

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE CHIMIE

N° : ...



DOMAINE : Sciences de la matière

FILIERE : Chimie

Mémoire

Présenté pour l'obtention du diplôme de :

MASTER

Par : Boudilmi Imane et Mehouas Yasmina

Intitulé

Huile essentielle de figue de barbarie

(Opuntia ficus-indica)

Soutenu devant le jury composé de:

Dr. S. Torch

Université de M'sila

Président

Dr.LadghemChikouche

Université de M'sila

Rapporteur

Dr.A.DJERIOU

Université de M'sila

Examineur

Année universitaire : 2019 /2020

REMERCIEMENTS :

Au terme de notre travail nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage et la patience de le réaliser.

❖ *Nous tenons tout particulièrement à adresser nos remerciements les plus vifs d'abord à notre promoteur Dr. Ladghem Chikouche. qui nous a fait l'honneur de nous proposer ce sujet et, nous lui sommes très reconnaissantes, pour ses conseils, sa disponibilité, et surtout sa patience.*

❖ *Nos sincères considérations et remerciements sont également exprimés aux membres du jury :Dr. S. Torchi et Dr. A.DJERIOU qui ont accepté d'examiner ce travail et consacré de leur temps pour son évaluation.*

❖ *Enfin, nos remerciements s'adressent à tous les enseignants et à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail*

Dédicace :

En signe de respect et de reconnaissance Je dédie ce modeste travail :

*À mon cher père RABAH et ma chère mère ZORIG M. qui m'ont
Soutenu tout au long de mes études, Vous êtes tout ce qui de bien dans ma vie.*

A mes très chers frères : ISHAK, FATEH

A mes très chères sœurs : WARDA, ASSIA, SARRAH, MARIYA

A mes adorables nièces : SIRAJE, MIDO, MOHAMADE (BEN LMBARK)

A tout la famille : BOUDILMI grande et petite Mehous

*Sans oublier mes chères amies : HALIMA, ADALA, AMANI et à mon
binôme dans ce travail : YASMINE*

A mes Chers professeurs et toutes mes amies de 2eme année master promotion 2019/2020

IMANE

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A le personne le plus chère dans le monde, la lumière de ma vie, la source de tendresse, celle qui a sacrifié et souffert les plus belles années de sa vie pour me voir un

jour réussir :

« Mon cher père Alie »

A celle qui le plus noble qui par son courage a consacré tous ses efforts, et ses moyens pour m'aider à accomplir ce mémoire, et pour me faire réussir

« Ma mère Bellal .W »

A mes très chers frères : Zakariya, Azzedinne, Samir

A mes très chères sœurs : Khadija ,Ikram

A mes adorables nièces :Mariya et AlieHedidane

A toute la famille:Mehouas grande et petite et Boudilmi

Sans oublier mes chères amies : Abire, Halima, Wafa, Ibtisam et à mon binôme dans ce travail : Imane

A mes Chers professeurs et toutes mes amies en 2ème année master promotion 2019/2020

Yasmina

Sommaire

Liste des tableaux :	I
Liste des figures :	II
ABREVIATIONS	II
Introduction générale :	1
I. CHAPITRE I : Généralités sur l'huile essentielle	3
I.1. Introduction :	3
I.2. Historique :	3
I.3. Définition :	4
I.3.1. Selon la Pharmacopée Européenne :	4
I.3.2. selon la norme ISO 9235 :	4
I.3.3. Selon la pharmacopée française 1965 :	4
I.4. Propriétés chimiques :	4
I.5. Propriétés physiques :	4
I.6. Rôle physiologique :	5
I.7. Composition chimique des HES :	5
I.8. Les techniques d'extraction des HES :	8
I.9. Emplois d'huile essentielle :	12
II. CHAPITRE II : GENERALITES SUR LA FIGUE DE BARBARIE	17
II.1. Introduction :	17
II.2. Définition :	17
II.3. HISTORIQUE ET ORIGINE :	17
II.4. Classification :	18
II.5. Espèces et variétés de figue de Barbarie :	18
II.5.1. <i>Opuntia argentina</i> :	18
II.5.2. <i>Opuntia ficus-indica</i> :	18
II.5.3. <i>Opuntia ficus-indica</i> var. <i>inermis</i> :	19
II.5.4. <i>Opuntia microdasys</i> :	19
II.5.5. <i>Opuntia imbricata</i> :	20
II.5.6. <i>Opuntia robusta</i> :	20
II.6. Description botanique :	21
II.7. La plantation de la figue de barbarie :	22
II.8. Figue de barbarie dans le monde :	23
II.9. AFRIQUE :	23

II.10.	Algérie :.....	23
II.11.	La distribution géographique de la figue de barbarie dans le monde :.....	24
II.12.	Les principaux pays producteurs de la figue de barbarie	25
II.13.	II .13. Domaine utilisation de figure de barbarie :	26
II .13.1.	Le domaine agro- industriel :.....	26
II .13.2.	Le domaine médicinal :.....	26
II .13.3.	Le domaine de l'énergie :.....	26
II.14.	Différentes formes d'utilisation de figue de Barbarie :.....	27
II .14.1.	Huile de pépins de figue de barbarie :.....	27
II .14.2.	Farine de figue de barbarie :	27
II .14.3.	Confiture de figue de barbarie :.....	27
II .14.4.	La pulpe de figue :	27
II .14.5.	Poudre de Nopal :.....	28
II.14.6.	Vinaigre d'opuntia :.....	28
II.15.	Composition de la figue de barbarie :.....	29
	Références bibliographiques :.....	31
III.	CHAPITRE III : COMPOSITION DES FEUILLES ET DES GRAINES DE FIGUE DE BARBARIE.	35
III.1.	Etude de la graine de figue de barbarie.....	35
III .1.1.	Introduction.....	35
III .1.2.	Description morphologique :.....	35
III .1.3.	Composition de la graine	38
III .1.3.1	Composition chimique de la graine	38
III .1.3.2	Sucre :.....	38
III .1.2.3	Acides aminés et minéraux.....	38
III .1.3.4	Fibres	39
III .1.3.5	Lipides et les protéines	39
III .1.3.6.	Vitamines et caroténoïdes	39
III .1.4.	Intérêts de la graine.....	40
III .1.5.	Les différents modes d'extraction de l'huile de figue de barbarie à partir des graines :.....	41
III.2.	Etude les raquettes de la figue de barbarie.....	42
III .2 .1.	Introduction :	42
III .2 .2.	Description morphologique	43
III .2 .3.	Composition chimique	44
III .2 .3.1.	Composants à faible poids moléculaire	44

III .2 .3.1.a. Minéraux	44
III .2 .3.1.b. Glucides	45
III .2 .3.1.c .Acides organiques	45
III .2 .3.1.d. Acides amines	46
III .2 .3.1.e .Acides gras	47
III .2 .3.1.f. Vitamines, caroténoïdes et chlorophylles	47
III .2 .3.1.g. Composants phénoliques	48
III .2 .3.2. Composants à haut poids moléculaire	48
III .2 .4. Utilisation des raquettes	49
III .2 .4.1 . Importance agro- économique	49
III .2 .4 .2 . Importance médicinales	50
III .2 .5...Méthodes d'extraction la poudre à partir des raquettes d'Opuntia Ficus indica	52
Références bibliographies :	53
Conclusion:	54
Résume :	55

Liste des tableaux :

Chapitre II :

Tableau II-1 : Le figuier de barbarie : répartition géographique, spatiale et usage(s) [1]. 25

Tableau II-2 : Composition de la figue de barbarie [22]. 29

Chapitre III :

Tableau III-1 : Composition chimique des graines de la figue de barbarie[2]. 38

Tableau III-2 : Composition en sucres des graines de la figue de Barbarie [2]. 38

Tableau III-3 : Composition en minéraux de la graine de la figue de barbarie[2]. 39

Tableau III-4 : Composition en fibre de la graine de la figue de barbarie (%) [2]. 39

Tableau III-5 : Composition en vitamines de la graine de la figue de barbarie [2]. 40

Tableau III-6 : Principaux composants des cladodes du figuier de Barbarie[6]. 44

Tableau III-7 : Composition en monosaccharides non cellulosiques des cladodes de l'Opuntia ficus indica[6]. 45

Tableau III-8 : Composition des cladodes en acides organiques à deux différents temps de récolte [6]. 45

Tableau III-9 : La composition en acides aminés dans les cladodes de la figue de Barbarie[6]. 46

Tableau III-10 : La composition en acides aminés dans les cladodes de la figue de Barbarie[6]. 47

Tableau III-11 : Composition en vitamines dans les cladodes de la figue de Barbarie [6]. 48

Tableau III-12 : Composition en polyphénols des cladodes de l'Opuntia ficus-indica [6]. 48

Tableau III-13 : Comparaison de la composition des cladodes avec d'autres Aliments [5]. ... 52

Liste des figures :

Chapitre I :

Figure 1-1 : Structure de l'unité isoprénique (2-méthylbuta-1, 3 -diène) [14].	6
Figure 1-2 : Exemples des quelques monoterpènes[14].	7
Figure 1-3 : Exemples des quelques sesquiterpènes [14].	8
Figure 1-4 : Montage hydrodistillation [19].	9
Figure 1-5 5 :montageL'entraînement à la vapeur de l'eau[21].	10
Figure 1-6 : Schéma de l'extracteur Soxhlet[23].	11
Figure 1-7 : Schéma du cycle d'extraction par CO2 supercritique [25].	11
Figure 1-8 : Hydrodistillation assistée par micro-ondes [23].	12

Chapitre II :

Figure II-1 : Opuntia argentinacactusenligne[7].	18
Figure II-2 : Opuntia ficusindica [8].	19
Figure II-3 : Opuntia ficus-indica var. inermis [9].	19
Figure II-4 : Opuntia microdasys [10].	20
Figure II-5 :Opuntiaimbricata [11].	20
Figure II-6 : Opuntia Robusta [12].	21
Figure II-7 : Figuier de barbarie : a) plante, b) cladodes, c) fleurs, d) fruit[15].	22
Figure II-8 : Distribution géographique du figuier de Barbarie dans le monde [5].	24
Figure II-9 : Huile de pépins de figue de barbarie[20].	27

Chapitre III :

Figure III-1 : Photographie d'une coupe transversale de la graine de la Figue de barbarie [2].	35
Figure III-2 : Endosperme de la graine de la figue de barbarie (MEB)[1].	36
Figure III-3: Fibres de sclérenchyme fusiformes (spindle) (a), organisées en strates hélicoïdales de cellulose (b) (MEB) (c) faces externes des hélices (MET) [1].	37
Figure III-4 hélicoïdales de cellulose (b) (MEB) (c) faces externes des hélices (MET) [1].	37
Conducteurs spiralés en simple hélice (MEB) [1].	37
Figure III-5 : a. Les Graines d'O.f.indica après séchage et broyage, b. Les Graines. [4].	42

Figure III-6 : Raquettes [5].	42
Figure III-7 : Morphologie des cladodes du figuier de Barbarie, (a) : Coupe transversale (CT) de l'ensemble de la cladode ; (b) : CT des couches extérieures de la cladode montrant la peau (S), chlorenchyme (CH), vaisseaux conducteurs (V), parenchyme (C) ; (c) : CT de la peau montrant un hypoderme à parois épaisse ; (d) : CT du chlorenchyme avec des plasmides et des cristaux oxalate[6].	43
Figure III-8: a. Raquettes d'O.f.indica à l'état frais, b. Raquettes d'O.f.indica après séchage et broyage [4].	53

ABREVIATIONS :

HE : Huile Essentielle

ISO : Association Française Normalisations (International Organisation for Standard)

AGE : Acides Gras Essentiels

FAO : Food and Agriculture Organisation (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation de l'agriculture)

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

LDL : Lipoprotéine de Basse Densité

MEB : Microscope Electronique Balayage

MET : Microscope Electronique Transmission

Gal : Galactose

Glu : Glucose

Rha : Rhamnose

Xyl : Xylose

Man : Mannose

Ara:Arabinose

Introduction générale :

La figue de barbarie (nom scientifique *Opuntia ficus-indica*.L) est une plante très présente en Algérie, mais aussi dans notre région de M'sila en quantité importantes, car elle s'adapte aux conditions semi-arides de cette région.

Elle sert d'alimentation humaine, mais aussi animale, mais ce sont surtout ses qualités médicinales qui intéressent de plus en plus le monde médical.

Récemment, on commence à s'intéresser aux huiles essentielles des pépins (grains) de la figue de barbarie, pour ses propriétés surtout anti-oxydantes pour la peau, ainsi son prix devient excessivement cher.

Dans notre travail, on a voulu présenter cette plante aux étudiants surtout de chimie pharmaceutique, mais aussi au large public. On a étudié les composants de cette plante ainsi que ses indications thérapeutiques, que ce soit les feuilles, mais surtout les graines.

C'est dommage qu'on ait pas pu étudier expérimentalement la composition chimique des HEs des graines, mais à la place, on s'est contenté d'étudier les travaux de scientifiques sur cette plante, en espérant que de futurs travaux viendront à être réalisés localement, et on pourra comparer les qualités de nos figues de barbarie (M'SILA) avec celles des autres régions du monde.

CHAPITRE I : Généralités sur l'huile essentielle



I. CHAPITRE I : Généralités sur l'huile essentielle

I.1. Introduction :

Le terme «huile essentielle» a été inventé au 16^{ème} siècle par le médecin Suisse Parascelsus VON HOHENHEIM pour désigner le composé actif d'un remède naturel [1].

Les HEs sont une de composition complexe, renfermant des produits volatils contenus dans les végétaux obtenus à partir d'une matière première végétale : fleur, feuille, bois, racine, écorce, fruit, ou autre, elles ont obtenues soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par extraction mécanique. Le principal procédé d'extraction est la distillation à la vapeur d'eau. Les huiles essentielles sont un assemblage de molécules complexes qui ont toutes des propriétés particulières [2].

Les HEs sont des métabolites secondaires avec une consistance huileuse, plus ou moins fluide, voire rétinoides très odorantes, volatiles, souvent colorées : elles sont jaunes pâles, rouges foncés, voir brunes, ou vert émeraude ou encore le bleus. Elles sont plus légères que l'eau (densité de l'ordre de : 0,750 à 0,990). Ces essences sont insolubles dans l'eau, mais solubles dans l'alcool, l'éther, le chloroforme, les huiles, les émulsifiants et dans la plupart des solvants organiques.

La plante utilise l'huile pour favoriser la pollinisation, ou comme source énergétique, facilitant ainsi certaines réactions chimiques et conservant l'humidité des plantes dans les climats désertiques [3].

Parmi les espèces végétales (800 000 à 1 500 000 selon les botanistes) 10 % seulement sont dites « aromatiques », c'est-à-dire qu'elles synthétisent et sécrètent d'infimes quantités d'essences aromatiques par l'intermédiaire de poils, poches ou canaux sécréteurs. Les genres capables d'élaborer les constituants des huiles essentielles sont répartis dans un nombre limité de familles, Myrtacée, Lauracée, Rutacée, Lamiacée, Asteraceae, Cupressacée, Poacée, Zingiberacée et Piperacée [2].

I.2. Historique :

Il y a beaucoup de preuve de l'utilisation d'HEs qui remonte au début de l'histoire humaine : des alambics (appareil qui exploite les propriétés des différences de température d'évaporation des matières) datant de 7000 ans, des écrits égyptiens de plus de 3500 ans, en attestent aussi etc. Bien que nous ne connaissions pas exactement l'origine de l'emploi des huiles qu'on leur trouvait, il y a plusieurs milliers d'années, il est certain que ces peuples anciens avaient trouvé les multiples utilités des huiles essentielles. Il y a plus d'un siècle, les HEs étaient presque uniquement réservées à la fabrication de parfums et de tout autre produit aromatique. Depuis plusieurs années, nous découvrons les diverses propriétés thérapeutiques des HEs. La médecine douce et les techniques de relaxation emploient les huiles et leurs arômes pour le traitement de plusieurs conditions comme le stress, l'insomnie, etc. La médecine traditionnelle aussi se penche de plus en plus vers les HES en solution ou en inhalateur pour améliorer la qualité de vie des patients par l'aromathérapie (comme mentionné plus haut). Il est certain que l'utilisation

des HEs n'en est qu'à ses débuts et que d'ici quelques années, elle sera omniprésente sur le marché [4].

I.3. Définition :

Les HEs sont le produit de la distillation d'une plante ou d'une partie de plante. Ce sont des substances de consistance huileuse mais sans corps gras, plus ou moins fluides, voire résinoïdes, très odorantes, volatiles, souvent colorées [5].

I.3. 1.Selon la Pharmacopée Européenne :

Les HEs sont définies comme étant « un Produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une matière première végétale botaniquement définie au par entraînement à la vapeur d'eau, soit par distillation sèche au encore par un procédé mécanique approprié sans chauffage. Une HE est le plus souvent séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition » [3].

I.3.2. selon la norme ISO 9235 :

« Produit obtenu à partir d'une matière première naturelle d'origine végétale, soit par entraînement à la vapeur d'eau, soit par des procédés mécaniques à partir de l'épicarpe de fruits de citrus (agrumes), soit par distillation sèche, après séparation de l'éventuelle phase aqueuse par des procédés physiques » [6].

I.3. 3. Selon la pharmacopée française 1965 :

Les HEs sont des produits de compositions généralement assez complexes, renfermant les principes volatils contenus dans les végétaux et plus ou moins modifiés aux cours de la préparation [7]

I.4. Propriétés chimiques :

Les HEs sont des mélanges complexes et éminemment variables de constituants qui appartiennent à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes : le groupe des terpénoïdes d'une part et le groupe des composés aromatiques dérivés de phénylpropane, beaucoup moins fréquents d'autre part [8].

I.5. Propriétés physiques :

Les HEs sont odorantes, volatiles. En général, elles sont liquides à la température ambiante. leur densité est généralement inférieure à 1, leur indice de réfraction est souvent élevé elles sont douées d'un pouvoir rotatoire. Peu solubles dans l'eau, elles sont solubles dans la plupart des solvants organiques. Elles peuvent être incolores ou colorées. Sensibles à l'altération, elles ont tendance à se polymériser pour former des produits résineux [9].

I.6. Rôle physiologique :

L'existence des HEs dans les végétaux, même si leur fonction n'est pas toujours précisément connue, répondrait aux besoins d'une protection spécifique des espèces en fonction de leur environnement. En effet à cause de leur immobilité, les plantes utiliseraient ces métabolites pour lutter contre les parasites et assurer leur protection contre certaines maladies et ce, grâce à leurs propriétés antifongiques, antivirales, antibactériennes ou insectifuges. Elles luttent aussi contre certaines plantes, par exemple, *Erica cinerea*, la bruyère cendrée diffuse des substances télétoxiques afin d'éviter la pousse d'autres végétaux à proximité (une lande de bruyère ne comporte aucune autre végétation). Elles attirent au contraire les insectes pollinisateurs (fleurs parfumées, fécondées par certains insectes butineurs) et permettent à la plante, d'assurer ainsi sa reproduction. Elles aideraient à guérir diverses blessures et attaques auxquelles elles y sont soumises. Les HEs permettraient peut être aux plantes de communiquer entre elles. Par exemple, une plante attaquée par un herbivore pourrait envoyer des signaux d'alerte (substances volatiles comme hexénal ou l'ocimène) aux autres plantes du secteur pour lesquelles déclenchent des mécanismes de défense et représentent aussi une réserve d'énergie mobilisable (ex : en cas de conditions climatiques défavorables) [10].

I.7. Composition chimique des HEs :

Les HEs, elles contiennent 20 à 60 composants complexes avec des concentrations différentes dont deux ou trois composants sont majoritaires et représente 20 à 70 % de HE totale, alors que les autres composés se trouvent sous forme de traces [11].

Composition chimique des HEs : les HEs sont des métabolites secondaires des plantes. Ce sont des mélanges complexes et extrêmement variables de constituants appartenant exclusivement à deux groupes caractérisés par des origines biogénétiques distinctes : les terpénoïdes et les composés aromatiques dérivés du phynélopropane [12].

I.7.1. Les composés terpéniques :

Les terpènes sont une famille de composés largement répandus dans le règne végétal, et sont caractérisés par la présence dans leur squelette d'une unité isoprénique à 5 atomes de carbone (C₅H₈) reconnue par Wallach dès 1887. Cet isoprène est à la base du concept de la «règle isoprénique» énoncée en 1953 par Ruzicka. Cette règle propose que, le diphosphate d'isopentényle (IPP), désigné sous le nom d'isoprène actif comme le véritable précurseur de la molécule terpénique. Les systèmes enzymatiques responsables de cette conversion (IPP en composés terpéniques dans les trois compartiments : cytoplasmes, mitochondries et plastes) sont hydrosolubles ou membranaires. C'est là où a lieu l'élongation de la chaîne isoprénique, produisant tout l'éventail des composés terpéniques à 10, 15, 20 et 30 atomes de carbones. Seuls les terpènes dont la masse moléculaire est relativement faible (mono – et sesquiterpènes) sont rencontrés dans les huiles essentielles et leur confère un caractère volatil et est à la base propriété olfactive [13].

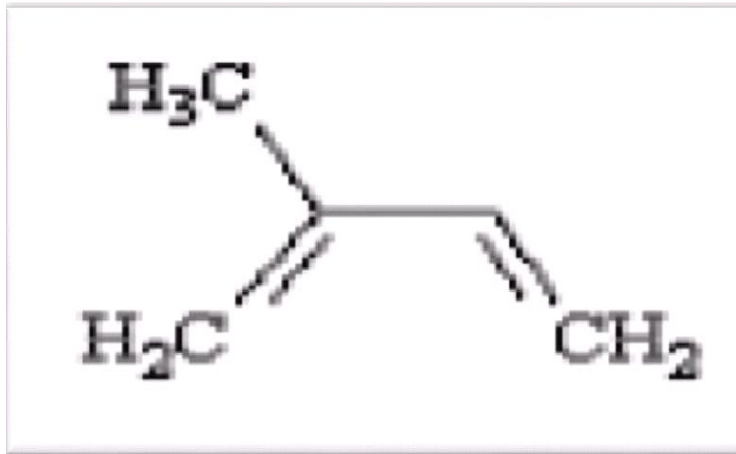


Figure 1-1 : Structure de l'unité isoprénique (2-méthylbuta-1, 3 -diène) [14].

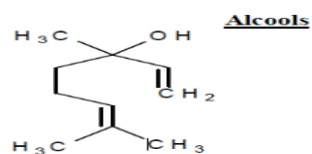
I.7.1.a. Monoterpènes :

Les monoterpènes sont les plus simples constituants des terpènes présentes dans les HEs à 90%. Ils comportent deux unités isoprène (C_5H_8), selon le mode de couplage « tête-queue ». Ils peuvent être acycliques, monocycliques ou bicycliques. A ces terpènes se rattachent un certain nombre de produits naturels à fonctions chimiques spéciales [15]

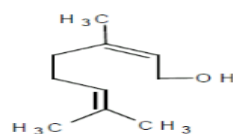
Le groupe des monoterpènes est subdivisé en 7 sous-groupes : les phénols, les alcools, les esters, les étheroxydes, les cétones les aldéhydes et les carbure [16].

Exemples de monoterpènes

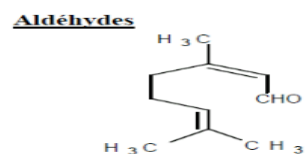
a- Acycliques



Linalol (lavande)

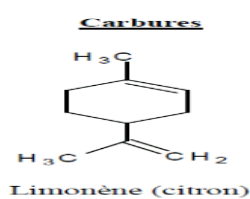


géraniol (Rose)

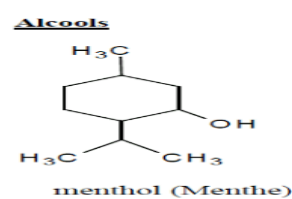


citral (citron), Mélisse, Verveine)

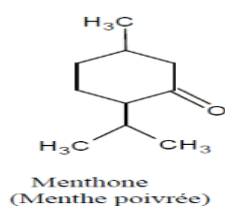
b- Monocycliques



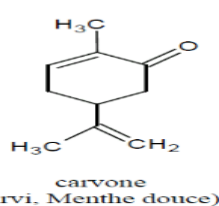
Limonène (citron)



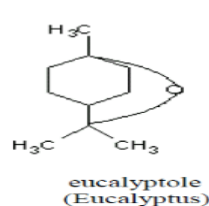
menthol (Menthe)



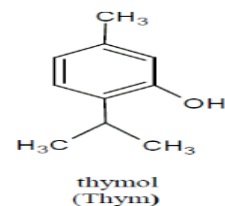
Menthone (Menthe poivrée)



carvone (Carvi, Menthe douce)

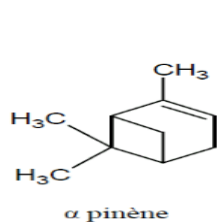


eucalyptol (Eucalyptus)

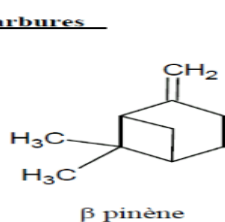


thymol (Thym)

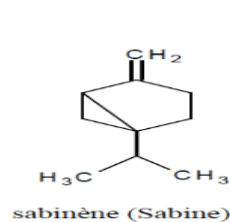
c- Bicycliques



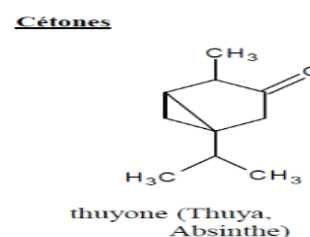
α pinène



β pinène



sabinène (Sabine)



thuyone (Thuya, Absinthe)

Figure 1-2 : Exemples des quelques monoterpènes [14].

I.7.1.b. Les sesquiterpènes :

Ce sont des dérivés d'hydrocarbures en $C_{15}H_{22}$ (assemblage de trois unités isoprènes). Il s'agit de la classe la plus diversifiée des terpènes qui se divisent en plusieurs catégories structurales, acycliques, monocycliques, bicycliques, tricycliques, polycycliques. Ils se trouvent sous forme d'hydrocarbures ou sous forme d'hydrocarbures oxygénés comme les alcools, les cétones, les aldéhydes, les acides et les lactones dans la nature [15].

Ils sont trouvés dans beaucoup de systèmes vivants mais en particulier dans les plus hautes plantes [14].

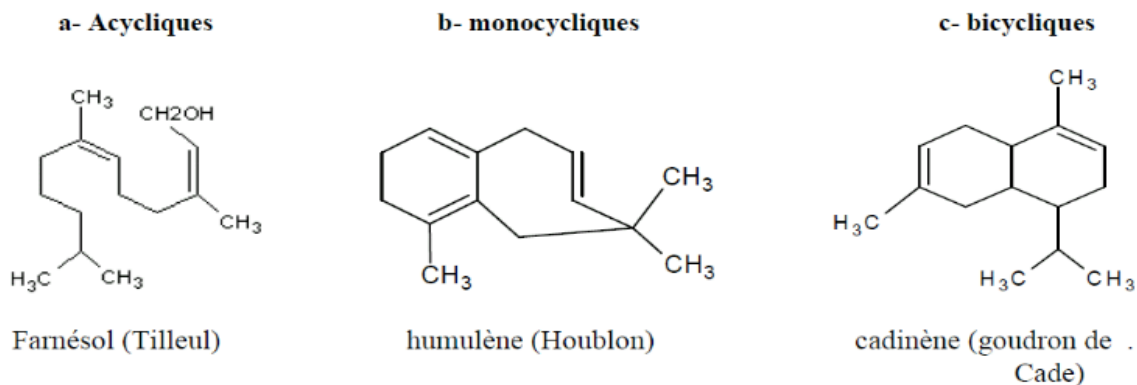


Figure 1-3 : Exemples des quelques sesquiterpènes [14].

I.7.2. Les composés aromatiques :

Les composés aromatiques des HEs sont principalement des dérivés du phénylpropane C_6C_3 . Ils sont beaucoup moins présents que les terpènes. Ils comprennent soit des phénols (chavicol, eugénol), des aldéhydes (cinnamaldéhyde), des alcools (alcool cinnamique), des dérivés méthoxy (anéthol, estragol) ou méthylène dioxy (myristicine, safrole) [17].

I.8. Les techniques d'extraction des HEs :

Le procédé d'obtention des HEs intervient d'une façon déterminante sur sa composition chimique. Différentes méthodes sont mises en œuvre pour l'extraction des essences végétales, cette diversité est due à la variété des matières premières et à la sensibilité considérable de certains de leurs constituants [13].

Méthodes d'extractions les HEs sont extraites principalement par des méthodes parmi lesquelles :

- ✓ L'hydrodistillation.
- ✓ L'entraînement à la vapeur de l'eau.
- ✓ micro-onde.
- ✓ par des solvants organiques (soxhlet).
- ✓ Au CO_2 supercritique.

I.8.1. Distillation :

Le principe de la distillation est causé par la volatilité des HEs sous l'effet de la chaleur, l'huile est alors entraînée par la vapeur d'eau. Après condensation, les HEs se séparent du distillat par décantation, Il existe deux principaux modes de distillation : L'hydrodistillation et la distillation à la vapeur d'eau qui est décrites brièvement ci-dessous [18].

I.8.1.a. Hydrodistillation :

L'hydrodistillation proprement dite, est la méthode normée pour l'extraction d'une HE, ainsi que pour le contrôle de qualité.

Le principe de l'hydrodistillation correspond à une distillation hétérogène. Dans ce procédé, on immerge la matière première végétale dans un bain d'eau et on porte l'ensemble à ébullition généralement à pression atmosphérique

La température d'ébullition d'un mélange est atteinte lorsque la somme des tensions de vapeur de chacun des constituants est égale à la pression d'évaporation. Elle est donc inférieure à chacun des points d'ébullition des substances pures. Ainsi le mélange « eau + HE » distille à une température inférieure à 100°C à pression atmosphérique. Par contre, les températures d'ébullition des composés aromatiques sont la plupart très sèlves. .

La durée d'une hydrodistillation varie considérablement et peut atteindre plusieurs heures (8 h), selon le matériel utilisé et la matière végétale à traiter [14].

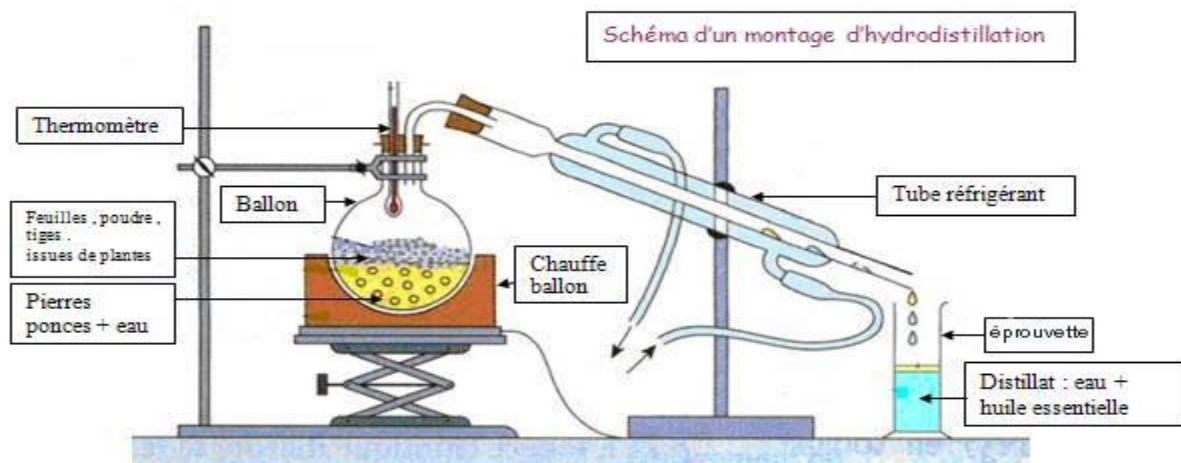


Figure 1-4 : Montage hydrodistillation [19].

I.8.1.b :L'entraînement à la vapeur de l'eau :

C'est la seule distillation préconisée par la Pharmacopée française, car elle minimise les altérations hydrolytiques. La vapeur casse la structure des cellules, et libère ainsi les molécules en entraînant les plus volatiles en les séparant du substrat cellulosique. La vapeur doit être juste assez chaude pour permettre le relâchement de l'HE. Pour produire la vapeur, la pression doit dépasser 1 atm et le point d'ébullition se situe au-dessus de 100°C, ce qui permet d'extraire plus vite l'HE tout en empêchant sa dégradation. L'entraînement à la vapeur d'eau est une technique plus récente ou il n'y a pas de contact direct entre la matière végétale et l'eau la vapeur est produite dans une chaudière séparée, puis elle est injectée à la base de l'alambic .La

vapeur remonte dans l'alambic et traverse la plante. On assiste à un éclatement des cellules et d'un mélange azéotrope, récupéré en haut de la cuve et condensé [20].

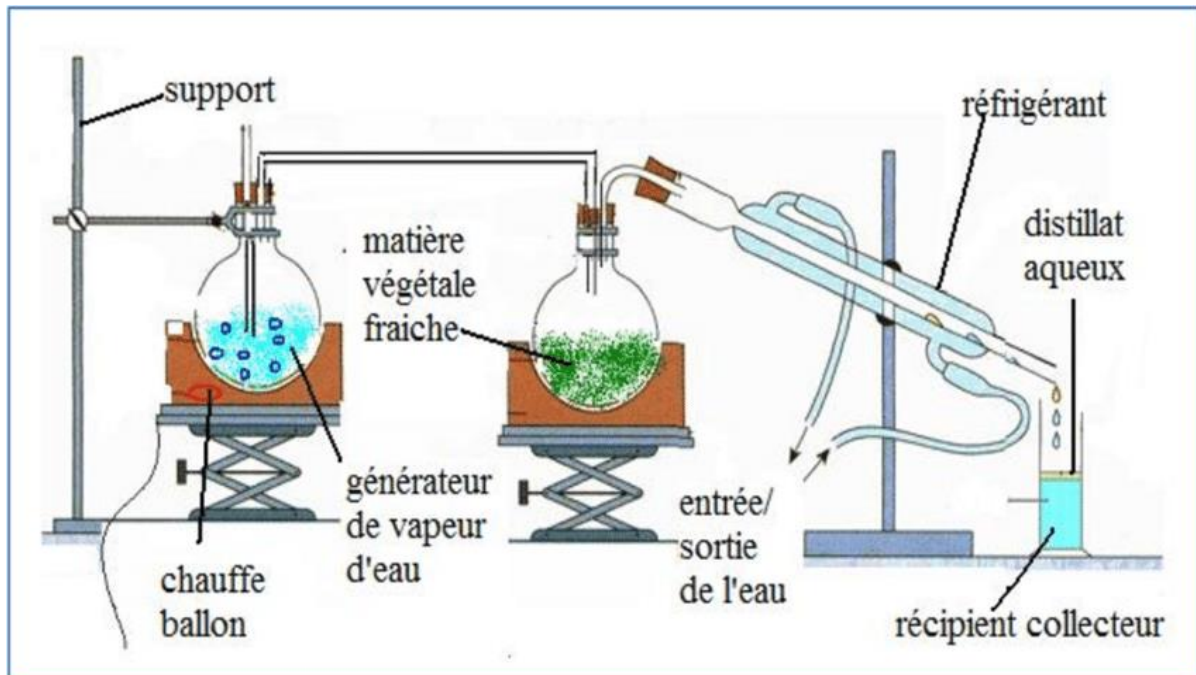


Figure 1-5 5 : montage L'entraînement à la vapeur de l'eau [21].

I.8.2.par des solvants organiques (soxhlet) :

La méthode Soxhlet est une méthode de référence dans la détermination de la matière grasse dans les aliments solides ou séchés. Il faut remarquer que les méthodes d'extraction semi-continues sont moins rapides et moins efficaces que les méthodes continues.

Principe : L'aliment est pesé puis placé dans une cartouche de cellulose, laquelle est perméable au solvant et à la matière grasse qui y est dissoute. Les différentes parties de l'extracteur Soxhlet sont illustrées dans la **figure.I.6**. Le solvant se trouvant dans le ballon de chauffage remonte vers la chambre d'extraction pour 5 à 10min puis retourne au ballon. L'échantillon est extrait en semi-continu par un solvant (exemple : éther éthylique, hexane, éther de pétrole) en ébullition qui retombe goutte-à-goutte dans la chambre d'extraction et qui dissout graduellement la matière grasse. Un effet de siphon dans le coude latéral fait retourner le solvant contenant la matière grasse retourne dans le ballon par déversements successifs un. Comme seul le solvant peut s'évaporer de nouveau, la matière grasse s'accumule dans le ballon jusqu'à ce que l'extraction soit complète. Une fois l'extraction terminée, le solvant est évaporé, généralement sur un évaporateur rotatif, et la teneur en lipides est mesurée par poids de diminution de l'échantillon ou directement par le poids des lipides extraits. Si l'échantillon contient plus de 8-10% d'humidité, le séchage est recommandé [22].

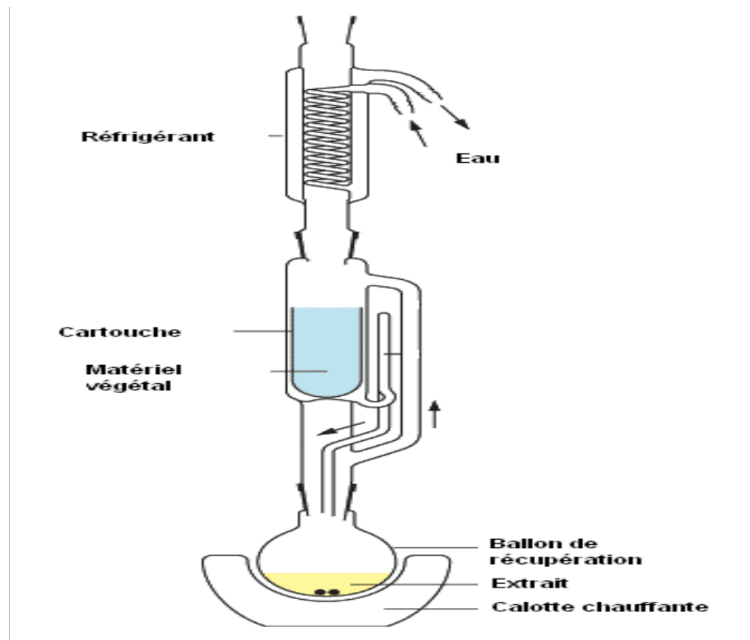


Figure 1-6 : Schéma de l'extracteur Soxhlet [23].

I.8.3.Extraction au CO₂ supercritique :

Dans ce procédé, très moderne, les poches à essences des végétaux sont éclatées et entraînant ainsi les substances aromatiques en faisant passer un courant de CO₂ à haute pression dans la masse végétale (en générale les fleurs). On utilise le CO₂ car il possède de nombreux atouts : il s'agit d'un produit naturel, inerte chimiquement, inflammable, facile à éliminer totalement, aisément disponible, peu réactif chimiquement et enfin peu coûteux. Le CO₂ a également la capacité de fournir des extraits de compositions très proches de celles obtenues par les méthodes décrites dans la pharmacopée européenne. Tous ces avantages permettent à ce procédé de se développer malgré un investissement financier important [24].

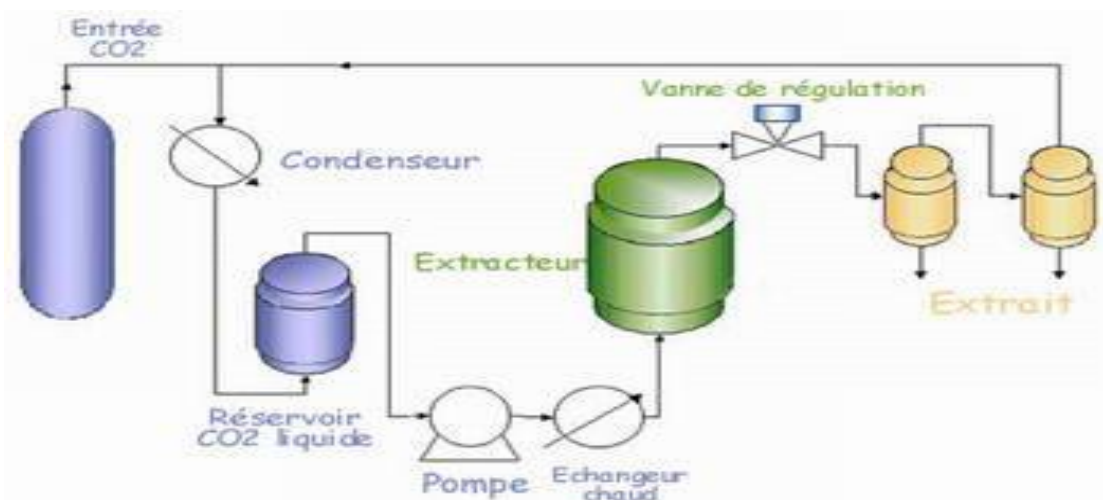


Figure 1-7 : Schéma du cycle d'extraction par CO₂ supercritique [25].

I.8.4. Extraction assistée par micro-ondes :

C'est une technique récente développée dans le but d'extraire des produits naturels comparables aux HEs et aux extraits aromatiques. La plante dans cette méthode est chauffée par un rayonnement micro-ondes dans une enceinte dont la pression est réduite de façon séquentielle : les molécules volatiles sont entraînées dans le mélange azéotrope formé avec la vapeur d'eau propre à la plante traitée. Ce chauffage, en vaporisant l'eau contenue dans les glandes oléifères, crée à l'intérieur de ces dernières une pression qui brise les parois végétales et libère ainsi le contenu en huile (figure. I.8).

Les auteurs de ce procédé lui attribuent certains avantages tels que le temps d'extraction (dix à trente fois plus rapide), l'économie d'énergie et une dégradation thermique réduite [23].

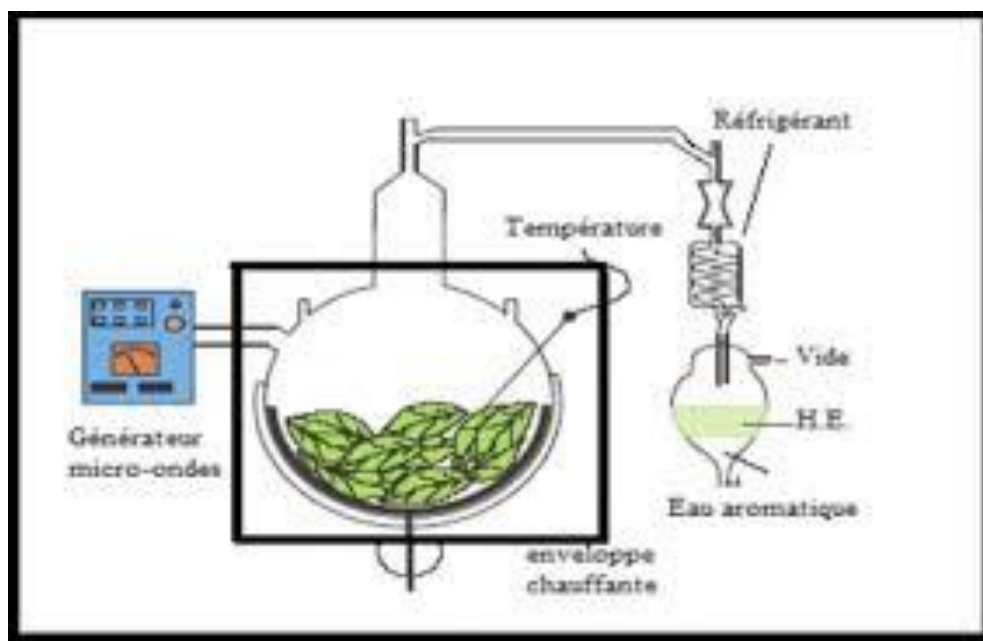


Figure 1-8 : Hydrodistillation assistée par micro-ondes [23].

I.9. Emplois d'huile essentielle :

I.9.1. Pharmacie :

Les drogues à HE ont un grand intérêt en pharmacie, elles s'utilisent soit en :

- Nature sous forme d'infusion pour leurs usages pharmacologiques.
- Préparations galéniques simples.
- Pour l'extraction des HEs.

Les HEs sont utilisées soit comme :

→ Aromatisant pour masquer l'odeur désagréable des médicaments destinés à la voie orale.

→ Pour l'isolement de certains constituants (eugéno!, anéthol, pinènes...)

→ En Aromathérapie : une thérapeutique qui utilise les huiles essentielles pour traiter un certains nombres d'états pathologiques [7].

I.9.2.Parfumerie et cosmétologie :

Les propriétés odorifiantes des HEs sont derrière leur consommation importante en parfumerie et en cosmétique. Exemple : rose, jasmin, vétiver, Ylang-Ylang... Elle représente environ 60% des matières premières de l'industrie des parfums [7].

I.9.3. Industrie alimentaire :

Ce sont les HE qui donnent aromates et aux épices leurs saveurs. Les essences d'anis et de badiane sont la principale source d'anéthol naturel, composé utilisé en liquoristerie (fabrication des boissons anisées) et en confiserie (bonbon, chocolat...) [7].

Références bibliographiques :

- [1] Thèse Présentée par Bouchekrit Moufida Pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences Filière: Biologie Spécialité: Biologie Vegetale Thème Etude De La Composition Chimique Et De L'activite Biologique Des Huiles Essentielles De Deux Apiaceae *Elaeoselinumasclepium* (L.) Bertol. et *Margotia gummifera* (Desf.) Lange Soutenue publiquement le : 15/01/2018 /Université Ferhat Abbas Sétif 1 Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
- [2] Mémoire Master Academique Guerrouf Asma ; 01/06/2017 .Thème(Application des huiles essentielles dans la lutte microbiologique cas d'un cabinet dentaire) Universite Kasdi Merbah – Ouargla .
- [3] Mémoire De Fin D'étude Présenté par Karaoui Asmaa El-Heit Zineb Pour l'obtention du diplôme de MASTER :Génie pharmaceutique Thème(Valorisation des huiles De *PistaciaLentiscus* et formulation de pommades Antifongique et formulation du savon) Université Akli Mohand Oulhadj - Bouira (30/09/2017)
- [4] Mémoire étude bibliographique sur les huiles essentielles et végétales Réalisé par : Boutayeb Abdelilah Soutenue le 24/06/2013 Université Ibn Tofail.
- [5] Thèse La Qualité Des Huiles Essentielles Et Son Influence Sur Leur Efficacite Et Sur Leur Toxicite pour obtenir le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie par Mlle Solène JOUAULT Présentée et soutenue publiquement Le 4 Avril 2012 Universite De Lorraine 2012 Faculte De Pharmacie
- [6] Thèse Présentée et soutenue publiquement Le 10 Juin 2015, sur un sujet dédié à : le giroflier : historique, description et utilisations de la plante et de son huile essentielle. Pour obtenir le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie par Sophie barbelet 54, (universite de lorraine).
- [7] UN1901. Laboratoire de pharmacognosie. Dr Sahraoui 2014/2015
- [8] Thèse Présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat En biochimie option : biochimie appliquée thème présentée par : labiod ryma- université badji mokhtar-annaba 2015 / 2016
- [9] Thèse présentée a l'université de ouagadougou pour obtenir le grade de docteur es sciences physiques par abdoul dorosso samate maitre es sciences diplome d'Études Approfondies Docteur de 3 émé cycle (Mention:Chimie Organique) Thème: compositions chimiques d'huiles essentielles extraites de plantes aromatiques de la zone sahelienne du burkina faso: valorisation Soutenance publique le 24 janvier 2002 .

- [10] Mémoire de Fin d'étude En vue de l'obtention du diplôme de Master, Etude de l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *Syzygium aromaticum* L. Boukarta Halima Hammoum Karima Soutenu le : 17/07/2019 Université Djilali Bounaama de Khemis-Miliana .
- [11] Thème Activités antioxydante et antimicrobienne des extraits méthanoliques et de l'huile essentielle de la plante *Mentha rotundifolia*. Mémoire Présenté par ferdjioui Siham Pour l'obtention du diplôme de Magister en Biologie Option: Biochimie thème Activités antioxydante et antimicrobienne des extraits méthanoliques et de l'huile essentielle de la plante *Mentha rotundifolia*. Soutenue publiquement le 11/06/ 2014 / Université de Sétif.
- [12] Etude de l'activité antifongique des huiles essentielles de *Lavandula stoechas* L. et d'*Origanum floribundum* Munby. sur des agents d'otomycoses : Cas d'*Aspergillus niger* Présenté par : Ferdes Ilhem Saidia Nariman (université 8 mai 1945 Guelma, Juillet 2019).
- [13] Thèse Présentée par lamamra Mebarka Pour l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences Filière: Biologie Spécialité: Biologie Vegetale Université Ferhat Abbas Sétif 1 Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie 08/02/2018
- [14] Mémoire Présenté pour obtenir le diplôme de master II en chimie option: analyse spectrale en chimie .elhaddad salah, 2014/ université abdelhamid ibn badis Mostaganem .
- [15] Thèse doctorat de l'université de Toulouse Abderrahim el Haib le : 05/02/2011) / Délivré par l'Université Toulouse III - Paul Sabatier Discipline ou spécialité : Chimie organique et catalyse.
- [16] Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie soutenue publiquement le 30 octobre 2017 par Melle Victoria Vangeldel (aromathérapie dans la prise en charge des troubles de santé mineurs chez l'adulte à l'officine) ; université de Lille 2 faculté des sciences pharmaceutiques Année universitaire 2017/2018.
- [17] Thèse Eco-Extraction des huiles essentielles et des arômes alimentaires en vue d'une application comme agents antioxydants et antimicrobiens par Dima Mnayer Ingénieur Agronome / 2014 Présentée pour obtenir le grade de Docteur en Sciences de l'Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse SPECIALITE : CHIMIE Eco-Extraction des huiles essentielles et des arômes alimentaires en vue d'une application comme agents antioxydants et antimicrobiens par Dima MNAYER Ingénieur Agronome / 2014
- [18] Mémoire présenté pour l'obtention Du diplôme de Master Académique Par : ghanem samir abdellatif boutebaig othman / université mohamed boudiaf m'sila.
- [19] <https://www.google.com/searchQ%3A1https%3A%2F%2Fmarocvegetal.wordpress.com>

[20] Mémoire présenté pour l'obtention Du diplôme de Master Académique par : Sarra lamine . université Mohamed Boudiaf - M'sila . domaine : Sciences de la matière .option : Chimie pharmaceutique . Année universitaire : 2018/2019

[21] http://www.researchgate.net/profile/Mohamed_Dalle

[22] Thèse doctorat Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Extraction et caractérisations physique et chimique des lipides/ 2016. Dr. bachir bey Mostapha Université Béjaïa Département des Sciences Alimentaires

[23] Thèse Présentée pour l'obtention du titre de Docteur de l'Université de Toulouse France Délivré par l'Institut National Polytechnique de Toulouse Spécialité Génie de Procédés et de l'Environnement ET Docteur de l'École Nationale d'Ingénieurs de Gabès Spécialité Génie Chimique-Procédés Par Nejia HERZI / Extraction et purification de substances naturelles : comparaison de l'extraction au CO₂-supercritique et des techniques conventionnelles Soutenue le 21 Mars 2013.

[24] Thèse de Doctorat en Biologie Option: Substances Naturelles, Activités Biologiques et Synthèse Présentée par: Mlle attou Amina Détermination de la Composition Chimique des Huiles Essentielles de Quatre Plantes Aromatiques de l'Ouest Algérien (Région d'Ain Témouchent) Etude de Leurs Activités Antioxydante et Antimicrobienne Soutenue le : 21/12/2017 .Universite Abou BekrBelkaid Tlemcen .

[25] <https://www.google.com/> troduction_a_extraction.

**CHAPITRE II : GENERALITESSUR LA FIGUE
DE BARBARIE**



II. CHAPITRE II : GENERALITES SUR LA FIGUE DE BARBARIE

II.1. Introduction :

La figue de barbarie est une plante dont l'origine sont les régions arides et semi-arides d'Amérique Tropicale (sud des Etats-Unis et Mexique), mieux connue sous le nom de nopal dans son pays d'origine. Avant de prendre de l'importance dans plusieurs régions, chez les Indiens d'Amérique, le nopal appartient depuis toujours aux plantes médicinales les plus utilisées. Pour les populations précolombiennes, c'est une plante sacrée, au même titre que l'Agave, le Chocolat, le Maïs [1].

II.2. Définition :

La figue de Barbarie appartenant plus précisément au genre *Opuntia*. Il est cultivé dans les climats arides, comme dans les régions méditerranéennes et d'Amérique centrale, Les régions semi-arides du Mexique renferment la plus grande diversité de cactus dans le monde , Le genre *Opuntia* contient environ 300 espèces et beaucoup d'entre elles produisent des tiges et des fruits bien tendres et comestibles [2].

Il occupe une partie importante dans l'alimentation humaine et il est également utilisé comme fourrage pour le bétail. C'est une plante intéressante en raison des conditions environnementales dans lesquelles elle se développe et sa résistance aux conditions climatiques extrêmes [3].

II.3. HISTORIQUE ET ORIGINE :

Suite au retour des arabes à leur pays dans le nord-africain suite à leur expulsion par Philippe III en 1610, les expulsés appelés « morisqués » ont ramené avec eux l'espèce de figue de barbarie d'origine Mexicaine. Il était inconnu en Europe avant les voyages de Christophe Colomb et fut décrit de façon précise pour la première fois en 1535 par l'Espagnol GonçaloHernández de Oviedo y Valdés dans son « Histoire des Indes Occidentales ». Endémique au Mexique, le figuier de barbarie a été introduit en Europe vers 1552 par les Espagnols. A l'aube du seizième siècle, la plante s'est répandue dans le bassin des raquettes qu'ils ont plantées autours de leurs villages. La plantation du figue de barbarie a été considérablement étendue dans la région du sud de l'Afrique (1772), l'Inde (1780), les Philippines (1695), la Chine (1700) et l'Indochine (1790) [17, 18, 19]. En Tunisie, l'*Opuntia ficus indica* est connu sous le nom de « hendi », au Maroc le figue de barbarie possède plusieurs noms vernaculaires : « hindia », « zaâboul », et « aknari ». Dans les deux pays, le figue de barbarie est utilisé pour ses fruits comestibles et le fourrage de ses raquettes en particulier pendant les périodes de sécheresse. Il est utilisé également pour lutter contre l'érosion hydrique et éolienne, ainsi que pour la protection et la mise en valeur des sols dans les régions arides et semi arides. Potentialités thérapeutiques d'*Opuntia ficus indica* au Maroc et en Tunisie 27 Récemment, dans certains pays comme le Mexique, l'Italie et l'Afrique du Sud, la figue de

Barbarie est cultivée sur des surfaces considérables à des fins industrielles, alimentaires, médicales et aussi cosmétiques .Au Mexique, sa culture s'étend sur une surface de 300.000 ha, au Maroc, la surface de la culture de la figue de Barbarie est d'environ 120.000 ha, en Tunisie, la superficie totale est de 550.000 ha [4].

II.4. Classification :

Règne : plantes.

Ordre : caryophyllales.

Sous-classe : Caryophyllidae.

Famille : Cactaceae.

Groupe : Opuntiaeeae

Genre : Opuntia.

Sous-genre : Platyopuntia

Espèces : Opuntia ficus-indica [5].

II.5. Espèces et variétés de figue de Barbarie :

II .5.1.Opuntia argentina :

Cactus arborescent vert vif. Segments plats, oblongs de 12 cm de long. Fleurs jaunes. Jusqu'à 15 m de hauteur pour 3 m d'étalement [6].



Figure II-1 : Opuntia argentin acactusenligne [7].

II.5.2. Opuntia ficus-indica :

Figue de Barbarie. Grandes segments (40 cm de long pour 25 cm de large). Fleurs jaunes. Hauteur 5 m pour autant d'étalement [7].



Figure II-2 : *Opuntia ficus indica* [8].

II .5.3. *Opuntia ficus-indica* var. *inermis* :

Figue de Barbarie sans aiguillons. Segments lisses vert/bleuté [7].



Figure II-3 : *Opuntia ficus-indica* var. *inermis* [9].

II .5.4. *Opuntia microdasys* :

Cactus buissonnant dont les segment aplatis et ovales portent des glochides blancs, jaune ou bruns selon la variété. Fleurs jaune vif teinté de rouge. Hauteur 40 cm pour autant d'étalement [7].



Figure II-4 : Opuntia microdasys [10]

II.5.5 Opuntia imbricata :

Segments cylindriques de 10 à 40 cm de long vert franc à vert bleuté. Fleurs rouges ou pourpres en été. Jusqu'à 3 m de hauteur pour 1,5 m d'étalement [7].



Figure II-5 :Opuntia imbricata [11].

II .5.6.Opuntia robusta :

grands segments vert/bleuté portant des aiguillons blancs, bruns ou jaunes. Fleurs jaunes en juin. 2 m en tous sens [7].



Figure II-6 : Opuntia Robusta [12].

II.6. Description botanique :

La figue de Barbarie est une plante arborescente, caractérisée par des tiges en forme de raquettes plates charnues et ovales pouvant atteindre 3 à 4 mètres de haut , Les raquettes, appelées cladodes, mesurent 30 à 40 centimètres de long, sur 15 à 25 cm de large et 1,5 à 3 cm d'épaisseur. Le figuier de Barbarie donne des fleurs et des fruits en abondance. Les fleurs apparaissent sur le dessus des raquettes, larges de 4 à 10 cm et de couleur jaune, orange ou rouge [13].

Les cladodes (raquettes) : une organisation en articles aplatis, de forme elliptique ou ovoïdale de couleur vert-mat, ayant une longueur de 30 à 50 cm, une largeur de 15 à 30 cm et une épaisseur de 1.5 à 3 cm. Les cladodes assurent la fonction chlorophyllienne et sont recouvertes d'une cuticule cireuse (la cutine) qui limite la transpiration et les protège contre les prédateurs, Ils sont couverts de petites aréoles, d'épines et de glochides blancs [14].

Les fruits : Les fleurs donnent naissance aux fruits ; une grosse baie (100 à 150g), ovale ou allongée et charnue, avec une pulpe juteuse, en générale contenant de nombreuses graines (polysémique). La couleur et la forme du fruit sont variables selon les variétés : jaune, rouge, blanche .Les composés rouges sont les bétacyanines et les jaunes sont les bétaxanthines [14].

Les fleurs : Les fleurs, marginales sur le sommet des cladodes, sont hermaphrodites, larges de 4 à 10 cm de couleur jaune et deviennent rougeâtres à l'approche de la sénescence de la plante. Un cladode fertile peut porter jusqu'à une trentaine de fleurs [14].

Les graines : sont dures, indigestes, mais riches en vitamines. On en obtient, après préparation, une huile très recherchée et une farine nourrissante [14].

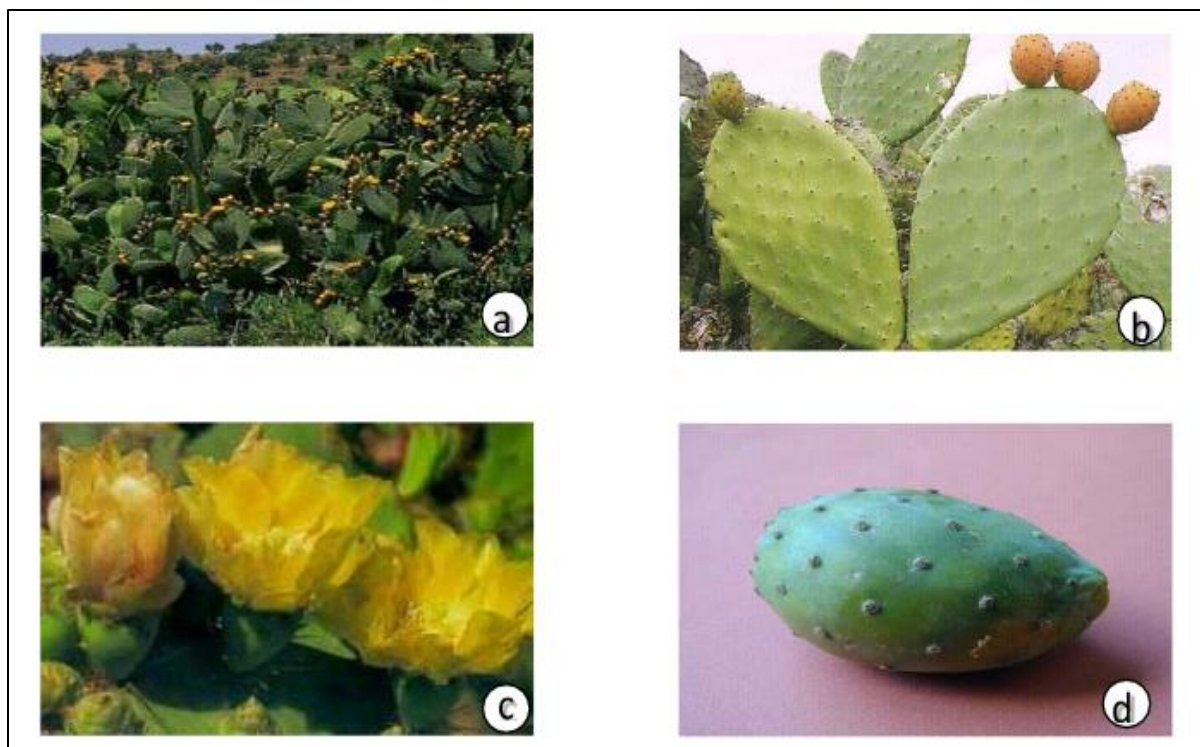


Figure II-7 : Figuier de barbarie : a) plante, b) cladodes, c) fleurs, d) fruit[15].

II.7. La plantions de la figue de barbarie :

La plantation du figue de barbarie a été considérablement étendue dans la région du sud de l'Afrique (1772), l'Inde (1780), les Philippines (1695), la Chine (1700) et l'Indochine (1790), La période de plantation du cactus varie avec la latitude et les conditions environnementales. Deux époques sont considérées :

L'automne : de septembre à novembre pour les régions à hivers doux et de septembre à octobre dans les régions à hivers frais.

Le printemps : pendant les mois de février, mars et avril dans les zones à hivers doux et pendant le mois d'avril et mai dans les régions à hivers frais [16].

La plantation se fait soit par des raquettes simples (une seule raquette) ou doubles (raquette terminale fixée sur une raquette subterminale). L'avantage de la plantation des raquettes doubles est l'entrée plus rapide en production de ces raquettes par rapport aux raquettes simples. La multiplication du figuier de barbarie par bouturage est le mode le plus simple et le plus courant. La saison de récolte des figues de barbarie varie selon le cultivar et le lieu de production. Afin d'avoir l'optimum de la qualité du fruit, les fruits colorés nécessitent d'être récoltés quand elles atteignent au moins 50% de leur couleur finale [4].

Les plantations constituent aussi un habitat pour la faune domestique ou sauvage. C'est une source mellifère importante pour l'apiculture durant la période de floraison.

Les cladodes chauffées au feu sont utilisées dans le traitement des inflammations (rate et reins), et dans le traitement des diabètes (hypoglycémie) non dépendants de l'insuline. Le mucilage isolé des raquettes permet de réduire le cholestérol total dans le sang [16].

II.8. Figue de barbarie dans le monde :

Les Opuntias font maintenant partie de l'environnement naturel et des systèmes agricoles et *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. est l'espèce ayant la plus grande importance économique dans le monde. Ils sont cultivés en Amérique, en Afrique, en Asie, en Europe et en Océanie. On peut les retrouver du Canada à la Patagonie en Argentine, du niveau de la mer jusqu'à 5100 m d'altitude au Pérou. Quand ils ont été découverts pour la première fois par les explorateurs Européens, les opuntias étaient distribués de la Mésoamérique à Cuba et à d'autres îles caribéennes. Ils sont devenus invasifs dans les zones ayant une saison des pluies caractérisée par des températures élevées, par exemple en Afrique du Sud et en Australie. Dans les climats méditerranéens, l'invasion naturelle est limitée par l'humidité et les températures froides d'hiver qui contrastent avec les conditions chaudes et sèches des étés. Les usages traditionnels et populaires du figuier de Barbarie dans un grand nombre de pays ainsi que ses multiples fonctions ont attiré l'attention des agriculteurs, des éleveurs et de la communauté scientifique [17].

II.9. DANS AFRIQUE :

L'introduction du cactus en Afrique du Nord a été favorisée par l'expansion Espagnole durant le seizième et dix-septième siècle et aussi par le retour des Maures vers leur terre natale quand ils ont finalement été expulsés d'Espagne en 1610. Ils emmenèrent avec eux « l'arbre à figue Indien » avec ses fruits succulents et le plantèrent autour de leurs villages.

Au 19ème siècle, le comte Adrien De Gasparin, un personnage considérable, s'intéressa lui aussi au figuier de Barbarie, et par ses analyses originales de l'économie rurale et par son enthousiasme employé à la diffusion des techniques nouvelles, il contribua beaucoup à l'application des sciences exactes à l'agriculture. Considérant le figuier de barbarie comme la providence des pays pauvres au sol aride, il voulut développer sa culture en Afrique du Nord et y créer des nopalérais, notamment en Algérie [17].

II.10. DANS Algérie :

En Algérie, les plantations du figuier de barbarie sont réparties dans les hauts plateaux, à Batna, Biskra et Bordj-Bou-Argeridj, Constantine, sur les hauts plateaux Algérois à 550 mètres, et environs 750 mètres à M'sila, Laghouat et même à 1100 mètres Ain-Sefra.

Du centre à l'ouest l'*Opuntia* occupent une superficie dépassent les 25.000 hectares par exemple, on le trouve sur les hauteurs de Chréa, Bouarfa (wilaya de Blida), dans les wilayas de, Boumerdès, Tipaza, Tissemsilt, Chlef, Relizane, Mostaganem, AinTemouchent, Oran, Mascara, Sidi-bel Abbès, Tlemcen, dont la meilleure cueillette des figues de barbarie, est celle qui se réalise sur les hauteurs des montagnes, spécialement en milieu rocailleux, A l'exception des montagnes et des zones sahariennes. La culture algérienne du cactus est largement représentée dans le paysage rural en plantation plus au moins régulières, autour des villages, en

haies limitant les parcelles de 14 culture ou de vergers. La culture de cactus se trouve parfaitement intégrée dans le système d'exploitation traditionnel. L'Algérie déploie ces dernières années un effort important pour encourager la culture de la figue de Barbarie, pour son importance socioéconomique et écologique [18].

II.11. La distribution géographique de la figue de barbarie dans le monde :

La répartition géographique du figue de barbarie est illustrée dans la carte suivante ; La couleur verte désigne le pays d'origine du figuier de barbarie (Mexique), la couleur noire désigne les aires de distribution : Brésil, Chili, Etats Unies, Inde, Italie, Espagne, Erythrée, Portugal, Algérie, Tunisie, Libye, Maroc, Afrique du Sud, Ethiopie, Soudan, Tanzanie, Kenya, Uganda [5].

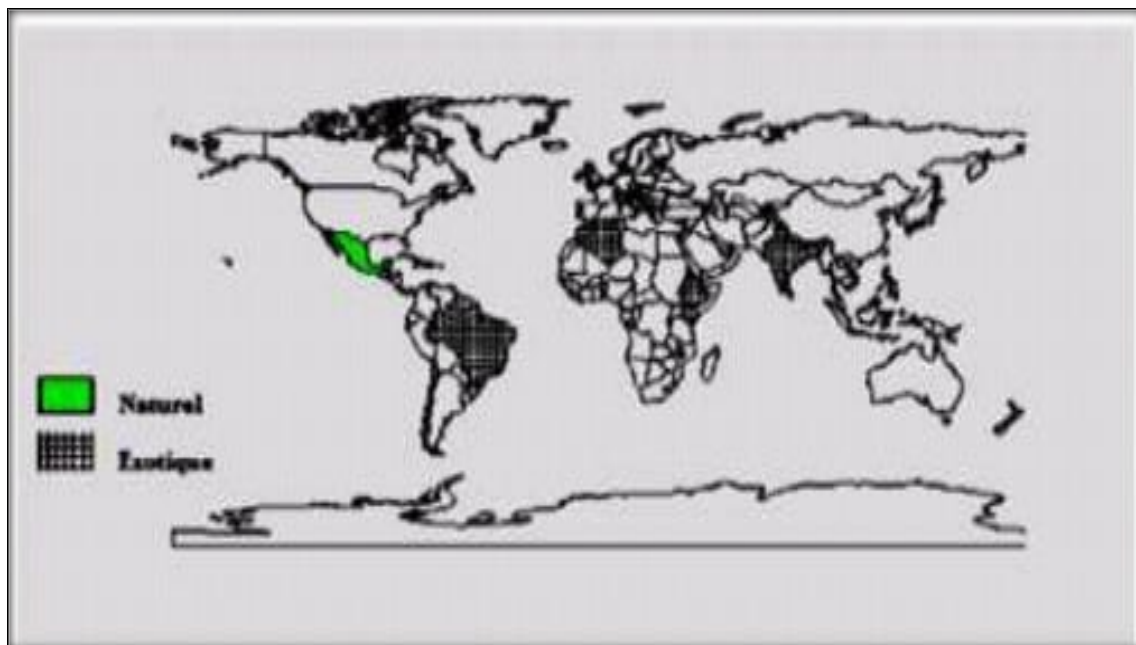


Figure II-8 : Distribution géographique du figuier de Barbarie dans le monde [5].

II.12. Les principaux pays producteurs de la figue de barbarie dans le monde :

Tableau II-1 : Le figuier de barbarie : répartition géographique, spatiale et usage(s) [1].

Pays	Superficie (ha)	Utilisations
Mexique	3 000 000	Fourrage, fruit, légume, colorant
Brésil	500 000	Fourrage, fruit
Afrique du Nord	200 000	Fourrage, fruit
Pérou	35 000	Colorant
Italie	8 000	fruit
Espagne	3 000	Colorant
Afrique du Sud	1500	Fruit,
Bolivie	1200	Fruit, colorant
Chili	1000	Fruit
Argentine	800	Fruit
Californie	1500	Fruit

Ce tableau présente les principaux pays producteurs du figuier de barbarie. Nous remarquons que sur le continent Américain, c'est surtout au Mexique que le figuier de barbarie est le plus abondamment exploité avec une superficie de 3 000 000 d'hectares. Son utilisation est multiple : aliment pour bétail, légume, fruit, colorant. Quant aux États-Unis d'Amérique, c'est la forme inermes qui est la plus répandue. La culture du figuier de barbarie est surtout présente dans les États du sud : Arizona, Texas, Californie. Au Brésil, elle constitue dans la région nord-est l'aliment de base du cheptel bovin laitier.¹ En Europe, la culture du figuier de barbarie est développée dans la partie sud notamment dans le sud de l'Espagne, du Portugal et de l'Italie (Sicile, Calabre, Sardaigne). En ce qui concerne le continent Africain, le figuier de barbarie présente une répartition aussi bien au sud dans les pays comme l'Afrique du Sud ou Madagascar qu'au nord. En Afrique du nord, il fait l'objet d'un grand intérêt en raison du changement climatique et du surpâturage. Il est utilisé depuis plusieurs siècles d'une part comme haie pour délimiter les propriétés foncières et d'autres part pour la consommation de son fruit durant la période estivale. Ces dernières décennies les pays du Maghreb, principalement la Tunisie et le Maroc, ont pris conscience de l'intérêt économique et des effets que peut entraîner cette culture, et les États ont engagé des politiques de développement intégrées associant défense des terres, élevage, production du fruit et sa transformation en produits agro-industriels. L'Algérie, quant à elle, ne s'est intéressée que tardivement à cette ressource contrairement à ses pays voisins [1].

II.13. Domaine utilisation de figure de barbarie :

II .13.1. Le domaine agro-industriel :

Dans le domaine agro-industriel, les fruits du figuier de barbarie sont transformés en confiture, en jus, en miel, en boisson alcoolisée. Les jeunes raquettes du figuier de barbarie sont consommées comme un légume et l'ingrédient principal de nombreuses spécialités en Amérique et conservées en petits morceaux dans des boites de conserve sous le nom de « nopalitos ». D'ailleurs, il existe au Mexique et aux États-Unis des usines modernes de mise en boîte des « nopalitos » [1].

II .13.2. Le domaine médicinal :

Le figuier de barbarie fait partie depuis longtemps aux plantes médicinales les plus utilisées. La recherche médicale moderne redécouvre ses propriétés. Elle étudie les molécules actives la composant et lui permettent de lutter efficacement contre quelques-unes des affections les plus graves de notre temps, comme la réduction de taux de sucre et de cholestérol dans le sang. Utilisée aussi comme régulant diurétique, et remède au dysfonctionnement de la prostate. Cette plante est utilisée traitement des douleurs gastro-intestinales, l'angoisse, l'artériosclérose, la spasmophilie, le stress, les brûlures et les coups de soleil. Les scientifiques ont récemment observé les effets anticancéreux de la bétanine isolé de l'Opuntia ficus-indica sur la lignée de cellules K562 de la leucémie myéloïde chronique et sur des mélanomes (cancer de la peau) chez la souris. Le figuier de Barbarie est aussi utilisé dans de nombreuses régions comme ses propriétés amaigrissantes ; L'huile essentielle des graines des fruits du cactus sont riches en acides gras polyinsaturés, en stérols et en vitamines, elle est utilisée comme antiride naturel et pour la fabrication des crèmes dermiques antirides [19].

II .13.3. Le domaine de l'énergie :

Certains pays, comme le Chili, cultivent le figuier de barbarie afin d'obtenir assez de biomasse pour produire de l'électricité d'une manière durable. Une source d'énergie renouvelable qui pourrait s'avérer moins coûteuse que les énergies fossiles (pétrole, charbon et gaz) et beaucoup moins dangereuse pour l'environnement [1].

II.14. Différentes formes d'utilisation de figue de Barbarie :

II .14.1. Huile de pépins de figue de barbarie :

L'huile de pépins de figue de barbarie est une huile précieuse obtenue par pression à froid des graines de figue de barbarie. Cette huile est majoritairement composée d'acides oléique (22%), palmitique (12%) et linoléique (60%) qui lui confère des propriétés nourrissantes et émoullientes très intéressantes en cosmétique. L'huile de figue de Barbarie est naturelle à 100% exceptionnelle pour la peau. Réparateur, nourrissant, et très hydratant, il lutte contre les agressions du temps et ce grâce à son taux élevé en antioxydants et en Acides Gras Essentiels (AGE), qui redonnent à la peau son tonus et sa fermeté. Son action régénérant et restructurant en fait le soin anti-âge idéal [20].



Figure II-9 : Huile de pépins de figue de barbarie[20].

II .14.2. Farine de figue de barbarie :

La farine de graine d'opuntia ficus indica contient 16.5 % de protéines et 48 % de fibres cette farine est utilisée en agroalimentaire grâce à sa haute valeur nutritive. En cosmétique et grâce à sa richesse en acides gras essentiels, stérols et vitamine E. Cette poudre est utilisée comme exfoliant, anti-âge et antioxydant elle est aussi utilisée pour produire une macération précieuse [20].

II .14.3. Confiture de figue de barbarie :

Une sélection rigoureuse de fruits de tout premier choix associée au sucre de canne, tous deux issus de l'agriculture biologique, aident à fabriquer une confiture de qualité [20].

II .14.4. La pulpe de figue :

La pulpe de la figue de barbarie sert de base juteuse, parfumée et sucrée pour l'industrie agroalimentaire, notamment dans la réalisation de confitures, de jus et de sorbets [21].

Il y a environ 200 espèces d'Opuntia, mais seuls sont exploités les fruits d'une vingtaine d'espèces sont exploités. Les fruits sont connus par leurs teneurs élevées en sucre, minéraux et vitamines. Ils sont produits et vendus en été et en automne, selon la précocité de la variété. Au Mexique, par exemple, ces fruits comestibles appelés « tuna », sont commercialisés à l'état frais ou transformé : séchés, congelés, sous forme de confit, de jus et d'alcool [13].

La pulpe est formée par le développement des trichomes qui viennent des cellules épidermiques du funicule et de l'enveloppe funiculaire. La taille du fruit dépend du nombre d'ovules fécondés et du nombre de graines qui avortent. On ne sait pas encore pourquoi des graines avortent [17].

II .14.5. Poudre de Nopal :

La directive européenne 2002/46, transposée par le décret 2006-352 du 20 mars 2006, donne une définition et un statut juridique aux compléments alimentaires. Les compléments alimentaires sont des denrées alimentaires dont le but est de compléter le régime alimentaire normal et équilibré qui constituent une source concentrée de nutriments ou d'autres substances ayant un effet nutritionnel ou physiologique seuls ou combinés. La poudre de nopal est reconnue comme un complément alimentaire source de composés fonctionnels. En effet le nopal est très riche en fibres (50%), ainsi qu'en acides aminés (17 dont 8 essentiels) et en vitamines A, C, B1, B2, B3 [20].

II.14.6. Vinaigre d'opuntia :

Ce fût une innovation au Sial de Paris 2012. Il a été démontré que ce vinaigre gastronomique extrait de la pulpe de figue avec son arôme riche, savoureux et fruité, sa légère acidité et son goût très raffiné, à plusieurs qualités nutritives et cosmétiques. Outre les propriétés amincissantes, antioxydants et cicatrisantes du figuier de barbarie et de son fruit, ce vinaigre stimule la flore intestinale, améliore la digestion et renforce les défenses naturelles. Il est extrait de la pulpe de figue [21].

Bienfaits du vinaigre de figue de barbarie biologique :

- Substances antibiotiques
- Substances antibactériennes
- Enzymes
- Bêta-carotène
- Pectine

Acide malique important de la lutte contre les toxines

- Acide acétique [20].

II.14.7. La fleur de figue de barbarie :

Elle très riche en vitamine C, en calcium, en fer, en magnésium et en zinc. Séchées, elles sont préparées en tisane pour leurs propriétés diurétiques, vermifuges et astringentes, et constituent également un traitement naturel de l'hypertrophie bénigne de la prostate et sont utilisées en tant qu'un anti-inflammatoire et antihémorroïde [21].

Les fleurs de figue de barbarie ont les propriétés suivantes :

- * Diurétique
- * Traitement naturel de l'hypertrophie bénigne de la prostate
- * Astringent
- * Anti-inflammatoire
- * Anti hémorroïdaire [20].

II.15. Composition de la figue de barbarie :

La figue de barbarie est un fruit succulent, peu acide et riche en sucres, ce qui le rend délicieux et doux, La composition moyenne de la figue de barbarie est résumée dans le tableau suivant [22] :

Tableau II-2 : Composition de la figue de barbarie [22].

Paramètres	Valeur	Paramètres	Valeur
Pulpe (%)	43-57	Mg (mg/100g)	16.1-98.4
Graines (%)	2-10	Na (mg/100g)	0.6-1.1
Epluchure (%)	33-55	K(mg/100g)	90-217
pH	5.3-7.1	P (mg/100g)	15-32.8
Acidité ac.citrique (%)	0.05-0.18	Proline (mg/L)	1768.7
Eau (%)	84-90	Glutamine (mg/L)	574.6
Protéines (%)	0.2 – 1.6	Taurine (mg/L)	572.1
Lipides (%)	0.09-0.7	Serine (mg/L)	217.5
Fibres (%)	0.02-3.1	Alanine (mg/L)	96.6
Sucres totaux (%)	10-17	acide Glutamique (mg/L)	83.0
Vitamine C (mg/100g)	1-41	Méthionine (mg/L)	76.9
Ca (mg/100g)	12.8-59	Lysine (mg/L)	53.3

L'Opuntia ficus-indica est caractérisée par un pH relativement élevé (5.3-7.1) comparé à celui d'autres fruits, et une acidité relativement faibles (0.05-0.18%) .

En raison de sa haute teneur en eau, sa valeur calorique totale est faible, elle est de 50 Kcal/100g comparable à celle d'autres fruits tels que les poires, les abricots et les oranges. Le fruit est riche en sucres, majoritairement représentés par le glucose et le fructose. Le glucose, dominant, est une source d'énergie immédiatement disponible pour le cerveau, tandis que le fructose permet une amélioration de la saveur du fruit.

Une teneur plus élevée en vitamine C, comparée à d'autres fruits tels que la pomme, la poire, les raisins et la banane, a été notée. Synthèse bibliographique Généralités Page 6 Seules des traces de vitamines B1, B6, niacine, riboflavine et acide pantothénique ont été trouvées.

La figue de barbarie montre une composition intéressante en minéraux, particulièrement, le potassium (90-217 mg/100g), le calcium (12.8-59 mg/100g) et le magnésium (16.1-98.4 mg/100g) (Piga, 2004 ; Feugang et al., 2006) ; des niveaux élevés d'acides aminés libres, dont la proline (1768.7mg/L), glutamine (574.6 mg/L) et la taurine (572.1 mg/L) ont été également rapportés [22].

Références bibliographiques :

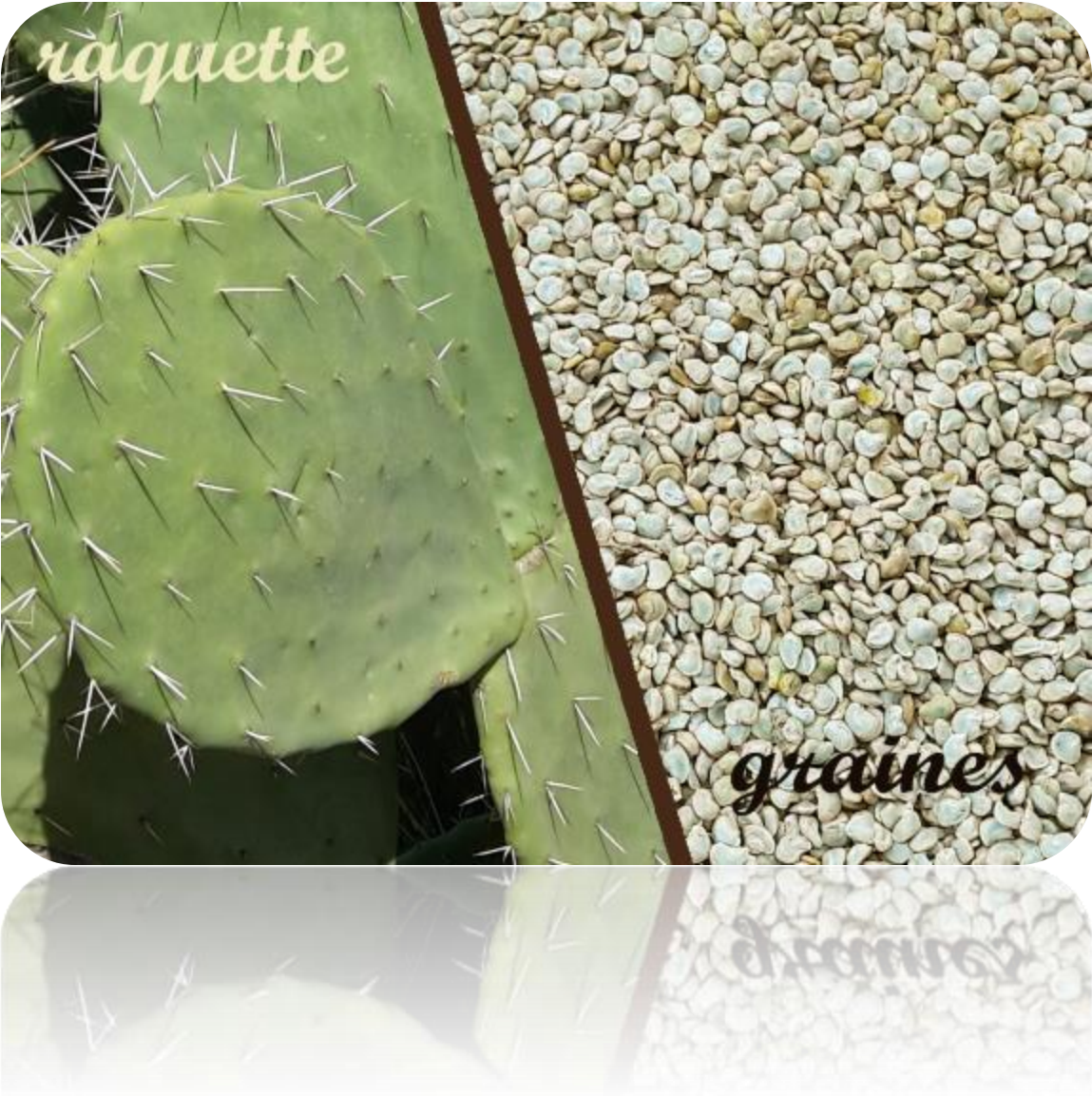
- [1] Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention d'un diplôme de Master en Sciences Economiques Option : Développement local, tourisme et valorisation du patrimoine Une ressource territoriale à valoriser : cas du figuier de barbarie ; Réalisé par : Sous la direction de : M elle belkacem Siham ; M elle hammiche Hayat (université mouloud mammeri de tizi-ouzou ; 2015) ;
- [2] Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade de Docteur entre l'Université d'Angers (France) sous le label de L'Université Nantes Angers Le Mans et l'Université de Sultan Moulay Slimane (Maroc) École doctorale : ed venam (Végétal Environnement Nutrition Agroalimentaire Mer) Discipline : Agroalimentaire Spécialité : Sciences Agronomiques Unité de recherche : Unité de Recherche GRAPPE, SFR 4207 QUASAV, Groupe ESA. Laboratoire des Bioprocédés et Biointerfaces, Université Sultan Moulay Slimane. Soutenu le : 21 juillet 2015 Thèse N° : 1479 Etude physico-chimique, biochimique et stabilité d'un nouveau produit : jus de cladode du figuier de Barbarie marocain (*Opuntia ficus-indica* et *Opuntia megacantha*) ; Amale boutakiout
- [3] Mémoire de fin d'études Présenté par Mr Delmi Mohammed Souleyman Pour l'obtention du diplôme de Master en Agronomie Spécialité biotechnologie alimentaire Thème(Effet antimicrobien d'extrait d'*Opuntia ficus-indica* sur certain bactérie pathogène) ,Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie , 04 /07/2018 ;
- [4] universite mohammed v- souissi faculte de medecine et de pharmacie - rabat faculté une médecine pharmacie , Bhira ,2012
- [5] Université M'hamed Bougara Boumerdes Faculté des sciences de l'ingénieur, Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme master specialit2 génie des industries alimentaire THEME Étude physico-chimique de la pulpe et de l'huile extraite à partir des graines de figue de barbarie. (10/07/2017 Présenté par : drali manel ikhlef lynda) ,
- [6] Article : *Le 1er août 2018 par Iris Makoto*
- [7] <https://www.google.com/search?client=avast&q=https%3A%2F%2Fwww.google.comcac>
- [8] <https://www.google.com/search?client=avast&q=https%3A%2F%2Fwww.google.comaliksir.comfigue-+de-barbarie-opuntia-ficus-indica-huile-vegetale>
- [9] source : <https://www.google.com/> www.fruitiers-rares
- [10] Source: jardin-secrets.com
- [11] www.lifile.com 14 Nov. 2005.
- [12] <https://www.google.com.gardenia.net>
- [13] Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade de Docteur entre l'Université d'Angers (France) sous le label de L'Université Nantes Angers Le Mans et l'Université de Sultan

Moulay Slimane (Maroc) École doctorale : ed venam (Végétal Environnement Nutrition Agroalimentaire Mer) Discipline : Agroalimentaire Spécialité : Sciences Agronomiques Unité de recherche : Unité de Recherche GRAPPE, SFR 4207 QUASAV, Groupe ESA. Laboratoire des Bioprocédés et Biointerfaces, Université Sultan Moulay Slimane. Soutenue le : 21 juillet 2015 Thèse N° : 1479 Etude physico- chimique, biochimique et stabilité d'un nouveau produit : jus de cladode du figuier de Barbarie marocain (*Opuntia ficus-indica* et *Opuntia megacantha*), Amale BOUTAKIOUT.

- [14] Mémoire Pour l'Obtention du Diplôme de Master Spécialité Chimie Macromoléculaire Thème Etude physico-chimique de l'huile des graines de figues de barbarie (Mr. Berrahil el-kattel benameur melle. Miloud sarra, centre Universitaire Belhadj Bouchaïb D'aïn-Temouchent, Juin 2019).
- [15] Belmiloud Malik Theme (Extraction Et Caracterisation Physico- Chimique Des Huiles Des Graines De Figue De Barbarie), Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou Faculté Des Sciences, 07/10/2013
- [16] Thèse de doctorat en biologie végétale, université badji mokhtar. annaba (Etude de l'effet de l'âge des plantations de figuier de Barbarie (*Opuntia ficus indica* L. Miller) sur la variation des ressources naturelles (sol et végétation) des steppes algériennes de l'Est. Cas de Souk-ahras Tébessa), (NEFFAR, Souad 2011/2012)
- [17] l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture et le Centre International pour la Recherche Agricole dans les Zones Arides Rome, 2018 , écologie, culture et utilisations du figuier de barbarie (Université Nationale de Santiago del Estero, Argentine b Université de Palerme, Italie)
- [18] Mémoire présenté pour l'obtention Du diplôme de Master Académique ; Melle Benabdallah Hadjer Melle daoud Nouara (Effet du stress salin sur le comportement de quelques écotypes du figuier de barbarie (*Opuntia ficus indica* Mill.) dans la région de Hodna) ; UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA (2017/2018) ;
- [19] Thèse de doctorat en Chimie Option : Chimie bio-organique et thérapeutique Présentée par Melle Benattia Farah Kenza (Université Aboubekr Belkaid- Tlemcen Faculté des sciences Département de Chimie ; 21/11/2017) ;
- [20] Le spécialiste du cactus Bio M. Mohamed Rachdi Bennani (Kasserne 16.17 JUNE 2011)
- [21] L'essentiel De L'agroalimentaire Et L'agriculture - N°100 #100 www.agroligne.com M(Agroligne N°100 - Mai / Juin 2016) ;
- [22] Mémoire de fin de cycle En Vue de l'Obtention du diplôme D'Ingénieur d'Etat en Contrôle de Qualité et Analyses. Melle Boudjellaba Siham Melle YASSA Assia (Activité antioxydante des graines de quelques variétés de figue de barbarie (*Opuntia ficus-indica* L.)

de la région de Béjaia) ; Université Abderrahmane Mira de Bejaia Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Département des Sciences Alimentaires (2011/2012)

**CHAPITRE III : COMPOSITION DES FEUILLES ET DES
GRAINES DE FIGUE DE BARBARIE.**



III. CHAPITRE III : COMPOSITION DES FEUILLES ET DES GRAINES DE FIGUE DE BARBARIE.

III.1. Etude de la graine de figue de barbarie

III .1.1. Introduction

Les graines de la figue de barbarie ont suscité ces dernières années beaucoup d'intérêt et de curiosité les autres pépins en particulier ceux des raisins et les études se sont multipliées pour caractériser leurs constituants afin d'évaluer surtout leur valeur nutritive. Les réserves protéiques de la graine sont des albumines. Cependant, l'attention s'est focalisée surtout sur les huiles contenues dans ces graines.

L'extraction de ces huiles produit un tourteau constituant jusqu'à 90% du poids de la matière première, Ce résidu est très riche en fibres celluloseuses, les autres polysaccharides constitutifs sont très rares, voire inexistantes [1].

III .1.2. Description morphologique :

Les graines de figue de barbarie sont caractérisées par leur dureté à cause de fibres dures et de formes plates, plus au moins réniformes ou lenticulaires. Le pourcentage et le nombre de graines par fruit varie en fonction de plusieurs facteurs dont la variété, la physiologie et l'environnement de culture [2].

L'étude morphologique de la graine réalisée par microscopie optique et à transmission, permet de voir que les tissus sont organisés en deux parties : le péricarpe et l'endosperme.

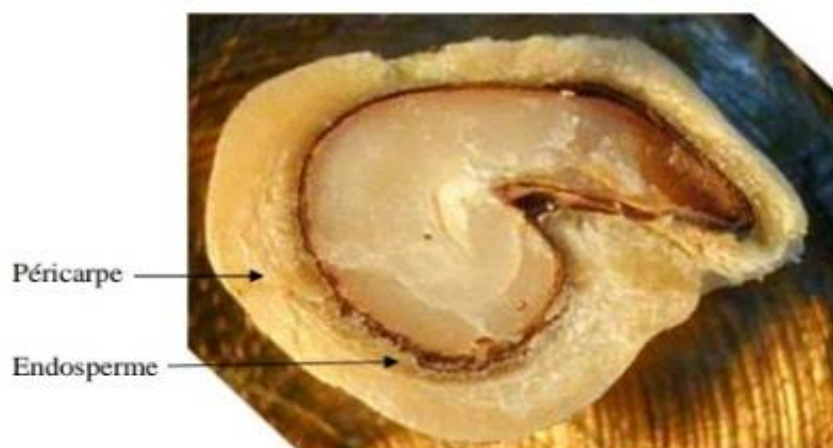


Figure III-1 : Photographie d'une coupe transversale de la graine de la Figue de barbarie [2].

L'observation au microscope électronique à balayage MEB et à transmission MET d'une coupe transversale de la graine montre qu'elle est constituée de deux parties distinctes (Figure .III.1) : une enveloppe (péricarpe) et un (endosperme).

L'endosperme : il représente 5 à 10% du poids total des graines de figuier de barbarie. Il est constitué de cellules de parenchyme de réserve à paroi très fine renfermant de nombreux leucoplastes qui forment de petits grains d'amidon (Figure. III .2-a). S'intercale une couche de gluten (couche à aleurone) entre les tissus riches en amidon donnant au noyau un aspect visqueux. L'ensemble de ces cellules est couvert d'une paroi cellulaire épaisse en forme de tuile inversée (Figure .III.2-b).

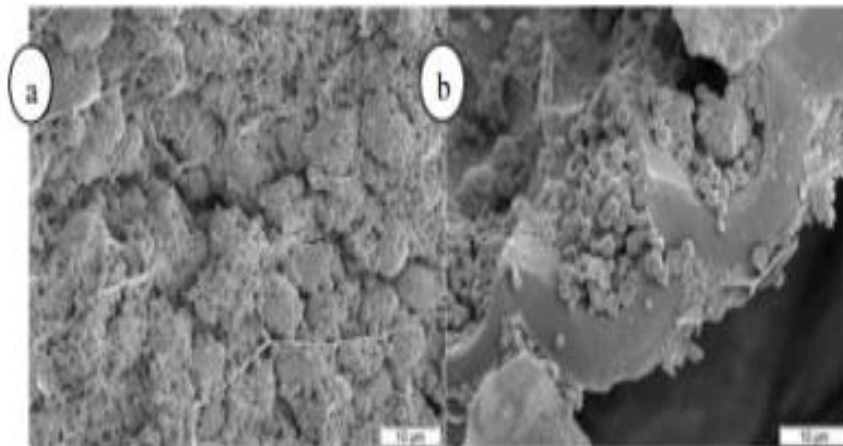


Figure III-2 : Endosperme de la graine de la figue de barbarie (MEB)[1].

❖ **Le péricarpe :**

Le péricarpe de la graine de figue de barbarie représente le reste du poids de la grain total 90 à 95% .On peut remarquer deux types de cellules : en majorité des cellules longues très compactes en forme de fibres fusiformes et quelques vaisseaux spiralés. Les fibres sont communément appelées fibres des sclérenchymes (Figure III .3-a). Ce tissu de soutien est largement répandu dans les téguments des graines, les noyaux des fruits, les cellules pierreuses, les épines et les aiguillons des tiges et des feuilles. Les couches régulières de cellules, qui garnissent leur paroi épaisse, présentent un arrangement hélicoïdal (Figure 3- III .b, c). Cela procure aux organes végétaux une grande rigidité ou une grande souplesse .En effet, ils ne sont lignifiés (dans la plupart des cas). On parle alors des fibres dures. Ils sont très élastiques quand ils ne sont pas lignifiés. C'est le cas de fibres molles qui sont assimilées à des cellules de collenchyme. On rencontre également, à des emplacements bien précis au niveau du péricarpe de la graine, des vaisseaux conducteurs spiralés en simple hélice (Figure .III .4)

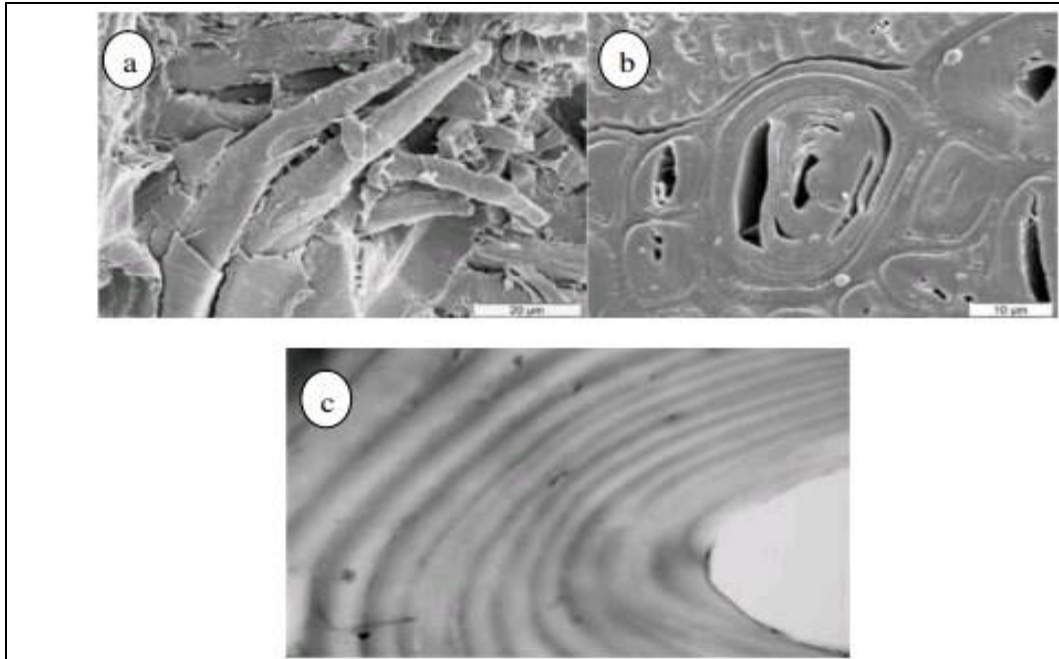


Figure III-3: Fibres de sclérenchyme fusiformes (spindle) (a), organisées en strates hélicoïdales de cellulose (b) (MEB) (c) faces externes des hélices (MET) [1].

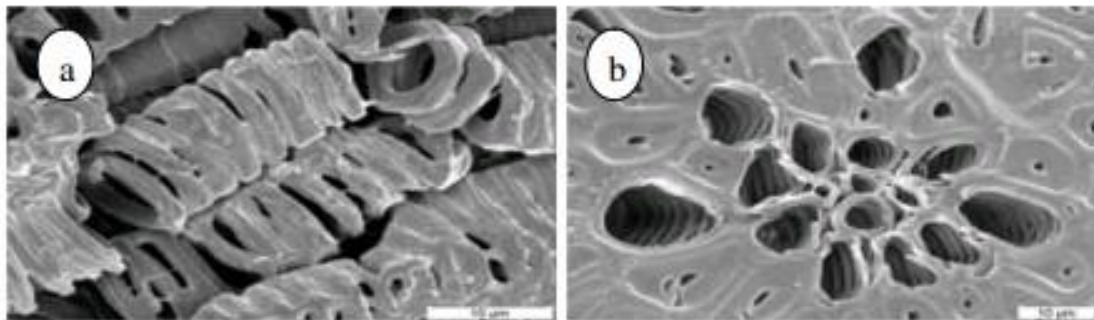


Figure III-4 hélicoïdales de cellulose (b) (MEB) (c) faces externes des hélices (MET) [1]. Conducteurs spiralés en simple hélice (MEB) [1].

L'étude morphologique a permis de préciser l'organisation des tissus au sein des deux parties de la graine. L'endosperme est constitué principalement de granules d'amidon enrobés dans une paroi cellulaire parenchymateuse en forme de tuile. Le péricarpe est constitué de fibres de sclérenchyme dont les microfibrilles de cellulose sont disposées en couches successives concentriques. Cette organisation concentrique a déjà été rencontrée dans un certain nombre de végétaux [1].

III .1.3. Composition de la graine

III .1.3.1 Composition chimique de la graine

La teneur des différents constituants des graines de la figue de barbarie est répertoriée dans le tableau III .1.

Tableau III-1 : Composition chimique des graines de la figue de barbarie[2].

Constituants	Teneur	Constituants	Teneur
Eau	5-6 %	Lignine	18 %
Huile	7-8.5 %	Protéines	11-12%
Minéraux (cendres)	1.3 %	Cellulose	30 %

L'analyse préliminaire des graines de figue de barbarie montre qu'elle est lignifiée (présence de beaucoup de lignine) et renferme en quantités considérables des protéines et des huiles.

III .1.3.2 Sucre :

La graine de figue de barbarie contient une quantité importante de Polysaccharides en majorité du glucose et du xylose constituant de la cellulose et des hémicelluloses comme le montre le tableau .III.2 [2].

Tableau III-2 : Composition en sucres des graines de la figue de Barbarie [2].

Composant	Acides Uroniques	Sucres					
		Rha	Ara	Xyl	Man	Gal	Glu
Teneur (%)	1.1	0.6	3.1	23.8	1.0	1.0	35.6

III .1.2.3 Acides aminés et minéraux

Les protéines de la graine sont riches en acides aminés soufrés, d'où l'odeur dont la quantité de méthionine et de cystine représentent près de deux fois la quantité recommandée par la FAO/OMS. La graine est, aussi, riche en minéraux, avec des quantités relativement importantes, notamment le potassium (275 mg/100g), le calcium (258 mg/100g) et le magnésium (208 mg/100g) [2]. Le tableau suivant résume la composition des graines en minéraux :

Tableau III-3 : Composition en minéraux de la graine de la figue de barbarie[2].

Les minéraux	Teneur (mg/100g)	Les minéraux	Teneur (mg/100g)
Ca	258	Fe	12.1
Mg	208	Cu	0.83
Na	0.83	Zn	4.16
K	275	Mn	0.83
P	110	Mb	0.33

III .1.3.4 Fibres

La graine constitue la principale source de fibres dans la figue de barbarie comme démontre le tableau III .4. Le deux types de fibres caractérisent la graine : Les fibres solubles comprennent les : mucilage, pectine et hémicellulose. Les fibres insolubles composées, principalement, de cellulose [2].

Tableau III-4 : Composition en fibre de la graine de la figue de barbarie (%) [2].

Les fibres	Teneur (%)
Hémicellulose	9.95
Cellulose	83.2
Pectine	6.69
Lignine	0.19

III .1.3.5 Lipides et les protéines

La partie du fruit la plus riche en protéines est la graine. Cependant, on s'est surtout focalisé sur l'huile contenue dans ces graines depuis qu'on a montré que cette huile est riche en acides gras insaturés et stérols). Ces principaux acides gras sont l'acide palmitique, stéarique, oléique mais surtout avec une teneur plus importante en acide linoléique (70%). Le β -sitostérol et le compestérol sont les constituants les plus importants de la fraction des stérols représentant 90% des stérols totaux [2].

III .1.3.6. Vitamines et caroténoïdes

Le tocophérol (vitamine E) et le β -carotène sont retrouvés dans la fraction lipidique de la graine de la figue de barbarie. L'isomorphe γ -tocophérol homologue de la vitamine E est le principal composant de l'huile de la graine représentant 80% du contenu total en vitamine E ; le α -tocophérol est le second avec 14 à 16% (tableau III .5) [2].

Tableau III-5 : Composition en vitamines de la graine de la figue de barbarie [2].

Composant	Teneur (g/kg)
α -tocophérol	0.056±0.003
β -tocophérol	0.012±0.002
γ -tocophérol	0.330±0.03
δ -tocophérol	0.005±0.001
Vitamine E (vitamine total)	0.403±0.04
Vitamine K1	0.525±0.06
β -carotène	0.047±0.008

III .1.4. Intérêts de la graine

Il y a eu un regain d'intérêt progressif dans l'utilisation de la graine de figue de barbarie dans les pays développés ces dernières années. Les substances naturelles issues de cette graine ont de multiples intérêts. En effet, riche en matière grasse, elle peut être exploitée pour l'extraction des huiles à usage alimentaire, pharmaceutique, médical ou encosmétique.

Elles sont caractérisées par leur richesse en xylanes qui est doué d'applications très diverses, pouvant aller de l'industrie plastique, de la papeterie à des applications médicales. Les dérivés alkyles amphiphiles de xylanes possèdent des propriétés émulsifiantes excellentes, et sont largement utilisés dans le domaine agroalimentaire.

Les graines de la figue de barbarie peuvent être utilisées comme source d'huiles comestibles vue leur richesse en acides gras essentiels. Récemment, il a été montré que l'addition de la poudre de graines dans l'alimentation diminue la concentration en glucose sérique, augmente le glycogène dans le foie et le muscle squelettique et augmente significativement le taux de cholestérol LDL, ce qui suggère une application potentielle pour le diabète et l'athérosclérose. Aussi l'augmentation de leur apport réduit les risques de maladies cardio-vasculaires et maladies coronariennes. La richesse de ces graines en matière insaponifiables (stéroïls et tocophérols) en fait un bon atout pour leur exploitation en cosmétologie, vu ses les effets bénéfiques sur l'élasticité de la peau, le métabolisme cellulaire et la réparation de la structure cutanée anti-âge [1].

Importance agro- économique

Les substances naturelles issues de cette graine ont des intérêts multiples. En effet, la graine est une partie riche en matière grasse, elle peut être exploitée comme vu précédemment pour l'extraction des huiles à usage alimentaire, pharmaceutique, médical et cosmétique [3].

III .1.5. Les différents modes d'extraction de l'huile de figue de barbarie à partir des graines :

Divers facteurs altèrent la qualité des fruits de cactus considérés comme une ressource agrobiologique et ceci par des phénomènes microbiologiques, chimique et physique. Première altération la période estivale de récolte ou la température est très élevée. Aussi, l'éloignement des lieux de production, cause d'énormes pertes pour les producteurs. La quantité d'huile extraite des graines dépend de la taille des graines.

L'huile végétale issue de cactus est obtenue principalement par pression à froid suivie d'une extraction par solvant. Ne pas confondre avec une huile essentielle, car l'huile végétale contient des corps gras et possède une texture huileuse, à l'opposé d'une huile essentielle, cette dernière résultant de l'extraction de l'essence des composés aromatiques volatiles contenues dans différents organes d'une plante.

D'après Mohamed Fawzy Ramadan(2003), les fractions volatiles des graines broyées sont extraites par hydrodistillation, suivie d'une extraction liquide-liquide avec trois types de solvants : éther, dichlorométhane et hexane. Cette méthode donne lieu à une huile essentielle et non végétale, car seules les substances aromatiques sont obtenues, en deux types de pressage mécanique (continu et discontinu) et le pressage par solvant. Le processus d'écrasement des graines oléagineuses pour en extraire l'huile qu'elle contient est divisé. Le pressage continu utilise des appareils à immersion, à percolation, etc. par contre le pressage discontinu utilise des presses hydrauliques (extracteurs fixes). Le second type de pressage fait appel à des solvants et à des propriétés thermodynamiques tel que la miscibilité, la solubilisation, la saturation, les changements d'états... [1].

❖ Méthode d'obtention des graines d'*Opuntia ficus indica* :

Tout d'abord séparer et bien nettoyer les graines de la pulpe par l'utilisation de l'eau et les tamis, puis les sécher soigneusement à l'ombre une bonne aération. Les graines ainsi obtenues sont conservées dans des récipients hermétiques, placés au frais et à l'abri de la lumière [4].



Figure III-5 : a. Les Graines d'O.f.indica après séchage et broyage, b. Les Graines. [4].

III.2.Etude les raquettes de la figue de barbarie

III .2 .1. Introduction :

Les cladodes sont des tiges modifiées de forme aplatie, de 30 à 40 cm de long, elles remplacent les feuilles dans leur fonction photosynthétique avec une la surface parsemée d'alvéoles. Les cladodes assurent la fonction chlorophyllienne et sont recouvertes d'une cuticule cireuse (la cutine) qui limite la transpiration et les protège contre les prédateurs [3]



Figure III-6 : Raquettes [5].

- Cladode : Les jeunes cladodes sont consommées comme légume, car elles sont tendres et fibreuses, avec une valeur nutritive similaire. Elles sont riches en eau, en hydrates de carbone, en protéines, en vitamine C et β -carotène précurseur de la vitamine A. Ces jeunes cladodes sont appelés « Napolitos » au Mexique où elles sont considérées comme un légume traditionnel depuis des siècles. Elles sont consommées fraîches cuites. Elles sont conseillées pour les diabètes II, car leur consommation contrôle le sucre chez ces patients et peut réduire le taux du cholestérol dans le sang. Il existe d'autres produits dérivés à partir des cladodes : confiture, cornichon et cladodes confits. Alors que les cladodes traditionnellement utilisés substituent à la viande pendant les périodes de jeûne, elles sont aujourd'hui servies avec un repas semblable à des haricots verts [6].

III .2 .2. Description morphologique

Le terme feuilles de figuier de Barbarie est utilisé dans la littérature pour désigner les segments de tiges aplaties de la plante qui remplacent les feuilles dans leurs fonctions. Ces tiges de cactus, les raquettes de cactus ou cladodes sont les termes corrects, synonyme de « nopales ». Les tiges sont composées d'un parenchyme blanc (tissu de base) et le contenant de la chlorophylle au sein du chlorenchyme (tissu de cortex). Ce dernier est recouvert d'épines (feuilles modifiées) et poils ou trichomes multicellulaires, qui forment l'aréole et qui est une caractéristique des membres de la famille des cactacées.

Les glichides sont composées uniquement cellulose cristalline 1%.

Les microfibrilles de cellulose ont une longueur de 0.4 mm et de 6 à 10 μ m en diamètre, et sont parallèlement ancrées dans une matrice d'arabinose, et sont sous forme de gel solide, tissé et serré avec la cellulose. Les épines sont constituées de 96% de polysaccharides, divisés en 49,7% de cellulose et 50,3% d'arabinose, le reste est constitué de cendres, matières grasses, cires et la lignine.

Les épines 1 à 3 cm de longueur et forment 8,4% du poids total de la cladode. Leurs fonctions comprennent la protection mécanique face aux herbivores, la réflexion de la lumière, l'ombre pour la tige, et donc permettent la réduction de la perte en eau ainsi que la condensation du brouillard [6]

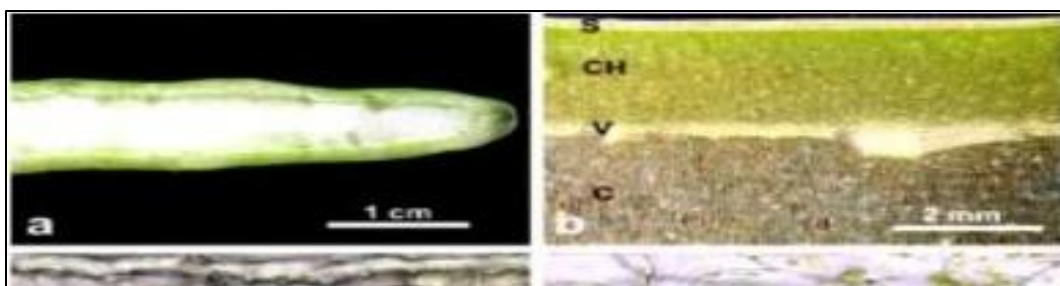


Figure III-7 : Morphologie des cladodes du figuier de Barbarie, (a) : Coupe transversale (CT) de l'ensemble de la cladode ; (b) : CT des couches extérieures de la cladode montrant la peau (S), chlorenchyme (CH), vaisseaux conducteurs (V), parenchyme (C) ; (c) : CT de la peau montrant un hypoderme à parois épaisses ; (d) : CT du chlorenchyme avec des plasmides et des cristaux d'oxalate [6].

III .2 .3. Composition chimique

La composition chimique des cladodes varie avec des facteurs géographiques, l'endroit de la culture, la saison et l'âge de la plante. Par conséquent, les teneurs en éléments nutritifs respectifs, varient à la fois entre les espèces et les variétés, et ils ne devraient pas être pris comme des valeurs absolues (**Tableau. III .6**) [6].

Tableau III-6 : Principaux composants des cladodes du figuier de Barbarie [6].

Composants	Matières sèches (g/100g)	Poids frais (g/100g)
Eau	-	88-95
Glucides	64-71	3-7
cendres	19-23	1-2
Fibres	18	1-2
Protéines	4-10	0,5-1
Lipides	1-4	0,2

Les jeunes cladodes sont riches en glucides, en protéines, et en eau. Fait intéressant, la fertilisation faible en azote conduit à une augmentation de la teneur en protéines brutes, alors que pour l'alimentation des animaux et spécialement les vaches allaitantes, les doses d'azote recommandées sont de 224kg /ha. Un supplément de 112 kg /ha de phosphate améliore la faible teneur en phosphate des cladodes. Au cours de la croissance, l'ossature fibreuse est décomposée dans le parenchyme, mais se développe dans le cortex. Cependant, les protéines totales et les fibres diminuent avec l'âge. Le jus de cladodes présente un pH de 4,6 avec 0,45% d'acidité titrable et 6,9 g /100 g de matières sèches.

Les cladodes ont aussi riches en calcium et en fibres. Elles sont moins nutritives que les épinards et plus nutritives que la laitue. La teneur en eau varie entre 88 à 95%, elle donne aux cladodes une valeur alimentaire en étant pauvre en calories (27 kcal /100 g) [6].

III .2 .3.1. Composants à faible poids moléculaire

III .2 .3.1.a. Minéraux

Le potassium est le principal minéral, avec 60% dans les cendres (166 mg /100 g de poids frais), suivie par le calcium (93 mg /100 g de poids frais), sodium (2 mg /100 g de poids frais) et le fer (1,6 mg/100 g de poids frais) tandis que le magnésium n'a pas été détecté. Des études récentes ont démontré que la Partie bibliographie 20 composition minérale est de 50 mg /100g

de poids sec, 18-57 mg /100g de poids secs pour le potassium, 11-17 mg /100 g pour le calcium et magnésium, suivie du manganèse (62- 103 µg /g), du fer (59-66 µg /g), du zinc (22 à 27 µg /g) et du cuivre (8-9 µg /g). Encore une fois, ces valeurs doivent être considérées comme approximatives puisque les teneurs en minéraux varient avec les espèces, le site de culture et l'état physiologique du tissu de cladode. Il est à noter que le calcium joue un rôle crucial dans la rétention d'eau des tissus succulents [6].

III .2 .3.1.b. Glucides

Les glucides constituent un total de 36% à 37% de l'ensemble du poids sec des cladodes (tabl.III .7). La teneur en glucides est comprise entre 64 et 71 g /100 g par rapport au poids sec. Des variations peuvent dues aux facteurs agronomiques et environnementaux ainsi que l'âge de la cladode. Les jeunes cladodes sont plus riches en glucides [6].

Tableau III-7 : Composition en monosaccharides non celluloses des cladodes de l'Opuntia ficus indica [6].

Glucides	Matière sèche (µg /mg)
Rhamnose	7,13±1,28
Fructose	0,74±0,11
Arabinose	39,64±1,96
Xylose	18,64±0,84
Mannose	13,64±0,81
Galactose	33,69±2,89
Glucose	153,15±6,54

III .2 .3.1.c .Acides organiques

L'acide malonique et l'acide citrique représentent respectivement 36 et 178 mg /100g de poids frais (tabl.III .8). En revanche, les cladodes âgées ne contiennent plus d'acidemalonique.

Tableau III-8 : Composition des cladodes en acides organiques à deux différents temps de récolte [6].

Acides organiques	6h (matin)	18h (après-midi)
	Poids frais (mg/100g)	
Acide oxalique	35	35

Acide malique	985	95
Acide citrique	178	31
Acide malonique	36	traces
Acide succinique	Traces	traces
Acide tartrique	Traces	traces

En outre, l'acide malique varie de 95 à 985 mg/100 g de poids frais. Il est influencé par les changements diurnes en raison du type de photosynthèse (CAM) : la plante fixe le dioxyde de carbone sous forme d'acide malique et libère l'oxygène pendant la nuit pour éviter les pertes d'eau par transpiration. Durant la journée, l'acide malique est décarboxylé en acide malonique et le dioxyde de carbone est libéré et transformé en glucose par l'action de la Photosynthèse quand les stomates sont fermés. Le principal acide cependant, est l'acide oxalique (0,61 mg /g de poids sec). Il joue un rôle intéressant avec le calcium et le métabolisme des pectines [6].

III .2 .3.1.d. Acides aminés

Il existe 18 acides aminés compris dans les cladodes du figuier de Barbarie (tabl. III .9). La teneur en protéines est de 11g /100 g de poids frais ou de 0,5 g/100 de poids sec. D'autres auteurs ont confirmé qu'elle varie entre 77-112 mg/ g de poids sec en fonction du mois de récolte. Les principaux acides aminés sont la glutamine, suivis par la leucine, la lysine, la valine, l'arginine, la phénylalanine et l'isoleucine [6].

Tableau III-9 : La composition en acides aminés dans les cladodes de la figue de Barbarie [6].

Acides aminés	Poids frais (mg/100g)
Alanine	0,6
Arginine	2,4
Asparagine	1,5
Acide asparaginique	2,1
Acide glutamique	2,6
Glutamine	17,3
Glycine	0,5
Histidine	2,0
Isoleucine	1,9
leucine	1,3
Lysine	2,5
Méthionine	1,4
Phénylalanine	1,7
serine	3,2
Thréonine	2,0
Tyrosine	0,7
Tryptophane	0,5
Valine	3,7

III .2 .3.1.e .Acides gras

Les analyses chromatographiques des lipides totaux extraits à partir des cladodes de cactus montrent que la contribution totale en acide gras est de 13,87% pour l'acide palmitique (C₁₆ : 0), 11,16% pour l'acide oléique (C₁₈ : 1), 34,87% pour l'acide linoléique (C₁₈ : 2) et 32,83% pour l'acide linoléique (C₁₈ : 3) (tabl.III .10). Ces quatre gras acides représentent ainsi plus de 90% des acides gras totaux. Les acides linoléiques et linoléiques constituent les principaux acides gras polyinsaturés (67,7%) [6].

Tableau III-10 : La composition en acides aminés dans les cladodes de la figue de Barbarie[6].

Acides Gras	Matières sèche (g/100g)
C ₁₂ :0	1,33
C ₁₄ :0	1,96
C ₁₆ :0	13,87
C ₁₆ :1	0,24
C ₁₈ :0	3,33
C ₁₈ :1	11,16
C ₁₈ :2	34,87
C ₁₈ :3	33,23
C ₂₀ :0	-
C ₂₂ :0	-
C ₂₂ :1	-
C ₂₄ :0	-

Une étude sur la fraction stérol de la chlorophylle présente dans le cortex (chlorenchyme) a démontré la présence de 5,0% de cholestérol, 8,0% du methylcholesterol, ainsi que 87,0% de sitostérol [6].

III .2 .3.1.f. Vitamines, caroténoïdes et chlorophylles

La teneur totale de la vitamine C (acide ascorbique et déhydroascorbique) dans 100 g de matière fraîche s'élève à 22 mg, b-carotène à de 11,3 à 53,5 µg, thiamine à 0,14 mg, riboflavine à 0,6 mg et niacine à 0,46 mg (tabl.III .11) [6].

Tableau III-11 : Composition en vitamines dans les cladodes de la figue de Barbarie [6].

Vitamines	Pour 100g de poids frais
Vitamine C totale	7-22mg
Niacine	0,46 mg
Riboflavine	0,60mg
Thiamine	0,14mg
β -carotène	11,3-53,5 μ g

En ce qui concerne le profil des caroténoïdes, il ya présence d' α -cryptoxanthine(20%), du β -carotène (36%) et de la lutéine (44%) sachant que le tout englobe une somme 229 μ g/ g de poids sec total et de plus, la valeur s'élève avec un traitement thermique [6].

III .2 .3.1.g. Composants phénoliques

La teneur en polyphénols totaux dans les cladodes mexicains représentent 8 à 9 mg/ 100 g de poids frais. Parmi les acides phénoliques qui ont été détectés : acide ferulique, acide p-Coumarique, acide 4-Hydroxybenzoïque, acide caféique, acide salicylique, acide gallique. Les flavonoïdes détectés sont : rutine, iso-quercitrine, nicotiflorine, narcissine (tabl. III .12)[6].

Tableau III-12 : Composition en polyphénols des cladodes de l'Opuntia ficus-indica [6].

polyphénols	Matière sèche (mg/100mg)
Acide gallique	0,64-2,37
Coumarique	14,08-16,18
3,4-dihydroxybenzoïque	0,06-5,02
4-hydroxybenzoïque	0,5-4,72
Acide ferulique	0,56-34,77
isoquercétine	2,29-39,67
Isorhamnetin-3-O-glucoside	4,59-32,21
Nicotiflorine	2,89-146,5
Rutine	2,36-26,17
Narcissine	14,69-137,1

III .2 .3.2. Composants à haut poids moléculaire

La teneur moyenne de la cellulose dans les cladodes par rapport à la matière sèche est de 11%, hémicellulose 8% et la lignine 3,9%. La teneur en amidon dans les cladodes fluctue en fonction des saisons et atteint une valeur moyenne de 85 à 171 mg/ g de poids sec

Les hydrocolloïdes occupent 36% du volume total de la cladode, cela est dû à leur grande capacité à gonfler. Le stockage de l'eau atteint 50% de leur poids total. Il est aussi à noter que les glucanes agissent comme source de carbone pour l'acide malique dans la CAM.

La composition moyenne du sucre dans le mucilage du figuier de Barbarie est composée de 42% d'arabinose, 22% de xylose, 21% de galactose, 8% d'acide galactoséuronique et 7% de rhamnose. La précipitation a été obtenue par addition de cation tel que le calcium, le plomb, le baryum, l'argent, le cuivre, le fer, le cobalt ou le nickel pour viser la déstabilisation du polyélectrolyte anionique. Il est à noter que la viscosité la plus haute du chlorenchyme a été enregistrée entre un pH 4 et 6 et étant plus faible pour le chlorenchyme. A pH entre 2 et 4, une légère augmentation a été détectée par contre il y'a pratiquement pas de modifications de viscosité entre un pH 6 et 10. Quand la valeur de pKa atteint 3,2 à 3,5 la molécule change de la forme globulaire à linéaire.

Le plus souvent dans la littérature, les auteurs ne font pas de distinction entre le mucilage et les pectines. Afin de prouver les différences chimiques de ces deux fractions macromoléculaires, un protocole d'extraction a été proposé pour les différencier. Alors que le mucilage ne forme pas un gel par addition de calcium, les pectines sont sensibles aux divalents cations. Avec le moyen de l'ultrafiltration, une séparation des molécules à un haut poids moléculaire (10%) et celle de faible poids moléculaire (90%) a été réalisée à partir d'un extrait de cladodes. Ce dernier est composé de 80% de protéines qui avaient une solubilité assez faible dans l'eau. Bien que la fraction de poids moléculaire élevé ait montré une légère sensibilité vis-à-vis du calcium en solution, aucune d'augmentation de la viscosité n'a été observée lors de l'addition du calcium pour les molécules à faible poids moléculaire. Ce n'est que lorsque la concentration du mucilage augmente de 10 g/100 g d'eau, qu'il y'a formation d'un gel du à des ponts intermoléculaires. Il a été conclu que la fraction de protéines en interaction avec polysaccharides forme des liaisons intermoléculaires [6].

III .2 .4. Utilisation des raquettes

III .2 .4.1 . Importance agro- économique

❖ Production maraichère

Les jeunes pousses d'*Opuntia*, appelées "Nopalitons" sont consommées comme légume au Mexique et dans le sud des Etats Unis .Elles sont riches en vitamine C et en Calcium et leur valeur nutritive est proche de celle de la laitue et des épinards[5].

❖ Source de mucilage

L'analyse texturale a prouvé que le mucilage du figuier de barbarie pourrait avoir un effet protecteur sur les fraises, reflétées par la grande fermeté des échantillons enduits pendant le stockage, qui pourrait réduire des pertes économiques dues à la détérioration produite à partir des dommages mécaniques pendant la manipulation et le transport [3].

❖ Colorant

En Afrique du sud et au Mexique, l'élevage des cochenilles sur l'*Opuntia* sous tunnels est utilisé pour la production d'une teinte rouge, le carmin, produit par les femelles qui prolifèrent

sur des raquettes saines, en prélevant des substances nutritives du phloème. Cette teinte est très demandée en industrie alimentaire, médicinale et cosmétique comme colorant nature [3].

III .2 .4 .2 . Importance médicinales

❖ Diététique

Le Nopal semble agir efficacement à la fois sur les graisses et sur les sucres. La racine d'Opuntia ficus-indica est également considérée comme un excellent diurétique [3].

❖ Antidiabétique

Des études scientifiques démontrent qu'absorbé avant le repas, le Nopal est un antidiabétique efficace dans des cas d'hyperlipidémie [3].

❖ Cellulite

Les protéines végétales abondamment pourvu dans le nopal aident le corps à éliminer l'excès aqueux de certains tissus cellulaires, diminuant ainsi la rétention d'eau, dont la cellulite représente l'une des conséquences les plus graves [3].

❖ Hyperglycémie (excès de sucre dans le sang)

Le Nopal, par sa forte teneur en fibres régularise et freine l'assimilation des molécules de sucre tant au niveau de l'estomac que de l'intestin ce qui induit une diminution du taux de sucre dans le sang. Selon le Dr J.Robert, certaines enzymes agiraient comme une insuline naturelle. [3].

❖ Hyperlipidémie (taux élevé de cholestérol)

De par sa teneur élevée en fibres et en gommes, le Nopal est réputé pour son action bénéfique d'interception des graisses dans l'estomac et dans l'intestin, abaissant ainsi les niveaux de Cholestérol et de lipides dans le sang à leurs proportions normales [3].

❖ Artériosclérose (durcissement des artères)

Les acides aminés et les fibres, en particulier le principe antioxydant des vitamines A et C que contient Nopal ont pour effet de diminuer le risque de détérioration des parois artérielles et la formation de plaquettes graisseuses. Des chercheurs ont remarqué que des populations de la tiers-monde habituées à consommer des figues de barbarie semblaient préservées de l'artériosclérose et l'artérite [3].

❖ Digestion, fonction hépatique

Les fibres du Nopal, comme la plupart des fibres végétales de qualité, régularisent le transit intestinal. Elles préviennent l'organisme de la constipation. Les vitamines A, B1, B2, B3 et C, présents naturellement dans le Nopal, ses sels minéraux (calcium, magnésium, etc) et ses fibres [3].

❖ Ulcères gastriques et désordres gastro-intestinaux

L'association des fibres végétales du Nopal et de l'effet protecteur de son mucilage parvient à brider la production excessive d'acidité et préserve la muqueuse gastro-intestinale. Cet effet

tampon tempère la naissance des colites, ces douloureuses inflammations du colon éprouvées par les intestins fragiles, le Nopal agit comme un stabilisateur du pH de l'estomac et de l'intestin [3].

❖ **Activité diurétique**

Depuis des décennies, la médecine traditionnelle utilise les fleurs du figuier de barbarie en infusion afin de soulager les « douleurs rénales » [3].

❖ **Nettoyage du colon**

Nous l'avons déjà souligné le Nopal contient des fibres alimentaires "solubles" facilitant le transit intestinal, mais il contient également des fibres "non-solubles" c'est-à-dire "inassimilables", qui absorbent l'eau des déchets, accélérant en douceur le transit tout en régulant ses mouvements [3].

❖ **Anxiolytique**

Le Nopal est un tranquillisant naturel, apportant calme et sérénité à un organisme stressé. Des chercheurs ont suggéré que ce serait dû à la berbérine et à un autre alcaloïde encore indéterminé dont on a découvert des traces dans la plante que l'on devrait cette action bienfaisante [3].

❖ **Femmes enceintes**

Chez les Aztèques, les femmes enceintes consommaient le Nopal sous toutes ses formes car il était considéré comme le meilleur des fortifiants et un excellent galactogène [3].

❖ **Cosmétiques**

Les femmes berbères utilisaient l'huile pour cicatriser et pour protéger leur peau du vent brûlant du désert. Le mucilage des cladodes est utilisé dans la fabrication des shampoings, des assouplissants des cheveux, des crèmes dermiques et des laits hydratants. Il est également utilisé depuis longtemps par les femmes rurales au Maroc pour assouplir leurs cheveux [3].

❖ **Utilisation industrielle**

La plante du cactus est employée actuellement aux Etats-Unis et au Mexique à des fins industrielles sous forme de matière collante et antirouille dans les puits pétroliers .Au Chili, les raquettes du cactus, après leur fermentation naturelle, sont utilisées en tant que matière première et source importante dans la production d'un gaz vital (le biogaz). Elles sont productives, leur rendement est élevé, et elles sont source d'énergie vitale. Leurs utilisations sont nombreuses. La matière gélatineuse qu'elles isolent compte parmi les composants qui produisent le chewing-gum et la cire. En outre, elles sont employées comme élément renforçant le tissage des vêtements fabriqués en coton [1].

❖ **Impact du cactus sur l'évolution des sols :**

Le cactus améliore considérablement la fertilité organique du sol en fabriquant relativement vite, un horizon humifère qui crée un complexe organo-minéral suffisamment épais pour donner

naissance à un sol dynamique. Par conséquent le cactus peut être considéré comme pionnier de la fabrication des sols particulièrement en zone aride [1].

❖ Impact du cactus sur le traitement des eaux

L'utilisation du mucilage de cactus comme flocculant naturel pour le traitement de l'eau est prouvée. L'efficacité de ce mucilage comparable à celle d'un flocculant industriel offre une alternative économique en termes de dépollution d'eaux usées et est moins toxique [1].

❖ Production fourragère

Le cactus est considéré comme une réserve fourragère sur pied. Il peut constituer un appoint alimentaire pour les périodes de transition en été et en automne et lors des années de sécheresse. Le fourrage constitue la deuxième grande utilisation du cactus, en effet beaucoup de pays comme le Mexique, Brésil, Etats-Unis, Pérou, Afrique du sud et Tunisie produisent déjà des quantités significatives d'aliment de bétail à partir d'opuntia [1].

En effet, sa production en matière sèche varie de 12 à 16 tonnes/ha en fonction des régions. Cependant, ce fourrage est pauvre en protéines et en lipides. Il présente un rapport calcium/phosphore élevé et il est riche en glucides, en eau et en vitamines. Il a ainsi une valeur fourragère moyenne de 0.06 à 0.08 UF*/kg (unité fourragère = 1820 cal) de raquettes [2].

Tableau III-13 : Comparaison de la composition des cladodes avec d'autres Aliments [5].

Nature du fourrage	Matière sèche(%)	Matière Azotée(%)	Hydrate de carbone (%)	Matière grasse(%)
Foin de luzerne	91,4	10,6	39,0	0,9
Triplex	23,3	2,8	5,9	0,1
Maïs ensilé	26,3	1,1	5,0	0,7
Pulpes de betterave sucrière	9,4	0,2	6,4	0,1
Cladode de l'Opuntia	10,4	0,6	5,8	0,1

III .2 . 5.Méthodes d'extraction la poudre à partir des raquettes d'Opuntia Ficus indica

Une fois la récolte du matériel végétal réalisée, chaque échantillon a été coupé en tranches fines et séché dans une étuve à une température de 50°C pendant 72 heures, puis broyé à l'aide d'un broyeur (type Gulatti MFC) qui tourne à vitesse de 1000 tr/min et équipé d'un tamis de maille de 0,85 mm (80 mesh). La poudre de raquettes ainsi obtenue est conservée dans un bocal hermétique à une température ambiante. Cette poudre fine sera ultérieurement utilisée pour la préparation des différents extraits [4].



Figure III-8: a. Raquettes d'O.f.indica à l'état frais, b. Raquettes d'O.f.indica après séchage et broyage [4].

Références bibliographiques :

- [1] Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme master specialit2 génie des industries alimentaire ,Thème :Étude physico-chimique de la pulpe et de l'huile extraite à partir des graines de figue de barbarie; Présenté par : Drali Manel Ikhlef Lynda (Université M'hamed Bougara Bumerdes,2016/2017).
- [2] Mémoire de fin de cycle En Vue de l'Obtention du diplôme D'Ingénieur d'Etat en Contrôle de Qualité et Analyses ,THEME : Activité antioxydante des graines de quelques variétés de figue de barbarie (Opuntia ficus-indica L.) de la région de Béjaia,Présenté par: Melle Boudjellaba Siham Melle Yassa Assia(Université Abderrahmane Mira de Bejaia ,2011/2012) .
- [3] Mémoire présenté pour l'obtention Du diplôme de Master Académique,Intitulé : Effet du stress salin sur le comportement de quelques écotypes du figuier de barbarie (Opuntia ficus indica Mill.) dans la région de Hodna,Par: Melle BENABDALLAH Hadjer Melle Daoud Nouara (UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA ,2017/2018) .
- [4] Thèse En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences , Option Biotechnologies Végétales : Etude botanique et phytochimique: Approche biologique et pharmacologique d'Opuntia ficus indica,Par Melle HALMI SIHEM (université des freres mentouri de constantine,2014 /2015).

- [5] Mémoire pour l'obtention du diplôme de Magister en Chimie Spécialité Chimie Organique, Thème: Etudes des huiles essentielles de l'Opuntia ficus indica Région de Mascara, Présenté par: Abderrahim BENKADOURI (Université d'Oran; 8 Décembre 2011)
- [6] Mémoire de fin d'études Pour l'obtention du diplôme de Master en Agronomie Spécialité biotechnologie alimentaire ,Thème : Effet antimicrobien d'extrait d'Opuntia ficus-indica sur certain bactérie pathogène Présenté par :Mr DELMI Mohammed Souleyman (Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem; 04 /07 /2018).

Conclusion :

A cause de la pandémie COVID-19, on a pas pu réaliser le côté pratique, à savoir l'extraction des HEs des graines du figuier de barbarie (*Opuntia ficus-indica*), mais aussi l'analyse des composants de cette huile , et donc l'exploration de son potentiel médical, on s'est donc contenté d'analyser les travaux de chercheurs à travers des publications internationales.

Pour obtenir une HE de bonne qualité, plutôt qu'une huile végétale et donc garder les fractions volatiles des graines broyées, la meilleure méthode trouvée était une hydrodistillation suivie par une extraction liquide –liquide avec trois types de solvants : éther, dichlorométhane et hexane.

Mais vu qu'il est parmi les HEs plus chères du monde, et malgré ses effets bénéfiques sur le diabète (augmente le glycogène dans le foie), sur les maladies cardio-vasculaires (diminue le cholestérol), mais son utilisation essentielle au vu de son prix reste son bénéfice sur l'élasticité de la peau et sur le métabolisme cellulaire et la réparation de la structure cutanée anti-âge et ce grâce aux stérols et tocophérole qui sont présentes en quantité intéressante.

Résume :

L'étude des composants actifs des HEs des graines de figue de barbarie ont montré un potentiel médicinal intéressant.

Les graines de figue de barbarie sont bénéfiques en agro-alimentaire si elles sont en poudre, mais leurs HEs sont un intérêt médical . sur le diabète (il augmente le glycogène dans le foie), sur les maladies cardio-vasculaires,(il diminue le cholestérol),mais son utilisation principale au vu de son prix parmi les plus chers du monde est la réparation de la structure cutanée de la peau (anti-âge), et son élasticité grâce du stérols et tochopherol présentes en taux intéressants

Summary:

The study of the active components of the EOs of the seeds of prickly pear showed an interesting medicinal potential.

Prickly pear seeds are beneficial in the food industry if they are powdered, but their EOs are of medical interest. on diabetes (it increases glycogen in the liver), on cardiovascular diseases, (it decreases cholesterol), but its main use in view of its price among the most expensive in the world is the repair of the skin structure of the skin (anti-aging), and its elasticity thanks to sterols and tochopherol present in interesting levels

ملخص:

أظهرت دراسة المكونات النشطة لزيت الاساسية لبذور التين الشوكي إمكانات طبية مثيرة للاهتمام.

تعتبر بذور التين الشوكي مفيدة في صناعة المواد الغذائية إذا كانت مسحوقة ، ولكن لها أهمية طبية. على مرض السكري (يزيد من نسبة الجلوكوز في الكبد) ، وأمراض القلب والأوعية الدموية ، (يقلل الكوليسترول) ، ولكن استخدامه الرئيسي في ضوء سعره من بين الأعلى في العالم هو إصلاح بنية الجلد (مضاد للشيخوخة) ، ومرونته بفضل الستيرويدات والتوكوفيرول الموجودة بمستويات مثيرة للاهتمام.