
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
CENTRE UNIVERSITAIRE BELHADJ BOUCHAIB D'AÏN-TEMOUCHENT



Institut des Sciences
Département de Sciences de la Matière
Filière : Chimie
Mémoire
Pour l'Obtention du Diplôme de Master
Spécialité Chimie Macromoléculaire

Thème

**Etude physico-chimique
de l'huile des graines de figes de barbarie**

Présenté par : Mr. BERRAHIL EL-KATTEL Benameur
Melle. MILOUD Sarra

Soutenu en Juin 2019

Devant le jury composé de :

Président Pr. BOUSALEM Smain
Examineurs Dr. FEKIH Nadia
Dr. CHAKER Hanene
Encadrant Dr. YOUNES Kawther

Professeur - C.U.B.B.A.T
M.C.B - C.U.B.B.A.T
M.C.B - C.U.B.B.A.T
M.C.B - C.U.B.B.A.T

DEDICACE

Mes parents
Mes frères
Mes sœurs
Mes amis proches

BERRAHIL EL-KETTAL Benameur

Mes parents
Mes frères
Mes amis
Toute ma famille

MILOUD Sarra

REMERCIEMENTS

Nos remerciements sincères vont à :

Dr. YOUNES K.	Encadreur	Maitre de Conférence " B " au Centre Universitaire d'Ain Témouchent
Pr. BOUSALEM S.	Président de jury	Professeur au Centre Universitaire d'Ain Témouchent
Dr. FEKIH N.	Examinatrice	Maitre de Conférence " B " au Centre Universitaire d'Ain Témouchent
Dr. CHAKER H.	Examinatrice	Maitre de Conférence " B " au Centre Universitaire d'Ain Témouchent
Pr. GHALEM S.	Professeur à l'université de Tlemcen Directeur du Laboratoire des Substances Naturelles et Bioactives (LASNABIO)	
Pr. ALLALI H.	Professeur à l'université de Tlemcen Chef d'équipe des Activités Biologiques (LASNABIO)	
Dr. ZERIOUH M.	Maitre de Conférence " B " au Centre Universitaire d'Ain Témouchent	
Mme. AMRAOUI B.	Ingénieur aux Laboratoires de Chimie au Centre Universitaire d'Ain Témouchent	
Mr. BELDJILALI M.	Doctorant - LMD au Centre Universitaire d'Ain Témouchent	
Dr. MELIANI N.	Maitre de Conférence " B " à l'université de Tlemcen	
Mme. MEHIAOUI K.	Ingénieur au LASNABIO à l'université de Tlemcen	
Melle. MOKRI F.Z.	Attachée au Laboratoire de Catalyse et Synthèse en Chimie Organique (LCSCO) à l'université de Tlemcen	

Nous remercions vivement tout le personnel du Laboratoire de Contrôle de Qualité et de Conformité Agro-alimentaire, Cosmétique, Parapharmaceutique, Produits d'entretien et Eau - Alger

TABLE DE MATIERES

Dédicace	I	4.1.2. Teneur en eau et en matières volatiles	16
Remerciements	II	4.1.3. Teneur en impuretés insolubles	17
Table de matières	III	4.1.4. Indice de réfraction..	18
Introduction générale	1	4.1.5. Détermination de pH	19
PREMIERE PARTIE			
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE			
I. Monographie de la plante	3	4.2. Propriétés chimiques	19
1. Origine	3	4.2.1. Indice d'acide	19
2. Appellations locales	3	4.2.2. Indice de saponification	20
3. Description botanique	3	4.2.3. Indice d'ester	20
4. Distribution géographique	5	4.2.4. Indice de peroxyde .	21
5. Taxonomie	6	4.2.5. Indice d'iode	22
5.1. Famille des cactacées	6	5. Dosage des pigments de l'huile	23
5.2. Genre <i>Opuntia</i>	7	II. Caractérisation chromatographique des acides gras	23
6. Utilisations	7	1. Détermination de la teneur en acides gras	23
6.1. Alimentation humaine	7	2. Préparation des esters méthyliques ...	24
6.2. Production de fourragère	7	2.1. Principe	24
6.3. Industrie agroalimentaire	8	2.2. Mode opératoire	24
6.4. Utilisation cosmétique	8	3. Analyse par chromatographie en phase gazeuse	25
6.5. Indications thérapeutiques	8	3.1. Principe	25
II. Travaux antérieurs	10	3.2. Conditions opératoires	25
1. Données chimiques	10	III. Discussion des résultats	26
2. Données pharmacologiques	11	1. Paramètres physiques	26
2.1. Activité antimicrobienne	11	2. Paramètres chimiques	28
2.2. Effets antihyperlipidémique et antihypercholestérolémique.....	11	3. Dosage des pigments de l'huile (teneur en chlorophylles et caroténoïdes)	32
2.3. Effet antidiabétique	12	4. Caractérisation chimique de l'huile ...	32
2.4. Effet antiulcéreux	12	Conclusion générale	36
2.5. Effet antioxydant	12	Références bibliographiques	38
DEUXIEME PARTIE			
ESSAIS EXPERIMENTAUX			
I. Etude physico-chimique de l'huile des graines d' <i>Opuntia ficus-indica</i>	13		
1. Site de collecte	13		
2. Matériel végétal et préparation de la matière première	13		
2.1. Récolte de matériel végétal	13		
2.2. Préparation de la matière première	14		
3. Extraction de l'huile	15		
4. Caractéristiques physico-chimiques de l'huile de figue de barbarie	16		
4.1. Propriétés physiques	16		
4.1.1. Densité	16		

INTRODUCTION GENERALE

Les plantes médicinales représentent une source inépuisable de substances naturelles bioactives. Les diverses propriétés connues des plantes sont liées à la grande source de molécules chimiques complexes qu'elles représentent et que l'homme exploite dans les domaines alimentaire, cosmétique, médicinal et pharmaceutique. Ces molécules sont stockées dans des huiles qui se trouvent dans différentes parties de la plante: les fruits, les feuilles, la pulpe, les racines et les graines (Mouden M. et coll, 2016).

La figue de barbarie est une des plantes que rien n'est à jeter. Qu'il s'agisse de résidus de raquettes ou de fruits et aussi la richesse de son huile en matières insaponifiables et acides gras essentielles ont en fait un bon atout pour son exploitation en cosmétologie et sa consommation comme huile de table (Mouden M. et coll ,2016, Habibi Y., 2004, Habibi Y. et coll, 2005).

80% de la superficie de l'Algérie est aride à semi-aride, elle possède des points forts (climat, ressources phylogénétiques et terrains) pour développer la culture de la figue de barbarie. La plantation de l'*Opuntia* occupe une superficie de 52.000 hectares en Algérie ; avec plus de quarante variétés au total dont six sont à fruit comestible. La figue de barbarie algérienne est non seulement réputée par son goût succulent et sucré, mais contient une grande quantité de graines comparée avec celle du Maroc ou de la Tunisie. Certains la classeraient parmi les meilleures de tout le bassin méditerranéen après celle de Sicile (Cherif E., 2016).

Malgré son abondance en Algérie, la figue de barbarie suscite peu d'intérêts, elle n'est pas valorisée et sa consommation reste saisonnière. Les graines le sont, encore moins, puisque jusqu'à présent elles sont considérées comme un déchet et donc rejetées. Et pourtant leur importance ne cesse de prendre de l'ampleur dans d'autres pays comme le Mexique, l'Argentine, l'Espagne, et même dans les pays voisins (Maroc et Tunisie) (Boudjellaba S. et Yassa A., 2012). Dans ces pays, la culture de *cactus* est pratiquée de façon intensive et moderne avec des programmes de recherche-développement pour la production de fruit ou de fourrage et même pour des usages industriels (Araba A., 2000).

Dans ce document, deux grandes parties ont été mis au point.

La première partie est consacrée à une recherche bibliographique sur la monographie de la plante : origine, appellations locales, description botanique, répartition géographique, taxonomie et exigences écologiques. Vient, ensuite, une présentation des travaux antérieurs (chimiques, pharmacologiques) réalisés sur l'espèce de figuier de barbarie (*Opuntia ficus indica*).

La deuxième partie décrit les essais expérimentaux réalisés pour atteindre notre objectif, à savoir l'étude physico-chimique et la caractérisation chimique des acides gras de l'huile extraite des graines de figuier de barbarie.

La conclusion générale fait le point sur les résultats obtenus et ouvre la voie sur les perspectives d'avenir pour une poursuite des études sur cette espèce.

Enfin, le mémoire se termine par une bibliographie sur laquelle s'appuie notre travail.

Première partie
Synthèse bibliographique

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Monographie de la plante

1. Origine

Le Figuier de barbarie (*Opuntia ficus indica*), son appellation scientifique vient du latin *Opuntius* d'Oponte; nom de la ville grecque (Schweizer M., 1997). Le genre *Opuntia* est originaire du Mexique (Schweizer M., 1997, Nobel P., 2002) de la famille des Cactacées.

C'est une plante tropicale ou subtropicale cultivée dans les climats arides, comme l'Amérique centrale (Ginestra G. et Coll, 2009). Les régions semi-arides du Mexique renferment la plus grande diversité de *cactus* dans le monde (Pimienta-Barrios E., 1994), elle se caractérise par une remarquable adaptation à la sécheresse obtenue au fil du temps par la fantastique évolution de la structure de son organisme (Schweizer M., 1997).

2. Appellations locales

La plante peut porter un nom différent selon l'idiome local. En Espagne, outre *Nopal*, on l'appelle familièrement *Tuna*. Dans les pays francophones du bassin méditerranéen, où il est très populaire, l'*Opuntia* est surnommé Figuier de Barbarie. En Angleterre *Prickly pear* (poire à épines). Au Maghreb, suite au reflux des Maures chassés d'Espagne, les Arabes apprécièrent ce figuier d'un nouveau genre à la mode chez les Chrétiens, ils lui donnèrent le nom de *Karmous N'sarra*. En Égypte c'est l'*El-tin-el-Choki* (Schweizer M., 1997). En Algérie, *Hendi* et *Karmous Nssara*. Au Tunisie et Libye le *Suruit* (Lim T.K., 2012). Au Maroc, le figuier de barbarie possède plusieurs noms vernaculaires : " *zaâboul* " et " *aknari* " (Arba M.,2009).

3. Description botanique

Le figuier de barbarie est une plante arborescente robuste de 3 à 5 m de haut, possède un tronc épais et ligneux (Neffar S., 2012).

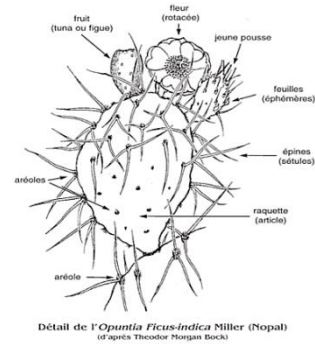


Figure 1. Espèce d'*Opuntia ficus indica* (Source : Schweizer M., 1997, <https://antropocene.it>)



Figure 2. Cladodes

https://fr.wikipedia.org/wiki/Figuier_de_Barbarie

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 (Neffar S., 2012). Ils sont couverts de petites aréoles, d'épines et de glochides blancs.



Figure 3. Fruits

https://fr.wikipedia.org/wiki/Figuier_de_Barbarie

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 (Schweizer M., 1997, Piga A., 2004, Feugang M.J. et Coll, 2006, Reyes-aguero J. et Coll, 2006). Les composés rouges sont les bétacyanines et les jaunes sont les bétaxanthines (Gibson A.C. et Nobel P., 1986).



Figure 4. Fleurs

https://fr.wikipedia.org/wiki/Figuier_de_Barbarie



Figure 5. Graines

<http://phytexence.com/prickly-pear-oil/>

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 (Schweizer M., 1997, Mulas M. et Mulas G., 2004). Un cladode fertile peut porter jusqu'à une trentaine de fleurs (Reyes-aguero J. et Coll, 2006).

Les graines : sont dures, indigestes, mais riches en vitamines. On en obtient, après préparation, une huile très recherchée et une farine nourrissante (Schweizer M., 1997).

4. Distribution géographique

Sa distribution géographique est localisée principalement dans: le Mexique, la Sicile, le Chili, le Brésil, la Turquie, la Corée, l'Argentine et l'Afrique du Nord (Felker P. et Coll, 2005, Kabas O. et Coll, 2006, Snyman H.A., 2006).

Il a été introduit d'abord en Espagne et plus tard, au 16ème siècle, au Nord et au Sud de l'Afrique. Il s'est diffusé rapidement dans le bassin méditerranéen (Barbera G. et Coll, 1992, Habibi Y., 2004). Il est développé sur la partie Ouest de la Méditerranée: Sud de l'Espagne, le Portugal et l'Afrique du Nord (la Tunisie, l'Algérie et le Maroc) (Bensalem H. et Coll, 2002, Arba M., 2009).

En Algérie, les plantations du figuier de barbarie sont réparties dans les hauts plateaux, à Batna, Biskra, Bordj-bou-Arrérij et Constantine, sur les hauts plateaux Algérois à 550 mètres, et environs 750 mètres à Msila, Laghouat et même à 1100 mètres à Ain-Sefra (Piédallu A.,1990).

Du centre à l'ouest, l'*Opuntia* occupe une superficie dépassant les 25.000 hectares. On le trouve sur les hauteurs de Chréa, Bouarfa (wilaya de Blida), Boumerdès, Tipaza, Tissemsilt, Chlef, Relizane, Mostaganem, Ain-Témouchent, 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 (Benattia F.k., 2017).

5. Taxonomie

De nombreux auteurs ont élaboré des classifications du Genre *Opuntia*. Selon (Wallace R.S. et Gibson A.C., 2002), la classification botanique est comme suit :

Règne : Plantae

Sous règne : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous classe : Caryophyllidae

Ordre : Caryophyllales

Famille : Cactaceae

Sous-famille : Opuntioideae

Tribu : Opuntieae

Genre : *Opuntia*

Espèce : *Opuntia ficus indica* L.

5.1. Famille des Cactacées

La famille des cactacées appartient aux plantes grasses. Elles ont la capacité de survivre sur leurs réserves durant une période de sécheresse temporaire grâce à un système de stockage de l'eau. Dans une situation similaire, la plupart des autres plantes dépériraient et mourraient par manque d'eau.

Il existe des mythes très anciens concernant les cactacées. Le *cactus* était un symbole important à la fois chez les Aztèques au Mexique et chez les Incas au Pérou (Mace T. et Mace S., 2003).

La famille des cactacées est subdivisée en huit groupes, dont chacun d'entre eux comprend plusieurs genres (Lamb B., 1991). Elle compte environ 130 genres et 1500 espèces (Mulas M. et Mulas G., 2004). Les cactacées ou cactées sont des végétaux phanérogames, angiospermes, dicotylédones (Schweizer M., 1997).

5.2. Genre *Opuntia*

Le genre *Opuntia* est le plus important et le plus répandu de la famille des cactacées. Il comprend environ 300 espèces réparties en quatre sous-genres (Habibi Y., 2004). Le sous genre *Platyopuntia* comprend l'espèce d'*Opuntia ficus-indica* (Mulas M. et Mulas G., 2004).

D'après (Wallace R.S. et Gibson A.C., 2002), *Opuntia megacantha* est synonyme d'*Opuntia ficus indica* et *Opuntia barbarica* alors que (Griffith D., 1914) signale que *Opuntia ficus indica* dérive de *Opuntia megacantha* du Mexique central.

6. Utilisations

6.1. Alimentation humaine

Les fruits sont en général consommés frais, très rafraichissants et nutritifs. Ils se caractérisent par rapport aux autres fruits par un pH relativement élevé (pH=5.6). La totalité des sucres présents dans le fruit est constitué de glucose et de fructose. La teneur totale en acides aminés libres (275 mg/ 100g) est largement supérieure à la teneur moyenne des autres fruits (Askar A. et El-Samahy S.K., 1981, Stintzing F.C. et Coll, 2001).

Les raquettes sont peu utilisées en consommation humaine, excepté les jeunes raquettes tendres qui sont consommées comme légumes depuis des siècles au Mexique. Elles sont considérées comme une source importante de vitamines et de minéraux principalement le calcium et le fer (Sáenz C. et Coll, 2004).

6.2. Production de 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 (Shoop M.C. et Coll, 1977). Sa capacité à emmagasiner l'eau offre des possibilités exceptionnelles pour la production de grandes quantités de biomasse utiles pour nourrir le bétail (El kharrassi Y., 2015).

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 une valeur de fourragère moyenne de 0.06 à 0.08 UF/kg (UF (Unité Fourragère) = 1820 Kcal) de raquettes (Shoop M.C. et Coll, 1977, Russel C.E. et Felker P., 1985).

6.3. Industrie agroalimentaire

Les jeunes cladodes sont conservés en petits morceaux dans des boîtes de conserve. Des usines modernes de mise en boîte des “*Napolitos*” existent au Mexique et aux Etats Unis. Les fruits sont transformés en jus, en nectar, en jus concentré, en conserve, en miel et en marmelade. Les fruits fermentés sont utilisés pour produire des boissons alcooliques ou l’eau de vie (Arba M., 2009).

6.4. Utilisation cosmétique

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 (Arba M., 2009).

L’huile essentielle des graines des fruits du *cactus* est riche en acides gras polyinsaturés, en stérols et en vitamines. Elle est utilisée comme antiride naturel et pour la fabrication des crèmes dermiques antirides (Arba M., 2009), qui lui confère une aptitude à protéger la peau contre les radicaux libres (Deters A.M. et Coll, 2012, Loudy D.W., 1994).

6.5. Indications thérapeutiques

La recherche médicale moderne montre les propriétés importantes de figuier de barbarie, dues aux molécules actives qui le composent. Cette espèce permet de lutter efficacement contre les affections les plus graves: l’angoisse, l’artériosclérose, le cholestérol, le diabète, l’obésité, la spasmophilie, le stress (Schweizer M., 1997).

En Australie et en Afrique du Sud, les “*Nopalitos*” sont utilisés dans le traitement du diabète non insulino-dépendant (Araba A. et Coll, 2000)

Les capsules des corolles des fleurs séchées sont utilisées comme remède contre le dysfonctionnement de la prostate (hypertrophie bénigne de la prostate), et aussi comme régulateur diurétique (Arba M., 2009).

En Sicile, le thé préparé avec les fleurs de cette plante est utilisé comme traitement contre les douleurs rénales (Park E.H., 2001, Araba A. et Coll, 2000).

Au Maroc les fruits sont connus pour le fait qu'ils arrêtent les coliques et les diarrhées (Schweizer M., 1997, Araba A. et Coll, 2000).

Le mucilage permet également de réduire le taux de cholestérol dans le sang. La poudre séchée des cladodes a également un effet sur le contrôle du sucre et du cholestérol dans le sang (Fernandez M.L. et Coll, 1990).

Le jus de cladode contient une grande variété de composés antioxydants comme les polyphénols (en particulier certains flavonoïdes), la vitamine C et E, β -carotène (provitamine A), le glutathion (El kharrassi Y., 2015). Une teneur intéressante en polyphénols réduit le risque de cancer, les maladies cardiovasculaires et les maladies neuro-dégénératives comme l'Alzheimer (Feugang M.J. et Coll, 2006).

Les extraits des cladodes peuvent avoir des effets anti-ulcéreux et anti-inflammatoire. L'extrait aqueux améliore remarquablement la cicatrisation des plaies (El-Mostafa K. et Coll, 2014).

Le nopal est utilisé dans le nettoyage du colon car il contient des fibres alimentaires solubles facilitant le transit intestinal mais il contient également des fibres non solubles c'est-à-dire inassimilables qui accélèrent le transit tout en régulant ses mouvements (Schweizer M., 1997). Il a, aussi, une propriété galactogène et fortifiante, il favorise et active la production de lait chez les femmes qui allaitent (Schweizer M., 1997).

II. Travaux antérieurs

1. Données chimiques

Plusieurs études ont indiqué que le *cactus* et plus particulièrement les fruits, la pulpe, les graines et l'écorce, étaient riches en acides linoléique, oléique et palmitique (Ennouri M. et Coll, 2005, Ramadan M.F. et Coll, 2003). Un taux élevé d'acides gras oméga-6 (acide linoléique) a été rapporté dans l'huile de graines de *cactus* (53.5% à 70.29%).

Les analyses chromatographiques des lipides totaux extraits de raquette de *cactus* montrent que l'acide palmitique (C16:0), l'acide oléique (C18:1), l'acide linoléique (C18:2) et l'acide linoléique (C18: 3) représentent respectivement 13.87, 11.16, 34.87 et 32.83% de la teneur en acides gras totaux. Ces quatre acides gras constituent plus de 90% des acides gras totaux (Abidi S. et Coll, 2009).

L'huile de la graine du figuier de barbarie appartient à la catégorie des huiles « poly-insaturées » comme la plupart des huiles végétales (Habibi Y., 2004). L'huile de cette espèce est une huile fluide, relativement inodore et de couleur qui varie d'une variété à l'autre, allant de jaune claire à verdâtre avec un rendement d'extraction relativement entre 7.81 à 10.45 % (El hachimi F. et Coll, 2015). Elle est riche en acides gras insaturés avec une teneur élevée en acide linoléique (Inglese P. et Coll, 2018).

En Algérie, une étude a été effectuée par (Chougui N. et Coll, 2013) sur la composition des graines de quatre variétés d'*Opuntia ficus-indica* croissant en Algérie – Bejaïa -. Les graines broyées ont été soumises à une extraction de l'huile à l'aide de l'appareil Soxhlet puis à une analyse des acides gras. L'analyse par chromatographie en phase gazeuse (CPG) de l'huile de graine a révélé des pourcentages élevés d'acide linoléique dans les quatre variétés allant de 58% à 63%.

Les travaux réalisés au Maroc sur l'espèce *Opuntia ficus indica* provenant de la région d'Oujda, montrent que l'acide majoritaire dans l'huile de graines, extraite par le solvant hexane, est l'acide linoléique avec un pourcentage de 58.79%. Vient, ensuite, l'acide palmitique (11.18 %). L'acide stéarique était présent en faible quantité (1.50 %) (Ghazi Z. et Coll, 2013).

(Tlili N. et Coll, 2011) ont étudié les graines d'*Opuntia ficus indica*, de la région de Qayraouane (Tunisie), récoltée au cours de trois années différentes pour déterminer leur teneur totale en acides gras. Les acides gras insaturés représentent la majorité des acides gras (83.2%). L'acide linoléique était l'acide gras principal (56.6%), suivi de l'acide oléique (20.1%).

Le profil d'acides gras contenus dans l'huile extraite de graine de l'*Opuntia ficus indica* (Turquie) a été déterminé par la chromatographie en phase gazeuse (CPG). L'acide linoléique a été établi comme acide gras majoritaire (61.01%), suivi des acides oléique (25.52%) et palmitique (12.23%). Les acides myristique, stéarique et arachidonique ont été détectés en faible quantité (Musa Ozcan M. et Al Juhaimi F.Y., 2011)

D'autres travaux effectués sur quarante-deux cultivars sud-africains ont été évalués pour déterminer la teneur en huile de la graine, ainsi que la composition en acides gras afin de déterminer le cultivar le mieux productif en huile. Les acides gras insaturés sont les plus importants et sont dominés par l'acide linoléique variant entre 56.86 et 65.21%, suivi de l'acide oléique (entre 16.44 et 22.51%). La teneur en acides gras saturés palmitique et stéarique varie de 12.72 à 16.05% et de 2.21 à 3.39%, respectivement. (Maryna D.W. et coll, 2017)

2. Données pharmacologiques

2.1. Activité antimicrobienne

Les extraits méthanolique, éthanolique et aqueux de la raquette, ainsi que l'extrait hexanique de la fleur ont présenté un pouvoir antimicrobien *in vivo* et *in vitro* sur des modèles de bactérie comme *Campylobacter jejuni*, *Campylobacter coli*, *Vibrio cholerae*, *Proteus mirabilis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Bacillus subtilis* (Castillo S.L. et Coll, 2011, Sanchez E. et Coll, 2010, Yasmeen R. et Coll, 2012).

2.2. Effets antihyperlipidémique et antihypercholestérolémique

Des études expérimentales suggèrent que la poire *cactus* réduit les niveaux de cholestérol dans le sang humain et modifie la composition des lipoprotéines de basse densité (LDL). (Ennouri M. et Coll, 2006) ont observé une diminution du cholestérol total plasmatique et

du cholestérol LDL sans aucun effet sur la concentration de lipoprotéines de haute densité (HDL) après l'addition d'huile de graine (25 g / kg) à l'alimentation chez les souris.

(Galati E.M. et Coll,2003) ont montré que les taux plasmatiques de cholestérol, de LDL et de triglycérides chez les souris étaient fortement réduits après 30 jours d'administration quotidienne de cladodes lyophilisés d'*Opuntia ficus indica* L. Mill. (1 g / kg).

2.3. Effet antidiabétique

Une étude *in vivo* menée sur les souris, ayant reçu de l'alloxane, a prouvé que le traitement avec l'huile extraite de l'espèce *Opuntia ficus indica* à une concentration de (2 ml/kg) a une activité antidiabétique (Berraaouan A. et Coll, 2015).

2.4. Effet antiulcéreux

Le pouvoir protecteur, contre un ulcère expérimental induit par l'éthanol chez le rat, exercé par l'administration de cladodes lyophilisés d'*O. ficus indica* a été démontré (Galati E.M. et Coll, 2001).

2.5. Effet anti oxydant

L'estimation de l'activité antioxydante de six cultivars d'*O. ficus-indica*, poussant dans la méditerranée espagnole, a été analysée sur les cladodes (jeunes et adultes) et les fruits (peau et pulpe) de cette espèce. Selon les méthodes de DPPH (1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl) et ABTS (2,2'-azino-bis(3-éthylbenzothiazoline-6-sulphonique acid), la peau des fruits présentent un effet antioxydant plus élevé que les cladodes. Les jeunes cladodes montrent une capacité antioxydante importante par la méthode de FRAP (ferric reducing antioxidant power) (Andreu L. et Coll, 2017).

Deuxième partie
Essais expérimentaux

ESSAIS EXPERIMENTAUX

I. Etude physico-chimique de l'huile des graines d'*Opuntia ficus-indica*

1. Site de collecte

Les échantillons de fruits d'*Opuntia ficus-indica*, proviennent de la région de Terga - wilaya d'Ain Témouchent (Algérie) : Latitude 35°25'06"N et Longitude 1°10'32"O, situé à l'altitude de 96 m de la mer à environ 90 km à l'ouest d'Oran. La température moyenne de cette zone est de 19 à 23°C.

Sa structure géologique, où prédominent des formations meubles ou peu cohérentes, constituées essentiellement de grès messéniens et de calcaires poreux, renferme d'une part d'importantes ressources en eau et, d'autre part, des sols qui sont bruns sablonneux. Le climat de cette région appartient au domaine climatique méditerranéen semi-aride, affichant une moyenne comprise entre 300 à 400 mm de précipitations annuelles. Elle appartient à la zone humide (Ghodbani T. et Coll., 2015).

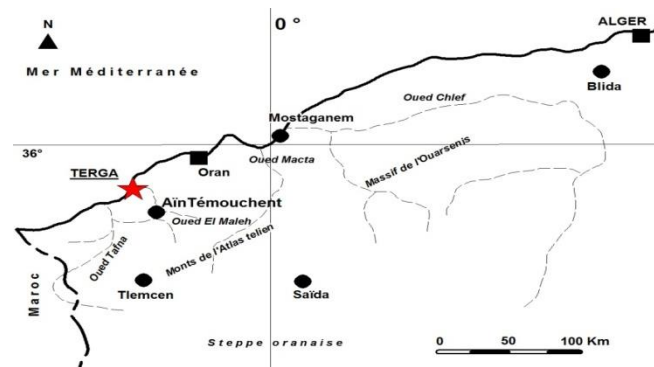


Figure 6. Site de collecte Terga (Ghodbani T. et Coll., 2015)

2. Matériel végétal et préparation de la matière première

2.1. Récolte de matériel végétal

La cueillette des fruits, de couleur nuancée du jaune orange, s'est déroulée en fin de maturité (la fin du mois de juillet jusqu'au début de mois de septembre 2016), de la région de Terga – Aïn Témouchent. Ces fruits ont été cueillis soigneusement avec des gants car ils sont très épineux.

En plus des fruits, la récolte des raquettes a été effectuée aussi dans la même région pour l'identification de la plante.

2.2. Préparation de la matière première

Afin d'obtenir les graines d'*Opuntia ficus-indica*, les fruits ont été lavés à l'eau courante pour éliminer les glochides et les impuretés. Ensuite, ils ont été épluchés afin de récupérer la pulpe. Cette pulpe est parsemée de plusieurs petites graines (pépins) qui sont empilées de façon assez régulière. La cohésion entre les graines est assurée par le mucilage et les fibres contenus dans la pulpe.

Après avoir nettoyé, les graines sont séparées de la pulpe par l'utilisation de l'eau et des tamis à pores de plus en plus réduits en rinçant abondamment avec l'eau courante afin d'être sûrs d'éliminer tout le mucilage. Ces graines sont, ensuite, séchées dans un endroit bien aéré à l'abri de la lumière.

Les graines ainsi obtenues sont très dures, de forme plate, plus au moins réniformes ou lenticulaires.



Figure 7. Graines de figues de barbarie

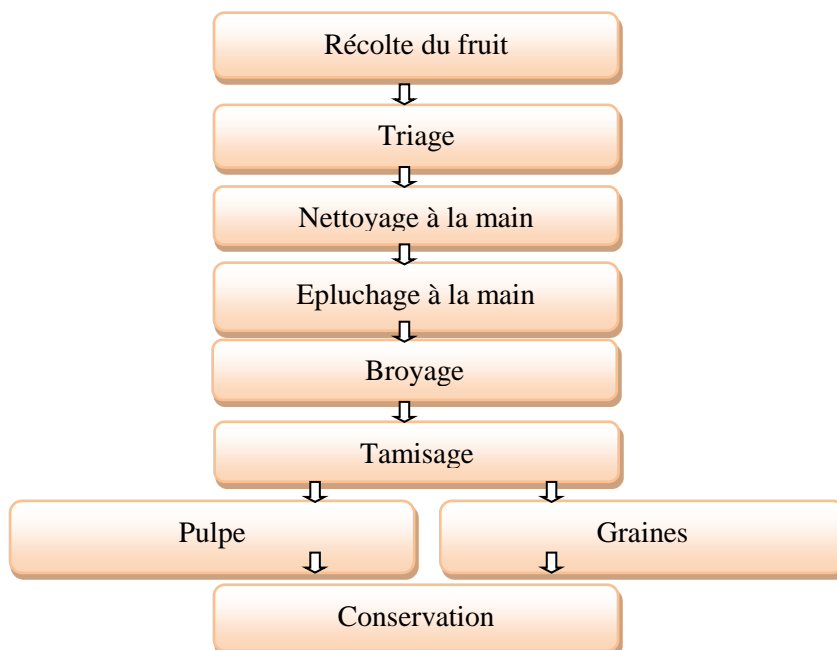


Figure 8. Diagramme de la préparation de la matière première

3. Extraction de l'huile

La méthode d'extraction choisie pour notre travail c'est l'extraction par pression à froid. Il s'agit d'un type de pressage mécanique qui ne requiert aucun produit chimique. Il sert à un passage des graines dans une presse à vis (Benattia k.F., 2014).

Le pressage à froid, utilisé principalement pour produire des huiles alimentaires extra-vierges ou pour des unités de petite capacité, permet d'extraire l'huile par pressage simple ou successif à une température inférieure à 60°C (Sylvain P & Coll.,2012). L'huile récupérée a été décantée, pesée puis conservée à - 20°C (Mouden M & Coll.,2012).

Le rendement de cette méthode est le plus faible, le contenu en matière grasse du résidu de pressage (le tourteau) demeurant typiquement entre 6 et 18 % selon le type de presse utilisée (presse à vis, presse à barreaux). L'huile, de bonne qualité, peut être utilisée directement après sa filtration et contient peu de phospholipides, ce qui est souhaitable d'un point de vue carburant. Le tourteau étant très huileux, sa durée de conservation est réduite. L'installation est minimale (figure 9) de même que les investissements requis (Sylvain P & Coll.,2012).

La presse à froid est préférée en raison de ses vastes domaines d'utilisation, de sa simplicité d'utilisation, de son manque de main-d'œuvre, de son faible coût, de son respect de l'environnement, du manque de solvants organiques nocifs et de ses possibilités de production de haute qualité. De plus, le produit n'est généralement pas appliqué au traitement thermique (presse à froid). Par conséquent, des huiles de haute qualité sont obtenues. Ces huiles conviennent généralement à la consommation directe et ne nécessitent pas de raffinage (Çakaloğlu B & Coll.,2018).

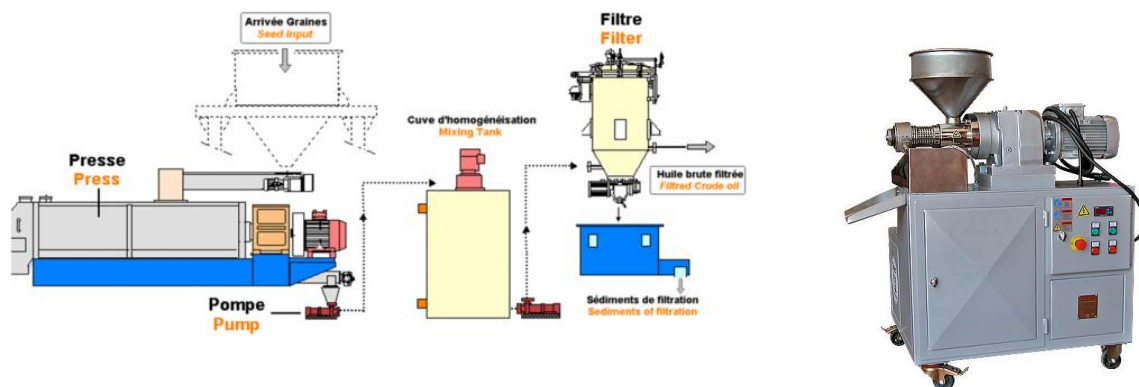


Figure 9. Principe d'une extraction par pression à froid (Sylvain P & Coll.,2012,

<http://www.orsemachine.com/Products.aspx?FacilityNo=72>)

4. Caractéristiques physico-chimiques de l'huile de figue de barbarie

4.1. Propriétés physiques

4.1.1. Densité

Principe : La densité absolue ou la densité dans l'air est la masse dans l'air d'un volume d'huile à la température t / le volume d'huile à la même température (g/ml ou kg/l).

La densité relative ou la gravité spécifique est la masse dans l'air d'un volume donné d'huile à la température t_1 / la masse dans l'air de même volume d'eau distillée à la température t_2 . Ce rapport est sans unité. Il est important de noter que les deux températures sont impliquées et la valeur n'a aucun sens que si les deux chiffres sont cités (Gunstone F.D., 2004).

Mode opératoire : Nettoyer et sécher une fiole jaugée de 25 ml, puis la peser, la remplir d'eau distillée récemment bouillie et refroidie et la plonger dans un bain d'eau à une température donnée jusqu'à ce qu'elle atteigne cette température. Retirer la fiole du bain, l'essuyer extérieurement, laisser reposer quelque temps et peser.

Vider et sécher la fiole, la remplir avec la prise d'essai d'huile précédemment amenée au voisinage de la température précédente. Maintenir la fiole dans un bain réglé jusqu'à ce qu'elle atteigne cette température. La retirer du bain, la sécher extérieurement, la laisser reposer pendant un peu de temps et la peser (Journal officiel N°66, 2012).

Expression des résultats :

La densité est donnée par la relation suivante : $d_t = (m_1 - m_0) / V_t$ (Paquot C., 1979).

m_0 : masse (en g) de la fiole vide

m_1 : masse (en g) de la fiole remplie d'huile

V_t : volume (en ml) de l'huile dans la fiole à une température « t ».

4.1.2. Teneur en eau et en matières volatiles

Principe : Chauffage d'une prise d'essai à 103°C jusqu'à l'élimination complète de l'eau et des matières volatiles et détermination de la perte de masse. Ce paramètre est exprimé en pourcentage en masse (Journal officiel N° 65, 2012).

Mode opératoire : Peser environ 5 ou 10 g de l'échantillon dans le vase en verre préalablement séché et taré. Maintenir le vase contenant la prise d'essai durant une heure dans l'étuve réglée à 103°C. Laisser refroidir à la température ambiante et peser. Répéter les opérations de chauffage, de refroidissement et de pesée, mais avec des séjours successifs dans l'étuve de 30 min chacun, jusqu'à ce que la perte de masse entre deux pesées successives ne dépasse pas 0.05 g d'eau et de matières volatiles pour 100 g d'échantillon (Journal officiel N° 65, 2012).

Expression des résultats : La teneur en eau et en matières volatiles, exprimée en pourcentage en masse, est égale à : $[(m_1 - m_2) / (m_1 - m_0)] \times 100$

m_0 : masse du vase en verre (en g) ;

m_1 : masse du vase de la prise d'essai, avant chauffage ;

m_2 : masse du vase et du résidu, après chauffage.

4.1.3. Teneur en impuretés insolubles

Principe : C'est la quantité de poussières et autres matières étrangères insolubles dans le n-hexane. Il consiste à un traitement d'une prise d'essai par un excès de n-hexane puis filtration de la solution obtenue, lavage du filtre et du résidu avec le même solvant, séchage à 103°C puis peser (Journal officiel N°66, 2012).

Mode opératoire : Peser environ 2 g de l'échantillon dans un erlenmeyer. Sécher le papier filtre, le vase et son couvercle dans l'étuve réglée à 103°C. Laisser refroidir et peser.

Ajouter 20 ml de n- hexane dans l'erlenmeyer contenant la prise d'essai. Le boucher et agiter. Laisser reposer à une température voisine de 20°C durant environ 30 min.

Filtrer sur le papier filtre placé dans un entonnoir approprié. Laver le papier filtre en versant de petites portions du même solvant avec une quantité strictement nécessaire pour que le dernier filtrat soit exempt de matières grasses. Chauffer le solvant, si nécessaire, jusqu'à une température maximale de 60°C afin de dissoudre toutes les matières grasses solidifiées sur le filtre. Retirer le papier filtre de l'entonnoir, le déposer dans le vase, laisser s'évaporer à l'air la majeure partie du solvant restant sur le filtre et terminer l'évaporation dans l'étuve réglée à 103°C. Retirer de l'étuve, fermer le vase avec son couvercle, laisser refroidir et peser (Journal officiel N° 65, 2012).

Expression des résultats : La teneur en impuretés insolubles, exprimée en pourcentage en masse, est égale à : $W = [(m_2 - m_1) / m_0] \times 100$

m_0 : masse de la prise d'essai ;

m_1 : masse du vase et de son couvercle et du papier filtre ;

m_2 : masse du vase et de son couvercle et du papier filtre contenant le résidu sec.

4.1.4. Indice de réfraction

Principe : L'échantillon liquide à analyser est placé entre deux prismes. Un faisceau incident rasant est envoyé entre les deux prismes. La détection de la limite entre la réfraction et la réflexion totale permet d'en déduire l'indice de réfraction du liquide (Martinand-Lurin E., Gruber R., 2012).

Le principe consiste à un Mesurage l'aide d'un réfractomètre convenable de l'indice de réfraction de l'échantillon liquide (Paquot C., 1979).



Photo 1. Réfractomètre de type ABBE

Mode opératoire : Le réfractomètre de type Abbe doit être ajusté de façon à donner, à la température de 20°C pour l'eau distillée, un indice de 1.3330. Effectuer les mesurages conformément aux instructions opératoires de l'appareil utilisé. Lire l'indice de réfraction en valeur absolue et noter la température du prisme de l'appareil (Journal officiel N° 65, 2012).

Expression des résultats : Si la différence entre la température de mesurage t_1 et la température de référence t est inférieure à 3°C, l'indice de réfraction n_D^t à la température de référence t est donné par la formule :

$$n_D^t = n_D^{t_1} + (t_1 - t) F \quad \text{si : } t_1 > t$$

$$n_D^t = n_D^{t_1} + (t - t_1) F \quad \text{si : } t_1 < t$$

F : facteur de correction, fonction de la température, égale à 0.00035 pour $t = 20^\circ\text{C}$, pour les huiles.

4.1.5. Détermination de pH

Principe : La mesure du pH se fait *via* une méthode potentiométrique. On mesure la différence de potentiel entre une électrode de verre et une électrode de référence (Martinand-Lurin E., Gruber R., 2012).

Mode opératoire : Peser 2g de l'huile dans un erlenmeyer de 25 ml. Ajouter 13 ml d'eau distillée chaude en agitant. Refroidir l'erlenmeyer dans un bain d'eau froide à température ambiante. Après avoir étalonné le pH-mètre avec des solutions tampons et immerger l'électrode dans l'erlenmeyer, noter la valeur de pH lue sur l'appareil du pH-mètre (Jenway 3505) (Saeed-Ul-Hassan S & Coll., 2013).

4.2. Propriétés chimiques

4.2.1. Indice d'acide

Principe : L'indice d'acide est le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium (KOH) nécessaire pour neutraliser les acides gras libres présents dans un gramme de corps gras (NF EN ISO 660, septembre 2009, AFNOR NF T 60-204).

La prise d'essai est mise en solution d'un échantillon dans un mélange adapté de solvant. Puis titrage des acides présents avec une solution éthanolique d'hydroxyde de potassium (NF EN ISO 660, septembre 2009, AFNOR NFT60-204).

Le principe consiste à un dosage acido-basique correspondant à la neutralisation dont le schéma réactionnel est le suivant (Benattia k.F., 2014).



Mode opératoire : Dans un erlenmeyer, peser 10 g d'huile. Verser 150 ml de mélange (éthanol 96% - diéthylother/ 1:1). Ajouter quelques gouttes de la phénolphtaléine. Agiter très énergiquement jusqu'à dissolution. Ensuite, titrer avec une solution de potasse éthanolique à 0,1 N jusqu'à l'apparition d'une coloration rose persistante (Paquot C., 1979).

Expression des résultats : $I_A = (56.1 \times N \times V) / m$

I_A : indice d'acide ;

N : normalité de la solution éthanolique de KOH ;

V : volume de la solution éthanolique de KOH exprimé en ml ;

m : masse de la prise d'essai d'huile en g ;

4.2.2. Indice de saponification

Principe : L'indice de saponification est le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium nécessaire pour saponifier un gramme de corps gras (Paquot C., 1979).

Le principe consiste à faire bouillir l'échantillon dans le condenseur à reflux avec une solution éthanolique d'hydroxyde de potassium et titrage de l'hydroxyde de potassium en excès avec de l'acide chlorhydrique en présence d'un indicateur (Paquot C., 1979).

La réaction chimique suivante :



Mode opératoire : Peser, dans un ballon, environ 2 g d'huile. Ajouter 25 ml de potasse éthanolique (0.5N). Porter à ébullition sous un réfrigérant à reflux pendant une heure en agitant de temps en temps. Titrer l'excès de potasse éthanolique dans la solution savonneuse chaude par l'acide chlorhydrique (0.5 N) en présence de la phénolphthaléine.

Réaliser dans les mêmes conditions opératoires un essai à blanc (Paquot C., 1979).

Expression des résultats : $I_S = [56.1 \times N \times (V_0 - V)] / m$

I_S : Indice de saponification ;

V₀ : volume de HCl en ml dans le test à blanc ;

V : volume de HCl en ml nécessaire pour neutraliser l'excès de la potasse ;

m : masse d'huile prise en g ;

N : Normalité de HCl.

4.2.3. Indice d'ester

Définition : L'indice d'ester est le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium nécessaire pour saponifier les esters contenus dans un gramme de corps gras (Paquot C., 1979).

L'indice d'estérification est donné par la relation suivante : $I_E = I_S - I_A$

I_E : Indice d'estérification ;

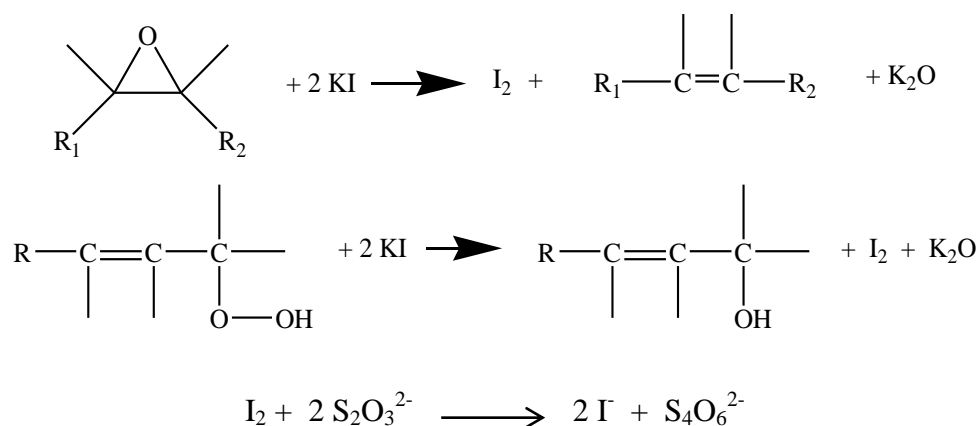
I_S : Indice de saponification ;

I_A : Indice d'acide.

4.2.4. Indice de peroxyde

Principe : L'indice de peroxyde est une grandeur qui détermine d'une manière très grossière le degré d'oxydation d'une matière grasse (Jahouach W., 2002). Il représente la quantité des substances de l'échantillon (exprimée en milliéquivalents d'oxygène actif par kilogramme) qui oxydent l'iodure de potassium (CEE/2568/91).

La prise d'essai en solution dans un mélange acide acétique et chloroforme est traitée par une solution d'iodure de potassium. L'iode libéré est titré avec une solution de thiosulfate de sodium avec libération d'iode, selon les réactions suivantes: (CEE/2568/91)



Mode opératoire : Effectuer la prise d'essai de 2 g d'huile. Transvaser à l'aide de 10 ml de chloroforme la prise d'essai dans le flacon. Ajouter 15 ml d'acide acétique et 1 ml de la solution saturée d'iodure de potassium. Boucher aussitôt le flacon en l'agitant pendant une minute et l'abandonner 5 minutes à l'obscurité. Au bout de ce temps, ajouter 75 ml d'eau distillée. Titrer en agitant vigoureusement l'iode libéré par une solution aqueuse de thiosulfate de sodium (0.002 N) jusqu'à coloration jaune pâle. A ce moment ajouter quelques gouttes d'empois d'amidon et continuer le titrage jusqu'à décoloration totale. Effectuer de la même façon un essai à blanc (Paquot C., 1979, Journal officiel N°64, 2011).

➤ *Solution d'iodure de potassium saturée* : concentration massique = 175 g/ 100 ml, dissoudre environ 1.75 g d'iodure de potassium dans environ 1 ml d'eau récemment portée à ébullition et revenue à température ambiante.

Veiller à maintenir la solution à l'état saturé (cristaux non dissous). La conserver à l'abri de la lumière et en préparer une nouvelle chaque jour.

- *Solution aqueuse de thiosulfate de potassium* : Pour la préparation de cette solution, utiliser uniquement de l'eau récemment portée à ébullition.
- *Solution d'amidon* : concentration massique = 1 g/100 ml. Mélanger 0.5 g d'amidon dans une petite quantité d'eau froide. Ajouter ensuite ce mélange à 50 ml d'eau bouillante tout en remuant, laisser bouillir quelques secondes, puis laisser immédiatement refroidir.

Une nouvelle solution doit être préparée chaque jour.

Expression des résultats : $I_p = [(V - V_0) \times N \times 1000] / m$

I_p : Indice de peroxyde ;

N : Normalité de la solution de thiosulfate de sodium ;

m : masse d'huile prise en g ;

V : volume de thiosulfate nécessaire pour titrer l'excès d'iode (ml) ;

V₀ : volume de thiosulfate nécessaire pour titrer l'essai à blanc (ml).

4.2.5. Indice d'iode

Principe : L'indice d'iode d'une graisse est le nombre de grammes d'halogène absorbé par 100 grammes de la graisse et exprimé en poids d'iode (Paquot C., 1979).

Méthode de calcul : Bien que de nombreuses méthodes aient été développées pour la détermination de l'indice d'iode des huiles et des graisses, la méthode de Wijs est la plus largement utilisée comme méthode standard. Les inconvénients majeurs de cette méthode sont le caractère dangereux de réactif de Wijs et la durée élevée de la préparation de ce réactif. Pour ces raisons, la détermination de l'indice d'iode n'est pas souvent utilisée dans les laboratoires. « *American Oil Chemists' Society* » (AOCS) a proposé une méthode pour évaluer cet indice à partir de la composition des acides gras. Cette procédure peut être appliquée pour toutes les huiles végétales.

L'indice d'iode est déterminé par l'équation suivante : $I_I = xC_1 + yC_2 + zC_3$

où C₁, C₂, et C₃ correspondent aux sommes relatives des pourcentages en acides gras insaturés avec une, deux et trois doubles liaisons, respectivement et x, y, z sont des coefficients qui sont déterminés pour chaque type d'huile, soit respectivement 1, 1.5 et 2.62 pour toutes les huiles végétales (Kyriakidis N.B., Katsiloulis T., 2000).

5. Dosage des pigments de l'huile (teneur en chlorophylles et caroténoïdes)

Les chlorophylles a et b et leurs produits immédiats de dégradation, phéophytines a et b, sont des photosensibilisateurs. En présence de lumière, ces pigments passent de leur état singulet fondamental à un état singulet excité puis à un état triplet excité métastable.

Il est suggéré, en outre, que le bêta-carotène aurait pour rôle de filtrer les longueurs d'onde actives des radiations lumineuses en protégeant ainsi l'huile contre l'activation de l'oxygène par la lumière.

Les pigments ont alors tendance à revenir à l'état singulet fondamental en transformant l'oxygène atmosphérique en oxygène singulet très réactif. Ce dernier réagit directement sur les acides gras insaturés de l'huile en donnant des hydroperoxydes très instables qui peuvent se décomposer pour donner des composés volatils à faible poids moléculaire (Ben Tekaya I. & Hassouna M.,2007).

Ces teneurs ont été déterminés à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible (OPTIZEN POP).

Mode opératoire : Une prise d'essai de 1.5 g d'huile est entièrement dissoute dans 5 ml du cyclohexane. L'absorption maximale à 670 nm est reliée à la fraction des chlorophylles et celle à 470 nm est reliée à la fraction des caroténoïdes.

Les valeurs des coefficients de l'extinction spécifique appliquées sont $E_0 = 613$ pour la phéophytine (composant majeur de la fraction des chlorophylles) et $E_0 = 2000$ pour la lutéine (composant majeur de la fraction des caroténoïdes).

Les teneurs en pigments sont calculés comme suit :

$$\text{Teneur en chlorophylle (mg/kg)} = (A_{670} \times 10^6) / (613 \times 100 \times d)$$

$$\text{Teneur en caroténoïdes (mg/kg)} = (A_{470} \times 10^6) / (2000 \times 100 \times d)$$

Où : d c'est l'épaisseur de la cellule (1 cm) (Herchi W. & Coll., 2016).

II- Caractérisation chromatographique des acides gras

1. Détermination de la teneur en acide gras

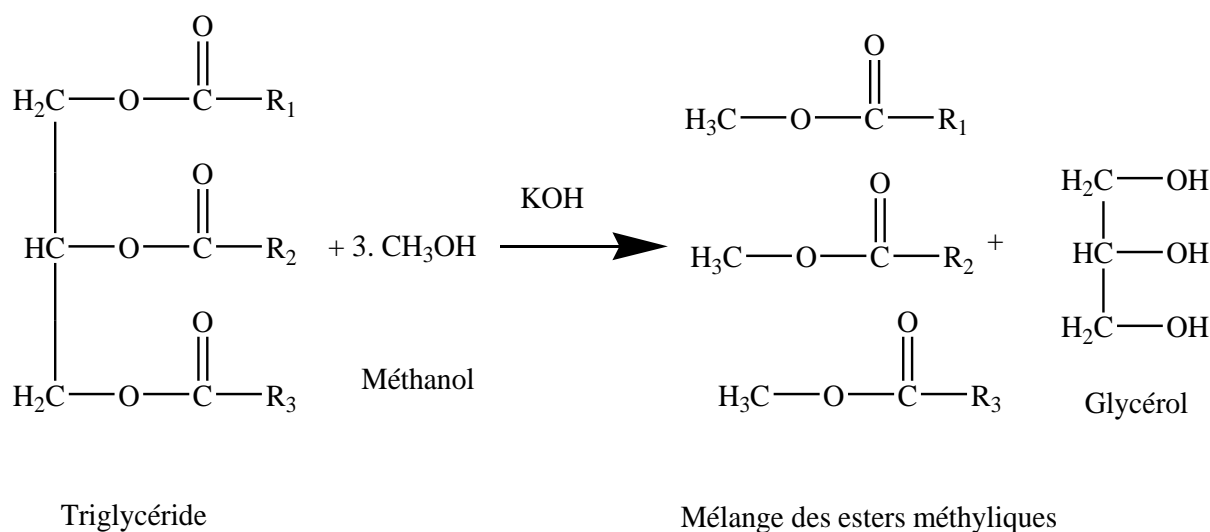
La méthode est principalement basée sur la transformation des huiles et graisses animales et végétales, ou des acides gras de toute source, en esters méthyliques des acides gras. Les esters méthyliques ainsi produits peuvent être analysé par chromatographie (Paquot C., 1979).

2. Préparation des esters méthyliques

2.1. Principe

Les esters méthyliques se forment par trans-estérification dans une solution méthanolique d'hydroxyde de potassium comme phase intermédiaire avant la saponification (point 5 de la méthode IUPAC 2.301, point 5 de la méthode ISO 5509 :2000).

La réaction de transformation des acides gras en esters méthyliques est schématisée comme suit :



2.2. Mode opératoire

Dans un tube à bouchon vissant de 5 ml, peser environ 0,1 g de l'échantillon d'huile. Ajouter 2 ml d'heptane et agiter. Ajouter 0,2 ml de la solution méthanolique 2N d'hydroxyde de potassium, boucher à l'aide du bouchon muni d'un joint en PTFE, bien fermer et agiter énergiquement pendant 30 secondes. Laisser reposer jusqu'à ce que la partie supérieure de la solution devienne claire. Décanter la couche supérieure, qui est celle qui contient les esters méthyliques. La solution d'heptane est prête pour l'injection dans le chromatographe. Il est conseillé de maintenir la solution au réfrigérateur jusqu'au moment de l'analyse chromatographique. Il n'est pas recommandé de stocker pendant plus de 12 heures.

3. Analyse par chromatographie en phase gazeuse (CPG)

3.1. Principe

La séparation et le dosage des esters méthyliques d'acides gras a été effectuée par chromatographie en phase gazeuse (CPG). Cette technique de séparation des composants d'un mélange repose sur la différence d'affinité des substances à analyser vis-à-vis d'une phase mobile courante appelée gaz vecteur et d'une phase stationnaire non-volatile. Dans le cas des acides gras, la séparation dépend de la longueur de la chaîne de carbone et le nombre des doubles liaisons (El hachimi F & Coll., 2005).

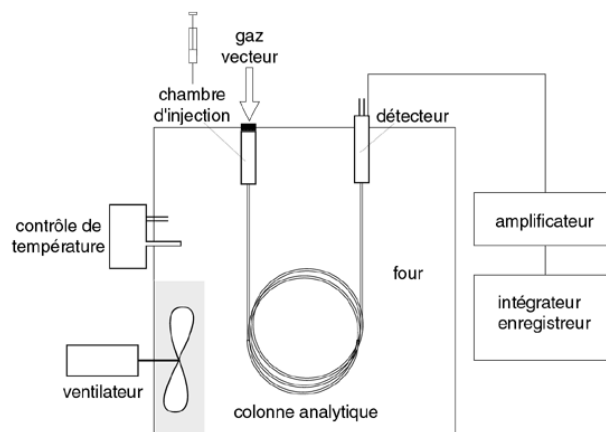


Figure 10. Schéma d'un chromatographe en phase gazeuse

<http://www.123bio.net/cours/chromato/gaz.html>

3.2. Conditions opératoires

Les conditions utilisées pour l'analyse par la chromatographie en phase gazeuse (CPG) des esters méthyliques d'acides gras sont affichées dans le tableau 1.

Tableau 1. Conditions choisies pour l'analyse chromatographique par CPG

Chromatographe	Chrompack CP 9002
Détecteur	FID – Détecteur à ionisation de flamme (250°C)
Injecteur	SPLIT 1/100 (250°C)
Gaz vecteur	Azote
Colonne capillaire	CP Sil 88 CB (5% Phényl + 95% diméthylpolysiloxane)
Longueur	30 m
Diamètre intérieur	0,32 mm * 0,25 UM
Epaisseur	0,25 µm
Injecteur	250°C
Détecteur	280°C
Four	150 °C à 200 °C (4 °C / mn)
Quantité injectée	0,8 µl
Vitesse du papier	0,5 cm/mn

III. Discussion des résultats

1. Paramètres physiques

Plusieurs paramètres physiques ont été déterminés pour l'huile des graines de figes de barbarie. Les résultats obtenus sont décrits dans le tableau 2.

Tableau 2. Propriétés physiques de l'huile des graines de figes de barbarie

Densité absolue	Densité relative	Teneur en eau et en matières volatiles (%)	Teneur en impuretés (%)	Indice de réfraction (à 20°C)	pH
0,909	0,958	0,585	10,680	1,4757	5,60

➤ Densité

L'indice de densité est considéré comme un critère physique qui permet le contrôle de la pureté de l'huile extraite (belarbi F., 2010).

La densité relative de l'huile étudiée est de 0,958. Cette valeur est un peu élevée à celle rapportée par (gharby S.et Coll, 2015) et (Musa Ozcan M.et Al Juhaimi F.Y., 2011) (0,906 et 0,907, respectivement). Mais elle est proche de celle trouvée par (Benattia F.k ., 2017) (0,925).

D'après les résultats, l'huile des graines de figes de barbarie est apparemment constituée de chaînes moyennes de carbone et riche en oxygène ce qui la rend plus dense.

La densité absolue à température ambiante est de 0,909, qui est comparable avec celle rapportée par (Ennouri M. et coll, 2005) (0,903). On peut dire que notre huile est de pureté acceptable.

➤ Teneur en eau et en matières volatiles

La teneur en eau et en matières volatiles est déterminée par la perte de masse déduite lorsque l'huile est chauffée, sans contact avec l'air, dans des conditions normalisées.

De tableau 2, il ressort que l'huile étudiée a une teneur en eau et en matières volatiles de 0,585, valeur supérieure à la norme Codex recommandée qui est de 0,2 % (CODEX STAN 210-1999).

Une teneur en eau faible est plus qu'indispensable pour la stabilité d'une huile, car l'eau favorise les réactions d'altérations (Aissi M.V. et coll, 2009).

➤ *Teneur en impuretés insolubles*

Ces impuretés comprennent des impuretés mécaniques, des matières minérales, des hydrates de carbone, des matières azotées, diverses résines, des savons de calcium, des acides gras oxydés, des lactones d'acides gras et (en partie) des savons alcalins, des hydroxy-acides gras et leurs glycérides (Journal officiel N°64, 2011).

La teneur en impuretés (10,68 %) est largement supérieure à celle recommandée par Codex, soit au maximum 0,05 %. En effet, le séchage des graines de figues de barbarie a été effectué, probablement, dans des conditions de l'hygiène peu recommandables.

➤ *Indice de réfraction*

L'indice de réfraction dépend de la densité, de la composition chimique de l'huile et de la température (Boukeloua A. et coll, 2012).

Ce paramètre est également un critère important de pureté de l'huile. Il est proportionnel au poids moléculaire des acides gras de l'huile. Il varie de façon intéressante selon le degré d'insaturation des lipides et peut nous donner une idée sur la prédominance d'un acide gras insaturé sur un autre dans l'huile (Ollé M., 2002).

L'indice de réfraction déterminé à la température de 20 ° est de 1,4757. (El Mannoubi I. et coll, 2009) apportent une valeur de 1,4710 et (Ennouri M. et coll, 2005) une valeur de 1,4750. Ce résultat se rapproche bien des indices de réfraction, de quelques huiles végétales, cités dans le tableau 3.

Tableau 3. Indice de réfraction de quelques huiles végétales

Huile végétale	Indice de réfraction à 20°C	Références
Huile d'arganier	1,4685	(Khaldi D., 2007)
Huile de gland de chêne vert	1,466 – 1,468	(Belarbi., 2003)
Huile de tournesol	1,474 – 1,476	(CCE., 1985)

➤ *pH*

Le pH donne une indication sur l'acidité ou l'alcalinité du milieu, il est déterminé à partir de la quantité d'ions d'hydrogènes libres contenue dans l'huile (Addou S., 2017).

Quant à la valeur de pH obtenue, elle est de 5,60. Plus le pH est élevé plus le taux d'acidité est faible.

2. Paramètres chimiques

Les facteurs de qualité chimiques de l'échantillon d'huile des graines de figues de barbarie sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4. Propriétés chimiques de l'huile des graines de figues de barbarie

Indice d'acide (mg de KOH/g)	Indice de saponification (mg de KOH / g)	Indice de peroxyde (még O ₂ /Kg)	Indice d'iode
2,24	189,33	14,5	114,43

➤ *Indice d'acide*

Le corps gras est un des composés le plus altérable, la présence d'eau ou d'air peut entrainer respectivement des phénomènes d'hydrolyse et d'oxydation (Ollé M., 2002).

La connaissance d'indice d'acide d'une huile est considérée comme un bon moyen pour savoir son degré d'altération. Il s'agit d'un critère chimique de fraîcheur et de pureté de l'huile (belarbi F., 2010). L'indice d'acide est un paramètre de qualité, une acidité libre très élevée rend l'huile brute très fragile à l'oxydation.

L'huile des graines de figues de barbarie étudiée a un indice d'acide de 2,24 mg de KOH/ g de cors gras. C'est un résultat qui répond à la norme fixée par le (codex alimentarius., 1981) pour les graisses et les huiles vierges (4 mg de KOH/g au maximum).

Comparant avec d'autres travaux, cette valeur est similaire à celle donnée par (belarbi F., 2010). Elle est comparable avec la valeur donné par (Benattia F.k ., 2017) (2.66 mg de KOH/g).

Les indices d'acide des huiles de figes de barbarie, extraites par différentes méthodes, sont néanmoins inférieurs que celui trouvé dans notre travail : 0,01 et 0,56 mg de KOH/g pour l'extraction par pression à froid et 1,27 mg de KOH/g pour l'extraction par solvant (gharby S. et Coll, 2015, Mouden M. et coll, 2016, El Mannoubi I. et coll, 2009).

Un faible taux d'acidité contribue à la stabilité de l'huile face à l'oxydation par l'air. Il est recommandé pour une huile comestible d'avoir un taux d'acidité faible (Inférieur à 3,3%, norme imposée par codex alimentarius), pour supporter une longue conservation sans détérioration (Onyeike E. N. et Acheru G. N., 2002).

Le type de sols a une influence sur l'augmentation ou la diminution de l'indice d'acide, les sols légers et sablonneux-limoneux ayant des pH légèrement acides (5,1 – 6,7) affectent l'indice d'acide des huiles des végétaux poussant sur ces sols (Nerd A., 1991).

➤ *Indice de saponification*

L'indice de saponification nous renseigne sur la longueur de la chaîne carbonée des acides gras qui constituent les triglycérides (réaction majoritaire d'un corps gras). La détermination de l'indice de saponification de l'huile extraite des graines de figes de barbarie récoltés à Ain Témouchent a donné une valeur égale à 189,33 mg de KOH / g. Elle est comparable à celle des huiles usuelles, telles que le soja (189 - 195), l'arachide (187 - 196) et le coton (189 - 198) (CODEX STAN 210-1999).

Comme pour le paramètre précédent, plusieurs recherches ont été effectuées pour l'estimation de l'indice de saponification de l'huile de figes de barbarie, obtenue par deux moyens d'extraction. Pour l'huile extraite par solvant, son indice de saponification est de 173,30 (El Mannoubi I. et coll, 2009) et 169 (Ennouri M. et coll, 2005). Elle est égale à 186,63 pour l'huile pressée à froid (gharby S. et Coll, 2015).

D'autres travaux ont rapporté des valeurs des indices de saponification plus supérieures que celle trouvée pour l'huile étudiée : 209,33 et 209,47 (pression à froid), 222 mg de KOH / g (extraction par solvant) (Mouden M. et coll, 2016, Sawaya W.N. et Khan P., 1982).

L'indice de saponification est d'autant plus élevé que la chaîne hydrocarbonée des acides gras est courte. De ce point de vue, on peut affirmer que notre huile possède des acides gras de chaînes hydrocarbonées plus ou moins courtes. La valeur de l'indice de saponification est située entre celle des huiles de soja, tournesol., connues par des acides gras à longues chaînes, et celle des corps gras (graisse de palme) qui possèdent des acides gras à courtes chaînes (voir tableau 5).

Tableau 5. Indice de saponification des quelques huiles et corps gras

Huiles / Corps gras	Indice de saponification	Références
Huile de tournesol	188-194	
Huile de soja	189-195	
Huile d'arachide	187-196	CODEX STAN 210 - 1999
Huile de coton	189-198	
Graisse de palme	190-209	

Un indice de saponification élevé indique que les huiles ont une teneur élevée en triglycérides et sont donc très utiles en cosmétologie (gharby S.et Coll, 2015).

➤ *Indice d'ester*

Il est égal à l'indice de saponification pour les glycérides purs et il permet de déterminer leur masse molaire. Cet indice est de 187,09 mg de KOH / 1 g de corps gras.

➤ *Indice de peroxyde*

En présence de l'oxygène de l'air, les acides gras insaturés entrant dans la composition des corps gras s'oxydent en donnant des peroxydes (El kharrassi Y., 2014).

Il reflète l'état d'oxydation de l'huile. Cet indice permet de prévoir une détérioration ultérieure des qualités organoleptiques de l'huile mais ne renseigne absolument pas sur le passé oxydatif de l'huile (Didier B., 2001).

L'indice de peroxyde est lié aux conditions de conservation et aux modes d'extraction. C'est un critère très utile et d'une sensibilité satisfaisante pour apprécier les premières étapes d'une détérioration oxydative.

Ce paramètre estime l'état d'auto-oxydation de l'huile, c'est un mécanisme lent mais inéluctable. En effet, les corps gras peuvent s'oxyder en présence d'oxygène et de certains facteurs (température élevée, eau, enzyme, trace de métaux). Cette auto-oxydation ou rancissement aldéhydique conduit dans un premier temps à la formation de peroxydes (ou hydroperoxydes) qui se décomposent ultérieurement en dérivés carbonylés aldéhydes et hydrocétones (responsables de l'odeur de rance) et en divers produits oxygénés (alcools, acides...) (Oudina M. et Baziz A., 2017).

La valeur de l'indice de peroxyde trouvée dans cette étude est de l'ordre de 14,5 méq O₂/Kg d'huile. Elle est conforme à la norme du Codex alimentarius qui préconise un indice inférieur ou égal à 15 milliéquivalents d'oxygène actif/kg pour les huiles vierges et les huiles pressées à froid (codex alimentarius, 1981, CODEX STAN 19-1981).

Cette valeur est comparable avec celle trouvée par (brahmi F. et coll, 2016) pour l'huile de figues de barbarie de variété algérienne (12 méq O₂/Kg). Mais elle largement supérieure à celles citées dans la littérature par Mannoubi I. et coll, 2009, Musa Ozcan M. et Al Juhaimi F.Y., 2011, gharby S. et Coll, 2015, Mouden M. et coll, 2016 (de l'ordre de 1,46, 1,63, 3,5 et 1,43 méq O₂/Kg).

Les mauvaises conditions de stockage permettant une dégradation oxydante des triglycérides et les structures particulièrement fines de certains mésocarpes des fruits pourraient expliquer ces différences de mesures (Didier B., 2001).

➤ *Indice d'iode*

L'indice d'iode mesure globalement le degré d'insaturation des matières grasses. Plus cet indice est grand, plus l'huile est riche en acide gras avec des doubles liaisons.

Dans notre cas, l'indice d'iode calculé est de 114,43 g I₂ / 100 g. Cette valeur est un peu plus élevée à celle donnée par (El Mannoubi I. et coll, 2009, Ennouri M. et coll, 2005) avec des grandeurs de l'ordre de 113,77 et 101,5 g I₂ / 100 g. Elle est inférieure à celle obtenue par (gharby S. et Coll, 2015, Sawaya W.N. et Khan P., 1982) : 130,5 et 119 g I₂ / 100 g.

Selon (CODEX STAN 210-1999), ce résultat est comparable aux valeurs standards de quelques huiles mentionnées dans le tableau 6.

Tableau 6. Indices d'iode de différentes huiles végétales

Huiles / Corps gras	Indice d'iode	Références
Huile de tournesol	118 – 141	
Huile de colza	94 – 120	
Huile de maïs	103 – 135	CODEX STAN 210 – 1999
Huile de coton	100 – 123	
Graisse de sésame	104 – 120	

Il est raisonnable de dire qu'une huile possédant un indice d'iode autour de 85 serait moyennement riche en acides gras insaturés.

3. Dosage des pigments de l'huile (teneur en chlorophylles et caroténoïdes)

La couleur allant du vert-jaunâtre à l'or de l'huile est due essentiellement aux chlorophylles et caroténoïdes présents dans le fruit (Psomiadou E. et Tsimidou M., 2002).

Les chlorophylles et les caroténoïdes sont des composés considérés également importants pour la conservation de la qualité des huiles comestibles, vu qu'ils sont impliqués dans les mécanismes de l'auto-oxydation et de la photo-oxydation (Ouesselati I., 2009).

La teneur en chlorophylles (1,23 mg/kg) de l'huile étudiée est strictement supérieure à celle en caroténoïdes (0,535 mg/kg). La teneur en chlorophylles est inférieure à 2 ppm. Cette faible teneur est souhaitée pour éviter l'action pro-oxydante des pigments chlorophylliens et pour assurer ainsi une bonne conservation des huiles (Boulfane S. et coll, 2015).

Plusieurs études ont confirmé que les teneurs en pigments, notamment les chlorophylles et les caroténoïdes varient en fonction du cultivar et diminuent au cours de la maturation des fruits. Cette diminution est plus prononcée pour les chlorophylles que pour les caroténoïdes, en parallèle d'autres composés peuvent se former tels que les anthocyanes (Minguez-Mosquera I. et coll., 1990). Cependant, l'intensité de cette diminution est fortement dépendante du métabolisme caractéristique de chaque variété (Leonardis A. et Macciola V., 2002).

4. Caractérisation chimique de l'huile

L'huile des graines de figues de barbarie a été analysée par la chromatographie en phase gazeuse (CPG) pour déterminer sa composition chimique (tableau 7).

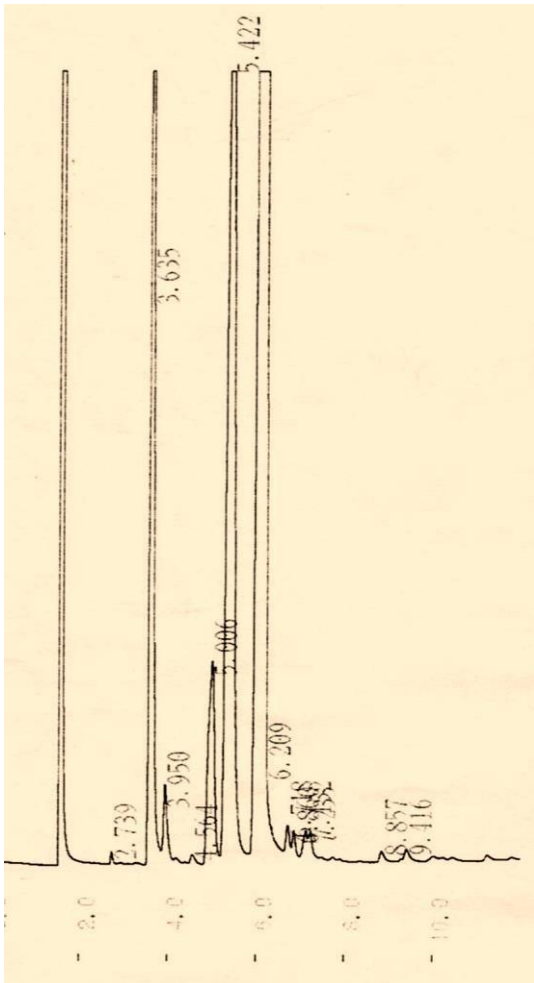


Figure 11. Chromatogramme de l'huile des graines de figues de barbarie

Tableau 7. Composition en acides gras de l'huile des graines de figues de barbarie

N°	Acide gras	Temps de rétention (min)	Aire du pic	Concentration (%)
1	Acide palmitique (C 16:0)	3,635	33032	12,15
2	Acide palmitoléique (C 16:1)	3,95	2331	0,86
3	Acide margarique (C 17:0)	4,561	313	0,11
4	Acide stéarique (C 18:0)	5,006	9870	3,63
5	Acide oléique (C 18:1)	5,422	56111	20,64
6	Acide linoléique (C 18:2)	6,209	166852	61,38
7	Acide linoléique (C 18:3)	6,86	560	0,20
8	Acide arachidique (C 20:0)	6,718	729	0,27
9	Acide gadoléique (C 20:1)	7,132	872	0,32
10	Acide béhénique (C 22:0)	9,419	404	0,15
AG saturés			16,31 %	
AG mono-insaturés			21,82 %	
AG poly-insaturés			61,58 %	
Σ AG insaturés			83,40 %	

Une séparation de dix acides gras différents a été observée. L'huile des graines de figues de barbarie présente un taux élevé d'acides gras insaturés avec un pourcentage de 83,40 %. Le principal acide gras détecté est l'acide linoléique (61,38 %), suivi de l'acide oléique (20,64 %). Viennent, ensuite, les acides gras saturés à longue chaîne. L'acide palmitique et l'acide stéarique sont les prédominants avec des pourcentages de 12,15% et 3,63%, respectivement.

La figure 11 présente le chromatogramme obtenu lors de la caractérisation chimique de l'huile des graines de figues de barbarie par la chromatographie en phase gazeuse (CPG). D'après ce chromatogramme, nous observons quatre grands pics avec des temps de rétention respectifs de 3,635, 5,006, 5,422 et 6,209 min, correspondant aux acides gras majoritaires (acide palmitique, acide stéarique, acide oléique et acide linoléique, respectivement).

La quantité d'acide linoléique contenue dans l'huile d'*Opuntia ficus-indica* est supérieure à celle de la majorité des huiles couramment consommées telles que le maïs, le soja et les graines de coton. Elle est proche celle de l'huile de carthame (Sawaya W.N.et Khan P., 1982).

En général, le niveau élevé d'insaturation (plus particulièrement l'acide linoléique), associé à un faible taux d'acide linoléique (C 18:3) qui nuit à la stabilité de l'huile, indique que les graines d'*Opuntia ficus-indica* pourraient constituer une excellente source potentielle d'huile comestible pour la consommation humaine (Sawaya W.N.et Khan P., 1982).

Une étude comparative de la composition chimique de l'huile d'*Opuntia ficus-indica*, récolté de différentes stations du monde, a été faite (tableau 8).

Les petites différences de concentration en oléique, linoléique et palmitique dépendent probablement du degré de maturité des fruits et de facteurs géographiques et temporels (Mouden M. et coll, 2016).

Avec un pourcentage important des acides gras polyinsaturés (61, 58 %), ces acides insaturés sont bien connus pour leur importance dans le domaine de la nutrition et leurs usages en industrie pharmaceutique (Chougui N. et coll, 2013).

D'après (Ramadan M.F. et Mörsel J.T., 2003), les acides gras polyinsaturés (AGPI) ont des avantages dans le soulagement des troubles cardiovasculaires, maladies inflammatoires, maladies cardiaques, athérosclérose, maladie auto-immune, diabète. De plus, la présence de ces acides gras dans le lait maternel est associée à une meilleure performance des nourrissons allaités que ceux sur les préparations pour nourrissons.

Aussi La composition de l'huile de figuier de barbarie ressemble aux autres huiles très utilisées dans la cosmétique comme l'huile d'onagre et de tournesol où l'acide gras majoritaire est l'acide linoléique. Ces huiles sont très utilisées en cosmétologie et dans des préparations homéopathiques pour la peau sèche enflammée (El hachimi F. et Coll, 2015).

Tableau 8. Composition des acides gras de l'huile *Opuntia ficus indica* provenant de différentes régions du monde

Acide gras	Algerie ¹	Maroc ²		Tunisie ³	Arabie	Turquie ⁵	Allemagne ⁶	Italie ⁷
	-Bejaia -			-Tunis-	saoudite ⁴	-Mersin-	-Berlin-	-Sicile -
		Issa	Moussa					
	Aout 2008	Aout 2009	Octobre 2009	Septembre 2005	-	-	2001	Avril – mai 2017
	Soxhlet	Pression à froid	Pression à froid	Soxhlet	-	Soxhlet		Pression à froid
Acide miristique (C 14:0)	-	0,03	-	0,11	-	0,13	nd	0,10
Acide palmitique (C 16:0)	13,1	9,60	10,92	12,76	12,0	12,23	20,1	12,29
Acide palmitoléique (C 16:1)	-	0,35	0,04	0,75	-	-	1,8	0,75
Acide margarique (C 17:0)	-	-	-	-	-	-	-	-
Acide héptadécénoïque (C 17:1)	-	0,25	0,24	-	-	-	-	-
Acide stéarique (C 18:0)	3,5	3,4	4,70	3,20	5,8	0,15	2,72	3,92
Acide oléique (C 18:1)	16,3	17,74	15,37	16,41	8,8	25,52	18,3	17,61
Acide linoléique (C 18:2)	61,8	49,96	57,47	60,69	73	61,01	53,5	57,98
Acide linoléinique (C 18:3)	-	0,44	0,07	-	-	-	nd	0,21
Acide arachidique (C 20:0)	-	0,56	0,29	0,3	-	0,95	-	0,33
Acide gadoléique (C 20:1)	-	0,61	0,46	0,26	-	-	-	0,10
Acide Béhénique (C 22:0)	-	-	-	0,15	-	-	-	-
Acide lignocérique (C 24:0)	-	0,03	0,68	-	-	-	-	-

¹ Chougui N. et coll, 2013

² Mouden M. et coll, 2016

³ El Mannoubi I. et coll, 2009

⁴ Sawaya W.N. et Khan P., 1982

⁵ Musa Ozcan M. et Al Juhaimi F.Y., 2011

⁶ Ramadan M.F. et Mörsel J.T., 2003

⁷ Ciriminna R. et coll, 2017

CONCLUSION GENERALE

Dans un contexte général de valorisation des plantes poussant en Algérie, nous nous sommes intéressés à l'étude de l'espèce de figuier de barbarie (*Opuntia ficus indica*) qui appartient à la famille des cactacées et qui est présent sur tout le pourtour du bassin méditerranéen. Notre objectif est de déterminer les indices physico-chimiques, ainsi que la composition en acides gras de l'huile extraite, par pression à froid, des graines de figes de barbarie.

L'étude des paramètres de qualité de l'huile de figes de barbarie a permis de conclure que les indices chimiques déterminés sont acceptables. Tandis que pour les indices physiques, la teneur en eau, en matières volatiles et en impuretés sont hors norme. La quantification des pigments de l'huile montre des teneurs élevées en chlorophylles par rapport aux caroténoïdes.

L'analyse du profil en acides gras par CPG/FID met en évidence la richesse de l'huile en acides gras insaturés (83,40 %) dont l'acide linoléique est prédominant avec une teneur de 61,38 %, suivi de l'acide oléique avec une valeur de l'ordre de 20,64 %. En revanche, le contenu en acides gras saturés est faible (16,31 %). Ils sont représentés, principalement, par l'acide palmitique et l'acide stéarique. D'autre part, les acides gras polyinsaturés w 3 sont présents en très faible quantité (acide linoléique : 0.20 %).

Ces résultats obtenus confirment la qualité nutritionnelle de l'huile de figuier de barbarie. Elle s'avère une source majeure d'acides gras essentiels. De ce fait, elle pourrait offrir des possibilités d'exploitation dans le domaine nutritionnel et thérapeutique.

Malgré ces divers usages, l'*Opuntia ficus-indica* reste insuffisamment mal exploité. Il renferme des potentialités inconnues et dont la mise à jour pourrait donner à cet arbre un nouvel essor dans son contexte.

Ce travail s'il fixe des résultats certains, ouvre des perspectives et des pistes de recherche, tant au niveau de la connaissance scientifique, qu'à celui d'une possibilité de valorisation de la matière végétale de notre région. D'autres études complémentaires pourront être envisagées :

- Evaluation des activités biologiques (activité antioxydante, activité antimicrobienne, activité antidiabétique) et identification des composants actifs responsables de ces activités.
- Caractérisation de nouvelles molécules telles que les polyphénols provenant de différentes parties de la plante.
- Il serait aussi intéressant de compléter la valorisation de cette espèce par l'étude des cladodes ayant des effets dermatologiques (curatifs et cosmétiques).
- Synthèse des bio-polymères et développement de films comestibles plastifiés à partir de mucilage de cladode d'*Opuntia ficus-indica*.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

Abidi S., Ben Salem H., Vasta V., Priolo A., Supplementation with barley or spineless cactus (*Opuntia ficus indica f. inermis*) cladodes on digestion, growth and intramuscular fatty acid composition in sheep and goats receiving oaten hay, *Small Rumin. Res.*, **2009**, 87: 9–16.

Addou S., Etude des paramètres physico-chimiques et organoleptiques de l'huile d'olives de la variété Siguoise dans la région de Tlemcen, mémoire de master en technologie des industries agro-alimentaires, université de Tlemcen, **2017**.

AFNOR (norme française), corps gras d'origine animale et végétal, détermination de l'indice d'acide et l'acidité NF T 60-204., **2009**.

Aïssi M.V., Soumanou M.M., Tchobol F.P., Kiki D., Etude comparative de la qualité des huiles végétales alimentaires raffinées en usage au Bénin, *Bulletin d'Informations de la Société Ouestr Africaine de Chimie N°06*, **2009**, 25 – 37.

Andreu L., Nonce - Jáuregui A., Carbonell - Barrachina Á.A., Legua P., Hernández F., Antioxidant properties and chemical characterization of Spanish *Opuntia ficus-indica* Mill. cladodes and fruits, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **2017**, 98(4):1566–1573.

Araba A., Elaich A., Sarti B., Belbahri L., Boubekraoui A., Ait Hammou A., Zemmouri A., Sbaa H., Valorisation du figuier de barbarie en élevage, *Bull. Mens. Inf. et de liaison du PNTTA*, **2000**, 68: 1-4.

Arba M., Le cactus, *Opuntia*, une espèce fruitière et fourragère pour une agriculture durable au Maroc. Symposium International « Agriculture durable en région Méditerranéenne (AGDUMED) », Rabat, Maroc, **2009**, 215-222.

Askar A., El-Samahy S.K., Chemical composition of prickly pear fruits, *Deutsche Lebensm.-Rund*, **1981**, 77:279–281.

B

- Barbera G., Carimi F., Inglese P., Past and role of the Indian-fig prickly pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, Cactaceae) in the agriculture of Sicily, *Economic Botany*, **1992**,46: 10-20.
- Belarbi F ., Contribution a l'étude phytochimique et l'évaluation du pouvoir antioxydant des grains du figuier de barbarie (*Opuntiaflcus-indka*) de la région de Tlemcen , mémoire de master en biologie ,université Abou bekr Belkaid –Tlemcen ,**2010**.
- Belarbi M., Etude des composés nutritionnels et antinutritionnels des glands de chêne et de l'efficacité nutritionnelle de leurs protéines chez les rats Wistar en croissance, Thèse de Doctorat, Université de Tlemcen, **2003**.
- Benattia F.K., analyse et application des extraits de pipins de figue de barbarie, Thèse de Doctorat en chimie bio –organique et thérapeutique, Université Abou Baker Belkaid-Tlemcen, **2015**.
- Bensalem H., Nefzaoui A., Bensalem L., Supplementation of Acacia cyanophylla Lindl foliage-based diets with barley or shrubs from arid areas (*Opuntia ficus indica f. inermis*) and *Atriplexnum mularia* L.) on growth and digestibility in lambs, *Animal Feed Sciences and Technology*, **2002**, 96: 15-30.
- Ben Tekaya I., Hassouna M., Effets des chlorophylles, du bêta-carotène, de l'alphatocophérol, du tyrosol et de leurs interactions sur la stabilité oxydative de l'huile d'olive tunisienne., *OCL journal* ,**2007**,14(1).
- Berraaouan, A., Abderrahim Z., Hassane M., Abdelkhaleq L., Mohammed A., Mohamed B., Evaluation of protective effect of cactus pear seed oil (*Opuntia ficus-indica* L. MILL.) against alloxan-induced diabetes in mice. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, **2015** ,8(7) :532–537.
- Boudjellaba S.,Yassa A., Activité antioxydante des graines de quelques variétés de figue de barbarie (*Opuntia ficus-indica* L.) de la région de Béjaïa , Mémoire de fin de cycle En Vue de l'Obtention du diplôme D'Ingénieur d'Etat en Contrôle de Qualité et Analyses, Université Abderrahmen Mira- bejaïa ,**2012**.

Boukelouaa A ., Belkhirib A ., Djerroua Z ., Bahric L ., Boulebdad N ., Hamdi Pachaa Y., Acute Toxicity of *Opuntia Ficus Indica* and *Pistacia Lentiscus* Seed Oils in Mice., *Afr Journal Tradit Complement Altern Med* , **2012**, 9(4): 607–611.

Boulfane S., Maata N., Anouar A., Hilali S., Caractérisation physicochimique des huiles d'olive produites dans les huileries traditionnelles de la région de la Chaouia-Maroc, *Journal of Applied Biosciences*, **2015**,87:8022– 8029.

Brahmi F., Guellal-Yalaoui D., Haddad S., Bouamara K., Madani K., Analyses physico-chimiques, composition phénolique et activités biologiques de l'huile de pépins de figue de barbarie (*Opuntia ficus-indica* L.), Conference: SEMINAIRE INTERNATIONAL SUR LA VALORISATION DES RESSOURCES NATURELLES DANS LES ZONES SEMIARIDES: « POTENTIALITES ET PERSPECTIVES D'AMELIORATON »,**2016**.

C

Çakaloğlu B., Özyurt V.H ., Ötleş S., Cold press in oil extraction. A review., *Ukrainian Food Journal*, 7:(4), **2018**.

Castillo S.L., Heredia,N., Contreras J.F., García S., Extracts of edible and medicinal plants in inhibition of growth, adherence, and cytotoxin production of *Campylobacter jejuni* and *Campylobacter coli*. *Journal . Food Sci*, **2011**, 76 : 421–426.

CEE 2568/91., Caractéristiques des huiles d'olive et des huiles de grignons d'olive ainsi qu'aux méthodes d'analyse y afférentes. Communauté Economique Européene, **1991**, p. 27-30.

CCE., Directive 85/572/CEE du conseil du 19 Décembre 1985 fixant la liste des stimulants à utiliser pour vérifier la migration des constituants des matériaux et objets en matière plastique destinée à entrer en contact avec les denrées alimentaires,**1985**.

Cherif E., Figue de barbarie : Un cactus source de richesse, L'essentielle de l'agroalimentaire et de l'agriculture N°100, Agro ligne, **2016**, p.68.

Chougui N., Tamendjari A., Hamidj W., Hallal S., Barras A., Richard T., Larbat R., Oil composition and characterisation of phenolic compounds of *Opuntia ficus-indica* seeds, *Food Chem*, **2013**, 139 :796 – 803.

Ciriminna R., Bongiorno D., Scurria A., Danzi C., Timpanaro G., Delisi R., Pagliaro M., Sicilian *Opuntia ficus-indica* seed oil: Fatty acid composition and bio-economical aspects, *European Journal of Lipid Science and Technology*, **2017**, 119(11) : 1700232.

Codex alimentarius : norme pour les graisses et les huiles comestibles non visée par des normes individuelles. Codex STAN 19-1981. Précédamment CAC/RS 19-1969. Adoptée en 1981. Révision :1987 et 1999. Amendement 2009,2013 et 2015.

D

Deters, A.M., Meyer U., Stintzing F.C., Time-dependent bioactivity of preparations from cactus pear (*Opuntia ficus indica*) and ice plant (*Mesembryanthemum crystallinum*) on human skin fibroblasts and keratinocytes. *Journal of Ethnopharmacology*, **2012** ,142 (2): 438-444.

Didier B., huile et fractions insaponifiables de huit espee de palmiers amazoniens, thèse de doctorat en science des agroressources, institus national polytechnique de Toulouse ,**2001**.

E

El Hachimi F., El Antari A ., Boujnah M ., Bendrisse A ., Alfaiz C ., Comparaison des huiles des graines et de la teneur en acides gras de différentes populations marocaines de jujubier, de grenadier et de figuier de., *Journal. Mater. Environ. Sci*, **2005**, 6 (5) :1488-1502.

El kharrassi Y., Mise en évidence de la diversité des populations de cactus (*Opuntia spp.*) au Maroc et de la modulation du métabolisme lipidique par des extraits naturels et de phytostérols issues de cactus ou d'huile d'Argan dans les cellules microgliales BV2, Thèse de Doctorat en biochimie, biologie Moléculaire et Cellulaire, Université Hassan I-Settat ,Université Bourgogne –Dijon , **2015**.

El Mannoubi, I., Barrek, S., Skanji, T., Casabianca, H., & Zarrouk, H. ,Characterization of *Opuntia ficus indica* seed oil from Tunisia, *Chemistry of Natural Compounds* ,**2009**, 45(5) : 616–620.

El-Mostafa K., El Kharrassi Y., Badreddine A., Andreoletti P., Vamecq J., El Kebbaj M.S., Latruffe N., Lizard G., Nasser B., Cherkaoui-Malki M., Nopal cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a source of bioactive compounds for nutrition, *health and disease. Molecules*, **2004**, 19 :14879-14901.

Ennouri M., Evelyne B., Laurence M., Hamadi A., Fatty acid composition and rheological behaviour of prickly pear seed oils, *Food Chem*, **2005**, 93: 431–437.

Ennouri M., Fetoui H., Bourret E., Zeghal N., Attia H., Evaluation of some biological parameters of *Opuntia ficus indica*. 1. Influence of a seed oil supplemented diet on rats., *Bioresour Technol*, **2005**, 97 : 1382–1386.

F

Feugang M.J., Konarski P., Zou D., Stintzing F.C., Zou C., Nutritional and medicinal use of Cactus pear (*Opuntia* spp.) cladodes and fruits, *Frontiers in Bioscience*, **2006**, 11:2574-2589.

Felker P., Rodriguez, S., Casoliba R.M., Filippini R., Medina D., Zapata R., Comparison of *Opuntia ficus-indica* varieties of Mexican and Argentine origin for fruit yield and quality in Argentina, *Journal of Arid Environments*, **2005**, 60:405-422.

Fernandez M.L., Trejo A., McNamara D.J., Pectin isolated from prickly pear cactus (*opuntia sp*) modifies low density lipoprotein metabolism in cholesterol –fed guinea pigs, *J.Nutr*, **1990**, 120 :1283-1290.

G

Galati E.M., Tripodo M.M., Trovato A., d'Aquino A., Monforte M.T., Biological activity of *Opuntia ficus indica* cladodes II: Effect on experimental hypercholesterolemia in rats, *Pharm Biology*, **2003**, 41 (3): 175179.

Galati EM., Monforte M.T., Tripodo M.M., d'Aquino A., Mondello M.R., Antiulcer activity of *-Opuntia ficus indica (L.) Mill.* (Cactaceae): ultrastructural study, *Journal of Ethnopharmacology*, **2001**, 76: 1–9

Gharby S., Harhar H., Charrouf Z., Bouzobaa Z., Boujghagh M., Zine, S. Physicochemical composition and oxidative stability of *Opuntia ficus-indica* seed oil from Morocco, *Acta Horti*, **2015**, 1067: 83–88.

Ghazi Z., Ramdani M., Fauconnier M. L., El Mahi B., Cheikh R., Fatty acids Sterols and Vitamin E composition of seed oil of *Opuntia Ficus Indica* and *Opuntia Dillenii* from Morocco, *Journal. Mater. Environ. Sci*, **2013**, 4 (6) : 967 - 972.

Ghodbani T., Milewski A., Bellal S., Un écosystème littoral fragile menacé sur la rive sud de la Méditerranée, *Méditerranée*, **2015**, 125 :153-164.

Gibson A.C., Nobel P., The Cactus primer, Harvard University Press Cambridge, **1986**, p.286.

Ginestra G., Parker M. L., Bennett R. N., Robertson J., Mandalar G., Narbad A., Waldron K. W., Anatomical chemical and biochemical characterization of cladodes from prickly pear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.], *Journal of agricultural and food chemistry*, **2009**, 57(21) : 10323-10330.

Griffith D., Revision in Prickly Pears. *Journal of Heredity*, **1914**, 5: 222-225 In: Griffith M.P., The original of an Important Cactus Crop, *Opuntia ficus indica* : New molecular evidence, *American Journal of Botany*, **2004**, 91: 1915-1921 .

Gunstone F.D., the chemistry of oil and fats Sources, Composition, Properties and Uses, Ed. blackwell publishing, CRS press, **2004**.

H

Habibi Y., Contribution à l'étude morphologique, ultra structurale et chimique de la figue de Barbarie, les polysaccharides pariétaux : caractérisation et modifications chimiques, Thèse de Doctorat en chimie organique, Université Joseph Fourier- Grenoble et Université Cadi Ayyad- Marrakech, **2004** .

Habibi Y., Mahrouz M., Vignon M.R., Arabinan-rich polysaccharides isolated and characterized from the endosperm of the seed of *Opuntia ficus-indica* prickly pear fruits, *Carbohydr Polymers*, **2005**, 60 :319-329.

Herchi W ., Ben Ammar K., Bouali I., Bou Abdallah I., Guetet A ., Boukhchina S., Heating effects on physicochemical characteristics and antioxidant activity of flaxseed hull oil (*Linum usitatissimum L*), *Food Sci. Technol, Campinas*, **2016**, 0101-2061.

I

Inglese P ., Mondragon C., Queretaro J., Nefzaoui A., Sáenz C., ECOLOGIE, CULTURE ET UTILISATIONS DU FIGUIER DE BARBARIE, Ed. L'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture et le Centre International pour la Recherche Agricole dans les Zones Arides, **2018**, p. 153.

J

Jahouach W., décoloration des huiles végétales sur des argiles étude stabilité physico-chimique des huiles décolorées, Diplôme d'étude approfondies en chimie organique, université de Sfax -Tunisie ,**2012**.

Journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire (J.O.A.D et P) ,**2012**.

K

Kabas O., Ormerzi A., Akinci I., Physical properties of cactus pear (*Opuntia ficus indica L.*) grown wild in Turkey, *Journal of Food Engineering*, **2006**, 73: 198-202.

Khalidi D., Etude chimique et nutritive d'argaia spinosa, Diplome de Magister, Université de Tlemcen, **2007**.

Kyriakidis N.B ., Katsiloulis T ., Calculation of iodine Value from measurements of fatty acid methyl Esters of Some Oils: Comparison with the relevant American Oil Chemists Society method, *JAACS*, **2000**, 77 : 12 .

L

Lamb B., Le guide des cactus dans le monde, Ed. Delachaux et Niestlé, **1991**, p.2-144.

Lim T.K., Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants: Volume 1, Fruits, Ed Springer, **2012**, p.662.

Leonardis A., Macciola V., Catalytic effect of the Cu (II) and (III)cyclohexanecarboxylates on olive oil oxidation measured by rancimat. *European Journal of Lipids and Science and Technology*, **2002**, 156-160.

Loudyi D.W., Quelques espèces fruitières d'intérêt secondaire cultivées au Maroc, in First Meeting of the CIHEAM Cooperative Research Network on Underutilized Fruit Trees, Zaragoza, Spain, **1994**.

M

Mace T., Mace S., Cactées et succulentes, Ed. Hachette livre, **2003**, p.12-20.

Martinand-Lurin E., Gruber R., 40 expériences illustrées de chimie générale et organique, Ed. de boeck, **2012**.

Maryna D.W., Arno H., Nokuthula S., South African Cactus Pear Seed Oil: A Comprehensive Study on 42 Spineless Burbank *Opuntia ficus-indica* and *Opuntia robusta* Cultivars, *European journal of lipid science and technology*, **2017**, 120(3) : 1700343.

Minguez-Mosquera I., Rejano J.L., Gandul B., Higinio A. et Garrido J., Pigments present in the olive oil, *Journal of American Oil Chemist's Society*, **1990**, (3):192-196.

Mouden M., Boujnah M., Salmaoui S., Zantar S., Douira A., Effect of two Extraction Methods and Harvest Period and Performance there Statement of Fatty Oils of Figs Pear Seed, *Int. J. Pure App. Biosci*, **2016**, 4(1): 1-8.

Mulas M., Mulas G., Potentialités d'utilisation stratégique des plantes des genres *Atriplex* et *Opuntia* dans la lutte contre la désertification, Short and Medium - Term Priority Environmental Action Programme, **2004**, p. 56-57.

Musa Ozcan M., Al Juhaimi F.Y., Nutritive value and chemical composition of prickly pear seeds (*Opuntia ficus indica* L.) growing in Turkey, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, **2011**, 62(5): 533-536.

N

Neffar S., 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 et Tébessa, thèse de doctorat en biologie végétale, Université Badji Mokhtar-Annaba, **2012**.

Nerd A., Karadi A., Mazhari Y., Plants sou, **1991**,137(2) : 201-207.

Nobel P., Cacti: Biology and Uses. Berkeley: University of California Press, Ed. Nobel P.S, **2002**, p.1-21.

O

Ollè M., Direction de la concurrence, de la consommation et de repression des faudes interregional de Montpellier, Dossier P3325, Technique d'analyse Vol papier n° :TA4, **2002**.

Oudina M.A ., Baziz A., Etude des caractéristiques physico-chimiques et biochimiques de trois échantillons d'huiles d'olives Algérien, mémoire de master, Université Mentouri – Constantine ,**2017**.

Onyeike E.N., Acheru G.N., Chemical composition of selected Nigerian oil seeds and physicochemical properties of the oil extracts. *Food chemistry*, **2002**, 77: 431-437.

Ouesselati I., Anniva C., Daoud D.,Tsimidou M.Z ., Zarrouk M .,Virgin olive oil(VOO) production in Tunisia: The commercial potential of the major olive varieties from the arid Tataouine zone ,*Food Chemistry*, **2009**,112:733-741.

P

Park E.H.,Kahng J.H., Sang H.L.K.H., Shin K.H., An anti-inflammatory principle from cactus, *Fitoterapia*, **2001**, 72 (3) : 288 - 290.

Piédallu A. Le figuier de barbarie sans épines (*Opuntia ficus-indica* Miller var. Inermis Weber) en Algérie, **1990**, p. 128.

Piga A., Cactus pear: A fruit of Nutraceutical and Functional Importance, *J.PACD*, **2004**, 9-22.

Pigeon S., Fortier C., Coderre F., Drolet J., MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES , Bureau de l'efficacité et de l'innovation énergétiques, production d'huile végétale pur ,**2012** .

Pimienta-Barrios E., Prickly pear (*Opuntia spp.*): a valuable fruit crop for the semi-arid lands of Mexico, *Journal of Arid Environments*, **1994** ,28(1) : 1-11.

Psomiadou E. et Tsimidou M., Stability of virgin olive oil. Autoxidation studies, *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, **2002**, 50:716-721.

Paquot C., Union internationale de chimie pure et appliquée (I.U.P.A.C). Commission des huiles, graisses et dérivés, méthode standard pour l'analyse des huiles, des graisses et ses dérivés, 6^{ème} Ed,Pergamon press,**1979**.

R

Ramadan M.F., Mörsel, J.T., Oil cactus pear (*Opuntia ficus-indica L.*), *Food Chem*, **2003**, 82 : 339–345.

Reyes-Agüero J., Valiente-Banuet A., Reproductive biology of *Opuntia*: a review. *Journal of arid environments.*, **2006**,64 (4): 549-585.

Russel C.E., Felker P., The Prickly-pears (*Opuntia spp.*, Cactaceae): A Source of Human and Animal Food in Semiarid regions , *Economic Botany*, **1985**, 41(3) : 433-445.

S

Saeed-Ul-Hassan S., Ansari M.T ., Tariq I., Evaluation of physicochemical parameters of selected brands of pharmaceutical Oils Sold in Punjab, Pakistan, *Lat. Am. J. Pharm*, **2014**, 33 (1): 115-22.

Sáenz C., Sepúlveda, E., Matsuhira B., *Opuntia spp* mucilage's: a functional component with industrial perspectives, *Journal of Arid Environments*, **2004**, 57(3) :275–290.

Sánchez E., García S., Heredia N., Extracts of Edible and Medicinal Plants Damage Membranes of *Vibrio cholerae*, *Appl. Environ. Microbiol.*, **2010**, 76 : 6888–6894.

Sawaya W.N., Khan P., Chemical characterization of prickly pear seed oil *Opuntia ficus indica*. *J. Food Sci* , **1982**, 47: 2060–2061

Schweizer M., Docteur nopal le médecin du bon dieu, Ed. APB Aloe plates et beauté, **1997**, p .5-6-13-19.

Shoop M.C.,Alford E.J., Mayland H.F.,Plains pricklypear is a good forage for cattle, *Journal. Range Mgmt*, **1977**,30:12-16.

Snyman H.A., A greenhouse study of root dynamics of cactus pears, *Opuntia ficus indica* and *O. robusta*, *Journal of Arid Environments*, **2006**, 65:529-542

Stintzing F.C., Schieber A., Carle R., Phytochemical and nutritional significance of cactus pear, *Eur. Food Res. Technol*, **2001**,212 :396–407.

T

Tlili N., Bargougui A., Elfalleh W., Triki A., Nasri N., Phenolic compounds, protein, lipid content and fatty acids compositions of cactus seeds, *J. Med. Plants Res*, **2011**, 5(18): 4519–4524.

W

Wallace R.S., Gibson A.C.,Cacti evolution and systematics **In:** Cacti, Biology and Uses , Ed. Nobel, P.S., **2002**.

Y

Yasmeen R., Hashmi A.S., Anjum A.A., Saeed S., Muhammad K. Antibacterial activity of indigenous herbal extracts against urease producing bacteria. *Journal. Anim. Plant. Sci* ,**2012**, 22 :416–419.

Résumé : Etude physico-chimique de l'huile des graines de figues de barbarie

Le figuier de barbarie (*Opuntia ficus-indica*) est une espèce très abondante sur le territoire algérien. Ses fruits sont consommés par la population locale. Cette plante reste encore mal exploitée.

Notre travail a porté sur l'étude de l'huile des graines d'*Opuntia ficus-indica* pour une meilleure valorisation de l'huile. Cette dernière a été extraite par pression à froid et exploitée pour déterminer ses propriétés physico-chimiques, telles que l'indice d'acide, l'indice d'iode, l'indice de peroxyde, l'indice de saponification, l'indice de réfraction et la densité. La teneur en chlorophylles et en caroténoïdes a été, également, déterminée.

Le profil des acides gras de l'huile des graines d'*Opuntia ficus-indica* a été caractérisé par la chromatographie en phase gazeuse (GPG). L'acide linoléique est détecté comme l'acide gras principal (61,38%), suivi des acides oléique (20,64%) et palmitique (12,15%). Les acides stéarique et linoléique ont été présents en faible quantité.

Sous l'optique des résultats obtenus dans la présente étude, nous avons soulevé que notre huile est classée parmi les huiles polyinsaturés qui présentent des propriétés bénéfiques sur la santé notamment l'acide linoléique (oméga-6), acide gras essentiel pour l'organisme.

Mots clés : *Opuntia ficus-indica*, huile, indices physico-chimiques, acide gras.

Abstract : Physicochemical study of the oil of *Opuntia ficus-indica* seeds

The prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) is very abundant on the Algerian territory. Its fruits are consumed by the local population. This plant remains poorly exploited.

Our work focused on the study of *Opuntia ficus-indica* seeds oil for a better valorisation of this oil. It was extracted by cold pressing and exploited to determine its physicochemical properties, such as acid number, iodine number, peroxide value, saponification number, refraction index and density. The chlorophyll and carotenoids content was also determined.

The fatty acid profile of the *Opuntia ficus indica* seeds oil was characterized by gas chromatography (GC). Linoleic acid was detected as the main fatty acid (61.38%), followed by oleic acid (20.64%) and palmitic acid (12.15%). Stearic acid and linolenic acid were presents in small amounts.

From the perspective of the results obtained in this study, we have raised the fact that our oil is classified as polyunsaturated oils which have beneficial properties on health, in particular linoleic acid (omega-6), essential fatty acid for the body.

Keywords : *Opuntia ficus-indica*, oil, physicochemical indices, fatty acid.

ملخص: الدراسة الكيميائية و الفيزيائية للزيت المستخرج من بذور التين الشوكي

شجرة التين الشوكي البربري (ابونتيا فيكوس انديكا) وفيرة جدا في الأراضي الجزائرية و تستهلك ثمارها من طرف السكان المحليين إلا أنها لا تزال غير مستغلة.

ركز عملنا على دراسة زيت بذور ابونتيا فيكوس انديكا بغرض المساهمة في تقدير أفضل للزيت. حيث تم استخراجها بتقنية الضغط البارد و تحليلها لتحديد خصائصها الكيميائية والفيزيائية، مثل مقياس الحمض، مؤشر اليود، قيمة البيروكسيد، مؤشر التصبن، معامل الانكسار والكثافة. كما تم تحديد محتوى الكلوروفيل والكاروتينبات.

تم تحليل الاحماض الدهنية للزيت بواسطة تقنية كروماتوغرافيا الغاز. يعتبر حمض اللينوليك الحمض الدهني الرئيسي (61.38 %)، يليه حمض الأوليك (20.64 %) وحمض النخيل (12.15 %). كما اظهر التحليل وجود حمض الستيريك و حمض اللينولينيك بكميات صغيرة في الزيت. من خلال النتائج المتحصل عليها نستطيع ان نصنف هذا الزيت من الزيوت الغير المشبعة والتي لها خصائص صحية بما في ذلك حمض اللينوليك (أوميغا 6)، وهو حمض دهني أساسي للجسم.

الكلمات المفتاحية: التين الشوكي، الزيت، الخصائص الفيزيائية و الكيميائية، الحمض الدهني.