitulé « matériel et méthodes » dans lequel sont citées toutes les méthodes d'extraction des huiles et les techniques d'analyses physico-chimiques et phytochimiques 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.

A red banner with a wavy, torn-edge design, featuring a lighter red gradient and a dark red outline. It is centered on the page.

Chapitre I:

Les huiles végétales

I-1- Historique :

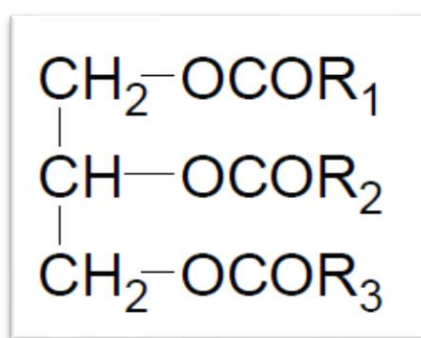
L'huile est utilisée depuis des siècles, bien que les premières matières grasses utilisées par l'homme proviennent de la graisse fondue des animaux. La première utilisation de l'huile n'avait pas de vocations alimentaires, il s'agissait bien souvent de combustible servant à l'éclairage.

L'huile est une matière grasse, onctueuse et épaisse, souvent liquide à température ambiante. Une huile végétale renferme en général plus de 99 % de lipides, ni glucides, ni protides et très peu ou pas de cholestérol. Quelques vitamines et antioxydants liposolubles complètent le pourcentage restant (1%).

Elles sont indispensables pour les papilles mais également pour la santé car elles apportent les acides gras nécessaires au bon fonctionnement de l'organisme. Les huiles végétales diffèrent par leur composition, d'où l'importance de bien choisir ses produits, surtout pour un usage quotidien (CHEKROUN, 2013).

I-2- Définition :

En général, le mot « huile » se rapporte aux triglycérides qui se trouvent dans leur état liquide à température ambiante. On les trouve dans plusieurs plantes notamment les légumineuses (arachide, soja), les graines (de colza, de tournesol), les fruits (amande, olive, palme, pépins de raisin), les céréales (maïs) ou encore dans le coton. Leur formule générale s'écrit : (bibfac.univ.tlemcen.dz)



Les huiles végétales sont des composées organiques non-volatiles, hydrophobes et parfois amphiphiles. Elles sont insolubles dans l'eau, solubles dans les solvants organiques non-polaires et font fait partie de la constitution naturelle de certaines plantes cultivées ou non. Une huile végétale est extraite de la plante par pression à froid à partir de deux organes principaux,

Chapitre I : Les huiles végétales

les graines et les fruits. Les plantes riches en huile sont appelées des oléagineux ou plante oléagineuses. **(RAKOTORIMANANA, S.R, 2010).**

Les huiles végétales sont habituellement subdivisées en deux classes principales :

*** Huiles végétales fluides :** huile d'arachide, de colza, de germe de maïs, de tournesol, de soja et d'olive.

*** Huiles végétales concrètes (graisse) :** coprah (provenant de la noix de coco), huile de palme. **(UZZAN A., KARLESKIND A. 1992).**

Les huiles végétales sont des sources privilégiées des macronutriments essentiels à savoir l'acide linoléique (famille des oméga 6) et l'acide alpha-linoléique (famille des oméga 3) et de micronutriments (vitamine E, phytostérols). **(CMOLIK J. et al, 2007).**

I-3- Composition chimique des huiles végétales :

Les huiles végétales sont composées d'une grande variété de constituants (figure 01) et leurs compositions chimiques sont représentées par des fractions appelées fractions saponifiable (98-99%) et insaponifiable (1-2%).

Les triglycérides sont largement majoritaires et représentent au moins 95% du poids des huiles brutes et 98% du poids des huiles raffinées. D'autres constituants naturellement présents en plus faible quantité, sont dits constituants mineurs (1à5%) et regroupent des composés dont les structures varient tels que les phospholipides (0.1-0.2%), les stérols, les tocophérols (vitamine E) et quelques substances anti-nutritives. **(MORIN O. et al, 2012).**

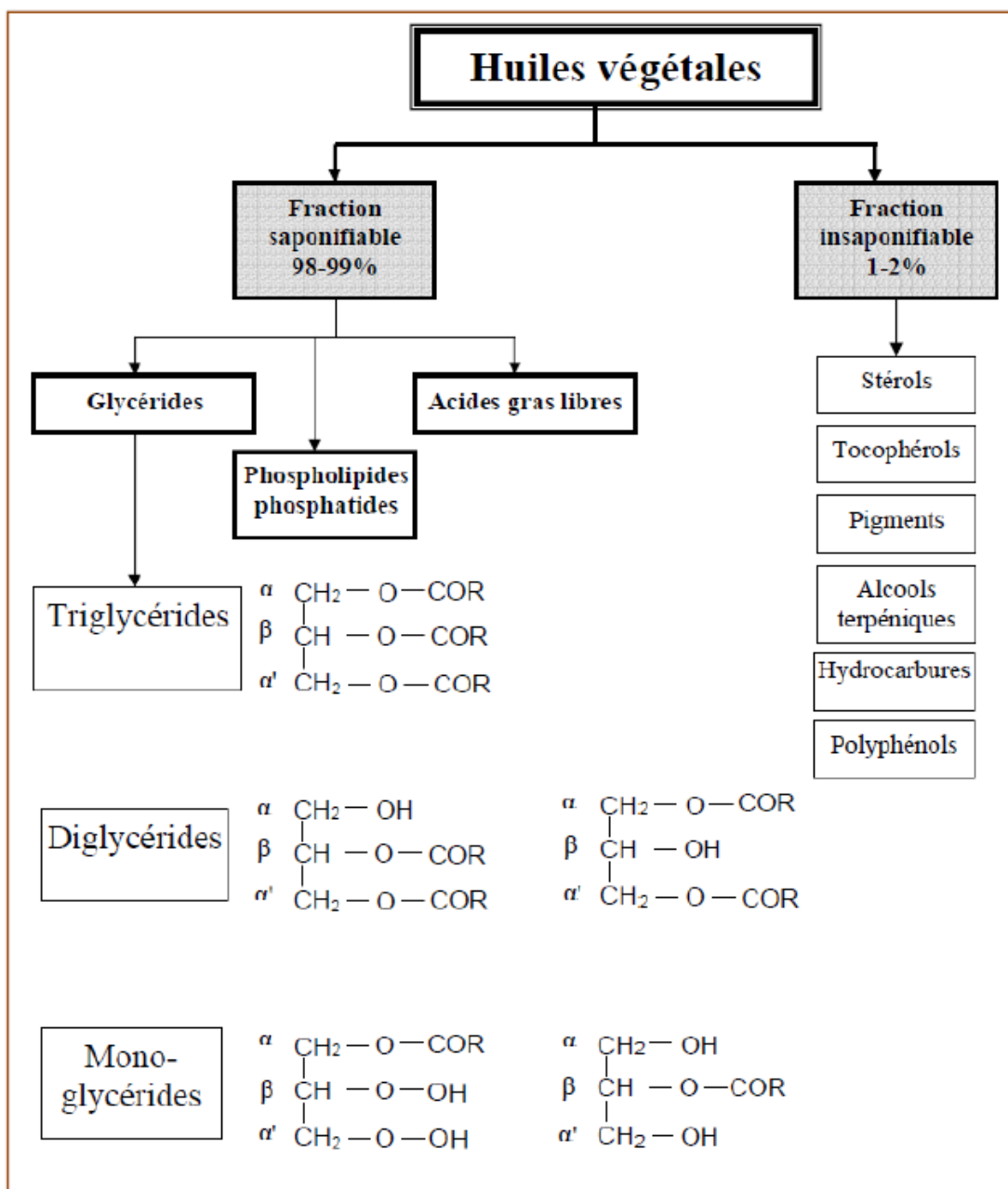


Figure 01 : Constituants des huiles végétales. (JAHOUACH W., 2002)

I-3-1-La fraction saponifiable :

Cette fraction est formée de deux constituants, les triglycérides et les acides gras.

A -Les triglycérides :

Du point de vue structurel, un triglycéride est composé d'une molécule de glycérol combiné à trois molécules d'acides gras. Le glycérol est formé d'une chaîne de trois atomes de carbone comportant chacune un groupement hydroxyle (-OH). Ces groupements hydroxyles entrent en réaction avec le groupement carboxyle (-COOH) des acides gras pour former des esters. (RINGUETTE S., 1999).

Chapitre I : Les huiles végétales

Lorsqu'une molécule de glycérol est liée à trois molécules d'un même acide, le triglycéride formé est dit homogène ou monoacide. Dans le cas contraire, le triglycéride est dit mixte. (BRISSEON G.J, 1982).

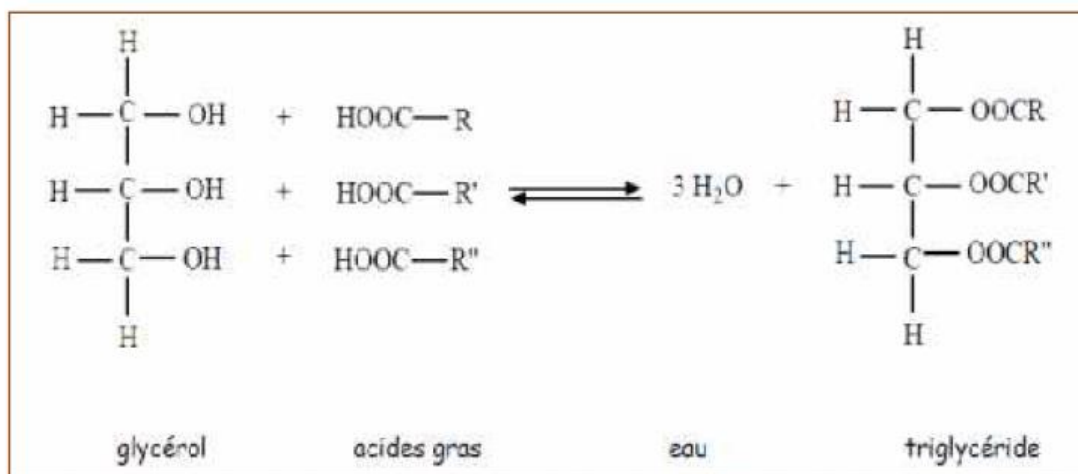


Figure 02 : Les triglycérides d'acide gras. (ADAM, 2001).

B -Les acides gras :

Les acides gras sont des composés organiques de structure générale R-COOH, constitués exclusivement de carbone (C), d'hydrogène (H) et d'oxygène. Le poids d'une molécule d'acide gras est réparti entre ces trois éléments selon les proportions respectives de 76%, 12.7% et 11.3%. (BRISSEON G.J, 1982).

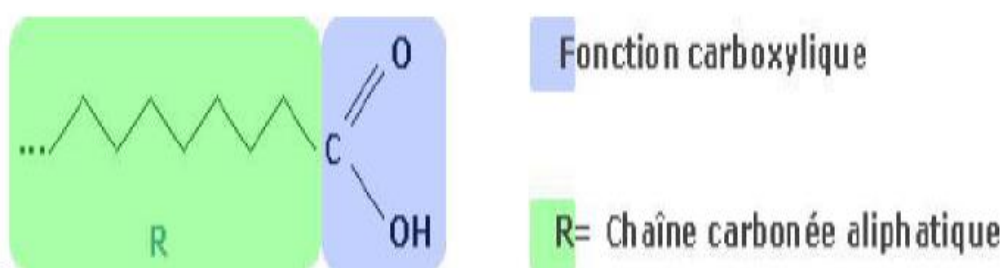


Figure 03 : Structure des acides gras.

Plusieurs acides gras différents peuvent être présents dans un même corps gras et, un acide gras (acide oléique par exemple) peut se retrouver dans de nombreux corps gras différents. La composition en acide gras est souvent caractéristique de leurs sources, en particulier

Chapitre I : Les huiles végétales

végétales. Cependant, on observe des variations d'origine climatique ou bien encore liées aux saisons, à l'état physiologique et à l'alimentation. (KARLESKIND A. *et al*, 1992).

Les acides gras diffèrent entre eux par :

- La longueur de la chaîne carbonée.
- Le nombre, la position et la structure spatiale (cis, trans) des doubles liaisons. (CUVELIER *et al*, 2004).

On peut donc classer les acides gras en trois groupes :

- **Les acides gras saturés :**

Ils sont constitués d'une chaîne hydrocarbonée ne renfermant pas de doubles liaisons et ont pour formule générale $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_n - \text{COOH}$. Ils sont solides et assez stables à température ambiante. (KARLESKIND A, 1992).

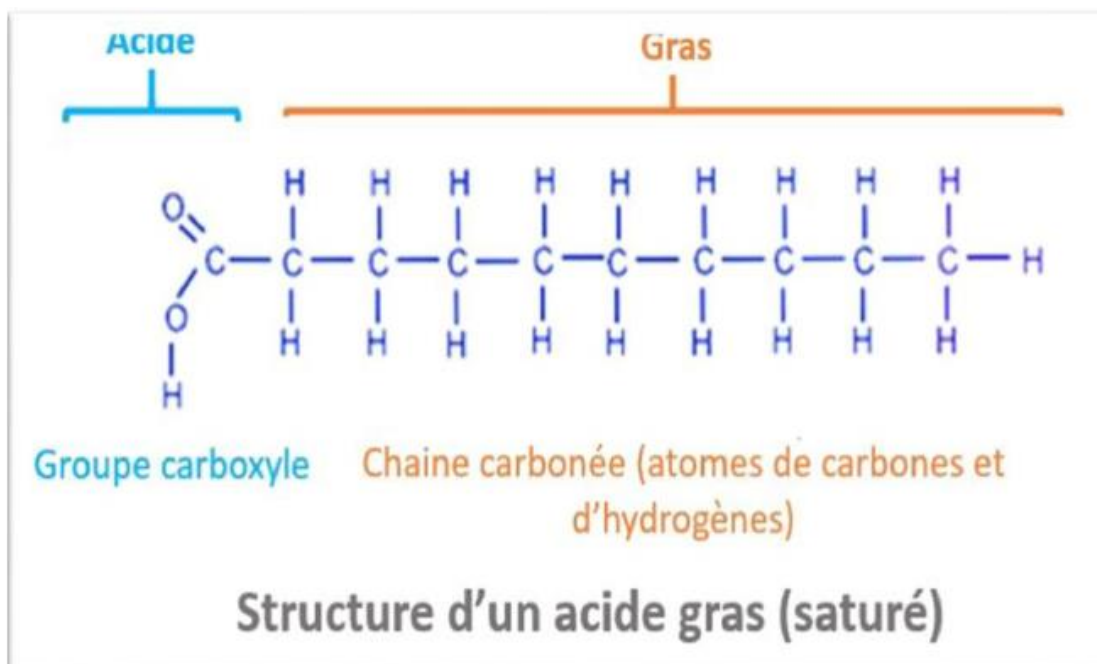


Figure 04 – Structure d'un acide gras(saturé)

(www.Futurasante.)

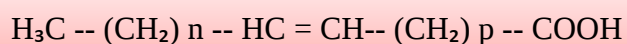
- **Les acides gras insaturés :**

Ils sont fluides à température ambiante et sont classés en deux catégories :

- **Les acides gras monoinsaturés:**

On parle d'acide gras monoinsaturé lorsqu'il n'y a qu'une seule double liaison. (Monounsaturated fatty acids, MUFA).

Les acides gras monoinsaturés ont la formule chimique suivante :



Où : n et p sont des nombres entiers positifs ou nuls.

Exemple : L'acide oléique : (18 :1n-9) ou (ω9).

❖ Les acides gras polyinsaturés :

Ce sont des acides qui contiennent plusieurs insaturations. Il existe deux familles d'acide gras polyinsaturé essentiel nommés n-3 (famille des ω3) et n-6 (famille des ω6) par rapport à la position des dernières doubles liaisons. Deux acides gras sont à l'origine de ces familles ; il s'agit de l'acide linoléique (C18 :2 n-6), précurseur des omégas 6 et l'acide α-linolénique (C18 :3 n-3), précurseur de la famille oméga 3. (SIRET C., 2004).

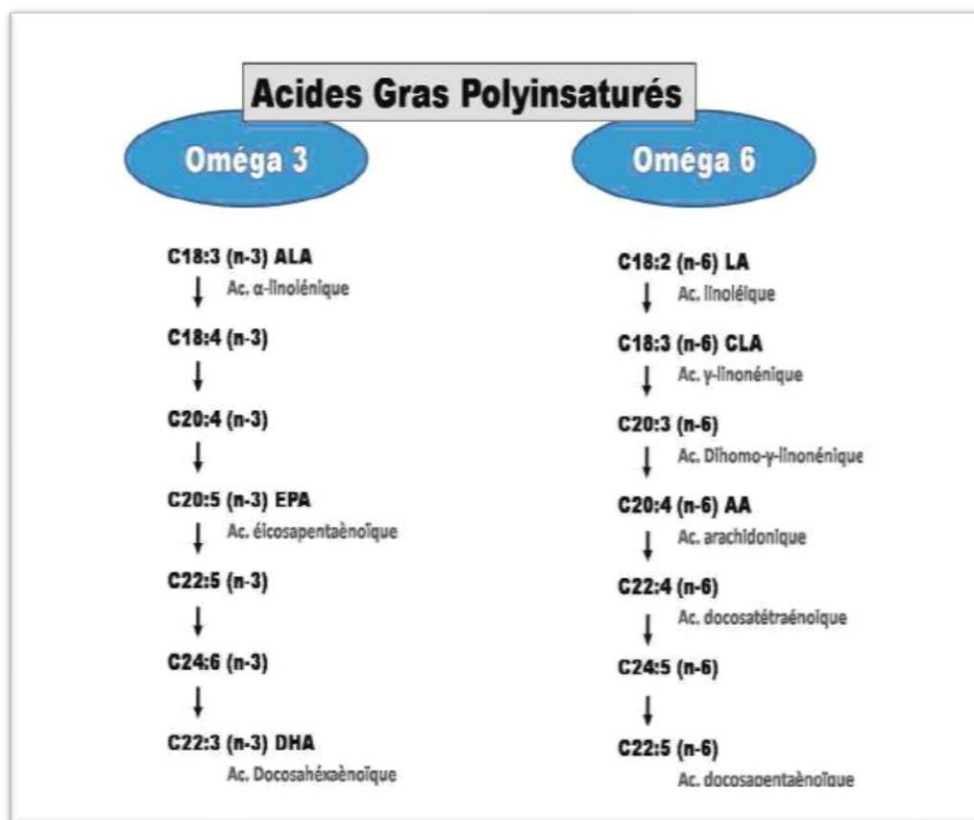


Figure 05 : Métabolisme des acides gras poly-insaturés des séries Oméga-3 (n-3) et oméga-6(n-6). (SOLINAS M., 1992)

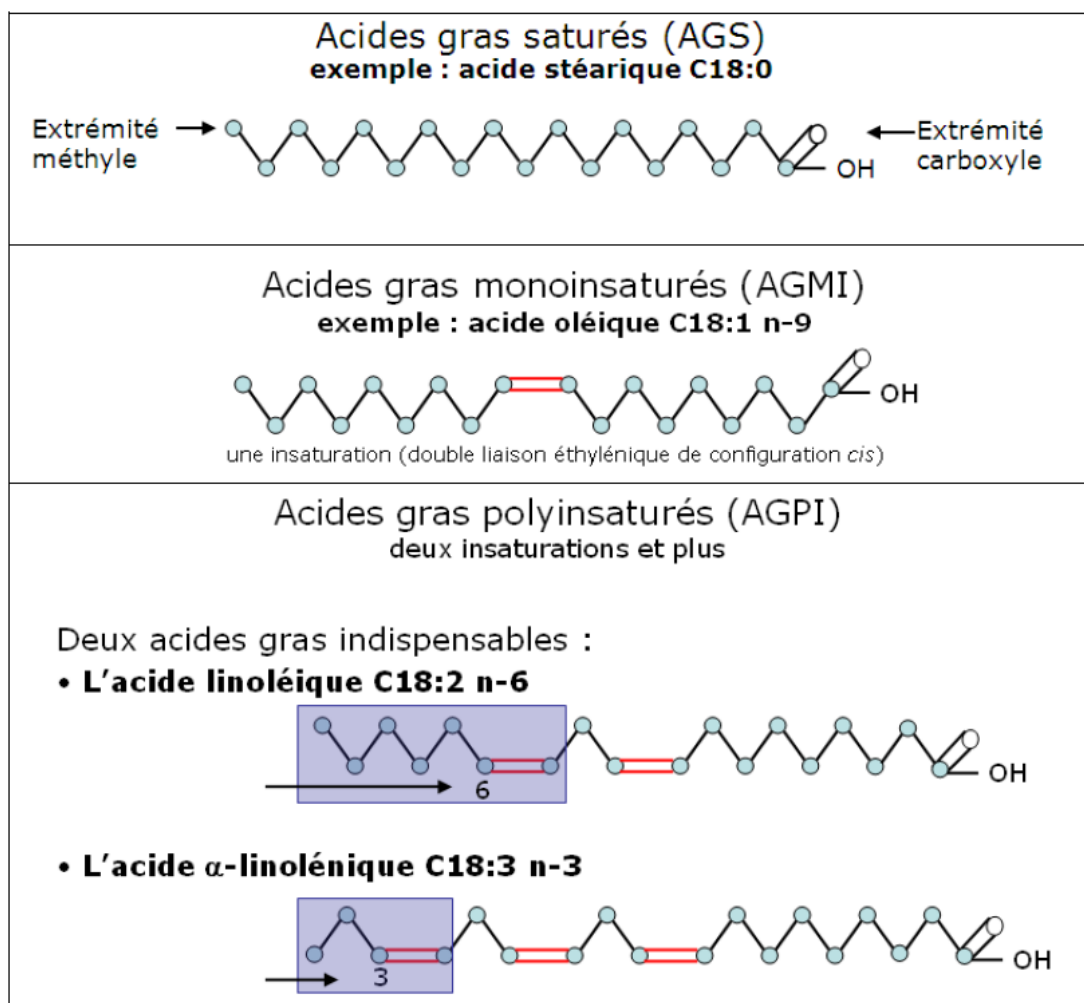


Figure 06 : Structure et nomenclature des principales familles de acides gras.

(GUESNET P.*et al*, 2005).

I-3-2- La fraction insaponifiable :

Les huiles végétales contiennent aussi des constituants non glycéridiques et des lipides complexes appelés « constituants mineurs ». La teneur de ces constituant est très faible.

A -Les vitamines liposolubles :

❖ Vitamine E (tocophérol) :

La vitamine E dite également tocophérol se trouve en quantité notable dans les huiles végétales et possède essentiellement des propriétés antioxydantes qui participent à la conservation des huiles. Elle se présente sous quatre formes (α , β , γ , δ). Sa teneur varie de 200 à 1200 mg/kg dans les huiles végétales. (WWW.ITERG.COM).

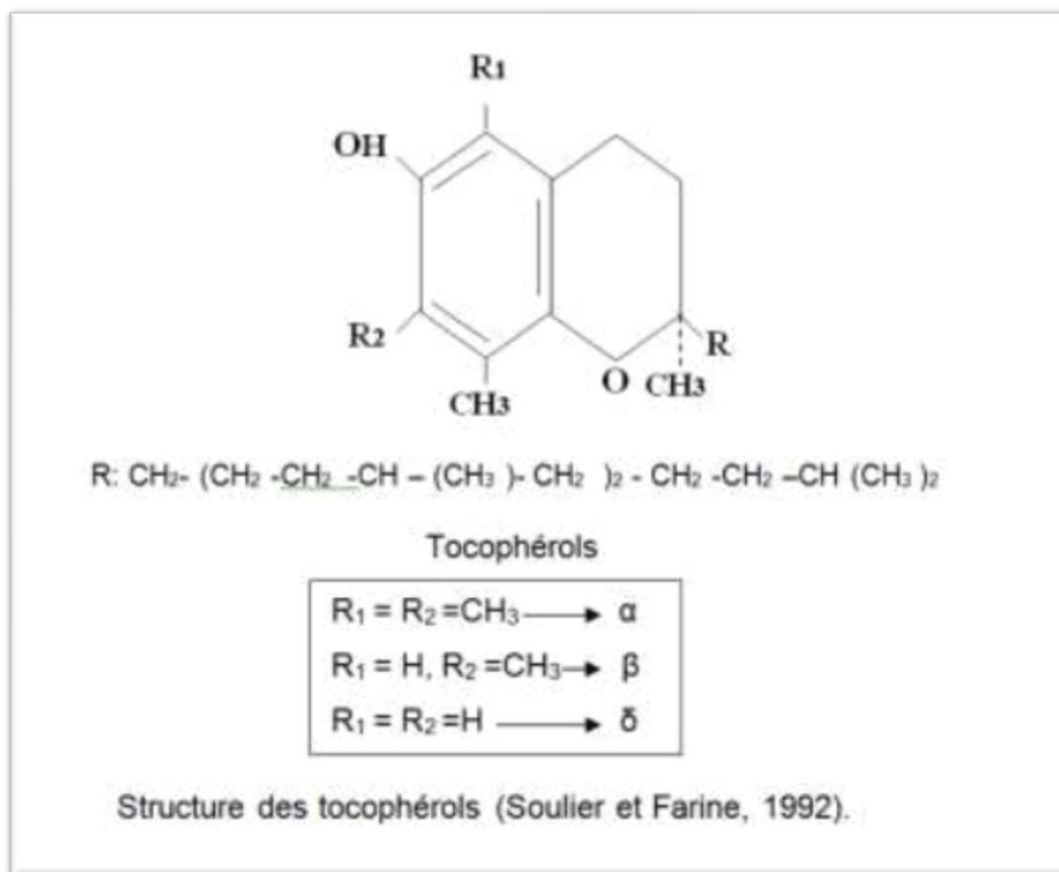


Figure 07 : Structure des tocophérols (SOULIER et al,1992)

❖ Vitamine A et caroténoïdes :

Les caroténoïdes sont des hydrocarbures fortement insaturés, de couleur allant du jaune à l'orange (ALAIS C., 2008). Ils constituent des pigments liposolubles sensibles à la chaleur, à la lumière et aux rayons ultraviolets et ayant pour formule brute $\text{C}_{40}\text{H}_{56}$. 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. (ALAIS C., et al, 1997).

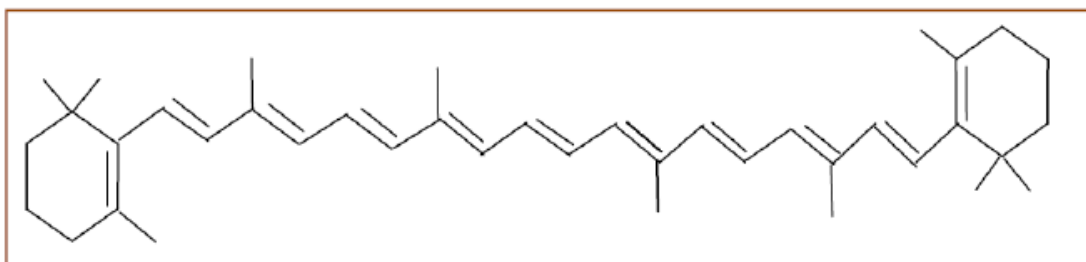


Figure 08 : Structure de caroténoïdes. (FRANKEL EN., 1998).

Tableau 01- Compositions en acides gras de quelques huiles végétales (% des acides gras Totaux) (Odile MORIN, Xavier PAGES-XTARTPARES 2012)

Huiles/corps gras		Arachide	Cameline	Colza	Colza oléique	Germe de maïs	Lin	Noisette
Ac. gras		Toutes origines			Variétés différentes			
<i>saturés</i>								
Ac.myristique	C14:0	-	< 0,1	< 0,2		< 0,1	-	< 0,1
Ac.palmitique	C16:0	8-13	5-8	4-5	3	8-13	4-6	5-9
Ac.margarique	C17:0	< 0,1	< 0,1	-	-	-	-	< 0,05
Ac.stéarique	C18:0	1-4,5	2-3	1-2	2	1-4	2-3	1-4
Ac.arachidique	C20:0	1-2	1,5	< 1	< 1	< 1	< 0,5	< 0,3
Ac.béhénique	C22:0	1,5-4,5	0,5	< 0,5		< 0,5	-	-
Ac.lignocérique	C24:0	0,5-2,5	0,2	< 0,2		-	-	-
<i>monoinsaturés</i>								
Ac.palmitoléique	C16:1 n-7	< 0,2	0,2	< 0,6		< 1	< 0,5	< 0,3
Ac.heptadécénoïque	C17:1	-	< 0,1	-		-	-	< 0,05
Ac.oléique	C18:1 n-9	35-66	10-24 (14-19)	55-62 (60)	66-75	76-80,6	24-32	10-66-83
Ac.gadoléique/gondoïque	C20:1 n-11/n-9	0,7-1,7	12-18 (12-17)	1-2		< 0,5	< 0,6	-
Ac.érucique	C22:1 n-9	-	2-5 (1,5-4)	< 0,5 (0,2)		-	-	-
<i>polyinsaturés</i>								
Ac.linoléique	C18:2 n-6	14-42	12-24 (18-21)	18-22 (20)	14-20	11-12,6	55-62	12-18
Ac.alphalinoléique	C18:3 n-3	< 0,3	32-42 (27-35)	8-10 (10)	[3] 4,4-7,9	2,3-4,4	< 2	56-71
Ac.gras saturés	AGS	12-27	9-13 (11)	6-8	-	-	10-18	6-9
Ac.gras monoinsaturés	AGMI	35-68	24-48 (39)	57-65	70	80	25-33	11-66-83
Ac.gras polyinsaturés	AGPI	14-42	44-66 (50)	26-32	-	-	57-64	70-9-26
			+ C24:1 (0,5-1)				80	

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. (KANDJI, 2001).

❖ 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 quantité 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. (MORIN O., et al, 2012).

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) (Odile MORIN, Xavier PAGES-XTARAT-PARES 2012)

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 Caractéristique des huiles végétales :

I-4-1-Propriétés physiques :

- **Le point de fusion**

Il permet d'apprécier le degré de pureté d'un corps gras. Il dépend du degré d'insaturation et de la longueur de la chaîne carbonée.

Dans les acides gras insaturés, le point de fusion augmente avec la longueur de la chaîne hydrocarbonée.

Les acides gras insaturés ont un point de fusion inférieur à celui des acides gras saturés. **(FRENOT, et VIERLING, 2001).**

- **La densité**

La densité est le rapport de masse d'un certain volume d'huile par la masse du même volume d'eau distillée. Elle doit être toujours inférieure à 1. **(FORMO M.W, 1979).**

- **La solubilité**

Tous les acides gras dont le nombre de carbone est supérieur à 8 sont insolubles dans l'eau et généralement solubles dans les solvants organiques tels que l'éther, le chloroforme et le benzène. **(FRENOT, et VIERLING, 2001).**

- **La viscosité**

La viscosité des acides gras et des triglycérides est liée à leurs structures (longueur de la chaîne et saturation). Elle augmente avec le poids moléculaire et diminue avec l'augmentation du nombre d'insaturation (doubles liaisons) et de la température. **(FRENOT, et VIERLING, 2001)**

Chapitre I : Les huiles végétales

I-4-2-Propriétés chimiques :

A/-Hydrolyse et saponification :

L'hydrolyse de corps gras conduit à la libération d'un ou de plusieurs acides gras fournissant du glycérol et un mélange de carboxylates (de sodium et de potassium). La réaction peut se faire par l'acide sulfurique ou par voie enzymatique.

Il y a deux types de réaction d'hydrolyse :

* **Hydrolyse enzymatique** : Cette réaction se déroule seulement dans les huiles brutes ; au cours du stockage et du transport de la matière première. Les enzymes responsables de cette hydrolyse sont les lipases. (TREMOLIERES J et al. ,1980)

***Hydrolyse spontanée** : elle se produit au cours du stockage et du traitement thermique.

La saponification est une réaction qui permet la transformation des acides gras libres ou combinés en savon en présence de potassium ou de soude (KOH ou NaOH). (DJADOUN S., 2012).

B- /Hydrogénation :

L'hydrogénation des acides gras insaturés se fait en utilisant l'hydrogène (H₂) en présence de catalyseurs, sous une haute pression (de 100 à 200 bars) et la température variant de 200 à 400 °C. (SEGHIER Y. et BENAHMED L. 2014).

I-5-Trituration :

Technologie de fabrication des huiles : (Mémoire de Master, Université de Ouargla, 2014)

I-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, décortilage 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 écaille de presse, contenant encore un pourcentage non négligeable d'huile (environ 20 %),

□ L'extraction de l'huile résiduelle des écailles par solvant (l'hexane); on obtient alors une huile d'extraction et un tourteau déshuilé.

I-5-2-Procédé Extraction des huiles :

❖ **Extraction par la presse :(Mémoire de Master, Université de Ouargla,2014)**

Les graines oléagineuses ayant subi tout ou partie des opérations de préparation précédentes sont dégraissées par passage dans une presse à vis à alimentation continue (presse horizontale). L'huile brute, chassée entre les barreaux de la cage de presse, contient une certaine quantité de petites particules solides appelées « pieds de presse » provenant du laminage entre les barreaux du produit pressé, dont elle sera débarrassée par tamisage et filtration ou, technique alternative, par centrifugation sur super décanteur ou clarificateur (elle peut être en outre séchée sous vide à l'issue de ces dernières opérations). A la sortie de la presse, au niveau du cône, se forment les écailles de presse (appelés aussi « tourteaux gras »).

Les industriels triturateurs disposant d'un outil d'extraction par solvant choisissent plutôt un dégraissage partiel de la graine par pression ; ainsi, les écailles de presse issues de graines oléagineuses riches en huile (tournesol ou colza) titrent de 16 à 24% de matière gr L'équipement des presses est fonction de la graine traitée (texture et richesse en huile).

Les pépins de raisin et le soja ne passent pas en pression mécanique, car leur pourcentage en huile est faible (moins de 20 %) et passent suivant les situations.

Dans certains cas, les écailles de presse issues des graines de *Pinus pinea* sont pelletisées avant extraction.

➤ **Paramètres influençant le rendement d'extraction par presse :**

1/ L'effeuillage : qui est une opération nécessaire pour éviter une coloration trop verte de l'huile, se traduisant par un excès d'amertume et par moindre aptitude à la conservation d'huile. A défaut de disposer d'un système mécanique, cette opération peut être effectuée manuellement.

2/ Le lavage : opération fondamentale qui doit être généralisée à toutes les unités à presse pour éviter les problèmes suivants ;

- Une interférence des terres avec la couleur et les autres propriétés organoleptiques (odeur, goût) de l'huile.

- Une baisse du rendement d'extraction, sachant que les terres accompagnant les *Pinus pinea* absorbent près quart (20%) de leur poids en huile.
- Une conservation réduite de l'huile étant donné que certaines traces métalliques dans les terres sont des catalyseurs de l'oxydation de l'huile.
- Une augmentation de la proportion des (fonds) de pile qui entravent une bonne séparation des phases liquides.

Une évaluation d'un bilan de qualité de l'huile (*Pinus pinea*) obtenue est nécessaire. En outre on recherchera la présence des toxines.

Le système de presses doit comprendre une presse effeuilleuse. Un ou plusieurs broyeurs à meules, des super presses équipées de chariots à aiguille centrale, des bassins de décantation et éventuellement pour l'élimination des impuretés. Un avantage de ce système est la production d'une huile pressée à froid. Et de bonne qualité lorsque les bonnes pratiques d'extraction d'huile et d'hygiène sont respectées.

❖ L'extraction par solvant :

En sortie de pression, les écales de presse sont acheminées vers l'atelier d'extraction, où l'hexane est utilisé comme solvant d'extraction.

L'activité d'extraction est constituée de plusieurs opérations unitaires :

L'extraction de l'huile par dissolution dans l'hexane la désolvatation du tourteau par évaporation du solvant, le refroidissement du tourteau avant stockage, la distillation de l'huile par évaporation du solvant, la condensation des vapeurs de solvant avec séparation de l'eau et de l'hexane, l'épuration de l'air, en sortie du dernier condenseur à mélange, par absorption des vapeurs d'hexane condensées.

L'extraction de l'huile des écales de presse est effectuée à l'aide d'un extracteur continu à percolation (à paniers, à bande perforée, à chaîne, ou à filtres sous vide).

Le mélange d'huile et d'hexane obtenu est distillé et l'hexane, après condensation, est recyclé dans le process. L'huile brute d'extraction, après distillation, est stockée, le plus souvent en mélange avec l'huile brute de pression, dans des réservoirs aériens, avant un éventuel raffinage (sur le site de trituration ou sur un autre site). Le stockage des huiles brutes (avant raffinage) peut conduire à la sédimentation de particules solides présentes dans l'huile, appelées fonds de bac.

En ce qui concerne le tourteau sortant de l'extracteur, il contient environ 30 % d'hexane (en poids) qu'il convient de récupérer. Il est, pour se faire, acheminé dans un désolvatiseur-toaster (DT), tour verticale constituée d'un empilage de plateaux chauffants. Sur les premiers plateaux s'opère le plus gros de la distillation de l'hexane ; de la vapeur directe est injectée au

Chapitre I : Les huiles végétales

niveau des plateaux intermédiaires afin de parfaire l'élimination du solvant ; enfin, les plateaux inférieurs assurent le séchage et le refroidissement du tourteau déshuilé.

Lors de l'extraction, l'hexane est récupéré et recyclé, mais les procédés utilisés ne permettent pas de récupérer la totalité de l'hexane utilisé.

➤ Les pertes sont de l'ordre de 1 kg par tonne de graines traitées.

En sortie de l'installation de désolvatation, le tourteau (ou farine) titre de 0,8 à 2 % de matière grasse, suivant les performances de l'installation ; ces farines peuvent être palettisées (à l'aide d'une « presse à granuler ») afin d'augmenter la densité du produit, de minimiser les problèmes de poussières et d'assurer un calibrage physique régulier du produit.

Après stockage dans des silos du type de ceux utilisés pour le stockage des graines les tourteaux sont expédiés par trains, camions ou bateaux depuis des gares de chargement, le plus souvent à l'aide de boisseaux.

❖ L'extraction par Soxhlet

Le principe est le même que pour toute extraction, mais ici se pose le problème de la diffusion du solvant dans la phase solide, qui peut être très lente. Il faut réaliser un très grand nombre d'extractions successives pour obtenir une séparation satisfaisante. L'extracteur de Soxhlet est un appareil spécialement conçu pour l'extraction continue solide liquide.

Le solvant (5 à 10 fois la quantité de l'échantillon solide à extraire) est porté à ébullition, puis condensé avec le condenseur à boules, dans le réservoir à siphon contenant le solide à extraire dans une cartouche de papier épais. Le contact entre le solvant et le produit à extraire dure pendant l'accumulation de solvant dans le réservoir, puis quand le solvant atteint un certain niveau, il amorce le siphon et retourne dans le ballon en entraînant la substance dissoute. Ce cycle peut être répété plusieurs fois, selon la facilité avec laquelle le produit diffuse dans le solvant.

Cette méthode exige un pro traitement pour le mélange obtenu par soxhlet. En pratique on utilise évaporateur rotatif pour séparer l'huile essentielle et l'éthanol.

❖ Montage

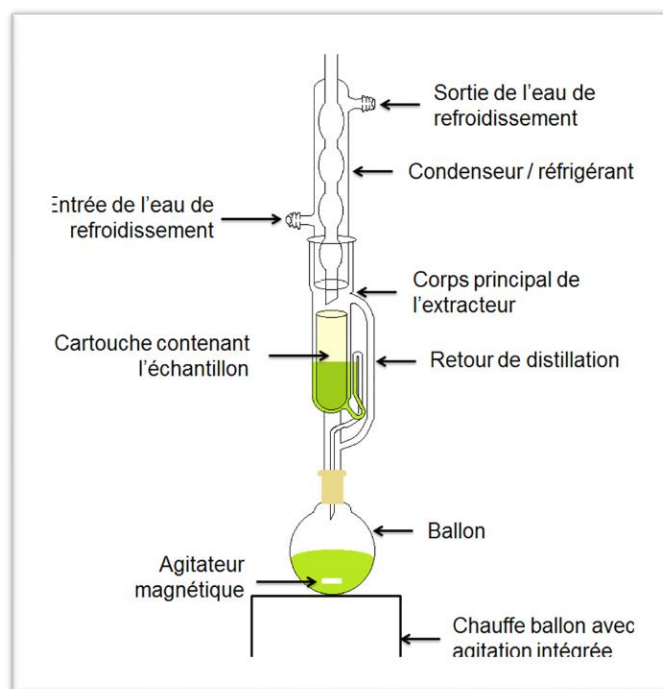


Figure 09 : Représentation schématique d'un extracteur de Soxhlet
(WWW.RESEARCHGATE.NET)

❖ L'extraction par ultrasons :

Le mécanisme le plus probable par lequel les ultrasons opèrent est l'intensification du transfert de masse et la facilitation de l'accès du solvant à l'intérieur des cellules végétales (ASSIS,2007).

➤ Propriétés du solvant d'extraction idéale.

Selon (DESPIAU.C ,1978), les principales propriétés souhaitées pour le solvant utilisé en huilerie, afin d'obtenir une bonne qualité d'huile extraite aux moindres coûts d'exploitation sont :

- Un point d'ébullition bas, mais suffisamment élevé avec un intervalle de distillation étroit, afin de faciliter l'élimination du solvant dans l'huile et les tourteaux.
- Un point de fusion au-dessous de 0°C pour éviter les cristallisations dangereuses.
- Une faible viscosité, pour faciliter les transferts.
- La non miscibilité et la non solubilité à l'eau, bien qu'il existe des procédés de récupération, dont il faudra tenir compte, du point de vue économique.
- Des propriétés calorifiques (chaleur spécifique et chaleur de vaporisation faible) permettant d'effectuer une récupération aisée et économique.

- Être conforme aux normes de sécurité et de salubrité et donc dans le cadre des recherches actuelles, être si possible, inflammable, non explosif, peu toxique.
- Un pouvoir solvant suffisant, mais également une bonne sélectivité pour éviter l'extraction de produits qu'il faudrait ensuite éliminer au raffinage.
- Conserver à l'huile et aux tourteaux leurs qualités d'origine c'est-à-dire ne pas favoriser l'introduction de produits toxiques et ne pas modifier la saveur d'origine (qualité organoleptique).
- Avoir un bon pouvoir mouillant (faible tension superficielle).

En égard aux grands nombres de conditions à satisfaire, il paraît qu'un solvant réunissant simultanément toutes ces qualités n'existe pas.

❖ Extraction par voie biologique :

(FULLBROOK, 1983) a montré qu'il était possible d'accroître les rendements d'extraction d'huile par un solvant après modifications enzymatiques à l'aide d'hydrolases (issues de *Bacillus subtilis* et d'*Aspergillus niger*) et il a affirmé que l'utilisation de systèmes enzymatiques donnait d'excellents rendements d'extraction. D'autre part, ce type d'extraction permet une réduction de la quantité de l'huile dans les tourteaux et d'améliorer la stabilité au stockage de l'huile en augmentant la quantité d'antioxydants (OBERGFOLL, 1997).

I-6-Raffinage de l'huile :

I-6-1-Le raffinage des corps gras

Le raffinage est l'ensemble des opérations qui servent à transformer l'huile brute en un produit comestible en éliminant les impuretés qui le rendent impropres à la consommation en l'état.

En effet, les huiles contiennent de nombreux composés : certains sont très utiles (vitamines, insaponifiables, ...), d'autres sont nuisibles à leur qualité (gommes, acides gras libres, pigments, agents-odorants,).

Quel que soit le mode d'extraction employé, les huiles obtenues ont rarement le degré de pureté pour les usages auxquels elles sont destinées.

Le raffinage des corps gras bruts doit garantir aux consommateurs un produit d'aspect engageant avec un goût neutre, résistant à l'oxydation, adapté à l'emploi désiré et débarrassé de ses substances toxiques ou nocives (DENISE, 1992), et le produit final doit être stable et ne forme ni trouble ni dépôt au cours de la conservation.

Pour qu'une huile soit saine, loyale et marchande, elle doit subir les opérations du raffinage chimique : démucilagination, neutralisation, lavage, séchage et désodorisation.

I-6-2- Les procédés de raffinage

On utilise principalement deux procédés de raffinage pour les graisses et les huiles comestibles brutes : le raffinage chimique/alcalin et le raffinage physique. Ces deux procédés se différencient essentiellement par le mode d'élimination des acides gras libres (**FEDIOL, 2006**).

□ Le raffinage chimique comprend la démucilagination, la neutralisation, la frigélisation, la décoloration et la désodorisation.

□ Le raffinage physique comprend la démucilagination, la frigélisation, la décoloration et la désodorisation.

*** La démucilagination (ou dégomme)**

Cette opération sert à éliminer les mucilages (cires, lécithines ou gommes) qui se trouvent en faible quantité de l'ordre de 1% à l'état colloïdal dans les huiles brutes.

Le dégomme est pratiqué par injection de vapeur ou introduction d'eau salée qui hydrate et fait flocculer les « mucilages ». Les phospholipides précipités sont alors séparés par centrifugation (**DENIS ,1983**).

*** La neutralisation**

Lors de cette étape, les acides gras libres présents dans l'huile et qui risquent de donner un goût désagréable et d'accélérer l'oxydation de l'huile sont éliminés.

La neutralisation s'effectue par addition de soude caustique qui transforme les acides gras libres en savons appelés communément « pâte de neutralisation ou « soap-stocks ». Le savon qui est insoluble dans l'huile se dépose entraînant de nombreuses impuretés qui seront ensuite éliminées par centrifugation ou filtration (**DENIS ,1992**).

*** Le lavage**

Cette opération consiste en l'élimination de substances alcalines ainsi que certains pigments colorés et les dernières traces de métaux présents dans l'huile après neutralisation.

Le lavage est plus efficace lorsqu'il est effectué en deux fois : le premier avec une solution aqueuse de Na Cl à 8-10 % chauffée à la température de 95°C, le second avec de l'eau chaude à 80-85°C. La séparation se fait par décantation.

*** Le Séchage**

L'huile lavée devient humide ce qui provoque une augmentation de l'acidité. Il est donc nécessaire de procéder au séchage. Cette opération se fait à une température de 85° à 90 °C (**KARLSEKIND, 1992**).

*** La décoloration**

Elle sert à éliminer les pigments colorés qui confèrent à l'huile une teinte plus au moins foncée et que la neutralisation n'a que partiellement détruits.

Elle fait intervenir un phénomène chimique (oxydation, réduction) ou des méthodes physiques (agents adsorbants). Ces derniers sont généralement des terres décolorantes, charbons actifs, silices spécialisées ou une combinaison de substances (**KARLSEKIND, 1992., GOIFFON, 1981**).

*** La filtration**

Cette étape permet d'obtenir une huile limpide aux reflets brillants. Elle se déroule en deux temps : une première filtration sur toile de coton qui élimine des déchets solides et une deuxième filtration sur papier buvard qui élimine les cires et les traces d'humidité.

*** La désodorisation**

Cette étape a deux objectifs. Elle débarrasse, tout d'abord, comme son nom l'indique, de l'odeur désagréable de l'huile et elle permet également d'éliminer les substances indésirables.

Elle s'effectue par distillation sous vide à température élevée (180-200°C). En outre, la désodorisation est effectuée pour améliorer la qualité organoleptique de l'huile ainsi que sa stabilité à l'oxydation (**FAUR, 1989**).

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

Généralement les pertes en phytostérols sont estimées entre 10 et 70% (**VERLEYEN, 2002**), tandis que les pertes moyennes en tocophérols totaux sont estimées entre 30.2 et 35.5% (**TASAN, DEMIRCI 2005**).

I-7-Le marché mondial des huiles végétales :

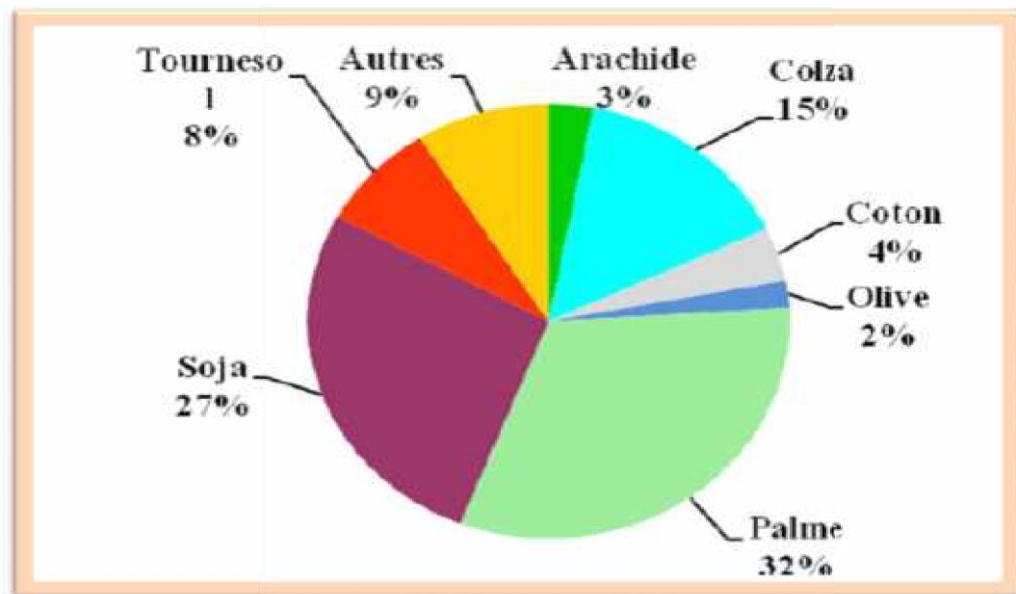


Figure 10 : Marché mondial des huiles végétales (CETIOM, 2008)

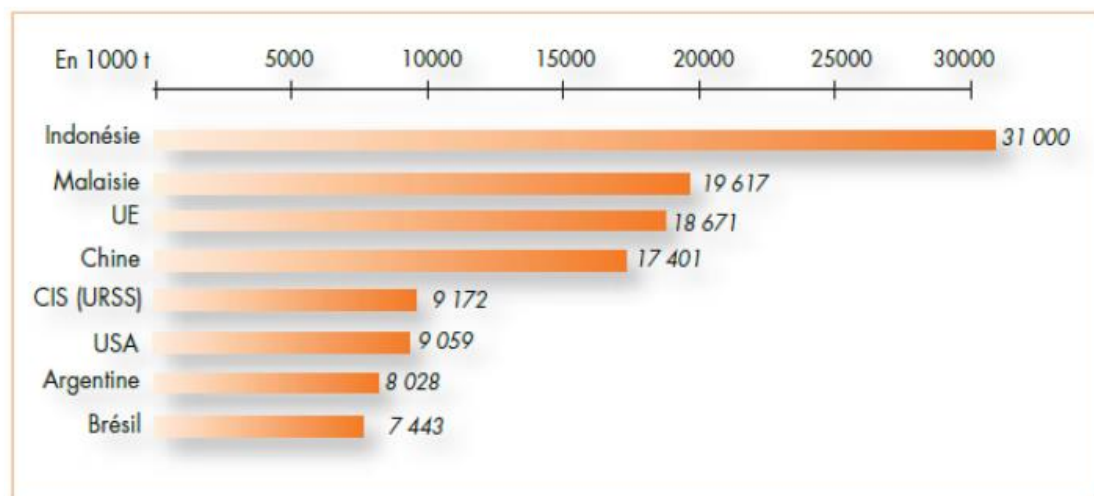


Figure 11 : Les principaux pays producteurs d'huile végétale dans le monde en 2014. (PROLEA, 2014).

Les productions africaines des trois cultures oléagineuses les plus importantes (palme, coton, arachide) ont subi une courbe ascendante pendant les dix dernières années.

La production des huiles des oléagineux en Afrique reste dans la majorité des cas encore à l'échelle traditionnelle et constitue une source de revenus pour les populations. La qualité des huiles n'est pas uniforme. Les huiles produites sont utilisées dans l'alimentation, la pharmacopée et le cosmétique. (KAPSEU C., 2009).

Chapitre I : Les huiles végétales

La consommation d'huiles végétales en Algérie s'établit à un peu plus de 12 kg/personne en 2009. L'huile d'olive, produit traditionnel, ne représente que 13% de cette consommation. Elle est largement supplantée aujourd'hui par l'huile de soja (49%), de tournesol (13%), de colza (7%) et d'arachide (5%). À l'exception de l'huile d'olive, les autres huiles sont importées. Au total, le marché intérieur représenterait environ 430 000 t. (BELAID D. 2015).

I-8-Le rôle des huiles végétales :

Les huiles végétales peuvent contribuer notablement, en fonction de leurs compositions en acides gras, à améliorer l'équilibre global de la part lipidique d'une alimentation. Elles remplissent, comme les corps gras en général, quatre rôles principaux :

- **nutritionnel** (apport d'énergie et de nutriments) : acides gras, vitamines liposolubles, constituants mineurs d'intérêt tels que les phytostérols,
- **organoleptique** : flaveur et support d'arômes,
- **rhéologique** : texture,
- **technologique** : fluide caloporteur, par exemple dans les utilisations en friture. (JACQUES E. *et al*, 2007).

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 et cosmétiques, des acides gras, etc.

Les triglycérides sont également à l'origine de nombreux produits chimiques qui peuvent entrer dans la composition d'une multitude de produits : lubrifiants, produits cosmétiques, produits pharmaceutiques, peintures, etc. (ORNELLA Z., 2009).

Chapitre II:

L'Arachide (*Arachis Hypogaea* L.)

Chapitre II : L'Arachide (*Arachis Hypogea* L.)

La considération des connaissances existantes sur l'huile d'arachide et des résultats des recherches disponibles sur la filière est nécessaire pour la réalisation de la présente étude.

II-1-Historique :

L'arachide est une plante tropicale originaire d'Amérique latine. Elle était cultivée à l'arrivée des explorateurs européens, depuis le nord de l'Argentine jusqu'au Mexique et aux Caraïbes et depuis le Pérou à l'Ouest jusqu'à la côte brésilienne à l'Est. La dissémination de l'arachide s'est débutée à l'environ du XVI^e siècle. La plante a ensuite progressivement couvert la totalité des zones tropicales, subtropicales et savane (**ADRIAN et JACQUOT, 1968, SCHILLING, 2003**).

L'arachide est connue sous divers noms vernaculaires tels que : arachide, cacahuète, cacahouète, pistache de terre dans les pays francophones ; groundnut, peanut, earthnut, monkey nut dans les pays anglophones et Voanjo, Voanjombazaha, Voanjolava (Hautes terres) ou Kapiky (Sud-Ouest) à Madagascar (**RAOBINARISON, 1970 ; NTARE, 2007**).

II-2-Definition :

L'arachide, *Arachis hypogea* L., également appelée cacahuète ou cacahouète, est une légumineuse de la famille de *Papilionacées* (*Fabacées*), dont la culture est répandue en climat tropical ou subtropical et fournit une matière grasse utilisée en huil提高. (**CLEMENT, 1981**).

L'arachide est une plante annuelle, à mode de reproduction autogame, de 30 à 70 cm de haut, érigées ou rampantes, à croissance continue et dont le fruit munit en terre. Son cycle végétatif est de 90 à 150 jours pour les variétés les plus tardives. (**SCHILLING, 1996**).

Dans les conditions optimales, l'arachide achève son cycle en 90 jours pour les variétés hâtives, en 120 jours pour les semi-tardives et en 140 jours pour les tardives (**Schilling, 1996**).

II-3-L'Origine :

L'arachide est une plante originaire du Brésil. De nos jours, s'est-elle étendue jusqu'à la région tropicale de l'Asie et de l'Afrique. Il semble établi que l'arachide soit originaire de l'Amérique Tropicale : Pérou Brésil ou Argentine (**CLEMENT, 1981**).

L'origine de l'arachide est incertaine, d'après **Chevalier** (cité par **IBRA, 1988**) il y a une forte probabilité pour que cette plante soit originaire de l'Amérique du Sud car aucune espèce spontanée n'est signalée en Afrique, alors qu'il en existe au Brésil (**IBRA, 1988**).

L'arachide est une plante tropicale originaire d'Amérique du Sud. Le centre d'origine se situe à l'est des Andes dans une région comprise entre le sud-est de la Bolivie, le nord-ouest de

Chapitre II : L'Arachide (*Arachis Hypogea L.*)

l'Argentine, le nord du Paraguay et la région ouest du Matto Grosso au Brésil (FERGUSON *et al.*, 2005).

II-4-Classification :

Classification taxonomique :

➤ Position systématique:

Tableau (03) : Position systématique du (*Arachis Hypogea L*) Selon HUBERT en 2000, la position systématique du *Arachis Hypogea L.* est comme suit :

Règne	Végétal.
Embranchement	Phanérogames.
Sous Embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones.
Sous-classe	Rosales
Ordre	Fabale.
Famille	Légumineuses .
Sous-famille	Papilionacées ou Fabacées.
Genre	Arachis.
Espèce	<i>Arachis Hypogea L.</i> .

L'espèce *Arachis hypogae* est divisée en deux sous-espèces et trois variétés correspondant aux types Virginia, Spanish et Valencia (SCHILLING, 1996) qui sont à leur tour divisés en différents sous-groupes variétaux suivant les conditions climatiques et édaphiques propres à leur développement et leur culture (YOUSSI, 2008). Le tableau I résume la classification et les principales caractéristiques des arachides cultivées.

Tableau 04 : Classification et principales caractéristiques de l'espèce *Arachis hypogea* (SCHILLING, 1996)

Chapitre II : L'Arachide (*Arachis Hypogaea* L.)

Genre	Arachis		
Espèce	hypogaea		
Sous espèce	hypogaea	fastigiata	
Variété	hypogaea	vulgaris	fastigiata
Types	Virginia	Spanish	Valencia
Port	Erigé ou rampant	Erigé	Erigé
Ramification	Alterne	Séquentielle	Séquentielle
Fleurs sur tige principale	Non	Oui	Oui
Couleur feuillage	Vert foncé	Vert clair	Vert clair
Cycle	120-150j	90j	90j
Dormance	Oui	Non	Non
Nombre des cavités des gousses en moyenne	2	2	3-4
Graine (taille)	Plus grande	Plus petite	

Classification commerciale de l'arachide :

L'arachide est consommée soit en graine, soit sous forme d'huile, soit sous d'autres formes transformées (beurre, pâte, farine, confiserie, etc.) (SCHILLING, 2003). En fonction de leur qualité ou aptitude à satisfaire les exigences des consommateurs, les principales variétés d'arachides dans le monde peuvent être classées en trois catégories :

- ☐ Les arachides de bouche ou de confiserie;
- ☐ Les arachides d'huilerie, matière première pour la production d'huile;
- ☐ Les arachides à deux fins, à la fois de bouche et d'huilerie.

Les arachides de bouches sont les variétés qui possèdent une teneur faible en matière grasse (inférieure à 50 %) et un poids de graine élevé (plus de 150 g les 100 graines). Tandis que les arachides d'huilerie doivent associer un rendement élevé au décorticage (à partir de 70 %) et à une forte teneur en matière grasse (à partir de 50 %) (FAO, 1991). Enfin, les arachides à deux fins sont ceux qui possèdent des caractéristiques intrinsèques propres, à la fois, à des arachides de bouche et à des arachides d'huilerie (YOUSSEF, 2008).

Chapitre II : L'Arachide (*Arachis hypogaea* L.)

II-5-Morphologie de la plante :

L'arachide est une plante herbacée annuelle autogame, d'environ 30 à 70 cm de haut, érigée ou rampante, à croissance continue dont le fruit mûrit en **terre** (SCHILLING, 1996).

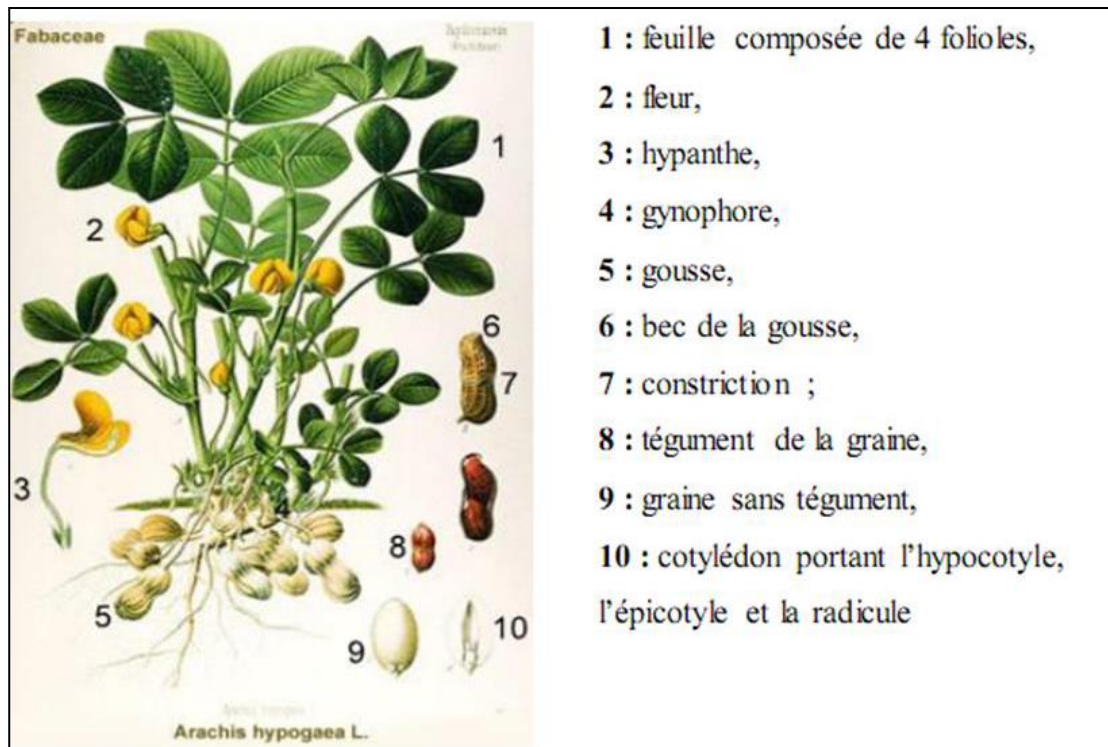


Figure 12 : Représentation d'une plante d'arachide (Source : FONCEKA, 2010)

❖ Description :

L'arachide est une légumineuse, plante annuelle à fleurs jaunes de 20 à 90 cm de hauteur. La plante sait résister à la sécheresse et à la chaleur mais il lui faut un sol bien drainé. Elle vient à maturité en 100 jours environ dans un climat chaud, ce qui la rend particulièrement adaptée à la saison des pluies. L'habitude veut que l'on plante l'arachide en même temps avec d'autres cultures, comme le sorgho, le millet, les pois sauvages, le coton et les légumes (PATRICK, 2008).

❖ Les racines :

Le système racinaire est puissant. Il est constitué par une racine primaire pivotante pouvant atteindre jusqu'à plus de 1 m de profondeur et de nombreuses racines latérales formant un chevelu qui peut s'étendre jusqu'à 60-70 cm autour du pivot. Dès le 15ème jour après la levée, les racines émettent des nodosités fixatrices d'azote atmosphérique, caractéristiques des légumineuses (RAOBINARISON, 1970 ; SCHILLING, 1996).

Chapitre II : L'Arachide (*Arachis Hypogaea* L.)

❖ Les feuilles :

Elles sont pennées et possèdent 4 folioles, ces folioles sont de forme ovale, opposées par paire et de couleur verte plus ou moins foncée. Elles sont portées par un pétiole de 4 à 9 cm de long. A la base de ce pétiole, on trouve 2 stipules longs de 2 à 3 cm, soudés partiellement au pétiole et engainant la tige. Les feuilles présentent une position diurne et une position nocturne. Le jour, les feuilles sont bien dressées et les folioles largement ouvertes. La nuit, les pétioles se courbent vers le sol et les folioles se rapprochent deux à deux. Les variations de l'organisation foliaire donnent occasionnellement des feuilles à cinq, trois, deux ou une foliole (**ABDOUL HABOU, 2003**).

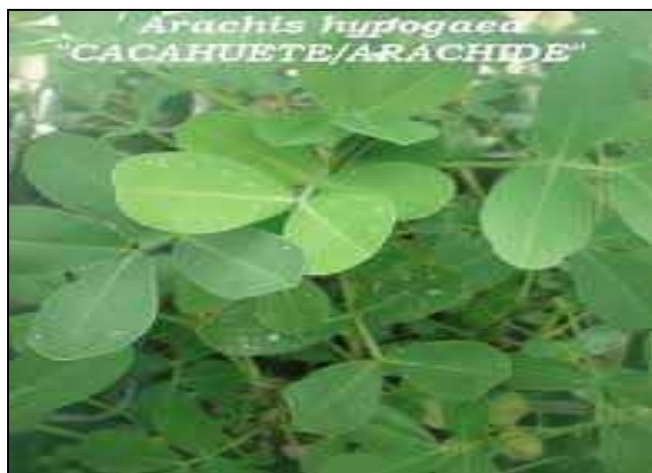


Figure 13 : Représentation des Feuilles d'arachide ([www. Ethnoplants.com](http://www.Ethnoplants.com)).

❖ Les fleurs :

L'arachide possède deux catégories de fleurs : des fleurs aériennes et des fleurs souterraines. Toutes ces fleurs sont du type papilionacé, fertiles, et comptent 600 à 1000 par pied mais seulement 10 à 20% donneront des gousses et parviendront à maturité. Les fleurs aériennes de couleur jaune d'or prennent naissance à l'aisselle des feuilles. Après fécondation, la base de l'ovaire s'allonge pour former un organe appelé gynophore qui s'enfonce dans le sol où se forme le fruit. Les fleurs souterraines naissent à la base des tiges. Quelques-unes apparaissent à l'air libre, les autres restent souterraines (**RAOBINARISON, 1970**).



Figure14- Fleurs d'arachide (FONCEKA, 2010).

❖ Le Fruit :

Après fécondation, la fleur se fane et la base de l'ovaire s'allonge pour former un long pédoncule appelé gynophore qui s'enfonce dans le sol où se forme un fruit appelé coque composé d'une gousse qui contient une à cinq graines. La coque ou péricarpe comprend un exocarpe, un mésocarpe sclérenchymateux et un endocarpe parenchymateux. Les graines sont de dimensions, de formes et de couleurs variées selon les variétés ; leurs poids peuvent varier entre 0.2 et 2 g.

La forme peut être sphérique, elliptique ou plus ou moins allongée avec une partie souvent aplatie dans la zone de contact avec la graine voisine, la couleur de tégument séminal est blanche, rose, rouge ou violacée (ABDOUL HABOU, 2003). Ce sont des gousses ovoïdes ou cylindriques longues de 1 à 8 cm et large de 0,5 à 2 cm. Les gousses sont groupées à la base du pied pour les variétés à port érigé, ou réparties le long des rameaux pour les variétés rampantes (IBRA, 1988).

❖ Les Graines :

On trouve de 1 à 5 par gousse, elles sont formées :

- * D'un tégument séminal rosé ou saumon, parfois plusieurs couleurs.
- * D'une amande comportant deux cotylédons gorgés de matières grasses.
- * D'un embryon que l'on distingue facilement.

Leur poids varie de 0,2 à 2 g. La proportion des graines par rapport au poids de la gousse entière varie de 68 à 80%. La faculté germinative des arachides en gousse dure au moins un an (HUBERT, 2000).



Figure 15 : La graine d'arachide (*Photos personnelles, 2021*)

La graine de cacahuète contient des protéines et elle est riche en acides gras non saturés représentés par 60 % d'acide oléique et en magnésium. Elle est également bien pourvue en potassium, en fer, en phosphore et en vitamines (B, BZ, PP, E) (AHLEUNG *et al.*, 2003).

II-6-chimie de la plante :

La graine d'arachide se compose, à poids relativement égal, d'éléments oléagineux et non oléagineux. Elle contient 47% de graisses, 26% de protéine et 17 à 19% d'hydrates de carbone. Le tableau suivant donne la composition de 100 grammes de graine d'arachide et leur équivalent énergétique.

Tableau 05 : Composition de 100 g de graine d'arachide. (KNODEN J. *et al*, 2011).

Constituants :	Brute avec peau (%)	Brute sans peau (%)
Eau	5.66	5.4
Protéines	26	26.3
Graisses	47.5	48.4
Hydrates de carbone	18.6	17.6
Fibres	2.4	1.9
Cendres	2.3	2.3
Minéraux	1.15	1.15
Autres	0.5	0.5
Energie (J)	2.361	2.378

Chapitre II : L'Arachide (*Arachis Hypogea* L.)

II-7-Propriétés biologiques de l'arachide :

Les bienfaits de l'arachide pour la santé sont nombreux. Ces graines est très riche en protéines, en acides gras monoinsaturés et polyinsaturés, et en fibres. L'arachide réduit le risque de maladies cardiovasculaires, et peut lutter certains risques de cancer.

❖ Maladies cardiovasculaires :

Des études épidémiologiques associent une consommation régulière d'arachide à une diminution du cholestérol sanguin et du risque de maladie cardiovasculaire. Une étude chimique sur l'effet d'une consommation régulière d'arachide a montré une amélioration de plusieurs paramètres sanguins favorables à la santé cardiovasculaire.

❖ Cancer :

Une étude prospective a associé la consommation d'arachide à un risque moins élevé de cancer colorectal chez la femme. L'arachide contient par ailleurs certains composés qui seraient potentiellement bénéfiques dans la prévention du cancer chez l'humain et, les phytostérols contenus dans l'arachide sont associés à une diminution du risque de cancer du poumon. (WWW.Passeportsanté.net, 2013).

II-8-Utilisations d'arachide :

L'arachide est l'une des principales oléagineuses consommées dans le monde. Elle se prête à de nombreuses utilisations

❖ Alimentation humaine :

L'utilisation de l'arachide dans les applications alimentaires est aujourd'hui très développée et est principalement transformée en plusieurs dérivés qui entrent dans la composition des produits alimentaires.

- La graine d'arachide est un aliment de grignotage (consommée hors de repas). Elle peut être consommée entière fraîche, mais le plus souvent séchée, grillée et salée.

(NOVELLO C. et SANTAMARIA C, 2005).

- La farine et le beurre d'arachide sont utilisés dans l'industrie agro-alimentaire pour la fabrication de biscuits. (HUBERT, 2000).

- L'huile d'arachide est très appréciée par la fabrication de certains produits alimentaires en raison de sa très bonne tenue aux hautes températures et de sa stabilité. (SCHILLING et al, 1997).

Chapitre II : L'Arachide (*Arachis Hypogea* L.)

❖ Alimentation animale :

Le tourteau d'arachide (résidu de la graine après extraction de l'huile), riche en protéines (48 à 50%) est considéré comme un élément important dans l'alimentation du bétail. (FONCEKA, 2010).

En agriculture :

Comme toutes les légumineuses, l'arachide est une culture qui enrichit le sol en azote. Elle peut être utilisée comme engrais vert (DEBBABIE ET SHAFCHAK, 2008).

❖ Utilisation médicinale :

- L'arachide est utilisée dans le diagnostic des boutons et des crises d'asthmes (HUBERT, 2000).
- L'huile d'arachide est inscrite à la pharmacopée française comme solvant médicamenteux.
- L'huile cosmétique d'arachide est extraite par première pression à froid. Elle possède des propriétés désintoxiquantes qui la rendent parfaite pour le massage contre les douleurs musculaires. Aussi, elle est riche en vitamine A et E. (WWW.FASODIA.COM, 2015).

Autres utilisations

Outre son intérêt au plan nutritionnel, il convient de signaler que les coques d'arachide peuvent être largement utilisées comme combustible dans les pays en voie de développement où le problème de l'énergie est crucial. Les grains contiennent 50 % d'huile qui est utilisée comme source de triglycérides pour la conversion aux biodiesel (AKBA *et al.*, 2008).

Ainsi ; les produits dérivés de l'arachide peuvent également être utilisés comme stabilisants et émulsifiants pour les produits alimentaires, dans l'industrie des plastiques et des crèmes cosmétiques, dont la crème à barbe. Les gousses d'arachide sont une excellente source alimentaire pour engraisser les porcs qui sont parfois envoyés dans les champs pour s'alimenter directement sur place en déracinant les plantes. Les écailles des gousses sont aussi récupérées pour la confection de panneaux d'isolation thermique (MERCOLA, 1997).

II-9-Production mondiale d'arachide :

❖ Au niveau mondial :

L'arachide, deuxième production végétale dans le monde cultivée par plus de 120 pays, est une culture majeure dans la plupart des régions tropicales et subtropicales. (FONCEKA, 2010).

En 2013, la production mondiale d'arachide a dépassé 45 millions de tonnes sur une superficie de 25.4 millions d'hectares. Les principaux producteurs sont la Chine, l'Inde, la

Chapitre II : L'Arachide (*Arachis Hypogaea* L.)

Nigéria et les EU ; mais de nombreux autres pays d'Afrique et d'Amérique du sud fournissent une production non négligeable. (FAOSTAT, 2015).

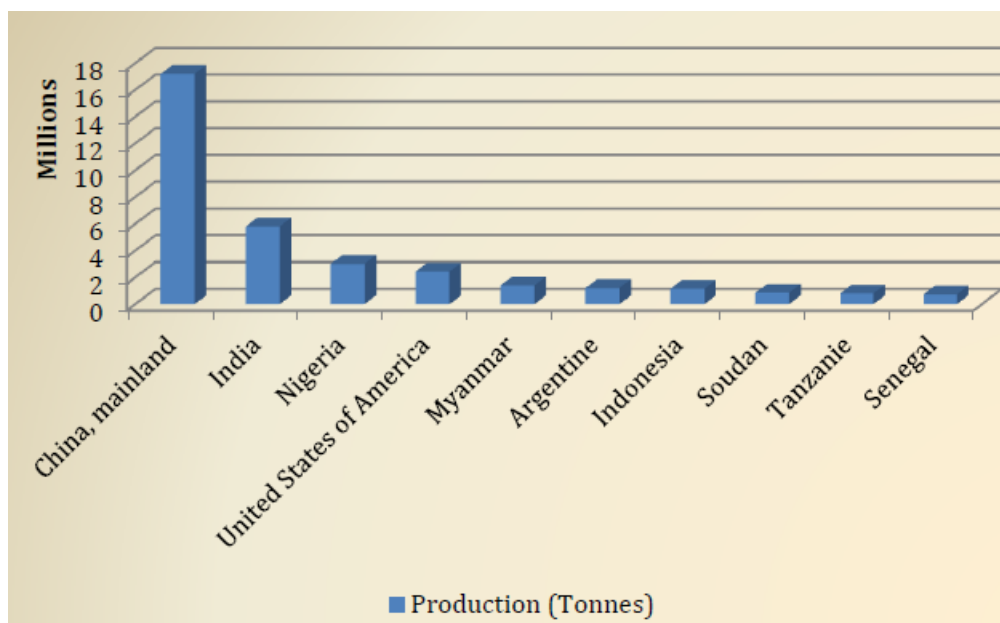


Figure 16 : Principaux producteurs d'arachide dans le monde (2013) (FAOSTAT, 2015).

* Ecologie

L'arachide est une plante rustique, plastique et peu exigeante. Elle est cultivée pratiquement partout à Madagascar, à l'exception de quelques zones, soit trop pluvieuses (la côte orientale), soit trop froides (zones de haute altitude au-dessus de 1 500 m), soit trop arides (extrême sud du pays) (YOUSSI, 2008).

*Température

L'arachide est cultivée dans les régions comprises entre les 40° de latitude Nord et Sud, là où il n'y a pas de gels pendant sa période de croissance. La température optimum durant tout son cycle végétatif varie de 27 et 35°C mais elle supporte des températures très élevées jusqu'à 45°C. Les températures inférieures à 15°C et supérieures à 45°C ralentissent ou bloquent la croissance. Les zones les plus chaudes sont les plus favorables aux arachides d'huilerie car leur taux en matières grasses y est élevé (RAOBINARISON, 1970 ; NTARE, 2007).

*Besoin en eau

L'arachide a besoin d'au moins 4 mois de pluies avec une pluviométrie comprise entre 500 à 1 200 mm/an, suivis de mois plus secs afin de favoriser la maturation et la récolte. Si le climat est trop pluvieux, le développement des feuilles est favorisé au détriment de celui des fruits (RAOBINARISON, 1970).

Chapitre II : L'Arachide (*Arachis Hypogea L.*)

* Critères édaphiques

Du fait que ses fruits sont produits sous terre, l'arachide requière des sols bien drainés et aérés. Les sols à texture fine, meubles et perméables, et en particulier les sols sablonneux, silico-argileux ou silico-calcaires, sont ceux qui conviennent le mieux. La culture d'arachide sur sols lourds et argileux n'est conseillée que si le recours à la mécanisation et l'irrigation au moment opportun sont possibles.

L'arachide est sensible à la salinité et à l'acidité du sol. Au-dessous d'un pH 4,2 la végétation de l'arachide reste médiocre. En effet, les sols très acides ou déficients en CaO peuvent induire des toxicités aluminiques ou ferriques. De plus, l'acidité inhibe le développement des bactéries fixatrices d'azote. (RAOBINARISON, 1970).

II-10 Généralités sur l'huile d'arachide

II- 10-1-Définition

L'huile d'arachide est une huile préparée à partir des graines d'arachide (*Arachis hypogea L.*). L'huile d'arachide est facilement extraite de la graine par pression. L'huile brute obtenue est principalement composée de triglycérides, mais comporte également des contaminants tels que des phospholipides, des pigments, des coenzymes et dérivés vitaminiques comme du tocophérol et des phytostérols, des acides gras libres et des minéraux (GASTIN, 1995).



II-10-2-Composition en acides gras de l'huile d'arachide

L'huile d'arachide renferme un pourcentage très élevé (environ 99%) de triglycérides ou lipides vrais par rapport aux autres huiles végétales ; Ce qui contribue à l'excellente digestibilité des lipides de l'arachide (**ADRIAN et JACQUOT, 1968 ; BERTOLI et LOLIGER, 2000**). L'huile d'arachide contient vingt-deux acides gras dont quinze en quantité notable ($\geq 0,05\%$), le reste se trouve à l'état de trace. En ce qui a trait à sa qualité nutritionnelle, sa teneur en acides gras insaturés 77 à 82%, l'huile d'arachide est donc riche en acides gras essentiel ω -6 (acide linoléique) et son rapport ω -6/ ω -3 variant de 0,6 à 5,2 (**UCCIANI, 1995**). Selon les études effectuées par plusieurs auteurs l'huile d'arachide est considérée comme une bonne source d'acides gras polyinsaturés (acide linoléique et linoléniques) ainsi d'acides gras mono- insaturé (l'acide oléique). La composition en acides gras de l'huile d'arachide est représentée dans le tableau (06).

Tableau 06 : Teneur en acides gras de l'huile d'arachide (**UCCIANI, 1995**)

Acide gras	Pourcentage (%)
Acide palmitique	7,4-12,5
Acide palmitoléique	0,1-0,2
Acide heptadécannique	0,1
Acide heptadécénoïque	0,1
Acide stéarique	2,7-4,9
Acide arachidique	1,2-1,9
Acide oléique	41,3-67,4
Acide linoléique	13,9-35,4

II-10-3-Propriétés physico-chimiques et organoleptiques de l'huile d'arachide :

L'huile d'arachide raffinée est de couleur légèrement teintée en jaune, sans odeur et sans goût, fluide à température ambiante et ne contient pratiquement plus d'acides gras libres. Cette huile n'est pas siccative, son indice d'iode est de 82 à 106. Elle est caractérisée par une température critique élevée de 229,4°C (**COMELADE, 1991 ; SANDERS, 2002**). Le tableau 07 résume les caractéristiques physico-chimiques de l'huile d'arachide raffinée.

Chapitre II : L'Arachide (*Arachis Hypogaea* L.)

Tableau 07 : Caractéristiques physico-chimiques de l'huile d'arachide raffinée
(SANDERS, 2002).

Caractéristiques	Valeur
Température de fusion	0-3°C
Température de fumée	229.4°C
Poids spécifique (21°C)	0,915
Acide gras libre (maximum)	0,05 %
Indice de peroxyde	10 meq peroxydes oxygène/kg d'huile
Indice d'iode	82-106
Indice de réfraction (n_D 40°C)	1,46-1,465
Insaponifiable	0,4%

❖ Importance de l'huile d'arachide :

L'huile d'arachide est une huile végétale précieuse en raison de ses bienfaits nutritionnels, agréables et saveur particulière. Elle est très appréciée par les consommateurs orientaux. Elle contient une petite quantité d'acide linolénique, qui a une bonne résistance à l'oxydation et est adapté pour être utilisé comme pharmaceutransporteurs qui traitent l'asthme, la jaunisse de l'hépatite et d'autres maladies. En outre cette huile peut avoir plusieurs domaines des applications et d'utilisations entre autres :

- Energétique : l'huile est actuellement utilisée comme biodiesel.

- Alimentaire : mayonnaise, graisse hydrogénée (industrie boulangère, pâtisserie et fritures), utilisée comme huile de table ou comme matière première pour la fabrication de margarine, résiste bien aux hautes températures. (Patrick, 2008).

- L'huile est appréciée pour sa saveur douce et son odeur neutre donnant un bon goût à la nourriture et est réglementairement, une huile mixte pour friture et assaisonnement. (NOVELLO et SANTAMARIA, 2004).

- Une huile industrielle d'arachide très appréciée pour la fabrication de certains produits alimentaires (plats cuisinés, frites et chips,) (SCHILING, 1996).

- Elle peut aussi favoriser la guérison de la frigidité et de l'impuissance. Aussi elle soulage les gaz et les ballonnements en plus de calmer les ulcères d'estomac et les problèmes digestifs.

- Elle adoucit et nourrit les zones de la peau très sèches comme les coudes, les genoux, les mains et les pieds et elle soulage les brûlures superficielles de la peau.

- Huile d'arachide est inscrite à la pharmacopée française comme solvant médicamenteux.

- L'huile cosmétique d'arachide est extraite par première pression à froid. Elle possède des propriétés désintoxiquâtes qui la rendent parfaite pour le massage des douleurs musculaires.

Chapitre II : L'Arachide (Arachis Hypogaea L.)

Riche en vitamine A et E elle est efficace contre les brûlures et nourrit les peaux irritées (HUBERT, 2000).

II-10-4-Extraction

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.

- **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.

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.

II-10-4-2-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 volatil. Le benzène et le dichlorométhane étaient aussi très courants mais ont été interdits du fait de leur toxicité : cancérigènes.

❖ 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.

❖ 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.

❖ Inconvénients

Chapitre II : L'Arachide (*Arachis Hypogea* L.)

- 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.

II-10-5- 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 gout, un aspect indésirable, une mauvaise odeur ainsi que perturber les propriétés fonctionnelles. D'où l'intérêt

❖ 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.

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

❖ Aspect quantitatif :

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

Tableau 08 : Teneur en huile de quelques plantes oléagineuses

Plante oléagineuse	Teneur en huile en %
Arachide	35 à 45
Cocotier	65 à 70
Ricin	42 à 56
Tournesol	30 à 40
Soja	15 à 22

Chapitre II : L'Arachide (Arachis Hypogea L.)

L'arachide possède une quantité importante en teneur d'huile qui atteint jusqu'à 45%. En tenant compte de la matière première en huilerie le plus existant à Madagascar (arachide et soja), l'arachide reste encore comme matière première rentable.

Du point de vue d'extraction d'huile, l'arachide 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 09 : Composition moléculaire d'huile d'arachide, d'olive et de soja
(pour 100g d'huile)

Composé	Famille d'acide gras	Huile d'Arachide	Huile de Soja	Huile d'Olive
Acide heptadécanoïque (saturé)		-	-	0,022 g
Acide heptadécénoïque (mono-insaturé)		-	-	0,125 g
Acide myristique (saturé)		0,1 g	-	-
Acide palmitique (saturé)		9,5 g	10,455 g	11,29 g
Acide stéarique (saturé)		2,2 g	4,435 g	1,953 g
Acide arachidique (saturé)		1,4 g	-	0,414 g
Acide béhénique (saturé)		2,8 g	-	0,129 g
Acide lignocérique (saturé)		0,9 g	-	-
Acide érucastique (mono-insaturé)	ω -9	1,3 g	0,233 g	0,311 g
Acide oléique (mono-insaturé)	ω -9	44,8 g	22,55 g	71,269 g
Acide palmitoléique (mono-insaturé)	ω -7	0,1 g	-	1,255 g
Acide linoléique (poly-insaturé)	ω -6	32 g	50,952 g	9,762 g
Acide alpha-linolénique (poly-insaturé)	ω -3	-	-	0,76 g
Acides gras trans		-	1,8 g	0,0478 g
Total acides gras saturés		16,9 g	15,65 g	13,808 g
Total acides gras mono-insaturés		46,2 g	22,783 g	72,961 g
Total acides gras poly-insaturés		32 g	57,74 g	10,523 g
Vitamine E		33,43 mg	8,18 mg	15,29 mg
Vitamine K		0,7 μ g	183,9 μ g	60,2 μ g

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

❖ **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 d'arachide a un taux élevé en acide gras insaturé par rapport à l'huile de soja et l'huile d'olive.

❖ Les acides gras monoinsaturés :

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

L'huile d'arachide 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.

❖ Les acides gras poly-insaturés :

Parmi lesquels, notamment, les acides linoléique (C18 - 2 doubles liaisons en C9 et C12) et linolénique, 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 d'arachide est largement supérieure par rapport à celle de l'huile de l'olive.

❖ Les Vitamines :

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

En guise de conclusion, l'huile d'arachide 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.

II-10-7- Utilisations de l'huile d'arachide :

L'huile d'arachide 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 229,4°C (**VERGNE et al, 2002 ; CLERGEAUD et CLERGEAUD, 2003**). Le tableau IX représente une comparaison des points de fumée de quelques huiles présentes sur le marché international.

Tableau 10 : Température critique de quelques huiles végétales alimentaires (CLERGEAUD et CLERGEAUD, 2003).

Type d'huile	Température critique C
Arachide	229
Germe de maïs	140
Noix	140
Olive	210
Pepins de raisin	150
Sésame	150
Soja	150
Tournesol	160 à 170
Coprah	220
Palme	230

D'après ce tableau, 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 (RAZAFIMBELO, 2016).

L'huile d'arachide est également très appréciée comme huile de cuisson (WOODROOF, 1983) et parfois elle est utilisée comme huile d'assaisonnement (SANDERS, 2002 ; VERGNE *et al.*, 2002) ; son pouvoir d'émulsion est assez important à température ambiante et elle présente une bonne digestibilité consommée crue. De plus, elle se solidifie entre 0-3°C (YOUNG, 1996). Enfin, l'huile d'arachide est utilisée pour la préparation de nombreux produits industriels (shortening, margarine et mayonnaise), grâce à sa haute teneur en acide oléique (COMELADE, 1991).

A. L'huile d'arachide et santé :

❖ Aspects nutritionnels de l'huile d'arachide :

L'huile d'arachide est un produit très énergétique ; 100 g d'huile d'arachide fournissent environ 884 calories (RUDRAPPA, 2009). Elle fait partie des huiles oléiques où l'acide oléique, est majoritaire (MORIN et PAGES, 2012). La teneur de l'huile d'arachide en acides gras est très proche de l'optimum défini par les nutritionnistes, notamment en ce qui concerne les acides gras monoinsaturés (SCHILLING, 2003).

Chapitre II : L'Arachide (*Arachis Hypogaea* L.)

Concernant les acides gras essentiels, l'huile d'arachide 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 (inférieur à 5) entre les oméga-6 et les oméga-3 (**ROBERFROID et al, 2008**).

❖ Allergie et huile d'arachide :

L'arachide fait partie des aliments les plus allergènes que l'on connaît et il peut provoquer des réactions anaphylactiques (**ANCELLIN et al, 2002**). Cependant, selon certains auteurs, l'huile d'arachide très raffinée ne provoque pas d'allergie (**RUDRAPPA, 2009**). En fait, l'allergénicité de l'huile d'arachide dépend du procédé de transformation. Les protéines responsables des allergies subissent des modifications structurales sous l'effet de la chaleur (**NOVELLO et SANTAMARIA, 2005**). Ces modifications dépendent de la température, de la durée du traitement, des propriétés de la protéine et aux conditions physico-chimiques de son environnement (**JAFFUEL et al., 2001**). L'huile d'arachide pressée à froid peut contenir alors une quantité significative d'allergènes (0,2-3,2 μ g/ml) mais pas dans l'huile pressée à chaud. Même faibles, ces quantités sont considérées comme suffisantes pour sensibiliser les nourrissons ; l'huile d'arachide est déjà exclue des préparations destinées aux enfants de 0 à 3 ans. (**NOVELLO et SANTAMARIA ; 2005**.)

B- L'huile et son marché

La composition chimique de l'huile d'arachide lui confère une bonne aptitude pour la friture et l'assaisonnement ; sa résistance à la chaleur et sa stabilité en font une huile industrielle très appréciée pour la fabrication de certains produits alimentaires (plats cuisinés, frites et chips, etc....).

Au plan nutritionnel, la teneur de l'huile d'arachide en acides gras essentiels est très proche des recommandations actuelles : en ce qui concerne la prévention de l'athérosclérose, le rôle des acides gras monoinsaturés, prédominants dans l'huile d'arachide comme dans l'huile d'olive, a été démontré.

Au plan économique, la large gamme d'utilisations de l'huile d'arachide lui assure un surprix de l'ordre de 30 à 40 % par rapport aux huiles de tournesol, de soja et de colza.

Le marché de l'huile et du tourteau ne porte que sur une faible part de la production, soit respectivement 8 % et 13 % (tableaux II et III). Il est largement dominé par 5 pays : Sénégal, Chine, Soudan, Argentine et Inde (ce dernier exportant surtout du tourteau).

Chapitre II : L'Arachide (*Arachis Hypogaea* L.)

Les importations sont essentiellement le fait des pays de l'Union Européenne (12) : 70 % de l'huile (217 521 tonnes) et 36,7 % du tourteau (228 040 tonnes). La France est le plus gros acheteur d'huile et de tourteau d'arachide avec respectivement 39,3 % et 64,9 % des importations de l'UE - 12. Sur 479 000 tonnes d'huile consommées en France en 1993 pour l'alimentation humaine, l'huile d'arachide vient en 2^e position (17,3 %) après l'huile de tournesol (53,8 %).

Bien que concurrencée par les huiles moins chères, la demande reste encore forte sur l'huile d'arachide, essentiellement en raison de ses qualités technologiques spécifiques. La régression des volumes traités à partir de 1985 tient à la baisse de l'offre des pays traditionnellement exportateurs (Sénégal, Soudan, Argentine) pour des raisons diverses (problèmes organisationnels, politiques ou reconversion en faveur du soja).

❖ Le tourteau et son marché:

Le tourteau d'arachide qui contient un taux de protéine élevé (48 - 50 %) 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 a réduit dramatiquement la part de l'arachide par rapport à celle des autres sources, rendant la France et l'UE tributaires des USA et de l'Amérique du Sud pour leur approvisionnement. La régression de l'arachide 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.

❖ L'arachide de bouche

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

Chapitre II : L'Arachide (Arachis Hypogea L.)

arachides 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 l'arachide 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....).



Chapitre III :

Matériel et méthodes

III.1 Cadre de l'étude :

Le but de ce travail, consiste en la caractérisation des acides gras d'huile d'arachide de la région de la wilaya d'El-oued, leurs caractères physico-chimiques et phytochimiques. 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 vie et L'univers de l'université Echahid Hamma Lakhdar d'El oued, au sein de laboratoire de Toxicologie.

III.2. Échantillonnage :

Notre matériel végétal est constitué de graines d'arachide (*Arachis Hypogea L.*) qui a été recueilli du marché pour la saison Octobre 2020 de **variété locale**. Les échantillons d'arachides sont séchés à l'air libre puis dénoyautés et finement broyés à l'aide d'un broyeur électrique pour obtenir une poudre fine conformément à la procédure décrite par (**BESBES et al., 2005**), à partir de laquelle nous extrayons l'huile par un solvant organique (l'hexane) en utilisant l'appareil de Soxhlet comme extracteur.

III.3. Présentation de site d'étude

La région de Souf est une partie de la wilaya d'EL-Oued, située dans le Sud-Est Algérien et au Nord du grand Erg oriental (33° C à 34°C Nord. ; 6°C à 8°C Est). Le Souf est un vaste ensemble de palmiers entourés par les dunes de sable, limité au nord par la zone des chotts (Melghir et Marouane), au sud par l'extension de l'Erg oriental, la vallée d'oued Righ à l'Ouest et les El-Djérid qui le borde à l'Est (**NADJAH, 1971 ; VOISIN, 2004**) (**Figure. 18**). Le Souf se trouve à 70 mètres au niveau de la mer (**BEGGAS ,1992**).



III.4.1 L'extraction :

III.4.2. Extraction au Soxhlet :

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.

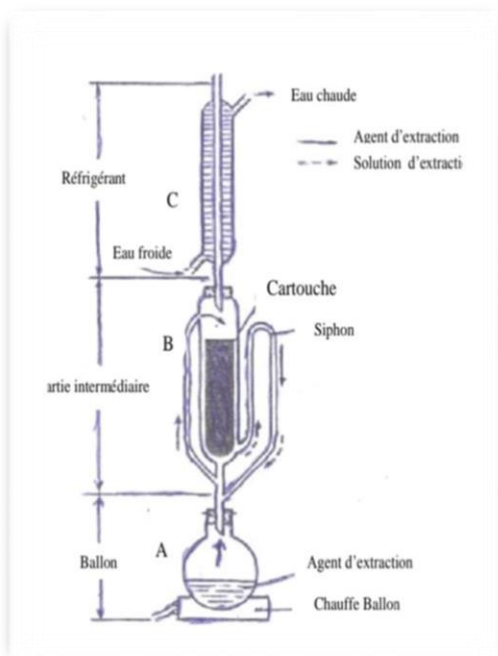


Figure 18 : Schéma d'un Soxhlet.
(WWW.RESEARCHGATE.NET)



Figure 19 : Appareil de Soxhlet.
(Photo pers. 2021).

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.



Figure (20) : Rotavapor (Photo pers. 2021).

III.4.3 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 d'arachide 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 23)

Chapitre III : Matériel et méthodes

- 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.

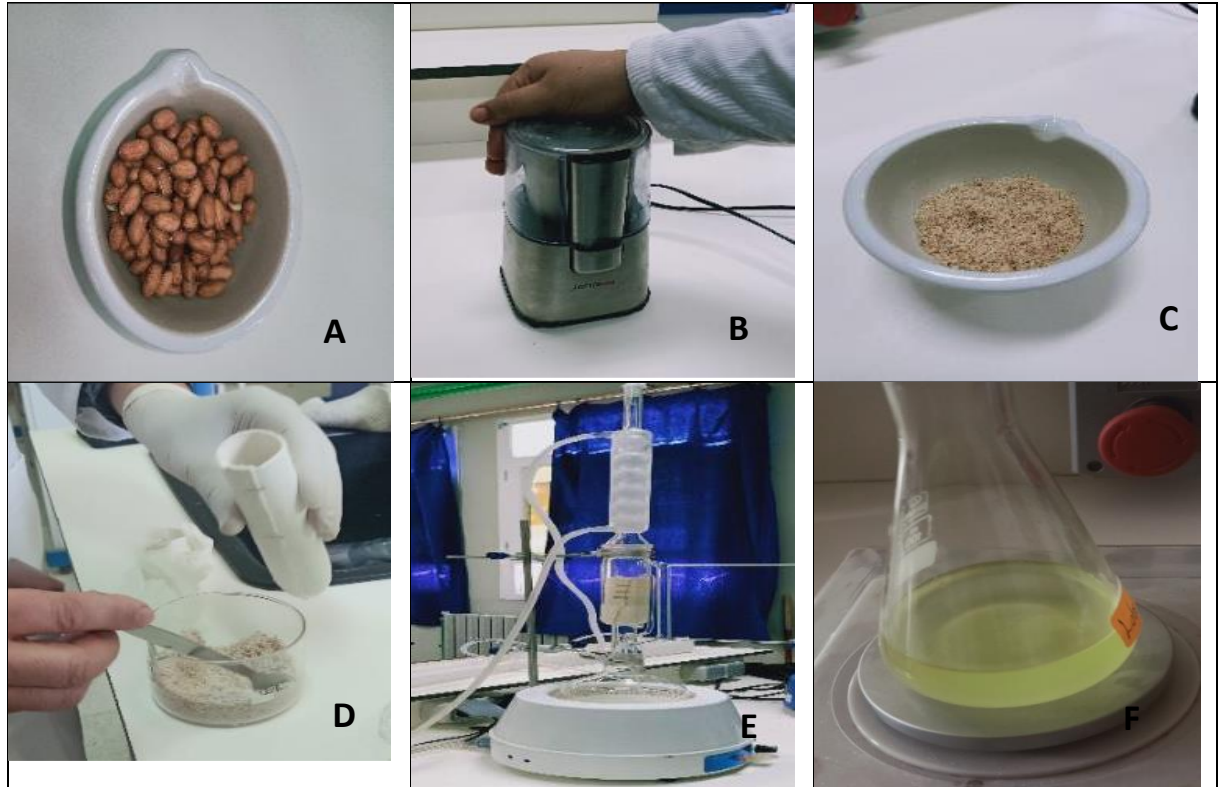


Figure 21 : Etapes d'extraction de l'huile d'arachide par Soxhlet (Photo pers. 2021)

❖ 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).

II.5 Analyses physico-chimiques :

II.5.1 Analyses physiques :

III.5.1.1 Densité relative :

❖ Définition :

On appelle densité (ou masse volumique) le rapport de la masse d'un volume donné d'huile à 20°C à la masse d'un volume égal d'eau distillée à la même température. (LION, 1955).

Chapitre III : Matériel et méthodes

Généralement, la **densité relative** de la plupart des huiles, qu'elles soient minérales ou végétales, se situe entre 0.840 et 0.960. L'huile d'arachide (cacahouète) est comprise entre 0.910 et 0.916. **(Codex STAND.210-1999)**

La densité des huiles est toujours inférieure à celle de l'eau, c'est pourquoi toutes les huiles flottent sur l'eau et restent à la surface.

La densité de l'huile **varie** en fonction de la température. Au fur et à mesure que la température augmente, l'huile se dilate et, par conséquent, sa densité diminue. C'est pourquoi, il est nécessaire d'exprimer la densité de l'huile en fonction de la température.

❖ Principe :

La détermination de la densité d'une huile nous renseigne sur sa pureté. Elle est fonction de la composition chimique des huiles et de la température. **(KARLESKIND, 1992)**. La densité de l'huile est mesurée à une température de 20°C

Le principe consiste à effectuer des pesées successives de volume égal d'huile et d'eau à l'aide d'une balance analytique à la température de 20°C.

❖ Mode opératoire :

- Peser le pycnomètre propre et sec vide (m_0)
- Déterminer la masse du pycnomètre rempli d'eau distillée (m_1)
- Vider et sécher le pycnomètre.
- Déterminer la masse du pycnomètre contenant l'huile (m_2)

Méthode de calcul :

La densité relative est donnée par la formule ci-dessous **(WOLFF, 1968)**

$$d = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0}$$

m_0 : Masse (g) de pycnomètre vide.

m_1 : Masse (g) de pycnomètre rempli d'eau distillée .

m_2 : Masse (g) de pycnomètre rempli d'huile d'arachide.



A/ PYCNOMETRE VIDE

B/ PYCNOMETRE+ED

C/ PYCNOMETRE+HA

Figure 22 : Présentation de différentes étapes de calcul de densité relative.
(Photo pers. 2021)

III.5.1.2 Indice de réfraction :

L'indice de réfraction des huiles varie en fonction de leur insaturation. Le mesurage est normalisé par la méthode **ISO 6320 /2017**(Corps gras d'origines animale et végétale. Détermination de l'indice de réfraction). Il est réalisé à 20°C pour les huiles fluides et à 40°C pour les graisses. L'indice de réfraction est mesuré à l'aide de réfractomètres (figure 24), type Abbe, thermostatés. Il est lié à la température (0,00035 par degré au voisinage de 20°C)

Chaque huile a un indice de réfraction spécifique mesuré à une certaine température, ce qui permet de les différencier. Voici l'indice de réfraction de l'huile d'arachide mesurés à 20 °C : (1,460 à 1,474) **ISO 6320 /2017**

❖ Principe :

A l'aide d'un réfractomètre, on mesure directement l'angle de réfraction que l'on observe à la limite de réfraction totale ; l'huile étant maintenue dans des conditions d'isotropisme et de transparence.

❖ Mode opératoire :

- Nettoyer la lame du réfractomètre avec du papier Joseph.
- Etalonner l'appareil avec l'eau distillée dont l'indice de réfraction est égal à 1.33 à 20°C.
- Déposer quelques gouttes d'huile sur la lame à l'aide d'une pipette pasteur
- Régler le cercle de chambre sombre et claire dans la moitié et effectuer la lecture des résultats en tenant compte de la température.



Figure 23 : Refractomètre (Photo pers.2021)

• **Méthode de calcul :**

L'indice de réfraction est calculé comme suit (WOLFF, 1968) :

$$n_d^{20} = n_d^t + 0.00035 (t - 20)$$

Où :

n_d^t : Valeur de lecture à la température t à laquelle a été effectuée la détermination.

n_d^{20} : Indice de réfraction à la température 20°C.

t : Température à laquelle a été effectuée la lecture.

III.5.2. Analyses chimiques :

III-5.2.1- 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 :

Chapitre III : Matériel et méthodes

- 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. (Véronique OLLIVIER, et al. 2015).

❖ 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 (ISO 3961 Troisième édition 01-06-1996).

❖ 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 (Wolff, 1968)

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

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.

III.5.2.2. Indice d'acide

Définition

L'indice d'acide consiste à déterminer le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium (KOH) nécessaire pour la neutralisation des acides libres contenus dans 1 gramme de corps gras. (LION, 1955).

❖ Principe :

Le principe repose sur la neutralisation des acides libres à l'aide d'une solution alcoolique d'hydroxyde de potassium titrée en présence de phénolphthaléine qui se caractérise par le virage de la couleur rose vers transparente.

❖ Mode opératoire :

-Peser dans un erlenmeyer 1 gr. d'huile ;

-Ajouter 75 ml d'éthanol à 95° et quelques gouttes d'indicateur coloré (phénolphthaléine à 1%) ;

-Titrer en agitant avec une solution d'hydroxyde de potassium à 0.1N jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante ;

-A la fin du titrage, noter le volume de solution éthanolique de KOH ajouté.

Expression des résultats :

L'indice d'acide est calculé selon la formule (WOLFF, 1968)

$$IA = \frac{(56.1 \times V \times N)}{P} \quad (\text{mg de KOH / g d'huile})$$

Où :

56.1 : Masse molaire, exprimée en g/mole, d'hydroxyde de potassium.

V : Volume en ml d'hydroxyde de potassium (0.1N) nécessaire au titrage.

N : Normalité de la solution de potassium (0.1N).

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

III.5.2.3 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 (**Véronique OLLIVIER, et al. 2015**).

❖ 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. (**LION, 1955**).

❖ 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 phénolphthaléine 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 : (**WOLFF, 1968**).

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

où :

Chapitre III : Matériel et méthodes

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.

III.5.2.4. Indice d'ester :

❖ Définition :

L'indice d'ester est la masse en milligramme de potasse nécessaire à la saponification des esters contenus dans un gramme de corps gras. L'indice d'ester n'est pas mesurable mais calculé à partir de l'indice d'acide (IA) et l'indice de saponification (IS). (FAO, 1979).

❖ Méthode de calcul :

L'indice d'ester est donné par la formule suivante :

$$IE = IS - IA$$

IS : Indice de saponification.

IA : Indice d'acide

III.5.2.5. 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 (Lion, 1955).

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. (MARTY, 2005)

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 vraisemblablement une certaine toxicité. (CHIMI H. et al. 1990).

❖ Principe :

Chapitre III : Matériel et méthodes

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 :

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

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.

II.6. Analyses phytochimiques :

Les tests phytochimiques consistent à détecter les différentes familles de composés existant dans la partie étudiée de la plante par des réactions qualitatives de caractérisation. Ces réactions sont basées sur des phénomènes de précipitation, de coloration par des réactifs spécifiques à chaque famille de composés, des essais de solubilité. Ces dernières permettent de définir la présence ou non de métabolites secondaires : alcaloïdes, quinones, flavonoïdes, saponines, tanins, stérols et sucres réducteurs dans les différents organes. Les résultats ont été évalués comme suit :

+++ : Fortement positif ;

++ : Moyennement positif

+ : Faiblement positif ;

- : Négatif

III.6.1. Epuisement du matériel végétal avec de l'eau chaude

Dans un ballon monocol, surmonté d'un réfrigérant, 10 g de matériel végétal est mis en présence de 60 ml d'eau. L'ensemble est porté à reflux pendant une heure. Ensuite, le mélange est filtré et l'extrait aqueux est soumis aux tests suivants :

a) Saponosides

La détection des saponosides est réalisée en ajoutant un peu d'eau à 2 ml de l'extrait aqueux, puis la solution est fortement agitée. Ensuite, le mélange est laissé pendant 20 minutes et la teneur en saponosides est évaluée : **(TREASE et EVANS, 1987)**

- Pas de mousse = test négatif ;
- Mousse moins de 1 cm = test faiblement positif ;
- Mousse de 1-2 cm = test positif ;
- Mousse plus de 2 cm = test très positif.

b) Tanins

La présence des tanins est mise en évidence en ajoutant, 1 ml de l'extrait aqueux, 1ml d'eau et 1 à 2 gouttes de solution de FeCl₃ diluée. L'apparition d'une coloration vert foncé ou bleu-vert indique la présence des tanins **(TREASE et EVANS, 1987)**

III.6.2. Epuisement du matériel végétal avec l'éthanol

Dans un ballon mono col, surmonté d'un réfrigérant, 10 g de matériel végétal est mis en présence de 60 ml d'éthanol. L'ensemble est porté à reflux pendant une heure. Ensuite, le mélange est filtré et l'extrait éthanolique est soumis aux tests suivants :

a) Flavonoïdes

La réaction de détection des flavonoïdes consiste à traiter 5 ml de l'extrait éthanolique avec 1 ml d'HCl concentré et 0,5 g de tournures de magnésium. La présence des flavonoïdes est mise en évidence si une couleur rose ou rouge se développe après 3 minutes **(DEBRAYB et al., 1971 ; PARIS et al., 1969).**

b) Tanins :

La présence des tanins est mise en évidence en ajoutant, à 1 ml de l'extrait éthanolique, 2 ml d'eau et 2 à 3 gouttes de solution de FeCl₃ diluée. Un test révélé par l'apparition d'une coloration bleu- noire (tanins galliques), bleu-vert (tanins cathéchiques) **(TREASE et EVANS, 1987).**

c) Composés réducteurs :

Leur détection consiste à traiter 1 ml de l'extrait éthanolique avec 2 ml d'eau distillée et 20 gouttes de la liqueur de Fehling, puis chauffer au bain marie à 70° C. Un test positif est révélé par la formation d'un précipité rouge-brique (**TREASE et EVANS, 1987**).

II.6.3. Autres métabolites secondaires

a) Stérols et triterpènes (Réaction de Liebermann-Buchard) :

Cette réaction se fait sur une macération de 24 h à 5 % dans l'éther. L'extrait éthérique est ensuite évaporé à sec et repris avec de l'anhydride acétique puis du chloroforme. Déposer au fond du tube contenant l'extrait de l'acide sulfurique. En cas de réaction positive il se forme un anneau rouge-brunâtre ou violet à la zone de contact des deux liquides, la couche surnageante était verte ou violette révèlent la présence de stérols et de triterpènes (**TREASE et EVANS, 1987**).

b) Alcaloïdes

Nous avons procédé à une macération sous agitation pendant 24 h de 10 g de la poudre végétale dans 50 ml de H₂SO₄ dilué au 1/10 à la température ambiante du laboratoire. Après filtration sur un papier lavé à l'eau distillée et de manière à obtenir environ 50 ml de filtrat, 1 ml du macéré est introduit dans deux tubes à essai puis 5 gouttes de réactif de Mayer ont été ajouté dans le premier tube et 5 gouttes de réactif de Wagner ont été ajouté dans le deuxième. La présence d'une turbidité ou d'un précipité, après 15 minutes indique la présence d'alcaloïdes (Figure 25) (**PARIS et al., 1969**).

c) Anthocyanes

2 ml d'infusé aqueux sont ajoutés à 2 ml de HCl 2N. L'apparition d'une coloration rose rouge qui vire au bleu violacé par addition d'ammoniac indique la présence d'anthocyanes (**PARIS et al., 1969**).

III.7. La composition en acides gras de l'huile d'arachide 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

II.7.1. 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

Chapitre III : Matériel et méthodes

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.

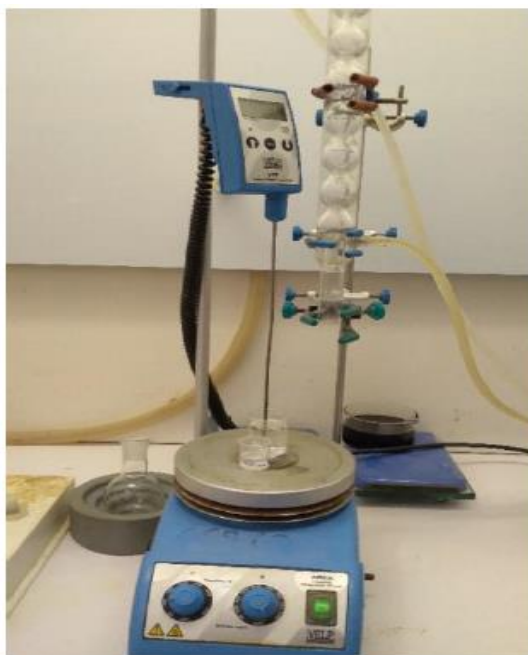
❖ Principe :

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.

❖ 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 24 : Les étapes de méthylation et d'identification d'huile d'arachide par CPG/FID
(Photos pers, 2021)

III.7.2. 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;
- ☐ 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 25 : Chromatographie en phase gazeuse (PHOTO PERS.2021).

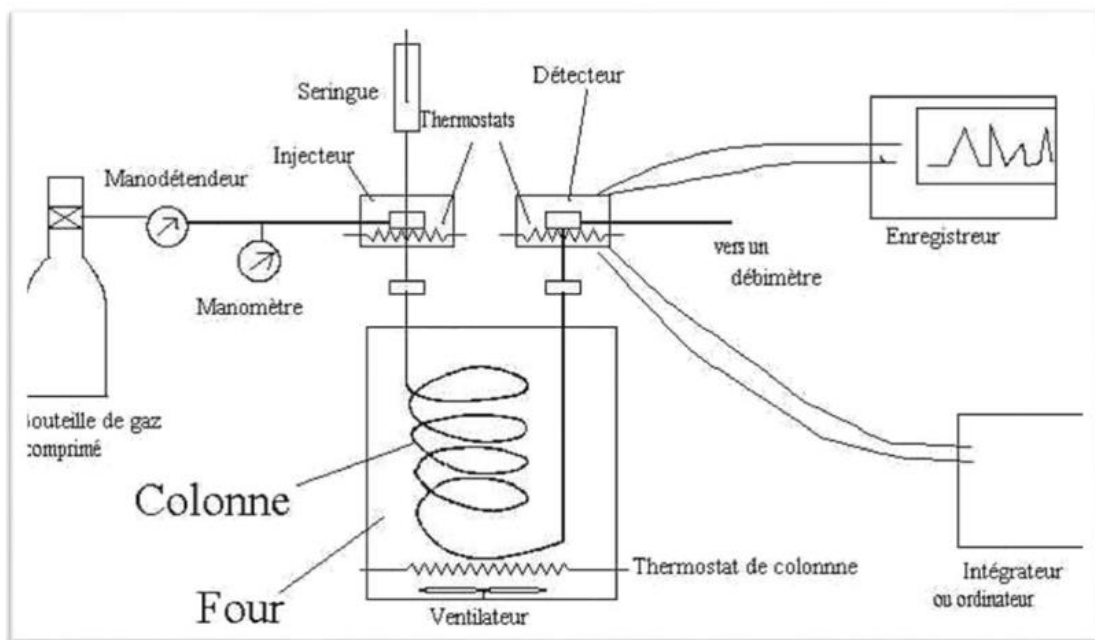


Figure 26 : Description d'une chromatographie en phase gazeuse (CPG).
(www.futura-sciences.com)

CHAPITRE IV

RESULTATS ET DISCUSSION

Chapitre IV : RESULTATS ET DISCUSSION

Dans la carte de cette étude, nous nous sommes intéressés à l'analyse physico-chimique de l'huile d'arachide, ainsi que leur caractérisation phytochimique en vue de comparer ces indices déterminés avec les normes internationales, au même temps nous voulions déterminer les différents acides gras que contient cette huile examinée.

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

La teneur en matière grasse des graines d'arachide (*Arachis hypogea* L.) a été calculée sur la base de trois extractions. Les pourcentages de rendement d'huile végétale sont regroupés dans le tableau suivant (Tableau 11).

Tableau 11-Rendement de l'huile d'arachide par soxhlet

Solvant	Temps d'extraction	Rendement %		
		L'extraction		
Hexane	2 heures	1	38.40%	Moyenne 38.80%
		2	39.20%	
		3	38.80%	

D'après les résultats obtenus, on constate que la durée de deux (2) heures était suffisante pour un bon épuisement des graines et une meilleure extraction de l'huile par la méthode de soxhlet. Les graines d'arachide ont fourni un taux de rendement moyen d'environ 40.83 %.

Ce résultat concorde avec celui trouvé par (DAVIS et al. 2008) qui ont dévoilé la teneur en huile des arachides extraites par Soxhlet entre 40 et 50 %. Ainsi notre résultat est en accord avec ceux rapportés par (SEBEI et al., 2011) qui ont décernés que la teneur en huile des graines d'arachides en Tunisie ne dépasse pas les 48%. Le rendement obtenu montre que les graines d'arachide sont riches en matière grasse (huile).

Selon RAKOTOARIMANANA en 2010, les graines d'arachide fournissent 42 à 56% d'huile. Ce qui a permis à l'arachide de se classer parmi les oléagineux les plus intéressants à exploiter dans l'agriculture comme source de matière grasse.

IV.2. Caractéristiques physico-chimiques de l'huile d'arachide :

L'huile d'arachide obtenue est soumise à un examen physico-chimique afin d'identifier leurs indices de qualité et pureté en comparaison à la norme officielle (Codex Alimentarius, 1983).

Chapitre IV : RESULTATS ET DISCUSSION

IV.2.1 Caractéristiques physiques :

Les résultats obtenus pour la densité relative et l'indice de réfraction de l'huile d'arachide sont présentés dans le tableau 12 :

Tableau 12- Résultats caractères physiques de l'huile d'arachide

Paramètres	Résultats	Normes	Spécification
DENSITE RELATIVE 20°C/Eau	0.912	CODEX STAND 33-1981.2015 COI/T.15/NC n3/Rev.8	0.910-0.916
INDICE DE REFRACTUON A 20C	1.471	CODEX STAND 33-1981.2015 COI/T.15/NC n3/Rev.8	1.467-1.470

IV.2.1.1. La densité relative :

La détermination de la densité d'une huile nous renseigne sur sa pureté. Elle est fonction de la composition chimique des huiles et de la température. **(KARLESKIND, 1992)**. La densité de l'huile est mesurée à une température de 20°C. Le résultat obtenu montre que la densité de l'huile d'arachide est de **0.912**. Cette valeur est très voisine et conforme à la norme établie par **Codex Alimentarius**.

IV.2.1.2. L'indice de réfraction :

L'indice de réfraction est considéré comme un critère de pureté de l'huile. Il varie en fonction de son insaturation. La valeur obtenue (**1,471**) comme indice de réfraction de l'huile d'arachide examinée est conforme aux normes établies par **(Codex Alimentarius, 1993)**.

IV.2.2. Caractéristiques chimiques :

Les résultats obtenus pour les caractères chimiques de l'huile végétale d'arachide sont regroupés dans le **tableau -13-**

TABLEAU 13-Résultats indices chimiques huile arachide

Paramètres	Résultats	Normes
Indice d'iode	77.87	86-107
Indice d'acide	3.34	4
Indice de saponification	188.32	187-195
Indice d'ester	11.4	Max 15eqO ² actif /Kg huile
Indice de peroxyde	189.159	183-191

IV.2.2.1. 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 (**Wolff, 1968**).

Le résultat obtenu de l'indice d'iode de l'huile d'arachide est de l'ordre de 77.87 (mg I₂/100g d'huile). Cette valeur est relativement inférieure à celle fournie par la norme Codex Alimentarius. Cette faible valeur d'indice d'iode peut être due à une éventuelle oxydation des acides gras insaturés.

IV.2.2.2 Indice d'acide (ISO 660 Deuxième édition 15-05-1996) :

L'indice d'acide est un critère de qualité de l'huile. Il permet de déterminer la teneur en acide gras libres, la stabilité et la pureté de l'huile.

La valeur d'indice d'acide obtenue de l'huile est conforme à la norme du " CODEX STAND. 210-1999 ". L'indice d'acide qui mesure la quantité d'acides gras libres résultant des réactions hydrolytiques des triglycérides est un critère de qualité permettant de rendre compte de l'état de conservation d'une huile ; une huile de bonne qualité doit présenter une acidité faible ou nulle. (**FAO/OMS.1999**).

On peut conclure que l'huile végétale étudiée a un indice d'acide faible et, selon le Codex Alimentarius, une huile de bonne qualité doit avoir un indice d'acide faible car il contribue à lui donner une forte stabilité face à l'oxydation.

D'après (**Demian MJ 1990**), l'indice acide est utilisé pour mesurer le niveau de dégradation des triglycérides de l'huile par les lipases ou par d'autres actions (lumière, chaleur...) et que sa détermination est utilisée pour indiquer la qualité de l'huile. L'indice acide de l'huile d'arachide obtenu est de 2,2. Cette valeur respecte les normes du Codex Alimentarius. Les acides gras des huiles déterminent majoritairement leurs propriétés physico-chimiques.

Chapitre IV : RESULTATS ET DISCUSSION

IV.2.2.3. 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 (**LION, 1955**).

La valeur obtenue de l'indice de saponification pour l'huile d'arachide examinée est de l'ordre de 188.32 (mg KOH/g d'huile. Cette valeur est conforme aux valeurs établies par **Codex Alimentarius**.

IV.2.2.4. Indice d'ester :

Des deux indices (l'indice de saponification et l'indice d'acide), nous pourrions déduire l'indice d'ester de cette huile. Cet indice est utilisé pour connaître la longueur des chaînes carbonées des acides gras et évaluer la masse molaire des esters présents dans notre huile. Pour l'huile examinée d'arachide le résultat obtenu est compris dans l'intervalle cité par la norme **Codex Alimentarius**.

III.2.2.5. 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. (**CHIMI, 2005**).

Les normes du Codex Alimentarius (2003) 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. (**TARNAGDA Isidore 2016**.)

Le résultat obtenu (11.4meq d'oxygène actif /Kg d'huile) montre que l'indice de peroxyde de cet échantillon est inférieur à la valeur exigée par la norme de **Codex Alimentarius** (Max 15meq d'oxygène actif /Kg d'huile) ce qui signifie que cette huile n'est pas oxydée, alors elle est de bonne qualité.

IV.3. Analyse phytochimique

Les résultats du screening chimique obtenus sur les graines d'*Arachis hypogea* L sont regroupés dans le tableau suivant :(**tableau 14**)

Tableau -14- Screening chimique des graines d'arachide

Echantillon			Arachide
Groupes chimiques			
Composés Phénoliques	Tanins	Catechique	+
		Gallique	-
	Flavonoïdes		+
Composés Azotes	Alcaloïdes		-
Stéroïdes et terpenoides	Stérols		-
	Triterpènes		-
	Saponosides		-
Autres composés	Composés réducteurs		+

Le criblage phytochimique réalisé par la méthode de réaction colorée a révélé une réaction faiblement positive pour les composés phénoliques (tanins, flavonoïdes), les composés réducteurs dans les graines d'arachide. Néanmoins, nous notons l'absence des Stéroïdes ; composés azotés (alcaloïdes) et terpénoides (stérols, triterpènes et saponosides).

Nos résultats concordent avec ceux déterminés par (BIMAKR et al., 2012) qui ont démontré la présence des composés phénoliques dans les graines d'arachides en Tunisie dont le taux révélé est de (2,1 mg / g).

A la lumière des résultats obtenus on peut mettre en évidence la richesse en principes actifs de graines d'arachide de la région d'El-oued en composés phénoliques (tanins, flavonoïdes) et composés réducteurs qui sont doués de propriétés pharmacologiques intéressantes. Cette abondance en principes actifs confère à la plante examinée des propriétés remarquables, ce qui pourrait justifier ses multiples indications thérapeutiques et pour lesquelles elle est utilisée en tradithérapie. Ce qui confère l'usage médical à notre huile en effet ils ont dévoilé les niveaux élevés d'antioxydants poly-phénoliques qui aident à éliminer les radicaux libres, qui provoquent des maladies chroniques telles que le cancer, le vieillissement et la maladie d'Alzheimer.

IV.4. 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 -15-** et **Figure- 27-**

Chapitre IV : RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats obtenus pour l'échantillon étudié montrent que la composition en acides gras de l'huile d'arachide analysée répond aux normes fixées par le Conseil Oléicole International (**Conseil Oléicole International, 2009**). Cette composition acide est variable. Le chromatographe suivant (figure 16) obtenu lors de la détermination des acides gras de l'huile végétale d'arachide montre En effet, le pourcentage de l'acide linoléique où cet acide gras (C18 :2 oméga-6), acide gras polyinsaturé (AGPI), est majoritaire de l'ordre de 33.73 % suivi par l'acide oléique (C18 :1) avec un pourcentage de 33 % où cet acide gras, principal représentant des acides gras monoinsaturés (AGMI), majoritaire pour l'échantillon étudié. Alors que le principal acide gras saturé (AGS) est présenté par l'acide palmitique (C16 :0) avec un taux de 9,34 %. A côté de ces acides gras on note aussi la présence de différents autres acides gras de pourcentages différents qui varient entre 0,01 à 2 ,69 % tels : (C14 :0, C18 :0, C20 :0), (C16 :1, C17 :1, C20 :1) et (C18 :3, C20 :3, C20 :5). Dans cette étude on doit signaler à la présence de l'omega-3 au niveau de l'acide gras C20 :5 n-3 en petite concentration de 0.11% qui entrent dans la composition de lipides de l'huile d'arachide étudiée auprès de omega-6 qui sont tous les deux considérés comme des acides gras essentiels.

La **figure -28** présente le chromatogramme obtenu lors de la détermination des acides gras de l'huile étudiée par la chromatographie en phase gazeuse. Il présente cinq grands pics de temps de rétention (en minutes) respectifs : 16.04, 20.23, 21.35, 24.45 et 32.49 correspondent respectivement aux acides gras majoritaires qui sont l'acide palmitique (C16 :0), l'acide oléique (C18 :1), l'acide linoléique (C18 :2), l'acide arachidique (C20 :0), l'acide lignocérique (C24 :0).

TABLEAU-15- Principaux acides gras obtenus par CPG dans l'huile végétale examinée.

Acides gras	Concentration (%)	Dénomination	Formule
C16 :0	9.34	Acide palmitique	C ₁₆ H ₃₂ O ₂
C20 : 0	2.02	Acide arachidique	C ₂₀ H ₄₀ O ₂
C23 : 0	2.15	Acide tricosylique	C ₂₃ H ₄₆ O ₂
C24 : 0	2.68	Acide lignocérique	C ₂₄ H ₄₈ O ₂
C18 : 1	33.00	Acide oléique	C ₁₈ H ₃₄ O ₂
C20 ; 1	0.73	Acide eicosénoïque	C ₂₀ H ₃₈ O ₂
C18 : 2	33.73	Acide linoléique	C ₁₈ H ₃₂ O ₂

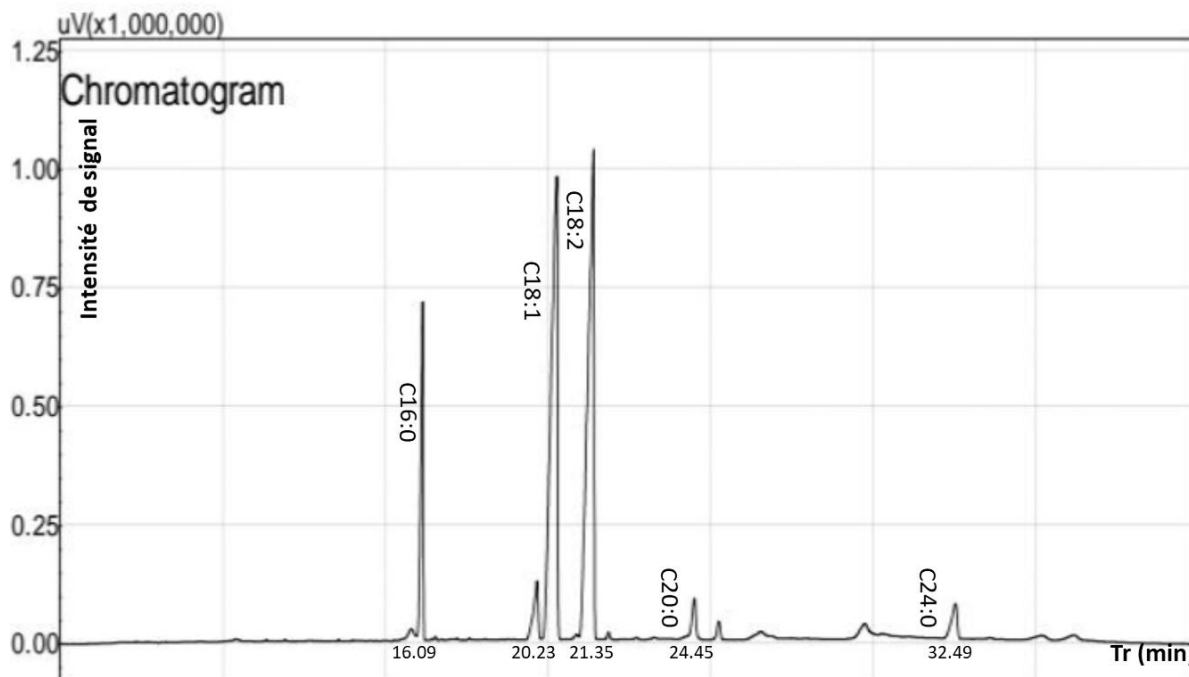


Figure 27 - Chromatogramme de principaux composés chimiques (%) de l'huile végétale de graines d'arachides analysée par CPG/FID

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

- Acides gras polyinsaturés (AGPI) avec un taux de 37%
- Acides gras monoinsaturés (AGMI) avec un taux total de 34%
- Acides gras saturés (AGS) avec un taux total de 16,5 %.

Cette chromatographie nous a permis d'obtenir une concentration totale en acides gras de 87.5% qui exprime des résultats similaires dans différentes études effectuées antérieurement sur l'huile d'arachide.

Dans une étude faite pour 100 g d'huile d'arachide en provenance d'Amérique du Sud, on a en moyenne :

- Acides gras monoinsaturés : 39 g (essentiellement de l'acide oléique)
 - Acides gras essentiels Oméga-6 : 38 g.
 - Acides gras saturés : 23 g (palmitique, stéarique, béhénique, arachidique.
 - Moins de 0.1 g d'acides gras essentiels (Omega3).
 - 17 mg de vitamine E (antioxydant majeur, la vitamine E protège la membrane qui entoure les cellules du corps, en particulier les globules rouges et les globules blancs).
- (www.COREKA.fr)

En outre dans une étude aussi effectuée par (**KRIS et al., 1999**) sur la composition en acides gras de l'huile d'arachide dévoile qu'elle est composée surtout d'acides gras insaturés, plus de 75% dont les prédominants sont : l'acide gras monoinsaturés (essentiellement et l'acide oléique)

Chapitre IV : RESULTATS ET DISCUSSION

(48%) et l'acide gras essentiel linoléique (oméga6) : (34%). Elle contient également des acides gras saturés : 18 %. Cette proportion d'acides gras de l'huile d'arachide est nutritionnellement similaire à l'huile d'olive, riche en acides gras monoinsaturés, dominée par l'acide oléique (C18 :1n-9).

Bienfaits des oméga 6 pour la peau, le cholestérol ...

*Les oméga 6 sont des acides gras essentiels à notre organisme, consommés dans les bonnes proportions.

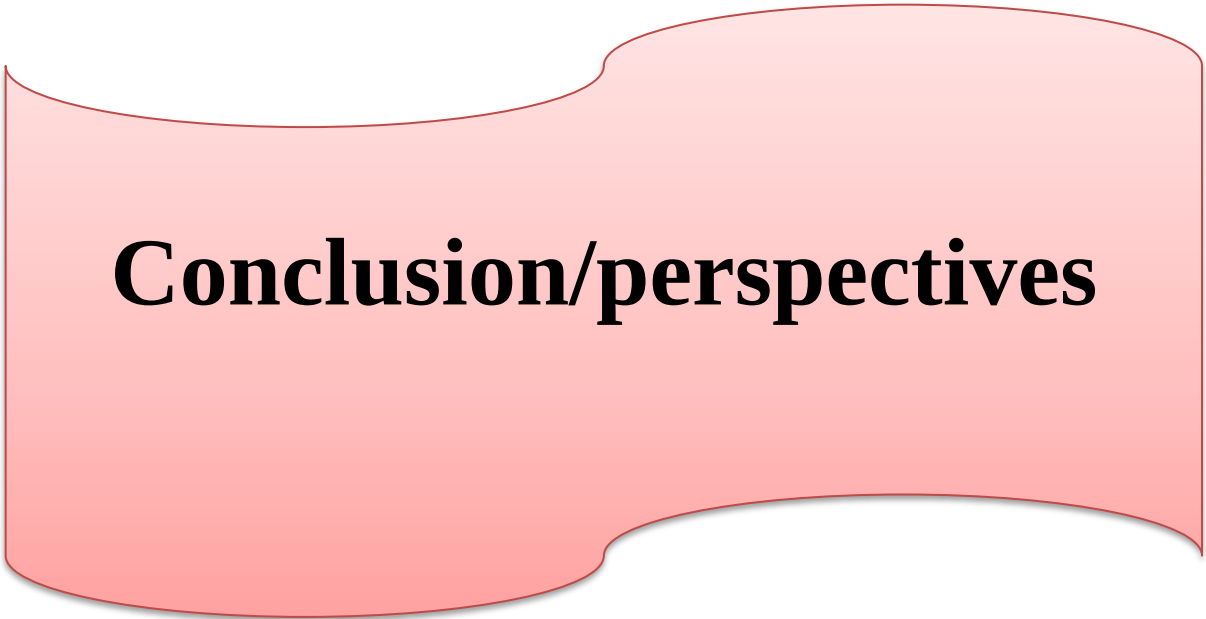
*Les oméga 6 aident à faire baisser le cholestérol (LDL-cholestérol, considéré comme "le mauvais") et réduisent ainsi le risque de maladies cardiovasculaires.

*Ils participent à la diminution de la pression artérielle.

*Ils contribuent à la synthèse de plusieurs molécules (prostaglandine E2, thromboxane A2 et leucotriène B4) jouant un rôle de médiateur dans les réponses inflammatoires et immunitaires.

*Ils aident à maintenir la fonction "barrière" de la peau contre les toxines et facilite notamment le passage de nutriments dans l'épiderme.

*les oméga 6 sont pro-inflammatoires et peuvent perturber la santé intestinale. (www.JOURNALDESFEMMES.fr)



Conclusion/perspectives

Conclusion/perspective

L'objectif de ce travail consiste à déterminer principalement les caractères physicochimiques et la composition en acides gras de l'huile de graines d'arachide de la région du Souf (W. D'El oued).

En premier lieu, nous sommes parvenus à optimiser le rendement en matière grasse (huile) des graines d'arachide, en extraction de l'huile par la méthode de soxhlet en utilisant l'hexane comme solvant. Ces graines donnent un rendement **très important** d'environ (38 ,80%) de matière grasse, ce qui confère à ces graines d'être considérées comme une source potentielle d'huile.

Les analyses des indices de qualités physicochimiques (indice d'iode, indice d'acide, indice de peroxyde, indice de saponification, indice d'ester et indice de réfraction ainsi que la densité relative) de l'huile examinée présentent des résultats qui répondent aux normes exigées par le **“CODEX STAN 210-1999 “**

Sur le plan des caractéristiques physiques de cette huile (densité relative et indice de réfraction), on note que ces indices sont conformes à la norme de Codex STAND., elle peut être donc considérée comme une huile pure exempt des impuretés.

L'étude des caractéristiques chimiques de cette huile montre que :

- La valeur de l'indice d'acide du produit examiné est inférieure à celle établie par Codex STAND., ce qui signifie que cette huile étudiée est douée d'une bonne qualité.

- L'indice de saponification et l'indice d'ester qui nous renseignent sur la longueur de la chaîne carbonée des acides gras de cet échantillon est compris dans l'intervalle exigé par la norme Codex STAND.

- L'indice de peroxyde obtenu répond conformément à la norme exigée et donc confère à cette huile une bonne qualité vis-à-vis de l'oxydation qui constitue un facteur essentiel de déterminer le rancissement des huiles, alors que l'indice d'iode n'est pas conforme aux valeurs décrites par **Codex STAND.**, ceci peut être aux conditions de récoltes et post récoltes des graines d'arachide car ce produit végétal est sensible à l'oxydation (**www.FAO.org**).

L'analyse du criblage phytochimique a mis en évidence une richesse en molécules bioactives notamment les flavonoïdes, les tanins et les composés réducteurs. Néanmoins, nous notons l'absence des stéroïdes, composés azotés (alcaloïdes) et terpénoides (stérols, triterpènes et saponosides). Ces composés suscitent un grand intérêt de par leurs nombreux effets bénéfiques pour la santé. Certains d'entre eux sont également utilisés comme *additifs* dans les aliments, les produits pharmaceutiques et cosmétiques.

L'analyse de la composition chimique de cette huile d'arachide extraite par chromatographie en phase gazeuse (CPG-FID) a révélé la présence de différents types d'acides gras : elle est

Conclusion/perspective

riche en acides gras polyinsaturés (AGPI) (C18 :2/ C18 :3) du pourcentage total de 37 % et des acides gras monoinsaturés AGMI (C18 :1/ C20 :1/ C16 :1) du pourcentage total de 34%. Aussi on note la présence des acides gras saturés (C16 :0/ C20 :0/ C23 :0/ C24 :0 C18 :0) du pourcentage total de 16.50%.

Donc , à la lumière des résultats obtenus de cette étude menée sur la caractérisation physicochimique et composition en acides gras graines d'arachides : *Arachis hypogea* L. de la wilaya d'El Oued , on peut déduire que l'huile végétale de ces graines d'arachide est une huile de bonne qualité en terme de ses indices physicochimiques conformes et de sa richesse en acides gras essentiels indispensables à l'organisme tel l'acide gras linoléique C18 :2 Omega-6 qui , avec l'Omega -3 constituent un **pont nutritionnel** dans le maintien du taux de cholestérol et réduire les risques de troubles cardiovasculaires . Pour ceci, nous devons conserver des bonnes proportions alimentaires afin de parvenir à un ratio équilibre de quatre à six entre **Omega-6** et **Omega-3**.

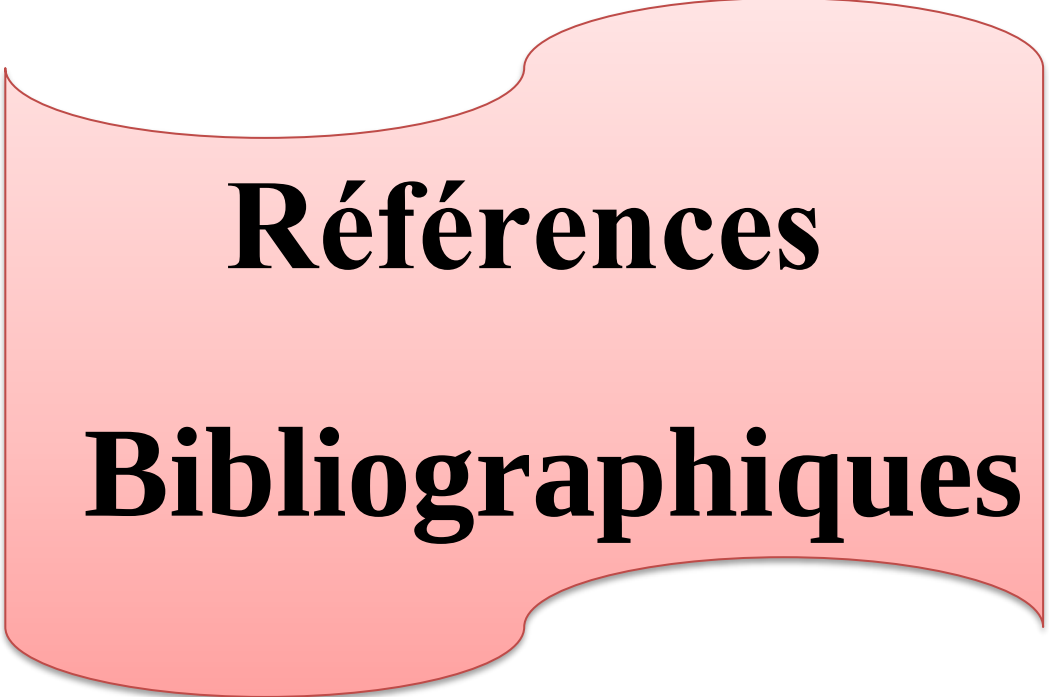
A la fin de ce travail , nous souhaitons que cette étude puisse contribuer à attirer l'attention des responsables de la santé comme les producteurs de l'industrie agro-alimentaire sur la capacité du notre pays de disposer d'une gamme des produits pouvant servir à la production d'huile et de définir des normes de fabrication, de conditionnement et de conservation de ces huiles qui peuvent former une ressource économique vu le progrès réalisé dans l'**agriculture** de ce produit végétal au niveau national et en particulier au niveau de la wilaya d'El oued ou elle a été réalisé une récolte de plus de 120.000 quintaux d'arachides au titre de la campagne de cueillette de la saison 2018/2019 avec une quote-part de 70% de la production nationale sur une superficie de 4.000 ha.(**WWW.APS** .Publié le 02/05/2019)

En perspective, nous proposons :

- * L'approfondissement des connaissances sur l'huile d'arachide afin d'optimiser l'utilisation ultérieure de produit végétal dans l'industrie agroalimentaire ;
- * D'effectuer d'autres analyses, telle que la composition des alcaloïdes et stérols, et déterminer ses composés poly-phénoliques afin de cerner l'effet thérapeutique vis-à-vis des maladies chroniques ;
- * Pour couvrir ses besoins journaliers en oméga 6, il est intéressant de mélanger huile d'arachides riche en oméga 6 et 9 avec huile d'olive ou colza riches en oméga 3 qu'on peut utiliser pour cuire la viande, les légumes ou assaisonner les salades et crudités ;

Conclusion/perspective

* Préparation de petits emballages peut également encourager une consommation rapide une fois ouverte et éviter une oxydation éventuelle de l'huile.



Références

Bibliographiques

Références

1. **ABDOUL HABOU Z., 2003** : effets de la qualité de semences sur la production de l'arachide au Sénégal. Mémoire pour obtenue de diplôme d'Ingénieur Agronome. Sénégal. ENSA. 59 p.
2. **ADAMS, R.P.; 2001**: Identification of Essential oil components by chromatography/Quadrupole Mass spectroscopy. Allured publishing corps. Carol stream (III, USA).
3. **AH-LEUNG S., BERNARD H., DRUMARE M.F., MONDOULET L., PATY E., SCHEINMANN P., WAL J.M.,** December 2003: Influence des proceeds thermiques sur l'allergénicité de l'arachidie. Revue Française d'Allergologie et d'Immunologie Clinique. Volume 43 (8): 486-491.
4. **AKBA O, BAYSAL A, ERDOGAN S, HAMAMCI C, KAYA C, SAYDUT A., 2008**: Methyl ester of peanut (*Arachis hypogea* L.) seed oil as a potential feedstock for biodiesel production. Renewable Energy. 34(2009). 1257–1260.
5. **ALAIS C., 2008** : Biochimie alimentaire. 5ème édition. Bunod. Paris. P250.
6. **ALAIS C., LINDENG, 1997** : Lipides, Vitamines in Abrégé de biochimie alimentaire. Ed : Masson, Paris : P70-112.
7. **AMADOU M.B.S., 2005** : étude de la phytochimie et des activités biologiques de concrétions. Pour obtenir le grade de Docteur en Pharmacie. Université de Bamako. P124.
8. Analyse des lipides Extraction. Paramètres physico-chimiques.
9. **ASSIS JACQUES R., DOS SANTOS FREITAS L.,** Flores Perez V., Dariva C., de
10. **BELAID D., 2015** : La production d'oléagineux en Algérie. P2.
11. **BENSEGHIR Kaddour, KHAMED Oussama., 2014** *Huiles Alimentaire de graines Pinus pinea Extraction et Caractérisation physique-chimique (Mémoire de Master, Université de Ouargla)*
12. **BIDAT E., MULLER M.H., JUST J., AND A., GRIMFEL D., 2003** : Allergie à l'arachide, la cacahuète est-elle dangereuse. Revue Française d'Allergologie et d'Immunologie Clinique. Volume 43. Issue 8. Pages 524-526.
13. **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
14. **BRISSON G.J., 1982** : In : « Corps gras alimentaires et autres composés lipidiques : La signification des mots ». Lipides et nutrition humaine. Ed : Les presses de l'université laval. P10-12.

Références

15. CEEMAT. Ministère de la Coopération et Développement. Paris.529p.
16. CETIOM., 2008 : Monde. Huiles végétales. Production.
17. CHEKROUN N., 2013 : Détermination de la capacité antioxydante des huiles végétales : Huile Afia. Master en chimie. Université ABB Tlemcen. 67P.
18. Chem., vol. 8, no 13, 2008, p. 1429-1440 (DOI 10.2174/138955708786369564).
19. CHEMAT F., 2011 : Eco-extraction du végétal procédés innovants et solvants alternatifs. Dunod, Paris p. 193.
20. CHIMI H. RAHMANI, CILLARD J, CILLARD P. 1990 : Auto-Oxydation Des Huiles D'olives : Rôle Des Composes Phénoliques.
21. CLEMENT J.M., 1981 : Larousse agricole. Edition Librairie Larousse. Paris.
22. CMOLIK J., POKORNY J., DOLEZAL M., 2007: Svobodaz. Geometrical isomerization of polyunsaturated fatty acids in physically refined raspessed oil during plante_scale deodorization. Eur J Lipid Scitechnol 2007 ; 109 : P 656_662.
23. Codex Alimentarius : Fats, Oils and Related Products - FAO, Rome (1993)
24. Constituants majeurs(Véronique OLLIVIER, Denis OLLIVIER, et Jacques ARTAUD).
25. CUVELIER C., 2004 : Cabaraux J.F ; Du Frasné I ; Hornick J.L ; Istassel. Acides gras : nomenclature et sources alimentaires, P 134.
26. DEBBABIE A.H., SHAFCHAK S.D., 2008 : Production des produits du champ. Edition Dar el fekre El Arabie, Egypt. 594 p.
27. DEMIAN MJ (1990). Principles of Food Chemistry. 2nd Ed. Van Nostrand Reinhold International Company Limited, London England pp 37-38
28. DENIS J. Le raffinage des corps gras. Edition Westhoek, 1983.
29. DENISE J., Raffinage des corps gras. Edition westhock, les éditions effrois, 1992.
30. DESPIAU C. Les solvants d'extraction : Deux aspects technologiques et économiques. Incidences sur le choix du solvant. Revue française de corps gras, Paris, 1978, vol 25, n°1, pp. 7 – 9.
31. DJADOUN S., 2012 : Influence de l'hexane acidifié sur l'extraction de l'huile de grignon d'olive assistée par micro-ondes. Mémoire de magister en chimie de l'environnement. Université de Tizi-Ouzou. P9-10.
32. FAO, OMS, 1999 : « Norme codex pour les huiles végétales portant un nom spécifique », Codex STAN 210-.
33. FAO ; 2014:Ministère de l'agriculture,.

Références

34. **FAOSTAT 2015** : La base de données statistique de l'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.
35. **FAUR L.** Influence des traitements de Raffinage et de transformation sur la qualité et la stabilité des corps gras. Rev. Fr. des corps gras, 1989, Vol. 36, N° 3, pp.155-170.
36. **FAURIE C., FERRA Ch., MEDORI P., DEVAUX J., 1980** : Ecologie – Approche Flavonoïdes Naturels.thèse doctorat. Université Mentouri Monstantine. 125p.
37. **FERGUSON, M.E., A. JARVIS, H.T. STALKER, D.E. WILLIAMS, L.**
38. Figueiredo, Poliane Folador, Rosangela Guollo Damazio, Moacir Geraldo Pizzolatti, Fátima
39. **FONCEKA D., 2010** ; Elargissement de la base génétique de l'arachide cultivée (*Arachis hypogaea*) : Application pour la construction de populations, d'identification de QTL et l'amélioration de l'espèce cultivée ; Thèse de Doctorat ; Biologie Intégrative des plantes ; Sibagne ; Montpellier SupAgro ; 106 P.
40. **FORMO, M.W., 1979**: Physical properties of fats and fatty acids in Bailey's Industrial Oil and Fat Products, Vol.1 (ed.D.Swern), 4 th edn, John Wiley & Sons, Inc., New York, P177-232.
41. **FRANKEL EN., 1998**: Lipid oxidation, Ed: The oily press, Dundee, UK (1988).
42. **FRENOT M. et VIERLING E., 2001** : Biochimie des aliments diététique du sujet bien portant. ED : Doin éditeurs, centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine. Bordeaux. France. P297.
43. **FULLBROOK P.D.,** The use of enzymes in the processing of oil seeds J.A.O.C.S.1983, Vol .60, N°2, Février, pp. 476-479.
44. **GUARINO, J.F. VALLS, R.N. PITTMAN, C.E. SIMPSON, AND P.J. BRAMEL. 2005**: Biogeography of wild *Arachis* (Leguminosae): distribution and environmental characterisation. Biodiversity and Conservation 14: 1777-1798.
45. **GUESNET P ; ALESSANDRI J.M., ASTORG P., PIFFERI F., LAVIALLE M., 2005** : Les rôles physiologiques majeurs exercés par les acides gras polyinsaturés (AGPI). OCL 12 : P333-343.
46. **HERNÁNDEZ D., ALEXANDER-AGUILERA A., VILLALBA A., SOTO-RODRÍGUEZ I., GARCÍA HS., 2010** : Effet de l'acide linoléique conjugué sur la graisse corporelle, le facteur de nécrose tumorale alpha et la résistine sécrétion chez des rats spontanément hypertendus. Prostaglandines, leucotriènes et acides gras essentiels. Volume 82. 105-109.

Références

47. **HUBERT P., 2000** : (ING. D'Agronomie) ; Fiche technique d'agriculture spéciale.
48. **IBRA F., 1988** : L'arachide. Grand prix du président de la république pour les sciences et les technologies. P300.
49. **IBRA Fall 1988** : L'arachide, grand prix du président de la république pour les sciences et les technologies, 300 pages.
50. **J. ADRIAN et R. JACQUOT, 1968** : « Valeur alimentaire de l'arachide et de ses dérivés », Edition G.P. MAISONNEUVE & LAROSE, Paris.
51. **JACQUES E., Xavier Pagès-Xatart-Pares2, CHRISTIAN A., ODILE M., 2007** : Procédés d'obtention et compositions nutritionnelles des huiles de tournesol, olive et colza
52. **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.
53. Julie A Ross 1, Christine M Kasum, « Dietary flavonoids : bioavailability, metabolic effects and safety », *Ann. Review Nut.*, vol. 22, no 1, 2002, p. 19-34 (DOI 10.1146/annurev.nutr.22.111401.144957).
54. **KANDJI N., 2001** : Etude de la composition chimique et de la qualité d'huile végétales artisanale consommées au Sénégal. Docteur en pharmacie Université Cheik Anta Diop de Dakar. P68.
55. **KAPSEU C., 2009** : Production, analyse et applications des huiles végétales en Afrique. P215-222.
56. **KARLESKIND A., 1992** : Manuel des corps gras. Edition : Lavoisier Tec et Doc, Tome 1 et 2, Paris, 1992.
57. **KARLESKIND A., 1992**. Propriétés des corps gras : Manuel des corps gras, Lavoisier, Paris. ISBN 2-85206-662-9. P.12-131.
58. **KARLESKIND, A., 1996**, Oils and fats manual Vol. 1, Lavoisier TEC & DOC, Paris
59. **KNODEN J. DUFOUR LC. BINDELLE J., 2011** : Fabrication de beurre de cacahuète. Version provisoire. Collection « Manuels techniques ». P3-4.
60. **KRIS E., PENNY M., PEARSON T.A., WAN Y., REBECCA L., MORIARTY K., FISHELL., ETHERTON T.D., 1999** : Haut-monounsaturés régimes d'acides gras abaissent le cholestérol et triacylglycérol concentrations plasmatiques. *American Journal of Clinical Nutrition*, Décembre. vol. 70. No. 6. p. 1009-1015.
61. **Lion**, Travaux pratiques de chimie organique. Ed. Dunod, Paris 1955.
62. **MARTY, 2005** : De la graine au pot d'échappement ; les huiles végétales un carburant vert

Références

63. **MERCOLA J., 1997**: peanut oil: is it good for cooking? revolutionizing health. Call toll:877-985-2695.
64. metabolic effects and safety », *Ann. Review Nut.*, vol. 22, no 1, 2002, p. 19-34
65. Mode opératoire utilisé par CEVITAL avec la norme (ISO 3961 Troisième édition 01-06-1996)
66. **MORIN O ; et PAGES-XATART-PARES, 2012** : Huiles et corps gras végétaux : ressources fonctionnelles et intérêt nutritionnel. OCL, 19 (2) : P 63-64.
67. **NOVELLO C., SANTAMARIA C., 2005** : L'allergie alimentaire. Thèse magister. Université Paris XII – Val de Marne. Paris. 32 p.
68. NTARE B. R., 2007 ; *Arachis hypogaea L.* ; in VOSSEN V. D., H.A.M. & MKAMILO G.S. (Editeurs) ; PROTA 14 Vegetable oils/Oléagineux ; [CD-Rom] ; PROTA P.O. Box 341, 6700 AH Wageningen, Pays Bas.
69. **OBERGFOLL H-M.** The use of enzymes in the extraction of olive oil. *Oléagineux, Corps Gras, Lipides.* 1997, Volume 4, Numéro 1, pp. 35-7.
70. Oliveira A.P., de Oliveira J.V., Bastos Caramao E. The use of ultrasound in the extraction of *Ilex paraguariensis* leaves: A comparison: with maceration. *Ultrasonic Sonochemistry*, 2007, Volume 14, Issue 1, pp. 6-12.
71. **ORNELLA Z., 2009** : Fonctionnalisation et photopolymérisation de l'huile de lin en vue de l'élaboration de nouveaux matériaux sans émission de composés organiques volatils (COV) Thèse de doctorat de l'INSA de Rouen, Spécialité : Chimie macromoléculaire, Ecole Doctorale Normande de Chimie.
- 72.
- PATRICK R., 2008** : Guide technique pour une utilisation énergétique des huiles végétales. Coordonnateur. Brasília : Cirad. 288p.
73. **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.
74. **PROLEA. 2014** : De la production à la consommation France-Europe-Monde Statistiques des oléagineux & protéagineux 2014-2015.
75. **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.

Références

76. **RAOBINARISON E. ; 1970** ; L'arachide ; Fiche Technique ; Service de l'Enseignement et de la formation Agricoles de la république malgache ; Agence du BDPA Madagascar ; 36 P.
77. **Regina Mena Barreto Silva**, « Flavonoids: prospective drug candidates », *Mini rev. med.*
78. **SCHILLING R., 1996** : L'arachide en Afrique tropicale. Maisonneuve et Larousse. 171p. P15-30 et 142-146.
79. **SCHILLING R ; 2003** ; L'arachide : Histoire et perspectives ; Résumé de la conférence donnée à Agro polis Museum ; [en ligne] ; Consulté le 10/07/2017 ; disponible sur <http://museum.agropolis.fr>
80. **SEBEI KH., GNOUMA A., HERCHI W., SAKOUHI F., BOUKHCHINA S., 2011** : Lipides, protéines, composition phénolique, antioxydantes et antibactériennes activités de semences d'arachides (*Arachis hypogaea* L) cultivées en Tunisie. Un Laboratoire de Biochimie des Lipides et Interactions avec Les macromolécules, Faculté des Sciences de Tunis, Université de Tunis-El-Manar. Tunisie. Journal de biologie végétale. Volume 50, Numéro 4, 447- 454.
81. **SEGHIER Y. et BENAHMED L., 2014** : Raffinage de l'huile de soja et élimination des acides gras libres au niveau de l'usine de « Afia » Mémoire de Projet de Fin d'Etude pour l'obtention du diplôme de Master en Génie des Procédés.
82. **SIRET C., 2004** : Les composants chimiques des produits alimentaires. Dans Techniques de l'ingénieur, traité de Génie des procédés. F 1010. P19.
83. **SOLINAS M., 1992** Les principes d'extraction de l'huile d'olives. Rev. Olivae, N°42, pp : 31-35.
84. **TARNAGDA Isidore 2016)** Contrôle de la qualité physico-chimique et sanitaire des huiles alimentaires commercialisées dans la ville de Ouagadougou.
85. **TASAN M., DEMIRCI M.** Total and individual tocopherol contents of sunflower oil at different steps of refining. European Food Research and Technology, 2005, Volume 220, Numbers 3-4. pp. 251-254.
86. **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.
87. **TREASE E; ET EVANS W.C., 1987**: Pharmacognosie, Billiaire Tindall. London 13th Edition. P 61-62. In KARUMI Y, ONYAYILI PA et OGUGDUAJA VO., 2004- Identification des principaux actifs de l'extrait de feuilles de *M. balsamia* (Baume du pomme). Journal of Medicine and scintific. 4(3), 179-182. Nigeria. ISSN 1682- 4474.

Références

88. TREMOLIERES J, SERVILE Y, JACQUOT R, DUPUN H , (1980) Manuel d'alimentation humaine. Tome 1 : les bases d'alimentation Ed : E.S.F. Paris. P 553.
89. UZZAN A., 1992 : Olive et huile d'olive. In « Manuel des corps gras » Karleskind A. Tome1.Ed : Lavoisier. Paris, p 221-228. (1992)
90. VERLEYEN T., FORCADES M., VERHE R., DEWETTINCK K., HUYGHEBAERT A. ET DE GREYT W. *Analysis of free and esterified sterols in vegetable oils*. Journal of the American Oil Chemists' Society, 2002, Volume 79, Number 2, pp .117-122.
91. Wolff J.P; 1968 : Méthodes générales d'analyse ; dosage des produits d'oxydation. Ed.
92. Wolff, Manuel d'analyse des corps gras. Ed. Azoulay, Paris 1968.
93. www.usda.gov › our-agency › about-
94. YOUSSEF S. ; 2008 ; L'analyse de la filière arachide dans la région du Sud-Ouest malgache : outil d'appui à la réflexion stratégique d'une organisation paysanne régionale ; Mémoire de fin d'étude ; IRC Montpellier Sup Agro ; 88 P.

WEBOGRAPHIE

- * **WWW.APS.** Récupérée sur : <https://www.aps.dz/regions/96890>
- * **WWW.PASSEPORTSANTÉ** Récupère sur : [https://www.passeportsanté.net/ Fr/ Nutrition/EncyclopedieAliments/Ficheaspx](https://www.passeportsanté.net/Fr/Nutrition/EncyclopedieAliments/Ficheaspx) ?
- * **WWW.FASODIA.COM, 2015** : Récupéré sur : [http://fasodia.com /PAGES/ cacahuetes%20sucrees.html](http://fasodia.com/PAGES/cacahuetes%20sucrees.html)
- ***WWW.FUTURA.** récupérée sur <https://www.futura-sciences.com/sante/definitions/medecine-acide-gras-9/>
- ***WWW.FUTURA.** Récupérée sur <https://www.futura-esciences.com/sante/definitions/biologie-chromatographie-phase-gazeuse->
- ***WWW.JOURNALDESFEMMES.** Récupérée sur <https://sante.journaldesfemmes.fr/fiches-sante-du-quotidien/2525325-omega-6-aliments-bienfaits-definition-danger>
- * **WWW.COREKA.** Récupérée sur [https://alimentation.coreka.fr/astuce/voir/301773.vertus-de -l-huile-d-arachide.](https://alimentation.coreka.fr/astuce/voir/301773.vertus-de-l-huile-d-arachide)
- ***WWW.FAO.** Récupérée sur <http://www.fao.org/3/AC301F/AC301f03.htm>
- ***WWW.RESEARCHGATE.** Récupérée sur https://www.researchgate.net/figure/Schema-du-Soxhlet-source-Tech-de-lIng-n-o-J2782_fig11_37243918

ANNEXES

ANNEXES

ANNEXE-1- Résultats de chromatographie en phase gazeuse de l'huile d'arachide étudiée : Figures A-B-C-D

FIGURE-A-

Peak#	Ret.Time	Area	Height	Conc.	Units	Mark
10	5.915	2342.5	633.9	0.005888104 ppm	TV	1 C4:0
11	6.045	6071.8	844.9	0.015262065	TV	
12	6.178	8287	1201.7	0.020830188	TV	
13	6.228	3906.4	1232.2	0.00981912	TV	
14	6.458	20495.1	1807.7	0.051516445	TV	
15	6.76	44761.9	3040.1	0.112513429	TV	
16	6.812	8875.6	3014.6	0.022309692	TV	
17	6.854	10406	2993.1	0.026156502	TV	
18	6.992	23729.5	3141.2	0.059646427	TV	
19	7.118	22095.5	3362.7	0.055539208	TV	
20	7.173	10788.7	3410.3	0.027118456	TV	
21	7.252	15416.9	3406.7	0.038751891	TV	
22	7.335	26328.9	3568.3	0.066180274 ppm	TV	2 C6:0
23	7.445	15019.8	3072.4	0.037753742	TV	
24	7.613	49710.5	3459	0.124952221	TV	
25	7.813	13562.9	2582.2	0.03409168	TV	
26	7.875	13636.2	2279.2	0.034275927	TV	
27	8	6505.5	2081.6	0.016352213	TV	
28	8.199	42353.4	2959	0.106459428	TV	
29	8.376	17861.3	2365.7	0.044896131	TV	
30	8.485	15285.9	2144.9	0.03842261	TV	
31	8.719	31135	3284.2	0.078260878	TV	
32	8.847	29105.3	3434.4	0.073159028 ppm	TV	3 C8:0
33	8.909	28576.1	3317.2	0.071828832	TV	
34	9.115	14021.3	2952.6	0.035243914	TV	
35	9.177	11215.5	3523.2	0.02819126	TV	
36	9.26	43806.5	3910.3	0.110111937	TV	
37	9.437	25099.8	3008.3	0.063090811	TV	
38	9.605	12751.7	2695.1	0.03205265	TV	
39	9.662	23160.6	2862.4	0.058216441	TV	
40	9.778	8462.4	2874.3	0.021271073	TV	
41	10.064	66049.3	4501.5	0.166021398 ppm	TV	4 C10:0
42	10.34	122043.3	8448.2	0.306767813	TV	
43	10.468	34030	5626.8	0.085537745	TV	
44	10.593	29207.9	4374.5	0.073416923	TV	
45	10.702	10498.3	3805.8	0.026388507	TV	
46	10.762	21132.3	3743.6	0.05311811	TV	
47	10.858	18029.1	3650.3	0.045317912 ppm	TV	
48	10.954	15336	2911.5	0.038548541	TV	5 C11:0

FIGURE-B

49	11.05	14275.6	2811.9	0.035883122	TV	
50	11.274	61611.1	6120.3	0.154865547	TV	
51	11.368	23014.8	3730.6	0.057849959	TV	
52	11.482	8631.2	3091.8	0.021695368	TV	
53	11.532	8055.6	3129.1	0.020248541	TV	
54	11.65	30499.9	3451.7	0.078864492 ppm	TV	6 C120
55	11.748	12212.2	3279.7	0.030896563	TV	
56	11.853	61467.9	6065.5	0.1545056	TV	
57	12.097	13954.4	2809.8	0.035075754	TV	
58	12.175	9140.1	2571.2	0.022974538	TV	
59	12.293	38235.6	3218.1	0.096108933	TV	
60	12.461	9328.5	2907	0.0234481 ppm	TV	7 C130
61	12.585	63504.1	4036.8	0.159623788	TV	
62	12.838	22036.9	3586.9	0.055391911	TV	
63	12.963	21460.2	3106.3	0.053942319	TV	
64	13.059	18565.8	2707.5	0.041639764	TV	
65	13.188	12591.2	2348.6	0.031649217	TV	
66	13.282	18850.1	2383.8	0.041851661	TV	
67	13.374	12346	2385.8	0.031032883	TV	
68	13.509	27413.7	5730.9	0.088907026 ppm	TV	8 C140
69	13.645	11866.4	2026.2	0.029374913	TV	
70	13.734	8781.9	2140.6	0.022074168	TV	
71	13.775	7779.1	2194.8	0.019553531	TV	
72	13.941	44779.5	3860.9	0.112557668 ppm	TV	9 C14:1
73	14.093	5175.5	2609.9	0.013009127	TV	
74	14.185	22866.5	2959	0.056974472	TV	
75	14.265	9117.5	2468.6	0.022917731	TV	
76	14.332	10487.3	2299.7	0.026360858	TV	
77	14.482	28202.1	2544.4	0.070888746	TV	
78	14.666	22804.4	2765.2	0.057321098 ppm	TV	10 C150
79	14.885	19071.8	2160.3	0.047938841	TV	
80	15	22893.5	2308.9	0.05704234	TV	
81	15.217	27835.1	3428.8	0.069966256 ppm	TV	11 C15:1
82	15.486	54844.3	6084.8	0.137353811	TV	
83	15.744	361522.3	26801.8	0.958993748	TV	
84	16.094	3718953.9	716775.9	9.347980784 ppm	TV	12 C160
85	16.242	13991	2340.6	0.035167752	TV	
86	16.381	31200.5	5482.9	0.078425519	TV	
87	16.492	55333.1	9789.3	0.139085178 ppm	TV	13 C16:1
88	16.678	40374.7	4354.3	0.101485771	TV	
89	16.949	39741.5	4009.8	0.098894161	TV	
90	17.055	23827.2	4041.1	0.059892006	TV	
91	17.157	45821.9	5746.1	0.114875123	TV	
92	17.302	8141.1	2561.9	0.020463454	TV	
93	17.367	9221.4	2588.8	0.023178894	TV	
94	17.435	9525.4	2506.8	0.023943028	TV	
95	17.535	50367.1	6232.8	0.126602649 ppm	TV	14 C170
96	17.748	20824.4	3179.5	0.051841454	TV	
97	17.797	21948.4	3199.4	0.055169458	TV	

FIGURE-C-

98	18.005	41231.3	4122.9	0.103638919 ppm	TV	15 C17:1
99	18.193	19687.3	2622.4	0.049485961	TV	
100	18.404	28546.7	2864.9	0.071754932	TV	
101	18.522	26770.5	2948.6	0.067290279	TV	
102	18.625	11754.7	2846	0.029546592	TV	
103	18.694	8984	2862.4	0.022582166	TV	
104	18.753	19793.6	3136.2	0.049753156	TV	
105	18.912	43051.6	3183.1	0.108214422	TV	
106	19.19	12072.3	2107.8	0.030344911 ppm	TV	16 C18:0
107	19.613	1311589.4	125965.3	3.296808691	TV	
108	20.23	13131512.6	978179.5	33.00734579 ppm	TV	17 C18:1 c+t n-9
109	20.502	28927.6	2744.9	0.072712362	TV	
110	20.832	121786.5	12672.6	0.306122321	TV	
111	21.358	13419199.9	1033827.2	33.73047606 ppm	TV	18 C18:2 c+t n-6
112	21.535	3557.2	1285.6	0.008941371	TV	
113	21.815	116593.5	17101.3	0.293069206 ppm	TV	19 C18:3 c+t n-6
114	22.052	4751.4	937.6	0.01194311	TV	
115	22.095	2559.4	934	0.006433303	TV	
116	22.223	15800.3	1784	0.039715605	TV	
117	22.388	4768.4	928.3	0.011985841	TV	
118	22.683	44647.9	4652.9	0.112226879 ppm	TV	20 C18:3 c+t n-3
119	23.222	27012	3366.3	0.067897313	T	
120	23.395	1051.3	194.7	0.002642546	TV	
121	23.625	1026.4	230.9	0.002579957		
122	23.682	3208.4	402.2	0.008064628	V	
123	24.459	807470.2	86925.4	2.029655602 ppm		21 C20:0
124	25.211	290398.1	39135.3	0.729944127 ppm	V	22 C20:1
125	25.412	5941.5	921	0.014934543	V	
126	25.524	4142.7	699.4	0.010413083	V	
127	25.645	3120.4	489.3	0.007843432	V	
128	26.505	415224.9	17739.7	1.043708541	V	
129	26.745	46714.8	8265.3	0.117422235	V	
130	26.855	72213.4	7842.1	0.181515469 ppm	V	23 C20:2
131	27.108	14101.9	3417.4	0.03544651	V	
132	27.213	38093	3606.6	0.095750494	V	
133	27.336	7267.1	3331.8	0.018266569	V	
134	27.435	26659.7	3682.1	0.067011773	V	
135	27.512	39121.2	3608	0.098334976	V	
136	27.876	60678.7	3255.4	0.152521868 ppm	V	24 C20:3 n-6 + C21:0
137	28.191	23398.6	2461	0.058814678 ppm	V	25 C20:3 n-3
138	28.245	12715.3	2241.4	0.031961155	V	
139	28.365	12132.7	1663.1	0.030496732	V	
140	28.545	4720.5	1160	0.01186544	V	
141	28.587	5641.9	1188.8	0.014181469	V	
142	28.68	5047	1101.8	0.01268613	V	
143	28.805	8334.4	1218.1	0.020949332	V	
144	28.898	8015.4	1450.8	0.020147495	V	
145	28.974	6039.7	1405.7	0.015181379	V	
146	29.075	6695.5	1444.5	0.016829796 ppm	V	26 C20:4 n-6

FIGURE-D-

147	29.708	855525	34157.6	2.150446058 ppm	27 C23:0
148	30.243	171355.7	13050.5	0.430719371	
149	30.37	162709	11545.4	0.408985042	
150	30.662	29757	7503.9	0.07479714	
151	30.718	70251.3	7357	0.176583538	
152	30.892	20412.2	6063.9	0.051308068	
153	31.003	40419.7	6753.2	0.101598883	
154	31.075	127595.7	6794.7	0.320724316	
155	31.457	39321.3	4684	0.098837947	
156	31.568	15635.5	4000.9	0.039301364	
157	31.652	22080.6	3802	0.055501755	
158	31.816	26373	3767.1	0.066291124	
159	31.899	50183.9	3836.7	0.126142158 ppm	28 C24:1
160	32.492	1067110.4	75976.2	2.682286729 ppm	29 C20:5 + C24:0
161	33.109	1671.8	337.3	0.004202233	
162	33.225	3357.6	681.5	0.008439657	
163	33.265	2011	717.6	0.005054846	
164	33.306	2812.8	804	0.007070249	
165	33.372	1858.2	785.3	0.004670768	
166	33.569	41500	3553.3	0.104314323 ppm	30 C22:6
167	33.941	1639.6	420.4	0.004121296	
168	33.975	1422.9	411.8	0.003576599	
169	34.255	1545.9	258.9	0.003885771	
170	35.144	239009.5	9556.6	0.600773837	
171	36.142	237924.1	10811.3	0.598045578	
172	36.474	1388.4	442.4	0.00348988	
173	36.634	1330.2	270.1	0.003343588	
174	38.719	1240.2	229.2	0.003117364	
175	40.281	1059.6	201	0.002663409	
176	43.673	1106.3	231.6	0.002780794	
39783606.6					

ANNEXES

ANNEXE-2- Nomenclature des acides gras (Véronique OLIVIER et al. 2015): Analyse des lipides - Extraction. Paramètres physico-chimiques. Constituants majeur)

Tableau 3 – Nomenclatures des acides gras					
Nom commun de l'acide	Symboles	Nom chimique de l'acide	Nomenclature Δ	Nomenclature ω	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
myristolique	My	tétradécén-9(c)-oïque	14:1 Δ^9	14:1 ω_6	14:1n-5
pentadécylrique	Pe	pentadécanoïque	15:0	15:0	15:0
pentadécénoïque	Pan	pentadécén-9(c)-oïque	15:1 Δ^9	15:1 ω_6	15:1n-6
palmitique	P	hexadécanoïque	16:0	16:0	16:0
hypogélique	H	hexadécène-7-oïque	16:1 Δ^7	16:1 ω_9	16:1n-9
palmitolique	Po	hexadécène-9-oïque	16:1 Δ^9	16:1 ω_7	16:1n-7
margarique	Ma	heptadécanoïque	17:0	17:0	17:0
margarolique	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_7	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_7 ,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 linoléique	L γ	octadécène-6,9,12-trioïque	18:3 $\Delta^{6,9,12}$	18:3 ω_6	18:3n-6
linoléénique	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
cétoleïque	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
hignocérique	Hg	tétracosanoïque	24:0	24:0	24:0
nervonique	N	tétracosène-15-oïque	24:1 Δ^{15}	24:1 ω_9	24:1n-9

ANNEXE-3— Indices physiques des principaux corps gras (**Véronique OLIVIER et al. 2015**. Analyse des lipides - Extraction. Paramètres physico-chimiques. Constituants majeur)

Tableau 1 - Indices physiques des principaux corps gras [6] [7]				
Corps gras	X (°C)	Densité relative d_{20}^X	Viscosité à X °C (mPa·s)	Indice de réfraction n_D^X
Amande	20	0,911 à 0,917	66 à 76	1,417 à 1,72
Arachide	20	0,912 à 0,920	68 à 82	1,460 à 1,474
Argan	20	0,906 à 0,919	–	1,463 à 1,472
Carthame	20	0,910 à 0,927	52 à 75	1,470 à 1,478
Coco	40	0,908 à 0,921	17 à 20	1,448 à 1,450
Coton	20	0,917 à 0,926	65 à 69	1,470 à 1,473
Colza	20	0,910 à 0,920	72 à 97	1,472 à 1,473
Maïs	20	0,917 à 0,925	55 à 66	1,474 à 1,477
Noisette	20	0,912 à 0,915	66 à 76	1,470 à 1,471
Noix	20	0,924 à 0,926	–	1,475 à 1,476
Lin	20	0,928 à 0,933	42 à 47	1,479 à 1,484
Olive	20	0,910 à 0,916	75 à 79	1,4677 à 1,4707
Palme	50	0,891 à 0,899	25 à 31	1,454 à 1,456
Palmiste	40	0,899 à 0,914	17 à 20	1,448 à 1,452
Pépin de raisin	20	0,920 à 0,926	53 à 58	1,467 à 1,477
Ricin	20	0,955 à 0,968	950 à 1 100	1,476 à 1,481
Saïndoux	60	0,876 à 0,877	17 à 20	1,450 à 1,451
Sésame	20	0,915 à 0,924	64 à 67	1,474 à 1,477
Soja	20	0,919 à 0,925	53 à 58	1,466 à 1,477
Suif	80	0,875 à 0,877	19 à 20 (à 60 °C)	1,450 à 1,451 (à 60 °C)
Tournesol	20	0,918 à 0,923	51 à 57	1,461 à 1,468
Tournesol oléique	20	0,909 à 0,915	–	1,467 à 1,476
d_{20}^X densité relative d'un corps à X °C par rapport à l'eau à 20 °C. n_D^X indice de réfraction à X °C par rapport à la longueur d'onde de la raie D du sodium (589 nm).				

ANNEXE-4-

Groupe permanent d'étude des marchés de denrées alimentaires (GPEM/LA).
Spécification technique n° E4-05 du 31 mars 2005 relative aux huiles végétales alimentaires.

HUILES VÉGÉTALES	40 g (1 c. à soupe) apportent Energie : 90 kcal ou 376,26 kJ AGS: S / AGMI: MI / AGPI: PI (en g) : acide linoléique (oméga 6) acide linoléique (oméga 3) Vitamine E (en mg)	USAGES	REMARQUES
FLUIDES			
Riches en AGMI			
Amande	S : 0,8 / MI : 7 / PI : 2 (α6 : 2 / α3 : NS) Vit E : 3 mg	Peu utilisé en alimentaire	*
Arachide	S : 2 / MI : 6 / PI : 2,5 (α6 : 2,5 / α3 NS) Vit E : 2 mg	Assaisonnement, cuisson, friture	Huile raffinée, goût neutre Dérivée de la cacahuète*
Noisette	S : 0,8 / MI : 8 / PI : 1 (α6 : 1 / α3 NS) Vit E : 2,8 mg	Assaisonnement, cuisson	Huile vierge à goût : usage en friture peu conseillée (α6α3)*
Olive	S : 1,5 / MI : 7,7 / PI : 0,8 (α6 : 0,7 / α3 0,1) Vit E : 1 mg	Assaisonnement, cuisson	Peu de Vitamine E mais contient des tocophérols (pôle antioxydant) Huile vierge ou vierge extra à goût : usage en friture peu conseillé (α6α3) Dénomination "huile d'olive" : mélange H, vierge / H, raffinée, peut être utilisée en friture
Tournesol oblique	S : 0,8 / MI : 8,2 / PI : 1 (α6 : 1 / α3 NS) Vit E : 7 mg	Composant d'huiles combinées ou huiles pour friture	Huile raffinée, goût neutre, n'est pas disponible en l'état Comme le tournesol, riche en Vitamine E
Riches en AGPI α3			
Colza	S : 0,6 / MI : 6 / PI : 3 (α6 : 2 / α3 1) Vit E : 3 mg	Assaisonnement, cuisson ²	Huile oblique / alpha-linéolique - Rapport α6 / α3 intéressant Huile raffinée, goût neutre / Huile vierge à goût caractéristique
Noix	S : 1 / MI : 2 / PI : 7,3 (α6 : 6 / α3 1,3) Vit E : 0,7 mg	Assaisonnement ²	Huile vierge à goût, existe en raffinée* Rapport α6 / α3 optimal Choisir petits conditionnements, conserver au froid
Soja	S : 1,5 / MI : 2,5 / PI : 2,5 (α6 : 5,3 / α3 0,7) Vit E : 2 mg	Assaisonnement, cuisson ²	Huile isotonique / isopénotisotonique - Rapport α6 / α3 intéressant* Huile raffinée, goût neutre / Huile vierge à goût caractéristique (varéuse)
Riches en AGPI α6			
Blé (germe de)	S : 2 / MI : 1,5 / PI : 7 (α6 : 6 / α3 1) Vit E : 14 mg	Délicat, à froid	Huile délicieuse, très riche en vitamine E* Rapport α6 / α3 optimal
Mais (germe de)	S : 1,5 / MI : 3 / PI : 6 (α6 : 5,9 / α3 0,1) Vit E : 2,5 mg	Assaisonnement, cuisson, friture	Huile raffinée, goût neutre
Pâpins de raisin	S : 1 / MI : 1,7 / PI : 7,3 (α6 : 7,3 / α3 NS) Vit E : 1,5 mg	Assaisonnement, cuisson, friture	Huile raffinée, goût neutre
Tournesol	S : 1 / MI : 2,3 / PI : 6,5 (α6 : 6,5 / α3 NS) Vit E : 7 mg	Assaisonnement, cuisson, friture	Riche en Vitamine E Huile raffinée, goût neutre Huile vierge à goût caractéristique (graine) : peu conseillée en friture
Mixtes AGMI / AGPI			
Sésame	S : 1,5 / MI : 4 / PI : 4 (α6 : 4 / α3 NS) Vit E : 0,5 mg	Assaisonnement, cuisson	Huile vierge à goût caractéristique, peu conseillée en friture / Huile raffinée, goût neutre Dérivée de la graine de sésame*
Huiles combinées	Selon formulation / étiquetage	Selon mentions d'utilisation	
CONCRETES - SEMI-FLUIDES			
Coprah	S : 9 / MI : 0,7 / PI : 0,2 (α6 : 0,2 / α3 NS) Vit E : 0,2 mg	Graisses de friture Shortenings / Substituts beurre de cacao	Riche en acides gras saturés (chaînes courtes et moyennes - C12, laurique : majoritaire) Graisse raffinée, goût neutre
Palme	S : 5 / MI : 4 / PI : 1 (α6 : 1 / α3 NS) Vit E : 3 mg	Graisses de friture Shortenings	Riche en acides gras saturés (chaînes moyennes - C16, palmitique : majoritaire) Graisse raffinée, goût neutre

NS : non significatif

* allergénicité : directive 2003/89 du 10-11-2003

² hors friture