



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université des Frères Mentouri Constantine
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة
كلية علوم الطبيعة والحياة

Département : Biologie et Ecologie végétale

قسم : البيولوجيا و علم البيئة النباتية

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biotechnologies

Spécialité : Biotechnologie et Génomique Végétale

Intitulé :

Figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica*) :
Projet d'entrepreneuriat, extraction d'huile de pépins

Présenté et soutenu par : *ASSIFER Anfel*

Le : 27/06/2019

Jury d'évaluation :

Président du jury : *Mr. BAZRI Kamel-eddine* (MCA, UFM Constantine)

Examineurs : *Mr. TEMAGOULT Mahmoud* (MAA, UFM Constantine)

Encadrant : *Mm. YKHLEF Nadia* (Professeur- UFM Constantine)

Co-encadrant : *Mr. KELLOU Kamel* (MAA, UFM Constantine)

Année universitaire
2018 - 2019

Dédicace :

Je dédie ce mémoire à ma Famille : mon sage père, ma patiente mère, mes deux perles sœurs et pour ma sweetie nièce Lyne.

A mes amies, à tous ceux qui sont chères, à tous ceux qui m'aiment, à tous ceux que j'aime, je dédie ce travail.

Remerciement :

Avant tous, Je remercie « ALLAH » le tout puissant de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, le courage, la volonté et la patience d'aller jusqu'au bout et de mener à terme ce présent travail.

Je remercie le président de jury Mr. BAZRI Kamel-eddine, l'examineur de jury Mr. TEMAGOULT Mahmoud. Aussi, je remercie mon encadrante Mm. YKHLEF Nadia et Mr. KELLOU Kamel mon co-encadrant, pour les efforts qu'ils ont fait pour m'aider à finir ce mémoire.

Je remercie toutes personnes qui m'ont aidé à faire ce travail.

Liste des figures :

- Figure 01 : Distribution géographique du figuier de Barbarie 3
- Figure 02 : Figueiers de barbaries fruitiers 4
- Figure 03 : Un aigle sur un cactus en train de manger un serpent sur le drapeau du Mexique pris des légendes des Aztèques 5
- Figure 04 : Des figueiers de barbaries de la région de Sidi Fredj, Souk Ahras 6
- Figure 05 : Schéma descriptif de détail d'*Opuntia Ficus-Indica* 8
- Figure 06 : Cueillette des figues de barbaries par les femmes rurales en utilisant des gants 12
- Figure 07 : Une cueillette de récolte des figues de barbaries 13
- Figure 08 : Boutures de cactus à utiliser comme plants 14
- Figure 09 : Micropropagation in vitro de cactus (*Opuntia ficus-indica*) 16
- Figure 10 : Blessures du au froid et aux grêles 17
- Figure 11 : Infestation de cochenilles sauvage sur les raquettes de figuier de barbarie 18
- Figure 11 : Pot de confiture de ficus indica de la marque Scyavuru 28
- Figure 12 : un échantillon de vinaigre de 3 mois sur le site de NOPALTEC 30
- Figure 13 : Feuilles de cactus en lamelles conserver de la marque « Azteca » 32
- Figure 14 : Les deux formes de coccidoculture, sous abris et en plein air 33
- Figure 15 : Cladode et jus de cactus issus du figuier de barbarie 33
- Figure 16 : Capsules et comprimés préparés à partir des cladodes séchées d'*Opuntia* au Mexique 35
- Figure 17 : Diverses marques et préparations d'extraits des cladodes d'*Opuntia* utilisés comme cosmétique au Mexique 36
- Figure 18 : Pulpe du fruit du figuier de barbarie parsemée de plusieurs graines et des graines isolées du fruit du figuier de barbarie 38

➤	Figure 19 : Photographie d'une coupe transversale de la graine de la figue de barbarie...	39
➤	Figure 20 : Machine de séparation des grains de figue de barbarie	45
➤	Figure 21 : Séchage des graines de figues de barbarie.....	45
➤	Figure 22 : Extracteur d'huile de pépins de figues de barbarie.....	46
➤	Figure 23 : Filtrage et collection de graisse d'huile de figue de barbarie	47
➤	Figure 24 : Déchets d'extraction d'huile de pépins de figue de barbarie par presseur à froid	47

Liste des tableaux :

- Tableau 01 : Caractéristiques fonctionnelles et classes de sols adaptées à la culture d'*Opuntia ficus-indica*..... 10
- Tableau 02 : Composition moyenne (pourcentage en poids par rapport à la masse sèche) de la fleur de la figue de barbarie 21
- Tableau 03 : Composition de la fleur en sucres neutres et acides (pourcentage en poids par rapport à la masse sèche 21
- Tableau 04 : Distribution et contenu des phénols et des flavonoïdes dans les différentes parties d'*O. ficus-indica* 21
- Tableau 05 : composition brute de la figue de barbarie 22
- Tableau 06 : Composition brute du fruit d'*Opuntia ficus-indica*..... 22
- Tableau 07 : Composition minérale du fruit du figuier de barbarie..... 23
- Tableau 08 : Teneur en vitamines et en antioxydants de fruit de figuier de barbarie 23
- Tableau 09 : Composition de la figue de barbarie (*O. ficus-indica*) en acides aminés 24
- Tableau 10 : Composition chimique de la tige (raquettes) 24
- Tableau 11 : Composition chimique des raquettes d'*Opuntia ficus-indica* 25
- Tableau 12 : Les teneurs en minéraux dans les cladodes en mg / 100 g..... 25
- Tableau 13 : Contenu des Cladodes du figuier de barbarie en acides aminés (g/100g de protéine), selon les stades de maturité..... 26
- Tableau 14 : Composition chimique des graines du figuier de barbarie 40
- Tableau 15 : Composition en oses neutres et acides de la graine de la figue de barbarie.. 41
- Tableau 16 : Teneur en acides gras (%) de l'huile de figue de Barbarie (*Opuntia ficus-indica*) de différents pays 42
- Tableau 17 : Coût d'équipement nécessaire pour l'entreprise 50

- Tableau 18 : Machines nécessaires pour l'extraction d'huile de pépins de figues de barbarie et leurs coûts 50
- Tableau 19 : Prix de vente de un litre d'huile de pépins de figues de barbarie..... 51

➤ **Abréviation :**

- C3 : Carbone 3
- C4 : Carbone 4
- CAM : métabolisme acide crassulacéen
- CNRTL : Centre Nationale de Ressource Textuelle et Lexique
- DZD : dinar algérien
- EURL : Entreprise unipersonnelle à responsabilité limitée
- FAO : Food and Agriculture Organization
- INRAA : Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie
- MS : Milieu de Murashige et Skoog
- O. : Opuntia
- PAMPAT : Projet d'Accès aux Marchés pour les Produits Agroalimentaires et du Terroir
- SMIR : Société SMIR SARL spécialisée dans la fabrication et la commercialisation machines agro-alimentaire industrielle.
- SWOT : Un outil de stratégie d'entreprise permettant de déterminer les options offertes dans un domaine d'activité stratégique

Résumé :

Le figuier de Barbarie est une plante originaire du Mexique et qui est maintenant cultivé un peu partout dans le monde. Le figuier de barbarie appartient à la famille des Cactaceae et il est connu par le nom de Nopal. C'est une plante arborescente robuste, annuelle et épineuse, ce qui fait que sa récolte est difficile. Elle pousse dans les zones arides et semi-arides et elle a une large faculté d'adaptation pour des différents sols. Fiquier de Barbarie ou *Opuntia ficus-indica*, se propagent par multiplication asexuée, effectuée par bouturage, ou sexuée à travers les semis de graines. Une culture in vitro est possible en cas de recherche ou d'insuffisance de matériel végétal à multiplier. Beaucoup de facteurs biotiques et/ou abiotiques fait varient le rendement et la qualité des fruits et des raquettes d'une zone à une autre et d'une année à une autre. Grâce à sa composition chimique, Tous les parties du figuier de barbarie sont utilisées dans plusieurs domaines : alimentation, cosmétique, médecine... L'huile de pépins de figue de barbarie est une des produits d'*Opuntia ficus-indica* les plus utilisé au monde. Ceci est grâce à ses vertus, qui viennent de sa richesse en acides gras insaturés et en vitamine, sur la peau, la beauté en général et sur la santé. L'huile peut être extraite par solvant ou par presse à froid. Une étude financière de projet d'extraction d'huile de pépins de figue de barbarie était faite. Le prix provisoire d'un litre d'huile est de 176000.00 DZD. Le bénéfice attendu de l'entreprise la première année est : 2503600.00 DZD. Et un développement de l'entreprise au futur peut augmenter le chiffre d'affaire annuel.

Summary :

The prickly pear is a plant native to Mexico and is now grown around the world. The prickly pear belongs to the family Cactaceae and is known by the name of Nopal. It is a robust, annual and thorny arboreal plant, which makes its harvest difficult. It grows in arid and semi-arid areas and has a wide adaptability for different soils. Barbary fig or *Opuntia ficus-indica*, propagate by asexual propagation or by seed sowing. An in vitro culture is possible in case of research or insufficiency of plant material to be propagated. Many biotic and / or abiotic factors affect the yield and quality of fruits and snowshoes from one area to another and from one year to another. Due to its chemical composition, all parts of the prickly pear are used in several fields: food, cosmetics, medicine ... Prickly pear seed oil is one of the most used *Opuntia ficus-indica* products in the world. This is due to its virtues, which come from its richness in unsaturated fatty acids and vitamin, on the skin, beauty products and on medicine. The oil can be extracted by solvent or cold press. A financial study of prickly pear seed oil extraction project

was done. The provisional price of one liter of oil is 176000.00 DZD. The expected profit of the company the first year is : 2503600.00 DZD. And a development of the company in the future can increase the annual turnover.

ملخص:

التين الشوكي هو نبات ذو أصل مكسيكي لكنه منتشر الآن في كل أنحاء العالم. ينتمي التين الشوكي الى عائلة الصبيراوات ويعرف باسم "نوبال". شجرة التين الشوكي مليئة بالأشواك مما يجعل عملية قطف الثمار. ينمو في المناطق القاحلة وشبه القاحلة ولديه قدرة تكيف واسعة للمختلفة أنواع التربة. يتكاثر التين الشوكي بواسطة الألواح كما يمكن استخدام البذور. تؤثر العديد من العوامل الحيوية و / أو اللاحيوية على إنتاجية وجودة الفواكه من منطقة إلى أخرى ومن سنة إلى أخرى. بفضل التركيبة الكيميائية، يتم استخدام جميع أجزاء التين الشوكي في عدة مجالات: الغذاء ومستحضرات التجميل والأدوية ... يعد زيت بذور التين الشوكي واحدًا من أكثر منتجات استخدامًا في العالم وهذا بفضل ثرائه بالأحماض الدهنية غير المشبعة والفيتامينات ويتم استخدامه في عدة مجالات. يمكن استخراج زيت بذور التين الشوكي اما كيميائيا او ميكانيكيا. حسب الدراسة المالية لمشروع استخراج زيت بذور التين الشوكي فسعر اللتر الواحد يساوي 176000 دج والربح المتوقع للشركة في السنة الأولى هو: 2503600.00 دج. ويمكن أن يؤدي تطوير الشركة في المستقبل إلى زيادة المبيعات السنوية.

Table des matières :

Introduction	1
Synthèse bibliographique	2
Partie 1 : Description du figuier de barbarie	2
1.1. Historique et répartition géographique	2
1.2. Systématique et botanique de figuier de barbarie	3
1.2.1. Systématique et nomenclature de figuier de barbarie	3
1.2.1.1. Systématique de figuier de barbarie	3
1.2.1.2. Nomenclature et terminologie de figuier de barbarie	4
1.2.2. Botanique de figuier de barbarie (Description morphologique)	5
1.3. Pratiques culturales de la plante	8
1.3.1. Conditions de plantations	8
1.3.2. Techniques de multiplication	13
1.4. Maladies et problèmes de rendement	16
1.5. Composition chimique	20
1.5.1. Composition chimique de la fleur	20
1.5.2. Composition chimique des fruits	22
1.5.3. Composition chimique des cladodes	24
1.6. Usage de figue de barbarie	26
1.6.1. Utilisations des fruits	26
1.6.2. Utilisations des raquettes	31
1.6.3. Usage des fleurs	34
1.6.4. Usage médicinal	34
1.6.5. Usage cosmétique	35
1.6.6. Autres usages	36
Partie 2 : Huile de pépins de figues de barbaries	38
2.1. Etude descriptif sur le pépin de figues de barbaries	38
2.1.1. Description morphologique	39
2.1.2. Composition chimique	39
2.2. Caractéristique biochimique et usage d'huile de pépin de figue de barbarie	41
2.3. Extraction d'huile de figue de barbarie	43
2.3.1. Extraction par solvant	43
2.3.2. Extraction par pression à froid	44

Partie Pratique : Projet d'entrepreneuriat	49
3.1.Etudes descriptive de marché	49
3.2.Canvas bussines plan	52
3.3.Analyse SWOT.....	53
3.4.Futur Entreprise	53
Conclusion	54

Introduction :

Nopal (*Opuntia ficus-indica*) est le nom mexicain, d'origine aztèque de notre Figuier de Barbarie. C'est une plante riche, belle, originale et très utile. Sa sobriété et son incroyable vitalité permettent à ce Cactus, de prospérer jusque dans des contrées désertiques souvent inhospitalières où il offre à l'homme et aux animaux domestiques ses vertus nourricières et thérapeutiques (**Schweizer, 1997**).

L'adaptation du figuier de barbarie aux conditions désertiques et semi désertiques lui permet de constituer une culture à intérêts écologiques et socio-économiques indéniables. En effet, il constitue un bouclier contre la désertification et l'érosion des sols. Son impact considérable sur le revenu des agriculteurs a fait de cette plante l'une des espèces les plus rentables économiquement (**Benattia, 2017**).

Dans le figuier de barbarie, rien ne se jette. Tout y a une véritable valeur ajoutée qui peut constituer un créneau d'investissement à part entière.

L'huile de pépins de figes de barbarie est l'huile miracle du siècle. Elle est d'ailleurs l'huile la plus chère au monde. Pressée à froid, cette huile végétale est connue pour ses vertus pour la peau, les ongles et les cheveux. Produite essentiellement dans les pays du Maghreb, le Maroc surtout, ainsi que tous ceux du bassin méditerranéen, cette huile prodigieuse, riche en acides gras essentiels et en vitamine E, connaît une forte demande de la part des grandes firmes de cosmétique dans le monde et notamment en Europe (**Agroligne, 2016**).

Toutes ces propriétés liées au figuier de barbarie, nous ont laissé penser sur cette plante miraculeuse. De ce fait, les objectifs du présent travail sont :

- Connaître le figuier de barbarie, sa composition chimique et ses usages
- Se familiariser avec la culture de figuier de barbarie et l'extraction d'huile de pépins
- Savoir les vertus d'huile de pépins de figes de barbarie et comment entreprendre dans cette huile précieuse.
- Projet de création d'entreprise.

I. Partie 1 : Description du figuier de barbarie

1.1. Historique et répartition géographique :

Le figuier de Barbarie est une plante originaire des zones tropicales du continent Nord- Américain, en particulier du Mexique (**Araba et al., 2000**). Lorsque les Espagnols arrivèrent en 1492 sur l'île d'Hispaniola (aujourd'hui Haïti et la république Dominicaine) dans la mer des Caraïbes, les autochtones leurs présentent ce fruit rouge de l'*Opuntia*, appelé *tuna* (**FAO, 2018**). Il a été donc introduit d'abord en Espagne et plus tard au 16e siècle au Nord et au Sud de l'Afrique. Il s'est diffusé rapidement dans le bassin méditerranéen et s'y est naturalisé au point de devenir un élément caractéristique du paysage (**Benattia, 2017**). Le figuier de barbarie est maintenant cultivé un peu partout dans le monde (**Photo : 01**) (**Fortin, 2006**).

Dans certains pays tels que l'Italie, l'Espagne ou le Mexique, la culture du cactus est pratiquée de façon intensive et moderne avec des programmes de recherche-développement pour la production du fruit ou de fourrage et même pour des usages industriels. En revanche, en Australie et en Afrique du Sud, ce végétal, en particulier la variété asperme est considérée comme une mauvaise herbe à cause de la facilité avec laquelle, elle se propage (**Mulas et Mulas, 2004**).

En Algérie, l'introduction de cactus a été similaire à celle du Maroc et de la Tunisie. Aujourd'hui les zones dédiées à la culture de l'*Opuntia* s'étendent sur plus de 30000 ha dans 60% dans la municipalité de Sidi-Fredj (45 Km au nord de Souk Ahras) et le reste à Ouled Mimoun, Taoura, Dréa et Ouilène (**Huffposte Algérie, 2015**). Dans le nord, *Opuntia ficus-indica* est utilisé comme clôture autour des maisons et des petites villes. Les clôtures de plantes sont aussi utilisées pour production de fruits pour consommation humaine où ils sont vendus sur les marchés locaux et, en saison sèche, comme source de fourrage. Dans le sud, les cladodes d'*Opuntia* émergent comme aliment pour les petits ruminants et les dromadaires (**FAO, 2018**).

L'Algérie vient d'accueillir sa première unité de transformation de figues de barbarie. L'infrastructure qui est basé à Sidi-Fredj s'étend sur 5000 m² et peut transformer environ 20 quintaux par heure. Elle servira essentiellement à l'emballage de la figue de barbarie et à la production d'huiles essentielles et de produits pharmaceutiques, de jus, de confiture et d'aliments de bétail. L'unité de

production emploiera 30 personnes à temps plein et 200 autres de façon saisonnière (Agence Ecofin, 2015).

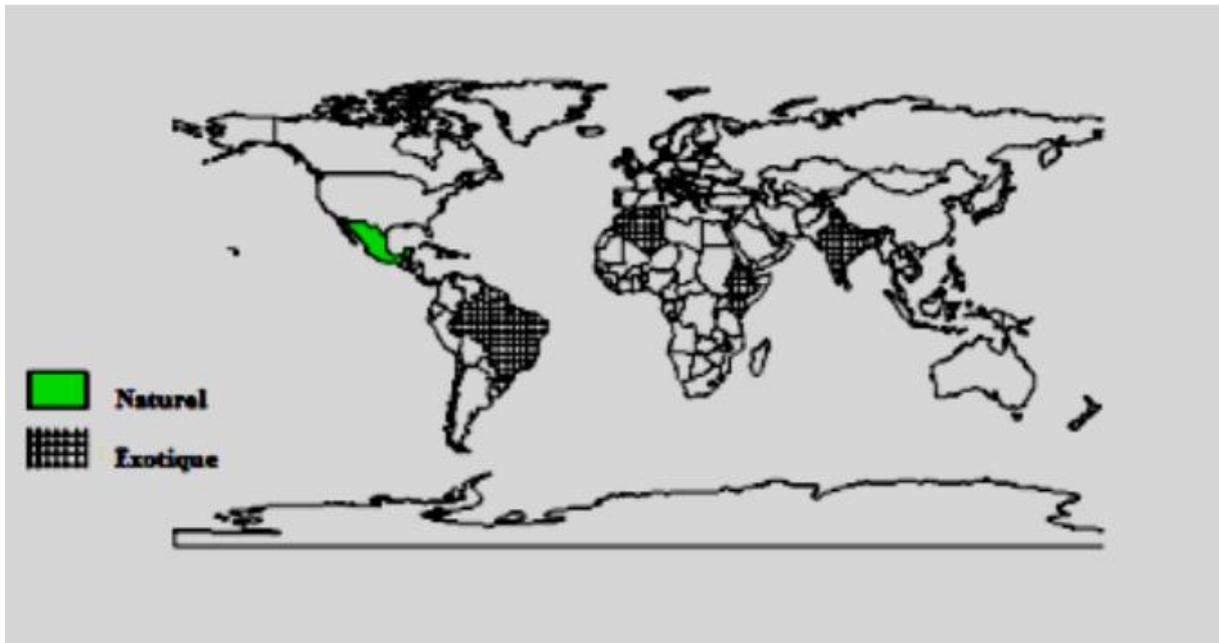


Photo 01 : Distribution géographique du figuier de Barbarie (Neffar, 2012).

1.2. Systématique et botanique de figuier de barbarie :

1.2.1. Systématique et nomenclature de figuier de barbarie :

1.2.1.1. Systématique de figuier de barbarie :

Selon la classification de Carl von Linné la position systématique de figuier de barbarie est :

Règne : Plantae

Sous règne : Tracheobionta

Embranchement : Phanérogames

Sous Embranchement : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous classe : Caryophyllidae

Ordre : Opuntiales

Famille : Cactaceae

Sous-famille : Opuntioideae

Tribu : Opuntieae

Genre : *Opuntia*

Sous-genre : *Platyopuntia*

Espèce : *Opuntia ficus indica* (L.) (Wallace et Gileson, 2002)



Photo 02 : Figueurs de barbaries fruitiers (FAO, 2018).

L'*Opuntia ficus indica* fait partie de la famille des cactacées, cette dernière renferme environ 1600 espèces avec le centre de la diversité maximale au Mexique qui abrite 669 espèces (**Benkkaddouri, 2011**).

La tribu des Opuntieae comprend le genre *Opuntia*, subdivisé à son tour en quatre sous-genres : *Platyopuntia*, *Cylindropuntia*, *Tephrocactus* et *Brasiliopuntia*. Le sous genre *Platyopuntia* comprend 150 à 300 espèces, parmi lesquelles photo *Opuntia ficus-indica*. Cette espèce est la cactée qui a la plus grande importance agronomique, tant pour les fruits comestibles que pour les raquettes qui peuvent être utilisées comme fourrage ou comme légumes (**Benattia, 2017**).

1.2.1.2. Nomenclature et terminologie du figuier de barbarie :

Le figuier de barbarie est connu sous plusieurs noms dans le monde :

- ✓ En Mexique : Nopal, vient du mot nochtli en nahuatl, langue classique des Aztèques (**Schweizer, 1997**).
- ✓ En Espagne : outre Nopal, Nopallito, on l'appelle familièrement Nopalcito, Tuna, Ensada, Higos de Pala, Higos de Mauro (**Benattia, 2017**).
- ✓ En Brésilille : palma de gado (**FAO et ICARDA, 2018**).
- ✓ En Portugais : palma forrageira, figo da India, figo de pitoira, figueira da India, palmatoria sem espinhos, tabaido

- ✓ En France : chardon d'Inde, figue de Barbarie, figuier à raquettes, figuier d'Inde, opunce, raquette
- ✓ En Italie : Fichi d'India
- ✓ En Allemand : frucht des feigenkactus, Indianische feige (FAO, 2001).
- ✓ En arabe : El-tin-el-Choki, El-tin-el-Hindi, El-Kemtheri-el-Chaik (Schweizer, 1997).



Photo 03 : Un aigle sur un cactus en train de manger un serpent sur le drapeau du Mexique pris des légendes des Aztèques (Imago Mundi, 2012).

1.2.2. Botanique du figuier de barbarie (Description morphologique) :

Selon la classification botanique, les cactacées ou cactées sont des végétaux phanérogames appartenant à la classe des angiospermes, dicotylédones, polypétales. Ce sont des arbustes et des arbres vivaces, à tiges charnues, caliciflores, apparemment aphytes. Leurs fleurs sont grandes, rotacées, hermaphrodites. Elles font partie de l'Ordre des Opuntiales (Schweizer, 1997).

L'Opuntia ficus indica est une plante arborescente robuste de (3 à 5 m) d'hauteur (Photo 04), possède un tronc épais et ligneux et 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) appelés cladodes ou raquettes. 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 (Wallace et Gileson, 2002).



**Photo 04 : Des figiers de barbaries de la commune de Sidi Fredj, Souk Ahras
(01 Janvier 2019)**

Sur les cladodes, il y a ce qu'on appelle des aréoles (**Photo 05**). Ces aréoles sont ovales, à 2 mm sous la surface de la peau. Dans les conditions environnementales appropriées, de nouveaux cladodes, fleurs ou racines vont émerger depuis les tissus méristématiques des aréoles. Chez *O. ficus-indica*, les aréoles sont distribuées en une formation hélicoïdale, et ils développent des épines (au lieu de feuilles, comme la plupart des plantes le font) (**Powell et weedin, 2004**).

La présence d'épines est la caractéristique particulière des aréoles et leur morphologie a une signification taxonomique potentielle. Il est possible d'en distinguer deux types : épines et aiguillons (glochides). Les glochides et les épines sont mieux considérés en tant qu'équivalents morphologiques des feuilles et les différences entre les deux sont quantitatives ; les deux types sont dérivés de la tunica et du corpus, tout comme les primordia de feuilles (**FAO, 2018**).

Les fleurs sessiles émergeant de leur réceptacle aux sépales verts possèdent de nombreux pétales épais, revêtus d'un léger duvet. Elles sont hermaphrodites. Leurs étamines brèves sont généralement dominées par les filaments des stigmates (**Schweizer, 1997**).

L'Opuntia porte des fleurs et des fruits en abondance. Les fleurs apparaissent sur le dessus des raquettes, larges de 4 à 10 cm et de couleur jaune, orange ou rouge. Ces fleurs sont comestibles, comme le fruit auquel elles donnent naissance qui se présente sous la forme d'une grosse baie ovoïde et charnue, dont la peau verte jaunâtre est, elle aussi, ornée de petites épines (**Boutakiout, 2017**).

L'appareil racinaire est superficiel, se concentre dans les 30 premiers centimètres du sol (**Mulas et Mulas, 2004**) mais les racines sont différentes de celles des autres plantes, puisqu'elles développent des caractéristiques xéromorphiques qui permettent à la plante de survivre à des périodes prolongées de sécheresse. Les racines peuvent contribuer à la tolérance de la sécheresse de différentes manières, via :

- La restriction de la surface racinaire et la diminution de leur perméabilité à l'eau.
- La rapide absorption des petites quantités d'eau fournies par les légères pluies - des « racines de pluie » se développent en l'espace de quelques heures après une averse et disparaissent dès que le sol sèche, ou bien il y a une réduction de la surface racinaire de laquelle l'eau s'échappe.
- La diminution de la transpiration des rameaux due au potentiel très négatif des racines.

Les caractéristiques ci-dessous signifient que ces économiseurs d'eau résistants à la sécheresse peuvent avoir une haute résistance hydraulique qui, à son tour, diminue le flux d'eau vers les rameaux (**FAO, 2018**).

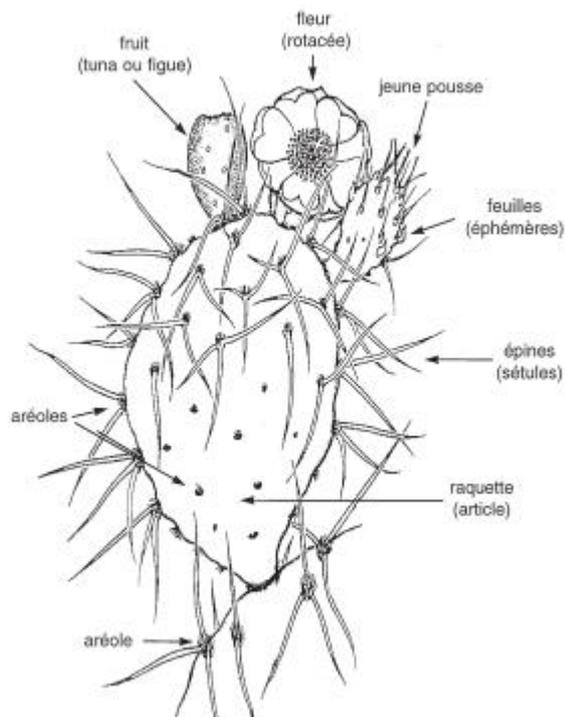


Photo 05 : Schéma descriptif de détail d'*Opuntia Ficus-Indica* (Schweizer, 1997).

1.3. Pratiques culturales de la plante :

Le figuier de Barbarie est une plante CAM (métabolisme acide crassulacéen) cultivée dans une large gamme d'environnements (**Benattia, 2017**). Le succès écologique des opuntias, spécifiquement *O. ficus-indica*, est largement dû à la particularité de leur mode quotidien d'assimilation du carbone et de perte d'eau, toutes deux ayant lieu principalement pendant la nuit. Comme les autres plantes CAM, le figuier de Barbarie ouvre ses stomates la nuit pour fixer du CO₂ et accumuler du malate et le stocker dans les vacuoles des cellules du chlorenchyme. Puisque les températures nocturnes sont plus basses que les températures diurnes et que l'humidité relative est généralement plus élevée, la transpiration des plantes CAM est trois à cinq fois plus faible que celle des plantes C₃ et C₄ (**Sybesma, 2013**).

1.3.1. Conditions de plantations :

A. Climat :

Le genre *Opuntia* est xérophyte. Il croit principalement dans les zones arides et semi-arides, avec des précipitations annuelles de (200 à 250 mm), mais sa culture commerciale nécessite au minimum 450 mm de précipitations annuelles. Sa remarquable variabilité génétique lui procure une forte adaptabilité écologique, ce qui lui permet de vivre sous

différentes conditions climatiques (**Neffar, 2012 et Pimienta, 1995**). La plante est sensible à la température de congélation, mais extrêmement tolérante à la température élevée (**FAO, 2001**).

B. Période de plantation :

L'époque de la plantation varie d'une région à une autre et elle dépend de la disponibilité du matériel végétal (**PNTTA, 2000**).

La plantation d'automne (Février-Mars) est recommandée au Maroc et en Jordanie, où elle donne un système racinaire bien établi en hiver, une forte croissance en été et une fructification plus précoce (**FAO, 2018**). Les nouvelles plantations sont établies à partir de grandes boutures de tiges constituées de 4 à 5 cladodes (**PNTTA, 2000**).

C. Choix de l'espèce et de cultivar :

Le choix de la variété prend une certaine importance au cas où l'implantation serait destinée à la production de fruits pour la consommation directe. Dans cette circonstance, il est de la plus grande importance de connaître l'évolution du marché et d'évaluer le type de fruit préféré par les consommateurs qui sera donc plus facile à commercialiser. Mais si le but de l'implantation est l'utilisation fourragère, la production des fruits et le choix de la variété passent au second plan. En général, il est toutefois opportun de choisir les variétés inermes, de manière à éviter l'opération d'élimination des épines avant la consommation par bétail (**Araba et al., 2000**).

D. Préparation du sol

La préparation du sol avant la plantation est essentielle pour réussir la production de figues de Barbarie et ne peut pas être adéquatement réalisée après l'installation du verger (**FAO, 2018**).

O. ficus-indica a une large faculté d'adaptation pour différents sols (acides, calcaires ou pauvres en matière organique), elle a une préférence pour les sols très perméables, sableux ou caillouteux et comme les autres cactus (**Tableau 01**), *Opuntia ficus-indica* est sensible à la salinité du sol, avec (50 à 70 mM) de chlorure de sodium étant le seuil supérieur pour sa bonne croissance (**Neffar, 2012**).

Tableau 01 : Caractéristiques fonctionnelles et classes de sols adaptées à la culture d'*Opuntia ficus-indica* (FAO, 2018)

Caractéristiques fonctionnelles		Classes			
		S1 Mieux adapté	S2 Adapté	S3 Moins adapté	N Non adapté
Température minimale	°C	> 3	> 3	> -3; < 3	< -5
Température moyenne	°C	18-23	15-18	10-15	< 10
Précipitations annuelles	mm	> 400	> 400	200-400	< 100
Texture		Sableux à mixte		Argilo-limoneux	Argilo-limoneux
Squelette		Indifférent	Indifférent	Indifférent	Abondant
Profondeur		Indifférent	Indifférent	Indifférent	Indifférent
Carbonates		Indifférent	Indifférent	Indifférent	Indifférent
Acidité	pH _{KCl}	5-8	5-8	5-8	< 5; > 8
Matière organique	%	< 0.5	< 0.5	> 0.5	> 0.5
Ca disponible		élevé	élevé	Moyen	Insuffisant
K disponible		élevé	élevé	Moyen	Insuffisant
CE _e ^a	dS m ⁻¹	< 2	2-4	4-7	> 7
Eaux souterraines sous-superficielles		Absentes	Absentes	Absentes	Présentes

^aEC_e = conductivité électrique de l'extrait de sol saturé

Selon les jardiniers et les sylviculteurs des pépinières d'El-Khroub Constantine, un sol caillouteux en pente sera idéal si non une préparation comme suit est essentielle :

Creuser un trou de 40 cm de profondeur et d'une largeur supérieure à la motte. Placer en son fond un lit de galets puis de gravillons. A la fin, couvrir ce drain d'une couche de terre.

Pour obtenir une plantation très productive, il importe d'éliminer en préalable les plantes vivaces concurrentielles, le chiendent en particulier, dont la concurrence risquerait de gêner considérablement les jeunes plantations en retardant leur entrée en production (Araba et al., 2000).

Le drainage d'un sol est un facteur plus limitant que le type de sol (FAO, 2018). En effet, le figuier de Barbarie est très sensible au manque d'oxygène au niveau des racines ; à cet effet, il est recommandé d'éviter les sols argileux qui peuvent être saturés temporairement et mal drainés (Boutakiout, 2017).

E. Fertilisation :

La concentration d'éléments minéraux dans les cladodes de cactus varie en fonction du cultivar, des conditions environnementales et de la conduite (Schweizer, 1997).

Les cactus répondent souvent mieux à la fertilisation organique qu'à la fertilisation minérale. En mode traditionnel, les cultures de cactus qui ne reçoivent habituellement

aucun apport d'éléments fertilisants avec les plantations luxuriantes des arrières cours des maisons, qui bénéficient des apports en fumier, en cendre, en ordures ménagères et en eaux usées des habitations, on remarque une nette différence (**PAMPAT, 2015**).

L'application de fertilisants devrait être basée sur les résultats des analyses de sol, qui indiquent le niveau de nutriments pour les plantes dans le sol. En considérant une concentration moyenne (sur une base MS) de 0.9% de N, 0.16% de P, 2.58% de K et 2.35% de Ca et une productivité annuelle de 20 tonnes MS ha⁻¹, les éléments minéraux exportés (kg ha⁻¹ an⁻¹) via la végétation récoltée seraient de 180 kg de N, 32 kg de P, 516 kg de K et 470 kg de Ca, sans prendre en compte les autres macro - et microéléments. Par conséquent, cette demande en éléments minéraux doit être compensée par la fertilisation de manière à ce que le système soit durable dans le temps. Un pH du sol (eau) de 6.5-7.5 est considéré comme optimum (**FAO, 2018**).

F. Entretien de la culture :

Des travaux superficiels du sol, d'autre part des apports de fumier, d'engrais et d'eau en cas de sécheresse prononcée, augmentent la vigueur ainsi que le rendement en matière verte (**Araba et al, 2000**).

G. Densité de plantation :

Les distances de plantation les plus pratiquées pour la culture du cactus varient de 0.4 m à 6m voire 8m entre les lignes et 0.40 à 4m sur la ligne. La forte densité (1600 à 2000 plants/ha) n'est recommandée que pour les zones qui sont relativement bien arrosées (**Halmi, 2015**). Dans les pays où l'irrigation goutte à goutte est couramment pratiquée l'espacement 1.5m entre les plants sur la ligne et 4m entre les lignes (**FAO, 2018**).

H. Récolte :

La récolte des fruits d'*Opuntia* est souvent pratiquée de façon manuelle (**Photo 06**). Des outils locaux de récolte existent dans certains pays tel que le Mexique (**Photo 07**). Elle est effectuée généralement un peu après le virage de la couleur de la peau sans se baser sur aucun signe de la maturité qui peut définir le stade optimum de la récolte pour les fruits destinés à la consommation à l'état frais ou à la conservation (**PNTTA, 2000**).

Les figues de Barbarie sont particulièrement difficiles à récolter à cause de la présence d'épines et de glochides qui peuvent percer la peau et rentrer dans les yeux et les voies respiratoires. Les fruits sont donc récoltés le matin quand l'humidité est suffisamment

élevée pour empêcher les glochides de se déloger et de flotter dans l'air. Des vêtements de protection (gants et lunettes de sécurité) devraient être fournis aux ouvriers (FAO, 2018).

I. Préservation poste récolte :

En fonction des consommateurs ciblés, du marché de destination et du temps de stockage planifié, la période de récolte varie. Par conséquent, comme pour d'autres espèces, pour la livraison directe des marchés locaux, la récolte devrait se faire quand la meilleure qualité de consommation est atteinte ; pour la livraison à des marchés distants, une récolte plus précoce est plus appropriée pour prolonger la durée de vie post-récolte (FAO, 2018).

Le stockage à basses températures (10°C et 80% d'HR durant 4 semaines suivi de 7j à 20°C) permet de maintenir la fermeté des fruits, de réduire la déshydratation et les pourritures des fruits récoltés sur des plants faiblement fertilisés (PAMPAT, 2015).



Photo 06 : cueillette des figues de barbaries par les femmes rurales en utilisant des gants (Horyou, 2018).



Photo 07 : Une cueillette de récolte des figues de barbaries (CanalBlog, 2010).

1.3.2. Techniques de multiplication :

Les espèces du genre *Opuntia* se propagent par multiplication asexuée, effectuée par bouturage, ou sexuée à travers les semis de graines.

A. Multiplication végétative :

Cette technique de multiplication est simple, rapide, économique et permet d'obtenir des plantes uniformes et identiques à la plante mère, ce qui est particulièrement utile quand on souhaite maintenir les caractères favorables (**Mulas et Mulas, 2004**).

Les cladodes, de deux ans avec deux ou trois cladodes d'un an, sont le moyen le plus commun de multiplication végétative des espèces du genre *Opuntia*. Même les cladodes de moins de 15 cm peuvent régénérer des tiges et des racines. Les aréoles des fruits peuvent aussi être à l'origine de nouveaux plants, car elles sont capables de générer des tiges nouvelles, des fleurs et des racines (**PAMPAT, 2015**).

Traditionnellement, le figuier de Barbarie est multiplié végétativement par bouturage (**Photo 08**) de cladodes (**Couplan, 2017**). Les nouvelles plantations sont établies à partir de grandes boutures de tiges constituées de 4 à 5 cladodes. Elles sont récoltées, séchées pendant quelques jours (une semaine à un mois) avant d'être directement plantées dans

le sol. Le séchage des cladodes avant la plantation est nécessaire afin d'éviter la pourriture. La partie basale est placée horizontalement avec une légère inclinaison afin d'augmenter la surface de contact avec le sol. La formation des racines a lieu après 15 jours (**PNTTA, 2000**).

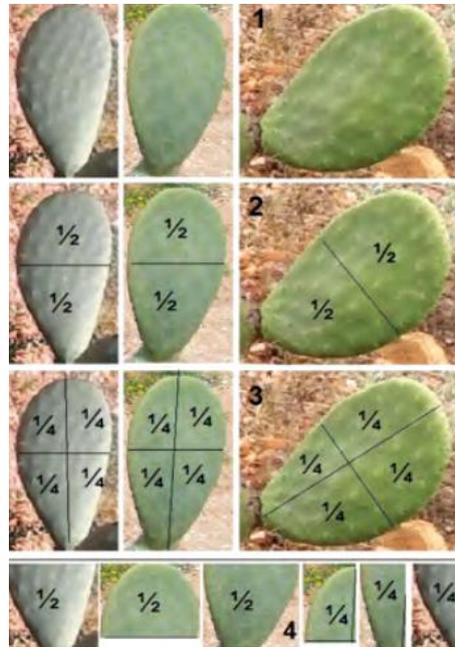


Photo 08 : Boutures de cactus à utiliser comme plants (1) Cladodes simples (2) Les cladodes à découper en moitié (3) Les cladodes à découper en quatre (4) Portions de cladodes $\frac{1}{2}$ et $\frac{1}{4}$ (PAMPAT, 2015).

B. Multiplication par semis de graines :

La propagation par des graines chez les *Opuntia* est peu employée à cause de la grande diversité génétique que présente la descendance et de la longueur du cycle de croissance avant d'atteindre le stade adulte (**Rosell et Villalobos Arambula, 1992**).

Les graines de figuier de barbarie sont revêtues d'une tête recouverte d'une couche très dure qui constitue le faux arille issu du funicule qui enveloppe l'ovule et qui se lignifie à maturation de la graine. Cette couche protectrice ralentit l'imbibition et retarde la germination qui peut durer de 4 à 5 jours à 4 à 5 mois. La présence de la lumière et d'une température optimale de 25-30°C assurent une bonne germination (**Mulas et Mulas, 2004**). Seules les graines saines et renfermant au moins un embryon viable sont sélectionnées. Les feuilles cotylédonaire peuvent apparaître généralement la quatrième semaine après semis. Mais nous pouvons accélérer la levée de la dormance par des traitements tels que la scarification mécanique, le trempage dans l'eau chaude à 80°C ou

dans une solution d'acide sulfurique diluée, ou dans la gibbérelline (GA3). Les graines peuvent être stockées pour de longues durées (**PAMPAT, 2015**).

Cette technique n'est cependant intéressante que dans des programmes de sélection. En effet, du fait que les parents soient hétérozygotes, la ségrégation des caractères se produit dès la génération F1. Chaque plante hybride F1 constitue une source potentielle pour un nouveau clone plus performant (**PAMPAT, 2015**).

C. Culture in vitro :

En cas d'insuffisance de matériel végétal à multiplier, nous pouvons recourir à la micro multiplication en utilisant les bourgeons axillaires comme explants (**PAMPAT, 2015**).

Selon le système de micropropagation (**Photo 09**) mis par Rosell, C.H et Villalobos Arambula V.M, nous pouvons recourir à la micro multiplication en utilisant des cladodes d'environ 5 centimètres de large : les cladodes soit désinfecter par l'alcool 70% pendant quelque secondes après en avoir soigneusement retiré les épines. La désinfection est suivie par une immersion de 10 minutes dans de l'hypochlorite de calcium à 6%. Après plusieurs rinçages à l'eau distillée, chaque cladodes doit être fragmenté en une trentaine de morceaux contenant chacun au moins une auréole. Les explants sont cultivés dans le milieu basique de Murashige et Skoog (1962) additionné de différentes concentrations de benziladénine. Dans les conditions de lumière et de température courante en obtenant environ 30 pousses par petit cladode et donc on améliore significativement le taux de multiplication en comparaison avec la technique habituelle de fractionnement (**Rosell et Villalobos Arambula, 1992**).



Photo 09 : Micropropagation in vitro de cactus (*Opuntia ficus-indica*) (A-D). A : Jeune cactus cladode. B : Des explants de cladode contenant une aréole. C : Induction de racines sur MS complétée par IBA à 0,5 mg / l. D : Acclimatation des plantes dans la chambre de croissance (El Finti et al., 2012).

1.4. Maladies et problèmes de rendement :

Il y en a beaucoup de problèmes biotiques et abiotiques qui touchent les figuiers de barbarie et ce qui affecte le rendement. On peut citer :

➤ L'humidité :

Le cactus s'accommode mal des sols hydromorphes et asphyxiants. Les sols préférés sont les sols légers, sablonneux-limoneux (El Kharrassi, 2017).

L'excès d'eau provoque le jaunissement des cladodes avant chute donc il est important de s'assurer qu'il ne reste pas d'eau stagnante dans la soucoupe après l'arrosage. On peut également vaporiser de l'eau sur le feuillage (Koenig, 2005).

➤ Blessures du au froid et au grêle :

Le figuier de Barbarie est résistant au froid et peut supporter des gelées de l'ordre de -5 °C. Ses besoins en chaleur sont importants et durant la phase de croissance du fruit ils se situent entre 15 et 25 °C (**Boutakiout, 2017**). Au-dessous de -5°C et en cas de grêle, des blessures engendrent des plaies ou des taches nécrotiques sur les cladodes et les fruits. Les tissus blessés fournissent une porte d'entrée aux bactéries et champignons dans la plante, un traitement protecteur à base de cuivre appliqué rapidement après l'évènement peut éviter une infection (**FAO, 2018**).

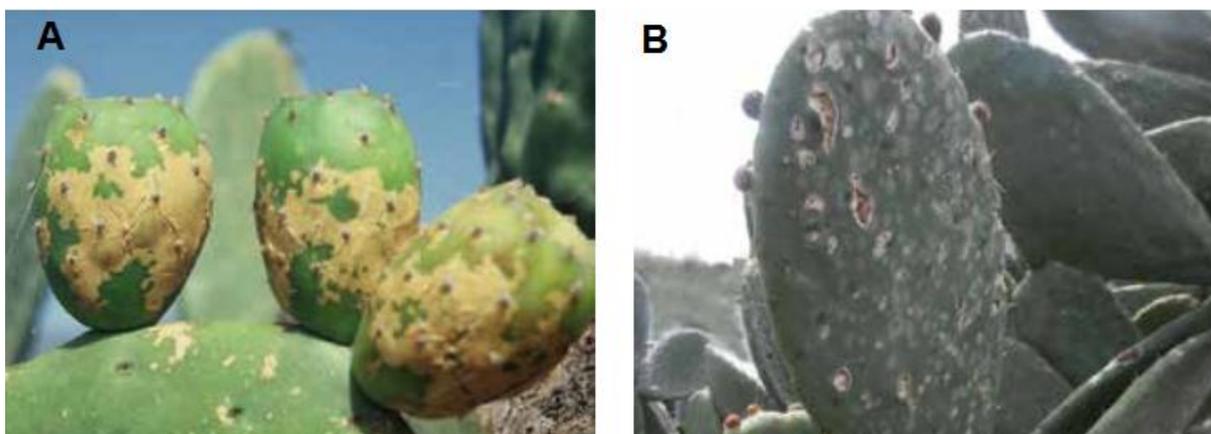


Photo 10 : Blessures dû au froid (A) et blessures dû aux grêles (B). (FAO, 2018).

➤ Cochenilles et poux des racines :

Les cochenilles sont des hémiptère, petit insectes phytophage qui suce la sève des feuilles et sert de matière premier pour la fabrication de pigment rouge. Ce pigment joue un rôle en économie en fabriquant des colorants organiques utilisés dans les industries agroalimentaire et pharmaceutique (**Reijntjes et al., 1995 et Raison-Peyron, 2011**).

Les cochenilles du genre *Dactylopius* parasitent beaucoup d'espèces de cactus. *Dactylopius coccus*, aussi connu comme grana, a une préférence absolue pour *O. ficus-indica* et ses apparentés de près (**FAO, 2018**).

Les cochenilles ont trois stades de développement : l'œuf, puis la nymphe qui est mobile et enfin l'adulte. La femelle adulte peu mobile se fixe sur l'épiderme de la plante afin de se nourrir puis pond de nombreux œufs très petits. Leur prolifération qui peut provoquer la mort de la plante, se produit en climat sec et chaud ou bien pendant un hiver doux, s'il y a une mauvaise ventilation (**Arnoud, 2009**).

Il y a aussi la cochenille ou poux des racines, comme son nom l'indique, elle parasite les plantes au niveau des racines. Il faut être très vigilant lors du rempotage, et bien

examiner les racines. Vous verrez des amas cotonneux blancs sur les racines, à ne pas confondre avec certains composants du substrat comme la perlite (Cochard, 1997).

La lutte contre les cochenilles nécessite des traitements aux huiles blanches ou au parathion (Boutakiout, 2017).



Photo 11 : Infestation de cochenilles sauvage sur les raquettes de figuier de barbarie (Claudie et Monique, 2015).

➤ La rouille :

Connue sous le nom de «Roya » en Amérique du Sud, la maladie est causée par *Puccinia opuntiae*, qui produit des pustules jaune-orange sur la surface des cladodes ou des fruits. Pendant que les taches de rouille sèchent, un trou se développe sur le cladode. Une symptomatologie similaire a été décrite par Goidanich (1964) comme étant la rouille de gale et l'agent responsable attribué à *Phyllosticta opuntiae* Sacc. & Speg (FAO, 2018).

Ceci se manifeste principalement dans les zones humides, elle est efficacement combattue par des traitements à base de cuivre et l'ablation des cladodes parasités (Boutakiout, 2017).

➤ Le Mildiou :

Maladie provoquée par des champignons du groupe des Péronosporales. Taches foliaires diffuses, huileuses à la face supérieure, duveteuses à la face inférieure. Ces champignons attaquent également le collet, la tige et le fruit (**Kohler and Pellegrin, 1992**).

Chez les cactus, l'agent pathogène responsable de la maladie est : *Phytophthora cactorum*. Les symptômes de la maladie se présentent sous forme de cloques soulevant l'épiderme, d'état chlorotique prononcé et de taches brunâtres qui envahissent les fruits et les raquettes (**Bhira, 2012**).

Une lutte avec du cuivre à faible doses est efficace et la suppression des parties très atteintes est recommandé (**Gomez, 2009**).

➤ La Cératite :

La cératite est une mouche méditerranéenne *Ceratitis capitata Weid* des fruits qui peut occasionner des dégâts importants dans les plantations mal entretenues (**Bhira, 2012**).

Les dégâts de la cératite peuvent être très importants surtout en été et en automne. L'infestation est visible sur le fruit par une petite tache entourant le point de piquûre, tâche qui s'agrandit par la suite. Une dépression se creuse en dessous, du fait de la pourriture des tissus. Le fruit tombe prématurément. Un fruit seulement piqué une fois est absolument invendable (**INRAA, 2019**).

Un insecticide de synthèse permet de se débarrasser facilement de cet insecte et les cultures doivent être éliminées des zones de cultures d'autres fruits (**Walali Loudyi, 1995 et FAO, 2018**).

➤ Dessèchement des Opuntias :

Dessèchement des Opuntias ou maladie connue sous le nom « brûlure » ou « brûlure du soleil » causée par le champignon *Hendersonia opuntiae*. Les symptômes sont des marques qui sont, au début, distinctivement zonées et s'élargissent plus tard jusqu'à ce que le cladode entier devienne brun rougeâtre. Le centre de la zone malade est brun grisâtre et craquelé (**FAO, 2018**).

➤ Pourriture bactérienne molle noire :

Causé par la bactérie « *Erwinia carotovora* subsp. *Carotovora* », Bacille de gram-, réparti dans le monde entier. Elle peut provoquer de graves dégâts à la fois aux champs et sous abri (en sol et hors sol) (**Blancard et al., 2003**).

Au printemps, les cladodes montrent des taches aqueuses qui deviennent brunes et coalescentes. Les tissus externes sèchent et souvent se craquèlent ; les tissus internes deviennent bruns à presque noirs. Ces symptômes peuvent aussi être observés sur les fruits. Il faut supprimer et détruire les segments infectés. Pulvériser immédiatement avec des composés cuivrés dans les situations à risque élevé, telles qu'après un vent fort ou une grêle importante (**FAO, 2018**).

1.5. Composition chimique :

Les différentes parties d'*Opuntia ficus-indica* : Cladode, fruit, fleurs contiennent essentiellement une grande quantité d'eau et ils sont riches en minéraux tels que le calcium, magnésium, potassium, phosphore et cuivre. Elles sont également une excellente source des protéines, y compris les acides aminés essentiels, en particulier la proline et la sérine (**Benattia, 2017**).

1.5.1. Composition chimique de la fleur :

Dans le Maghreb et au Moyen-Orient le traitement des diarrhées, des coliques, et de la dysenterie se fait par l'infusion des fleurs d'*opuntia*. Le Nopal a une action sédative (calmante) dans toutes les affections qui s'accompagnent d'impressions oppressives telles que l'angine de poitrine, les spasmes cardiaques, les maux de tête, d'estomac, ou psychologiques : angoisse, peur, inquiétude chronique, spasmophilie, et hypocondrie (**Benattia, 2017**).

Le suc de la fleur de l'*Opuntia* est plus visqueux que celui des raquettes. Il contient à peu près les mêmes principes que la tige auxquels on peut ajouter des dérivés flavoniques. Sa teneur en cendres avoisine 9 %. Elles comportent 30% de silice et 14% de chaux (**Schweizer, 1997**).

Tableau 02 : Composition moyenne (pourcentage en poids par rapport à la masse sèche) de la fleur de la figue de barbarie (Bhira, 2012).

Constituants	Pourcentage
Cires	9-11
Minéraux (cendres)	7-8
Lignine Klason	2-3
Cellulose	27
Protéines	8-10
Autres polysaccharides	40-45

Tableau 03 : Composition de la fleur en sucres neutres et acides (pourcentage en poids par rapport à la masse sèche (Bhira, 2012).

Constituants	pourcentage
Acide uronique	35,6
Rhamnose	3,3
Arabinose	9,3
Xylose	4,5
Mannose	1,6
Galactose	8,4
Glucose	29,3

Tableau 04 : Distribution et contenu des phénols et des flavonoïdes dans les différentes parties d'*O. ficus-indica* (El-Mostafa et al., 2014).

Composante principale	Contenu en mg / 100 g
Acide gallique	1630-4900
Quercetin 3-O-rutinoside	709
4 Kaempferol 3-O-Rutinoside	400
5 Quercetin 3-O-Glucoside	447
6 Isorhamnetin 3-O-Robinoside	4269
7 Isorhamnetin 3-O-Robinoside	979
8 Isorhamnetin 3-O-Robinoside	724
9 Kaempferol 3-O-Arabinoside	324

1.5.2. Composition chimique des fruits :

Le fruit d'O. ficus-indica est une simple baie charnue formée par un ovaire infère enfoncé dans les tissus de tige du réceptacle (FAO, 2018).

Tableau 05 : Composition brute de la figue de barbarie (moyenne \pm SD), (El-Said et al., 2010).

Jus%	Ecorce%	Pépins%
48.4 \pm 0.31	47.2 \pm 2.0	3.4 \pm 0.5

Le fruit est riche en sucre ce qu'il en fait une excellente source potentielle d'alcool. En effet, 150 kg de figues fournissent 100 litres de suc qui produisent 7 litres d'alcool à 85°. La pulpe de la tuna renferme un pigment rouge mal connu qui colore l'urine en rouge (Schweizer, 1997).

C'est une bonne source de vitamine C avec un apport énergétique important. Les graines du fruit donnent une huile comestible qui présente un haut degré d'insaturation, avec un taux important d'acide linoléique, d'acide palmitique et d'acide oléique (Neffar, 2012).

Tableau 06 : Composition brute du fruit 'Opuntia (g /g de matière sèche), (Benattia, 2017).

Constituant	Pulpe	Graine	Ecorce
Amidon	4.55	5.35	7.12
Protéines	5.13	11.8	8.3
Lipides	0.97	6.77	2.43
Cendres	8.5	5.9	12.1
Fibres	20.5	54.2	40.8
Hydrate de carbone	58.3	1.59	27.6

Il se caractérise par rapport aux autres fruits par un pH relativement élevé (pH \approx 5.6). La totalité des sucres présents dans le fruit est constituée de glucose et de fructose dans un rapport de 18:1. Ce rapport est considéré comme une spécificité de la figue de barbarie si on le compare à celui des autres fruits (rapport de 1 :1 dans les oranges par exemple). La teneur totale en acides aminés libres (257 mg/100g) est largement supérieure à la teneur moyenne des autres fruits à l'exception des raisins de table et des agrumes qui

contiennent une teneur identique (Habibi, 2004) comme il contient un pourcentage élevé de pectines et de fibres (Saleem et al., 2006)

Tableau 07 : Composition minérale du fruit du figuier de barbarie (mg/100 g de matière sèche), (Bhira, 2012).

	Pulpe	Graine	Ecorce
Ca	0.163	258	2090
Mg	76.1	208	322
Na	7.77	<0.83	<0.85
K	559	275	3430
P	0.03	110	0.064
Fe	16.5	12.1	8.31
Cu	<0.78	<.083	<0.85
Zn	1.55	4.16	1.7
Mn	6.99	<0.83	72.9
Mo	<0.13	<0.33	<0.34

Tableau 08 : Teneur en vitamines et en antioxydants de fruit de figuier de barbarie (mg/100 g), (Feugang et al., 2006).

Teneur en vitamines et en antioxydants	Par 100g	
Vitamine C	12-81mg	
Vitamine E	111-115 µg	
Vitamine K1	53 mg	
Caroténoïdes totaux	0,29-2,37	g
→ Bêta-carotène	1,2 -3,0 µg	
Flavonoïdes :		
→ Dérivé de Kaempférol	0,11-0,38	g
→ Dérivé de quercétine	0,98-9	g
→ Dérivé d'isorhamnétine	0,19-2,41 g	

Tableau 09 : Composition de la figue de barbarie (*O. ficus-indica*) en acides aminés, En mg/100 g de matière sèche (El-Moustafa et al, 2014).

Acides aminés	Pulpe	Graine
Alanine	3.17	4.75
Arginine	1.11	6.63
Asparagine	1.52	Trace
Serine	6.34	8.46
Histidine	1.64	3.11
Glutamine	12.59	Trace
Méthionine	2.01	0.70
Proline	46.00	Trace
Taurine	15.79	Trace

1.5.3. Composition chimique des cladodes :

La composition chimique des cladodes varie en fonction des facteurs édaphique, l'endroit de la culture, la saison et l'âge de la plante. Par conséquent les teneurs en éléments nutritifs respectifs varient à la fois entre les espèces et les variétés (**Boutakiout, 2017**).

Les teneurs en eau des raquettes fraîches varient de 80 à 90%. La teneur des raquettes en matières azotées totales ainsi que la teneur en paroi totale, en lignocellulose et en lignine sont faibles. Au contraire, ils sont réputés être riches en minéraux essentiellement le calcium et les oxalates et en mucilage, polysaccharides de structure chimique parfois très complexe retrouvés dans plusieurs plantes supérieures (**Bhira, 2012**).

Tableau 10 : Composition chimique de la tige (raquettes) (Schweizer, 1997).

Eau	92 %
Glucides	4.3 %
Cellulose	1.2 %
Protéines	0.6 %
Matière grasse	0.15 %
Cendre	1.5 %

Tableau 11 : Composition chimique des raquettes d'Opuntia (PNTTA, 2009).

Caractéristique	Valeur en % de matière sèche
Cellulose	15
Amidon	12
Matières azotées totales	5-7
Matières grasses	2
Cendres	16-18
Oxalates	13
Calcium	2-4
Phosphore	0.2

Elles sont riches en calcium, magnésium, potassium et Cuivre mais ont une faible teneur en phosphore (tableau 12) (Rai, 2017) :

**Tableau 12 : Les teneurs en minéraux dans les cladodes en mg / 100 g (El-
Mostafa et al., 2014).**

Composante principale identifiée	mg/100 g
Calcium	5.64–17.95
Oxalate de calcium	11.5 à 4.3
Magnésium	8.80
Sodium	0.3–0.4
Potassium	2.35–55.20
Fer	0.09
Phosphore	0.15–2.59
Zinc	0.08
Manganèse	0.19–0.29

Les cladodes jeunes constituent une source importante de protéines riches en acides aminés essentiels ainsi que des vitamines. Plusieurs études ont signalé des proportions élevées en acides aminés dans les cladodes, spécialement la proline, l'acide glutamique et l'acide aspartique (Rai, 2017)

Tableau 13 : Contenu des Cadodes du figuier de barbarie en acides aminés (g/100g de protéine), selon les stades de maturité (Rai, 2017)

	Age (jours)					
	40	50	60	80	100	125
A. aspartique	0.51	0.56	0.66	0.62	0.66	0.62
A. glutamique	1.29	1.53	1.81	1.93	1.87	2.22
Sérine	0.32	0.47	0.42	0.46	0.56	0.65
Glycine	0.27	0.37	0.31	0.36	0.43	0.44
Histidine	0.13	0.19	0.11	0.16	0.16	0.17
Arginine	0.15	0.14	0.14	0.16	0.18	0.16
Thréonine	1.53	1.56	1.31	1.39	1.25	1.21
Alanine	0.49	0.48	0.42	0.53	0.45	0.41
Proline	0.42	0.54	0.64	0.46	0.31	0.34
Tyrosine	0.39	0.17	0.19	0.21	0.16	0.14
Valine	0.50	0.63	0.73	0.54	0.58	0.51
Méthionine	0.19	0.12	0.15	0.19	0.12	0.13
Isoleucine	0.70	0.76	0.61	0.64	0.64	0.67
Leucine	0.85	0.64	0.75	0.61	0.81	0.91
Phénylalanine	1.69	1.93	1.39	1.36	1.21	1.61
Lysine	0.52	0.44	0.48	0.56	0.52	0.67
Tryptophane	0.15	0.19	0.17	0.14	0.15	0.17

1.6. Usage de figue de barbarie :

La figue de barbarie est nommée dans certains pays fruit du diable. D'autres, qui n'accordent pas d'importance à ses épines, la surnomment le fruit du paradis tant elle a des bienfaits miraculeux sur la santé humaine, animale et l'environnement (**Agroligne, 2016**).

1.6.1. Utilisations des fruits :

Le figuier de barbarie joue un rôle important dans l'alimentation des ruminants dans les zones arides et semi-arides (**De Wall et al., 2015**), l'utilisation principale est la consommation à l'état frais des fruits qui se vendent dans différentes parties du monde (**Mulas et Mulas, 2004**). Pour les populations déshéritées d'Amérique latine, de l'Afrique, de toutes les régions pauvres et désertiques du monde ensoleillé où il s'est acclimaté, le figuier de Barbarie constitue une plante providentielle. Il représente à lui seul un aliment de survie complet (**Schweizer, 1997**).

Ses fruits sucrés et juteux sont riches en vitamine C et leur valeur nutritionnelle est semblable à celle de la plupart des fruits comme les oranges, les pommes, les poires, l'abricot, les cerises, etc... (**Arba, 2009**).

Ils sont généralement consommés frais comme ils donnent lieu à plusieurs produits, dont quelques-uns sont connus et d'autres sont récemment développés ou en cours de recherche. La pulpe et le jus sont les utilisations les plus communes et domestiques du figuier de barbarie. (**Saenz, 2000**).

- Jus :

Selon la norme générale Codex pour les jus et les nectars de fruits (CODEX STAN 247- 2005), le jus de fruits est le liquide non fermenté, mais fermentescible, tiré de la partie comestible de fruits sains, parvenus au degré de maturation approprié et frais ou de fruits conservés dans de saines conditions par des moyens adaptés et/ou par des traitements de surface post-récolte appliqués conformément aux dispositions pertinentes de la Commission du Codex Alimentarius (**Boutakiout, 2017**).

Plusieurs études ont été faites sur le jus de la figue de barbarie et ont montré que ce produit a un goût et un parfum agréables. Une autre possibilité est la production des jus concentrés qui manifestent une bonne stabilité microbiologique (**Bhira, 2012**).

Selon la FAO, plusieurs essais ont été faits pour produire un jus de qualité et stable. Un exemple de produit commercial réussi est une boisson faite de concentré de figues de Barbarie colorées, d'eau et d'arômes naturels. Ce produit est disponible sur le marché États-Unis, emballé dans des Terta Pak d'un litre et vendu approximativement à 6\$ US par litre (**FAO, 2018**).

- Confiture :

Selon le centre nationale de ressources textuelle et lexicale (CNRTL), la confiture est une préparation consistant en fruits, ou plus rarement en autres végétaux, laissés entiers ou ayant subi un traitement, et cuits avec du sucre pour les conserver (**CNRTL, 2012**).

La préparation de confitures combine les traitements par la chaleur avec une diminution de l'aw (et parfois aussi du pH pour permettre un traitement thermique moins sévère) (**FAO, 2018**).

Un exemple de confiture commercialisé, Scyavuru est une marque réussie en Italie, la composition de ce confiture selon le site de la marque Scyavuru est : Figs de barbarie (65 g pour 100 g), Sucre (45 g pour 100 g), Gélifiant (pectine), Jus de citron.



Photo 11 : Pot de confiture de ficus indica de la marque Scyavuru (Scyavuru, 2017).

○ Vin :

Larousse définit le mot vin comme suit : c'est un nom donné à tous les jus dont une partie ou la totalité du sucre est transformée en alcool par fermentation (**Larousse, 2004**)

Historiquement, jus de la tona obtenue après cuisson du fruit sans adjonction d'eau ni de sucre, donne une délicieuse boisson qu'il faut boire fraîche, le plus rapidement possible après sa production. En effet, après quelques heures, ce jus fermente naturellement, devenant le Colonche (Nochoctli) le fameux Vin de Cactus des Aztèques, boisson légèrement alcoolisée dont les Indiens sont très friands et qu'ils fabriquent tous les jours en période de fructification. Une tradition très ancienne prétend que le Colonche est une boisson magique, qu'elle attache éternellement l'un à l'autre les amants qui le boivent ensemble (**Schweizer, 1997**).

Maintenant le vin de jus de figue de barbarie est conditionné et commercialisé dans plusieurs pays, en Italie, il existe un certain nombre d'entreprises produisant des liqueurs à base de la figue de barbarie ; parla macération du fruit dans l'alcool et laissée pendant plusieurs jours, puis le mélange est filtré, ainsi ; l'eau et le sucre sont

ajoutés. La teneur en alcool du produit fini est de 28 degrés Gay-Lussac (° GL) (**Saenz et al., 2013**).

On prend comme exemple le produit Figu Morisca de chez Bresca Dorada (producteur italien). C'est une infusion hydro-alcoolique de figues de Barbarie de Sardaigne (*Opuntia Ficus Indica* en latin, Figu Morisca en sarde...) certifiées biologiques cueillies à la main, et ajoutée à l'eau et le sucre de canne biologique (**Bresca Dorada, 2017**).

Dans certains pays, notamment au Chili, en Californie et en Afrique du Sud, une variété de tunas dont le suc est d'un beau rubis foncé, est employée pour clarifier et fixer la couleur du vin en lieu et place du traditionnel sang de bœuf, ce qui semble beaucoup plus hygiénique (**Schweizer, 1997**).

○ Vinaigre :

Un autre produit ayant un potentiel intéressant est le vinaigre et quelques expériences de fabrication sont dignes d'intérêt (**FAO, 2018**). Ce vinaigre gastronomique avec son arôme riche, savoureux et fruité, sa légère acidité et son goût très raffiné, à plusieurs vertus nutritives et cosmétiques. Il stimule la flore intestinale, améliore la digestion et renforce les défenses naturelles et il est extrait de la pulpe de figue (**Agroligne, 2016**).

Maintenant en Algérie, l'usine pour la transformation de la figue de barbarie NOPALTEC de la commune de Sidi Fredj, dans la wilaya de Souk Ahras, fait produire du vinaigre orange à partir des figues de barbarie, on voit sur la photo 12 un échantillon de vinaigre de 3 mois sur le site de NOPALTEC :



Photo 12 : un échantillon de vinaigre de 3 mois sur le site de NOPALTEC. Photo prise au niveau de l'usine de transformation de la figue de barbarie NOPALTEC, de Sidi Fredj, Souk Ahras, 2019.

○ Colorants alimentaire :

Les colorants naturels - en particulier, rouges et violet sont grandement appréciés par les consommateurs puisque les colorants rouges synthétiques utilisés comme additifs dans les aliments ont été limités par des réglementations officielles dans l'Union Européenne et les Etats-Unis d'Amérique à cause des possibles effets indésirables sur la santé humaine (FAO, 2018).

Dans l'industrie agro-alimentaire, la betterave rouge est la seule source des bétalaines exploitée pour l'obtention des colorants naturels des denrées alimentaires, produisant plusieurs nuances du rouge violet. Cependant, les préparations de la betterave rouge sont obtenues à partir des racines. De ce fait, des caractéristiques défavorables du goût peuvent affecter leur commercialisation. L'utilisation de figuier de barbarie comme source de bétalaines est très intéressante, ceux-ci sont fortement parfumés et montrent des propriétés nutritives meilleures que les racines de betterave rouge (Bhira, 2012).

- L'huile des pépins :

Les graines du fruit donnent une huile comestible qui présente un haut degré d'insaturation, avec un taux important d'acide linoléique et un faible taux d'acide linoléique. Grâce à ces caractéristiques et à d'autres caractéristiques chimiques et physiques, l'huile appartient à la même catégorie que les huiles de graines de soja, de maïs et de tournesol (**Mulas et Mulas, 2004**).

- Farine de pépins :

Ce sont en fait les graines ou les pépins de la figue, dont le résidu, une fois l'huile extraite, est broyé puis séché pour en faire une farine très fine. Cette poudre blanchâtre, riche en protéines, peut être utilisée dans la confection des pâtisseries, enrichir des soupes et employée dans le domaine des cosmétiques (**Agroligne, 2016**).

1.6.2. Utilisations des raquettes :

Pour leur subsistance, les populations indigènes du Mexique recourraient non seulement aux fruits, mais aussi aux jeunes raquettes de 10-15 cm de longueur qui sont consommées en tant que légume car elles sont tendres et fibreuses. Leur valeur nutritive est similaire à celle d'un grand nombre de légumes et feuilles. Elles sont riches en eau, en hydrates de carbone, en protéines, en vitamine C et β -carotène qui est un précurseur de la vitamine A. Ces jeunes cladodes sont appelés « Napolitos » au Mexique où elles sont considérées comme un légume traditionnel depuis des siècles (**Boutakiout, 2017 et Mulas et Mulas, 2004**). Libérées de leurs épines, les raquettes de certaines variétés choisies, sont un vrai délice. Jadis nourriture de pauvres, le Nopal se retrouve maintenant sur les tables les plus raffinées. Au Mexique, les gourmets le découvrent à la carte des plus grands restaurants (**Schweizer, 1997**).

Nopalitos au thon ; c'est une salade appelée «Azteca» (**Photo 13**), qui contient du thon, des haricots, cladodes et les piments ou les piments jalapeño chauds. Le produit est en conserve pour la vente. Nopalitos dans une sauce au thon, aux champignons, à la saucisse ou les légumes forment un groupe de tendres à base de feuilles produits avec d'autres aliments ajoutés. Ils ont devenir très populaire au Mexique (**Saenz et al., 2013**).



**Photo 13 : Feuilles de cactus en lamelles conserver de la marque « Azteca »
(Aztek Comptoir Mexicain, 2012).**

Les raquettes peuvent donner naissance aux plusieurs d'autres produits, on note :

- La coccidoculture :

Une intensification d'élevage des cochenilles sur les raquettes d'Opuntia peut être faite pour la production d'une teinte rouge (le Carmin). Cette dernière est très demandée en industrie alimentaire, médicinale et cosmétique comme colorant naturel (Araba et al., 2000). L'élevage des Cochenilles femelles parasites de cactus nopal et originaires de l'Amérique du sud est déjà pratiqué en Amérique précolombienne, aux Canaries et en Europe (Jussiau et al., 1999).

Le colorant Carmin ou E120 est utilisé comme additif en plusieurs produits alimentaires en Algérie après interdictions des colorants, synthétique toxiques et nocif pour la santé (Couvez et al., 2010).

Selon la FAO (2018) la coccidoculture peut être faite sous de : sous abris et en plein air (Photo 14). Le choix de la méthode d'élevage dépend largement des conditions climatiques locales.



Photo 14 : Deux formes de coccidoculture : 1) sous abris 2) en plein air (FAO, 2018).

○ Jus et boissons :

Le jus des feuilles de poire de cactus est extrait par broyage et pressage. Cela consiste à fraiser des cladodes après avoir enlevé les épines et haché les feuilles dans un mélangeur industriel ou à la maison. L'eau est ajoutée pour faciliter le processus et le liquide résultant est filtré pour séparer les solides en suspension (**Saenz et al., 2013**).

Selon les travaux de docteur Amel Boutakiout dans sa thèse « Etude physico-chimique, biochimique et stabilité d'un nouveau produit : jus de cladode du figuier de Barbarie marocain (*Opuntia ficus-indica* et *Opuntia megacantha*) », Les composés extraits ont montré un certain nombre d'actions pharmacologiques : antioxydante, anti-inflammatoire, propriétés antivirales, analgésique, antiulcérogène, antidiabétique, anti-cholestérol... (**Boutakiout, 2017**).



Photo 15 : Cladode et jus de cactus issus du figuier de barbarie (Hocine et al., 2017).

- Fourrage :

Dans l'élevage, les frais de l'alimentation sont en haut de la liste des dépenses et peuvent représenter entre 50 à 60 du coût de la production. En milieu aride et semi-aride et en élevage extensif, le déficit de fourrage est inévitable (**Agroligne, 2016**). La culture des figuiers de barbarie présente une solution et surtout en cas de disette. Les cladodes, riches en eau, sont utilisées comme aliment pour les ovins, les caprins, les bovins et les porcins (**Mulas et Mulas, 2004 et Schweizer, 1997**).

- Autres Produits :

La confiture de nopalitos est préparée à partir de jeunes cladodes qui ont été moulus et cuits avec variable quantités de sucre, pectine et conservateurs. Il y a aussi la farine des cladodes qu'elle est obtenue par déshydratation et fraisage des cladodes d'âges différents. L'âge influence les caractéristiques de la farine. Cette dernière a récemment été utilisée dans l'industrie de la boulangerie et a un potentiel pour la fabrication de biscuits, pâtisseries, des soupes et des desserts (**Nobel, 2002**).

1.6.3. Usage des fleurs :

La fleur de figue de barbarie est très riche en vitamine C, en calcium, en fer, en magnésium et en zinc. Séchées, elles sont préparées en tisane pour leurs propriétés diurétiques, vermifuges et astringentes. Elles constituent également un traitement naturel de l'hypertrophie bénigne de la prostate et sont utilisées en tant qu'un anti-inflammatoire et antihémorroïde (**Agroligne, 2016**).

Les fleurs de cactus constituent aussi une source nutritive très appréciée pour les abeilles d'où la possibilité de développer l'apiculture en parallèle. L'activité des abeilles a lieu sur les fleurs pendant trois mois (Avril-juin). Les rendements des ruches constituent une source financière importante pour les paysans (**PNTTA, 2000**).

1.6.4. Usage médicinal :

Opuntia ficus-indica est l'une des plantes les plus utilisées dans la médecine traditionnelle (**Welegerima et al., 2018**). Son usage applique les différentes parties de la plante. Les fruits sont connus partout en Maroc par le fait qu'ils s'arrêtent les coliques et les diarrhées. En Australie et en Afrique du nord, l'effet hypoglycémique des Napolitos est utilisé pour le traitement des diabètes non dépendants de l'insuline. En Sicile, le thé préparé avec les fleurs est utilisé comme traitement contre les maux des reins. Le

mucilage isolé des raquettes permet de réduire le cholestérol total dans le sang. Les cladodes sont utilisés pour traiter les inflammations, et même des préparations de fleurs sont utilisées comme substance antidiurétique (**PNTTA, 2000**).

En plus, Les protéines végétales dont le Nopal est abondamment pourvu aident le corps à éliminer l'excès aqueux de certains tissus cellulaires, diminuant ainsi la rétention d'eau, dont la cellulite représente l'une des conséquences les plus fâcheuses (**Schweizer, 1997**).

Les technologies mises au point récemment ont démontré la possibilité de production des alicaments sous forme de gélules ou capsules (**Photo 16**). Ce sont des aliments naturels qui ont des fonctions thérapeutiques pour les différents problèmes cités en dessus (**Bouttakiout, 2017**).



Photo 16 : Capsules et comprimés préparés à partir des cladodes séchés d'Opuntia au Mexique (Nobel, 2002).

1.6.5. Usage cosmétique :

Il est le secteur le plus demandeur de la figue de barbarie. La richesse des raquettes et du fruit en lui-même et ses graines en vitamines, notamment E, et en oligo-éléments, monte très haut la côte de ce fruit exotique miraculeux (**Agroligne, 2016**).

Depuis des décennies, le figuier de barbarie est utilisé par les femmes berbères et indiennes du continent américain pour ses vertus cosmétiques. Les femmes berbères utilisaient l'huile pour cicatriser et pour protéger leur peau du vent brûlant du désert (**Benattia, 2017**). Pour soigner leurs mains malmenées par les rudes travaux auxquels elles sont soumises, les Indiennes préparent du savon et des onguents à base de mucilage de Nopal et de jus de tuna. Elles préservent de la même manière leur visage agressé par le soleil (**Schweizer, 1997**).

Aujourd'hui, le mucilage des raquettes est utilisé dans la fabrication des shampoings, des assouplissants des cheveux, des crèmes dermique et des laits hydratants (**arba, 2009**). Aussi, les extraits de la plante remplacent avantageusement la graisse de baleine dans la préparation des crèmes et des pommades. Le principal intérêt de ces dernières est leur effet antiride (**Bhira, 2012**).



Photo 17 : Diverses marques et préparations d'extraits des cladodes d'Opuntia utilisés comme cosmétique au Mexique (Nobel, 2002).

1.6.6. Autres usages :

- Engrais vert : Les résidus des raquettes ou des fruits et les autres parties de la plante constituent un excellent fertilisant (**Bouttakiout, 2017**).
- Les cactus épineux *O. ficus-indica* sont souvent utilisés comme haies défensives pour la protection des jardins, des vergers et des bosquets d'oliviers à travers l'Afrique du Nord et dans des zones d'Italie et d'Espagne. Ces haies marquent les limites tout en aidant à contrôler l'érosion (**FAO, 2018**).
- Les opuntias fournissent également un excellent bois de chauffage à longue flamme éclairante. Les Indiens en font des torches pour leurs cérémonies religieuses (**Schweizer, 1997**).

- Il existe aussi différentes applications biotechnologiques du genre *Opuntia*, y compris l'isolement enzymatique, la transformation génétique et les techniques de culture tissulaire in vitro (**Angulo-Bejarano et al., 2014**).

Enfin, Marc Schweizer (1997) mentionne une citation de R.P. José De Acosta sur son livre « Docteur Nopal le médecin de dieu » dite : « Le Nopal est un don de Dieu. C'est l'une des plantes les plus utiles que la nature ait offerte aux hommes. Elle pousse toute seule, dans les régions les plus arides. Elle ne coûte rien. Elle est la providence des pauvres qu'elle soigne et nourrit. Son tronc est amusant, sa fleur est belle, son fruit exquis. Sa racine n'épuise pas le sol mais l'enrichit. C'est l'une des rares plantes qui donne à la terre davantage qu'elle ne lui prend. Mais le Nopal se mérite. Il ne se donne pas à l'impatient, à l'inconscient, à l'impie, au méchant. Il se donne à celui qui a la foi, au juste, et à celui qui l'aime ».

II. Partie 2 : Huile de pépins de figues de barbaries :

Dans la plupart des transformations de figues de Barbarie, les graines sont séparées de la pulpe, donnant de grandes quantités de graines rejetées qui deviennent un problème de déchet environnemental. Pour ces raisons, au cours des dernières décennies, les chercheurs de différents pays ont étudié la composition des graines et ont cherché leurs différentes possibles utilisations (FAO, 2018).

2.1. Etude descriptif sur le pépin de figues de barbaries :

Une graine, en termes de reproduction sexuelle, est un ovule à maturité, fertilisée, comprenant l'axe embryonnaire, des provisions d'éléments nutritifs et une enveloppe externe (Potts et al., 1989).

L'antérieur de la figue de barbarie renferme une grande quantité de petites graines (Photo 18) aplatis de 3 mm, bleu noir, brillantes ou mates selon le cultivar, à titre d'exemple ; une figue de barbarie de 160g renferme une moyenne de 300 graines (Tonelli et Gallouin, 2013).

Le fruit frais se mange normalement avec ses graines, ce qui contribue à l'alimentation en quantités importantes de fibres (Saenz et al., 2013).

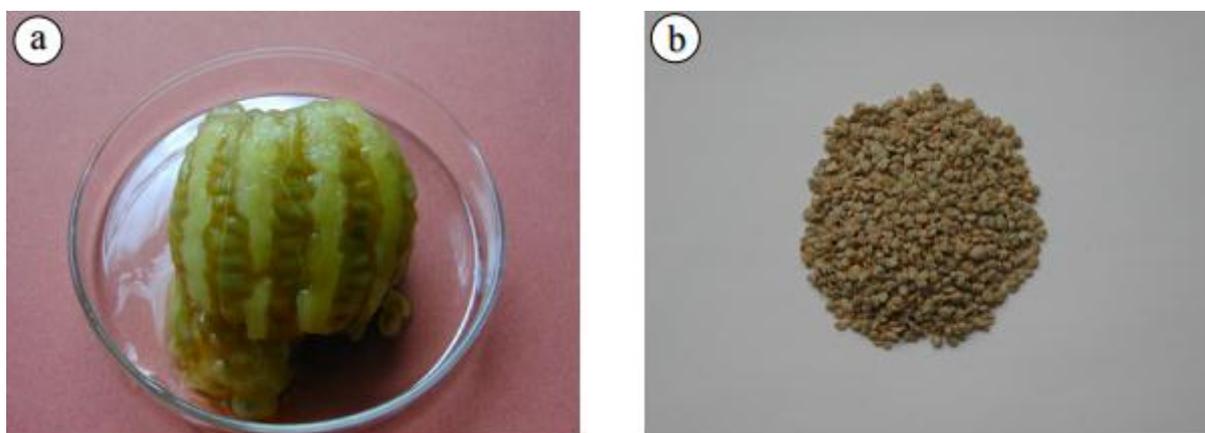


Photo 18 : (a) : pulpe du fruit du figuier de barbarie parsemée de plusieurs graines, (b) : graines isolées du fruit du figuier de barbarie (Habibi, 2004).

2.1.1. Description morphologique :

Les graines de figuier de barbarie sont des graines dicotylédones renfermées dans des fruits (Angiosperme). Elles sont dure et de diamètre de 5 millimètres (mm) (Rai, 2017).

L'étude morphologique de la graine réalisée par microscopie électronique à balayage et à transmission, permet de préciser l'organisation des tissus en deux parties :

Le péricarpe : représente jusqu'à 90% du poids total de la graine ; il est constitué de deux types de cellules : en majorité des cellules longues très compactes en forme de fibres fusiformes (sclérenchyme) dont les microfibrilles de cellulose sont disposées en couches successives concentriques. Et celles constituant des vaisseaux conducteurs spiralés en simple hélice (Habibi, 2004).

L'endosperme : qui représentent jusqu'à 10% du poids total de la graine ; il est constitué de cellules de parenchyme de réserve à paroi très fine renfermant de nombreux leucoplastes qui forment de petits grains d'amidon. Entre les tissus riches en amidon s'intercale une couche de gluten (couche à aleurone) qui donne au noyau son aspect visqueux. L'ensemble de ces cellules est enrobé dans une paroi cellulaire épaisse en forme de tuile inverse (Habibi, 2004).

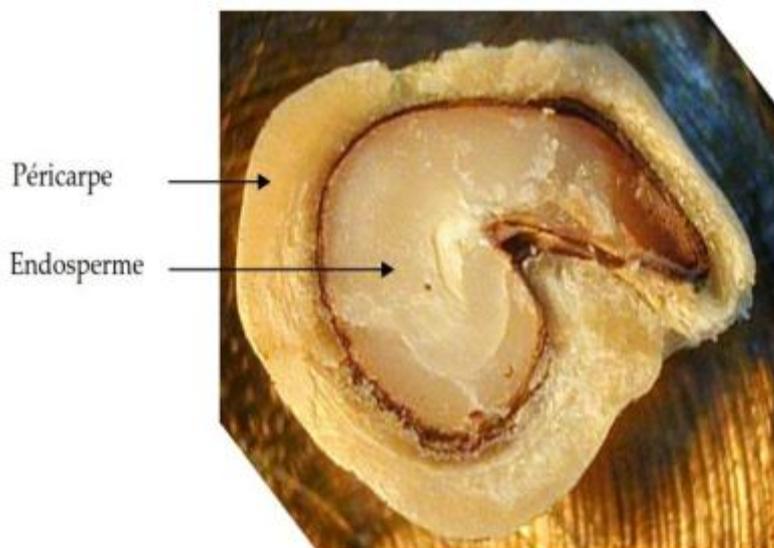


Photo 19 : Photographie d'une coupe transversale de la graine de la fige de barbarie (Habibi, 2004).

2.1.2. Composition chimique :

Les graines du cactus ont suscité ces dernières années beaucoup d'intérêt et les études se sont multipliées pour caractériser leur constituants afin d'évaluer surtout leur valeur

nutritive. Cependant, l'attention s'est focalisée surtout sur les huiles contenues dans ces graines (Bhira, 2012).

Les graines de figue de barbarie présentent des taux élevés de protéines, de lipides, fibres, cendres et glucides (Tableau 14) (Angulo-Bejarano et al., 2014).

Tableau 14 : Composition chimique des graines du figuier de barbarie (Habibi, 2004)

Constituant	Pourcentage
Eau	5-6%
Huile	7-8.5%
Minéraux (Cendre)	1.3%
Lignine klason	18%
Protéines	11-12%
Celluloses	30%
Autres polysaccharides	27%

La composition en minéraux est : P 1,628, K 533, Ca 471, Mg 117, Na 71 et Fe 290 12 mg / kg de poids sec. De plus, l'huile de graine contient de l'acide linoléique comme principal acide gras (61,01%), suivi des acides oléique (25,52%) et palmitique (12,23%). De même, les acides myristique, stéarique et arachidonique ont été détectés en faible quantité. La composition en acides gras de l'huile de figue de Barbarie était proche de celle de tournesol et de pépins de raisin (Angulo-Bejarano et al., 2014).

Les parois cellulaires sont constituées principalement de polysaccharides. Selon Habibi (2004), l'hydrolyse acide de cette paroi permet de déterminer la composition en oses neutres et acides renfermés dans le péricarpe de la graine de la figue de barbarie (Tableau 15) :

Tableau 15 : Composition en oses neutres et acides de la graine de la figue de barbarie (Habibi, 2004).

	Sucres neutres et acides (%massique)
Acide Uronique	1.1
Rhamnose	0.6
Arabinose	3.1
Xylose	23.8
Mannose	1.0
Galactose	1.0
Glucose	35.6

2.2.Caractéristique biochimique et usage d’huile de pépin de figue de barbarie :

Les graines de figue de barbarie constituent une bonne source d’huile comestible de haute qualité mais elles renferment, aussi, d’autres composés bioactifs qu’il faudra prendre en considération et qui pourraient être exploités dans différents secteurs (**Mulas et Mulas, 2004 et Nobel, 2002**).

L’huile de graines de figues de Barbarie est riche en acides gras insaturés, dite huile polyinsaturées, et a une teneur élevée en acide linoléique (57.7-73.4%) et une faible teneur en acide linoléique. Le **Tableau 16** montre les proportions des principaux acides gras de cette huile (**FAO, 2018 et Benattia, 2017**). Des études avaient montré que la carence en acide linoléique entraîne une diminution des acides gras essentiels qui en dérivent. Ce qui peut entraîner une peau sèche, une desquamation fine et exagérée. L’huile de figuier de barbarie pourrait corriger cette déficience. Sa richesse à la fois en acide oléique et en acide palmitique, lui confère des vertus ré structurantes régénératrices et hydratantes (**Chaaben et al., 2015**).

L’huile est ainsi riche par d’autres composants sains, tels que la vitamine E, le β -carotène et la vitamine K (**Ramadan et Mörsel, 2003**). Grâce à ces caractéristiques et à d’autres caractéristiques chimiques et physiques, l’huile appartient à la même catégorie que les huiles de graines de soja, de maïs et de tournesol (**Mulas et Mulas, 2004**).

Tableau 16 : Teneur en acides gras (%) de l'huile de figue de Barbarie (*Opuntia ficus-indica*) de différents pays (FAO, 2018).

Acide Gras	Pays						
	Maroc ^a	Turquie ^b	Afrique du Sud ^a	Tunisie ^{a,c,g}	Allemagne ^d	Chili ^e	Algérie ^f
Palmitique (C16 : 0)	11.9	10.6-12.8	13.7	12.2-12.7	23.1	16.2	13.1
Stéarique (C18 : 0)	3.4	3.3-5.4	3.38	3.2-3.9	2.67	3.3	3.5
Oléique (C18 : 1n-9)	21.3	13-23.5	15.7	16.4-22.3	24.1	19.9	16.3
Vaccénique (C18 : 1n-7)	–	5.1-6.3	–	4.8	–	–	5.3
Linoléique (C18 : 2n-6)	60.8	49.3-62.1	64.38	53.5-60.6	32.3	57.7	61.8

^a Gharby *et al.* (2015); ^b Mattháus et Özcan (2011); ^c Tlili *et al.* (2011); ^d Ramadan et Mörsel (2003a); ^e Sepúlveda et Sáenz (1988); ^f Chougui *et al.* (2013); ^g Ouerghemmi *et al.*, 2013.

Une autre particularité de cette huile réside dans sa richesse en matière insaponifiable comme les stérols et les tocophérols. Cette caractéristique pourrait être un bon atout pour son exploitation dans le domaine de la cosmétologie étant donné les effets bénéfiques de ces substances sur l'élasticité de la peau, le métabolisme cellulaire, la restauration de la structure cutanée et la chute des poils (**Habibi 2004 et Chaaben et al., 2015**).

Il existe aussi différents composants antioxydants dans les graines de figue de barbarie tels que les flavonoïdes, comme les quercétine, rutine, catéchine, et les tanins qui représentent plus de la moitié des composés phénoliques (**Boudjellaba et Yassa, 2012**).

L'huile de pépins de figue de barbarie est utilisée en médecine traditionnelle pour le traitement des plaies et des brûlures (**Abdeldjalil, 2016**). En consommant cette huile, le risque d'avoir des maladies cardio-vasculaires (la maladie coronarienne par exemple) sera réduit. Les acides gras insaturés de cette huile, et qui ont une configuration cis, constituent des nutriments essentiels car le corps est incapable de les synthétiser (**Descheemaeker et Provoost, 2002**). La vitamine E et le tocophérol ont une caractéristique réparatrice et anti-radicalaire et ils jouent un rôle dans le soutien des cellules épidermique. Grâce aux hauts taux des acides polyinsaturés en particulier l'Omega-6, cette huile possède des vertus raffermissantes naturelles. De plus, le silicium, le zinc et le magnésium serrent que l'huile de figue de barbarie est un des meilleurs antioxydants et sérum naturelle (**Sanschagrin, 2017**).

Les cheveux et les ongles aussi peuvent bénéficier des bienfaits de l'huile de figue de Barbarie grâce à ces vertus séborégulatrices. En effet, elle leur prodigue un soin nourrissant qui les rend doux, brillants et forts (**Smith, 2017**).

Ces propriétés physiques et chimiques, incluant l'indice de réfraction, l'indice d'iode et l'indice de saponification, permettent à cette huile d'être utilisée dans l'agro-industrie comme substitut au gras dans les produits transformés spéciaux. Cependant, les usages pharmaceutiques et cosmétiques offrent plus et de meilleures alternatives (**FAO, 2018**).

2.3. Extraction d'huile de figue de barbarie :

L'huile de Figue de Barbarie est une huile très précieuse et très rare, son coût vient du rendement très faible il n'y a que de 6% à 17% d'huile dans la petite graine d'*Opuntia ficus-indica* obtenue par pression à froid, il faut donc traiter environ 800 kg de figes pour obtenir 1 litre d'huile, un chiffre toutefois variable en fonction des paramètres précités mais aussi de la performance des équipements mis en œuvre et du traitement réservé aux graines (**Benattia, 2017**).

Dans les recherches, l'huile est généralement extraite en utilisant des solvants organiques. L'utilisation de la presse à froid pour obtenir de l'huile de graine a été rapportée seulement par Gharby et al. (2015) au Maroc. Ce type d'extraction est plus respectueux de l'environnement puisqu'il évite l'utilisation de solvants organiques (**FAO, 2018**).

2.3.1. Extraction par solvant :

- Extraction par Soxhlet :

Pour cette technique, on a utilisé un solvant non polaire qui est le cyclohexane, dont son rôle sert à solubiliser la matière grasse. L'huile soit extraite de la poudre des graines, après broyage dans un moulin à céréales, dans un Soxhlet pendant 7 h à l'hexane, après élimination du solvant au rotavapor, l'huile récupérée doit être conservée dans un endroit ambré et à température basse (**Mouden et al., 2012 et Benattia, 2017**).

- Extraction par CO₂ supercritique :

La technique d'extraction au CO₂ supercritique est une technique d'extraction par solvant qui est le dioxyde de carbone à l'état supercritique.

Au départ de l'extraction, les graines broyées sont placées dans des paniers cylindriques équipés de filtres aux deux extrémités. Les paniers sont ensuite placés dans l'extracteur, où une pompe assure la circulation du CO₂ à l'état supercritique. L'huile des graines de figues de barbarie est donc dissoute dans le CO₂ sous forme de liquide. Celui-ci est ensuite rendu à l'état gazeux et se sépare du composé extrait, avant d'être envoyé dans le liquéfacteur pour être réutilisé (**Bassil et al., 2011 et Benattia, 2017**).

2.3.2. Extraction par pression à froid :

L'extraction par pression est un procédé permettant l'extraction de l'huile des graines et des noix qui ne fait pas appel à des composés chimiques. Il s'agit d'une méthode naturelle d'extraction de l'huile d'une matière première qui implique une extraction sous haute pression en une seule étape. L'huile extraite par pression ne contient pas de résidus de solvants chimiques, elle est donc plus pure et propre, et présente une couleur et une saveur plus naturelles (**Three Farmers, 2014**).

Les étapes de la production de l'huile de figue de barbarie sont les suivants :

- Récolte des figues de barbarie :

Pour les zones les plus précoces, la maturité des figues commence à la mi-juin pour les figues fleurs et à la mi-août pour les figues d'automne, un décalage de 10 jours sépare les zones de productivité précoce de celle de la production tardive. La récolte se fait manuelle ou à l'aide de roseaux fondus à l'extrémité (**Walali Loudyi, 1995**)

- Séparation des pépins de la figue :

Selon le personnel de l'usine de transformation de la figue de barbarie NOPALTEC de la commune de Sidi Fredj, dans la wilaya de Souk Ahras qui ma recueillait et me guidait dans une visite en janvier 2019 : les figues de barbarie seront préalablement lavées avec soin avant de passer au procédé d'extraction de leurs graines. La récolte des pépins de figue de barbarie se fait en séparant le fruit et sa pulpe d'un côté grâce à des machines de séparation des grains.



Photo 20 : Machine de séparation des grains de figue de barbarie (SMIR, 2016)

○ Séchage des graines :

Selon le même personnel, les graines collectées doivent être séchées, après lavage, soit par l'air libre et au soleil ou par ventilateur. Le séchage est une étape primordiale, car la graine doit rester souple tout en étant débarrassée de son humidité, ceci afin d'obtenir l'huile de la meilleure qualité possible. Suite au séchage, les pépins de figue de barbarie sont stockés à l'abri de la lumière et de l'humidité en attendant la prochaine étape de la production de l'huile.

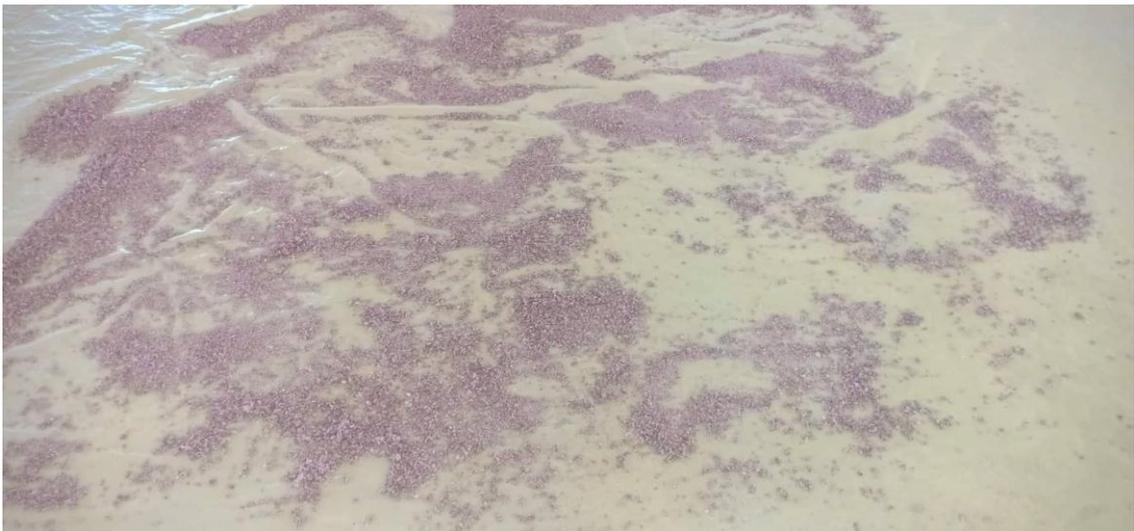


Photo 21 : Séchage des graines de figues de barbarie. Photo prise au niveau de l'usine de transformation de la figue de barbarie NOPALTEC, de Sidi Fredj, Souk Ahras, 2019 (01 Janvier 2019).

- Extraction d'huile de pépins :

Les pépins de figue de barbarie sont pressés à froid par une machine d'extraction d'huile, en suivant un cahier des charges précis, respectant les méthodes d'extraction des produits de l'agriculture biologique. L'huile obtenue est ensuite filtrée pour éliminer les résidus, et est analysée afin de vérifier qu'aucune contamination n'a eu lieu durant le processus. L'huile de figue de barbarie pure ainsi obtenue est conditionnée dans des flacons en verre, qui seront conservés à température constante et à l'abri de la lumière.



Photo 22 : Extracteur d'huile de pépins de figues de barbarie. Photo prise au niveau de l'usine de transformation de la figue de barbarie NOPALTEC, de Sidi Fredj, Souk Ahras, 2019 (01 Janvier 2019).



Photo 23 : Filtrage et collection de graisse d'huile de figue de barbarie. Photos prise au niveau de l'usine de transformation de la figue de barbarie NOPALTEC, de Sidi Fredj, Souk Ahras, 2019 (01 Janvier 2019).



Photo 24 : Déchets d'extraction d'huile de pépins de figue de barbarie par presseur à froid. . Photos prise au niveau de l'usine de transformation de la figue de barbarie NOPALTEC, de Sidi Fredj, Souk Ahras, 2019 (01 Janvier 2019).

Les graisses (**Photo 23**) sont utilisées soit directement sur la peau ou les cheveux ou elles rentrent dans la fabrication des produits cosmétique. Les déchets collectés de l'extracteur (**Photo 24**) peuvent rentre dans des recettes d'alimentation pour les volailles.

III. Partie Pratique : Projet d'entrepreneuriat :

Production d'huile des pépins des figues de barbarie :

▪ **Phrase projet :**

Produire l'huile des pépins de figue de barbarie, pour l'utilisation directe ou en industrie, en utilisant un extracteur à presse à froid.

▪ **Objectif :**

- Valorisation d'une ressource naturelle abondante en Algérie
- La restauration d'une terre forestière sous le cadre de plan de concession des forêts.
- Production d'une huile précieuse et rare
- Gagner de l'argent

3.1. Etudes descriptive de marché :

Produit :

Huile des pépins des figues de barbarie.

Clients et consommateurs cibles :

1. Les industries pharmaceutiques et parapharmaceutiques
2. Les pharmacies
3. Exportation au marché mondial

Moyens publicitaires :

1. Délégation commerciale
2. Sociale media
3. En ligne (site : ouedkniss... etc.)
4. Salon d'expositions

Lieu d'implantation :

Sol caillouteux en pente approprié à la direction générale des forêts, Constantine (2 hectares).

Locale :

Un garage de 400m²

Organisation de l'entreprise :

- Les besoins en personnel :
4 ouvriers permanents et 8 ouvriers saisonniers
- Forme juridique : la société est une EURL à un capitale de : 2500000.00 DZD

Matériel requis :

1/ L'achat du mobilier :

Tableau 17 : Coût d'équipement nécessaire pour l'entreprise

Equipement du bureau	45000.00 DZD
Totale	45000.00 DZD

2/ Equipement spécifique à l'activité :

Tableau 18 : Machines nécessaires pour l'extraction d'huile de pépins de figes de barbarie et leurs coûts

Machine de séparation des grains	617000,00 DZD
Machine d'extraction d'huile à une tête	265000.00 DZD
Totale	882000.00 DZD

3/Financement de démarrage (fond de roulement)

- Matière première : 2000000.00 DZD (40 tonnes).
- Pour divers matière : 400000.00 DZD (tamis, cagettes, pesticides, emballages, ...).
- les services annexes à prendre en compte pour l'ouverture du projet :

Assurance : 100000.00 DZD

- Coût globale du projet est 2500000.00 DZD

Calcul prévisionnel du coût du produit (1L d'huile) -annuel c'est 12 mois- :

Charges fixes :

- Amortissement = 176400.00 DZD
- Loyer = $(20000.00 \text{ DZD} * 12) + (2 \text{ ha} * 10000.00 \text{ DZD}) = 260000.00 \text{ DZD}$
- Salaire = $(40000.00 \text{ DZD} * 4 * 12) + (30000.00 \text{ DZD} * 8 * 2) = 1920000.00 \text{ DZD} + 480000.00 \text{ DZD} = 2400000.00 \text{ DZD}$
- Total charge fixes = 2836400.00 DZD

Charge variables :

- Matières premières = 2000000.00 DZD
- Consommables (divers matières) = 400000.00 DZD
- Autre charge (ELEC, Trans, Communication...) = 200000.00 DZD

➔ Total charge variable = 2600000.00 DZD

Nous produisons 40 litres d'huile par an (1 tonnes de fruits \approx 40 kg de pépins = 1 litres) :

Alors le cout d'un litre d'huile est : $(2836400.00 \text{ DZD} + 2600000.00 \text{ DZD}) = 4536400.00 \text{ DZD} / (40 \text{ L}) = 135910.00 \text{ DZD} (\approx 1000 \text{ euro})$.

Tarif des ventes :

Tableau 19 : Prix de vente de un litre d'huile de pépins de figes de barbarie

Désignations	Prix de vente
1 litre	176000.00 DZD (\approx 1300 euro)

Calcul provisionnel du chiffre d'affaire de la 1ere année :

Vente annuel 40 litres * 176000.00Da = 7040000.00 DZD

- ➔ Chiffre d'affaire annuel est 7040000.00 DZD
- ➔ Le bénéfice attendu de l'entreprise la première année est : 2503600.00 DZD

Les ressources :

Financement bilatérale :

Apport personnel 70% = 1750000.00 DZD

ANSEJ 30% = 750000.00 DZD

Total 100% = 2500000.00 DZD

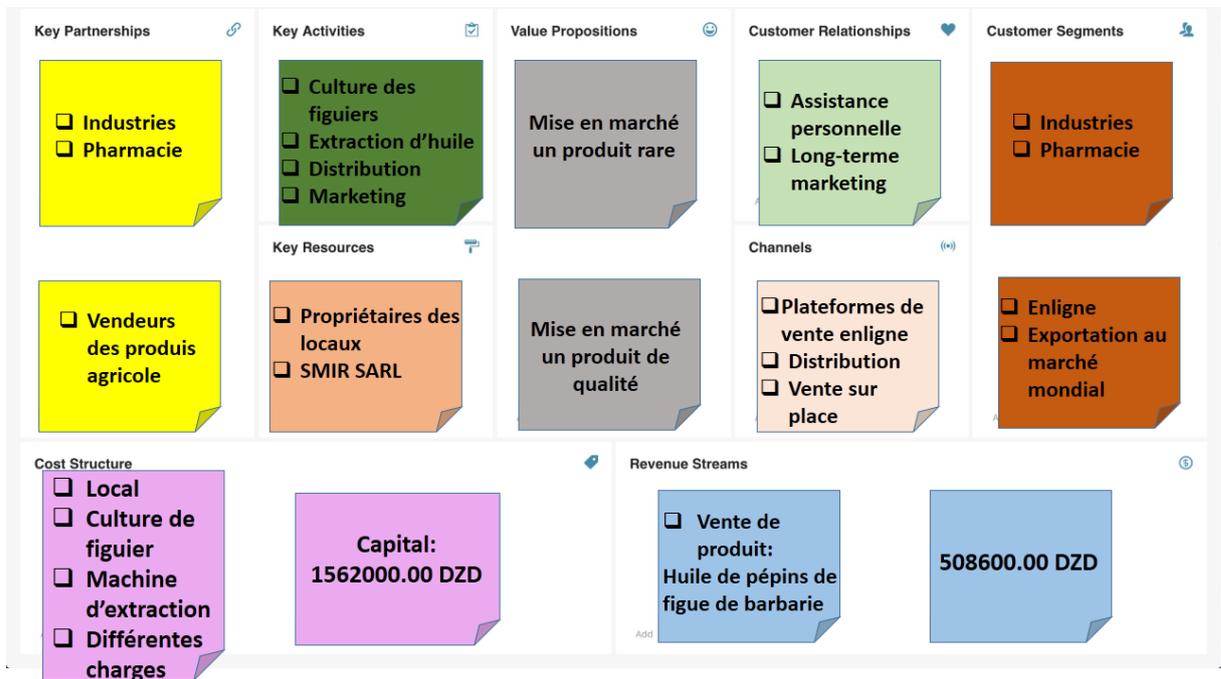
Politique Opérationnelle :

- Politique de vente : vente par unité : prix fixe, vente en gros : promotions
- Conditions de paiement : cache ou carte (cas d'exportation)
- Service clients : la qualité, le sérieux.
- Politique de personnel : personnels sérieux et motivés.

Les heures d'ouverture :

Toute la semaine : changeable

3.2. Canvas bussines plan :



3.3. Analyse SWOT :



Forces:

Huile de bonne qualité:
- Figue de barbarie à valeur élémentaire élevé par rapport aux autres huiles et des huiles de figue d'autres pays.



Faiblesse:

-prix élevé
-potentiel d'achat faible
-culture des gens par rapport au bio



Opportunités:

-Marché presque vierge
-plusieurs produits de bonnes qualités pour même matière première (rien ne se jette, tout est utile)
-Création de nouveaux marché (produits nouveaux dans le marché: vinaigre, graisse...)



Risques:

-apparaissant des nouveaux concurrents
-exportation limité et difficiles

3.4. Futur Entreprise :

Une large gamme de technologies de conservation traditionnelles peut être appliquée aux figes de Barbarie (**FAO, 2018**). Rien ne se jette, tout y a une véritable valeur ajoutée qui peut constituer un créneau d'investissement à part entière : Raquettes, mucilage, fruit et/ou ses pépins ainsi que les pétales de ses fleurs (**Agroligne, 2016**).

Ceci va permettre de faire évoluer l'entreprise en fabriquant d'autres produits tels que : le jus, la confiture, la farine des cladodes ou des pépins, le vinaigre et les colorants.

Conclusion :

Pour un pays comme l'Algérie, au climat diversifié, le figuier de barbarie est l'exemple typique d'espèce parfaitement acclimatable.

Sa culture est peu exigeante en investissements et le revenu qu'elle peut générer est important. En plus, sur le plan environnemental, elle est d'une grande utilité pour la lutte contre l'érosion et permet de corriger, à long terme, la fertilité des sols.

L'huile de pépins de figues de barbarie est un des produits qu'on peut retirer de cette plante merveilleuse. Cette huile est certainement l'une des plus rares et précieuses huiles connues à ce jour. Elle est utilisée dans plusieurs domaines grâce à ses propriétés qui sont multiples.

Pour une huile rare, il est nécessaire de rechercher le moyen le mieux adapté pour l'extraire. Une extraction par presse à froid (sans solvant) est parfaite pour une production en gros et pour avoir une huile pure.

Entreprendre dans l'extraction d'huile de pépins de figues de barbarie, et sur tout en Algérie, est une affaire qui peut faire un bon retour sur l'investissement où le producteur pourra avoir de haut bénéfice et l'économie de la nation sera alors enrichie.

Référence :

- Abdeldjalil, M.C. (2016). Effets cicatrisants de produits à base d'huile de lentisque (*Pistacia lentiscus* L.) sur les brûlures expérimentales chez le rat. Thèse de doctorat : Sciences vétérinaires. Université des Frères Mentouri Constantine 1. Constantine, Algérie. 77p.
- Agence Ecofin. (2015). L'Algérie s'enorgueillit de sa première usine de transformation de figue de barbarie. Disponible sur : <https://www.agenceecofin.com/fruits/0510-32871-1-algerie-s-enorgueillit-de-sa-premiere-usine-de-transformation-de-figue-de-barbarie> (Consulté le : 04/04/2019)
- Agroligne. (2016). Mai / Juin. Figue de barbarie, un cactus de richesses, Algérie. Disponible sur : https://www.agroligne.com/IMG/pdf/Agroligne_N_100web.pdf (Consulté le: 23/09/2018)
- Angulo-Bejarano, P., Martínez-Cruz, O., Paredes-López, O. (2014). Phytochemical content, nutraceutical potential and biotechnological applications of an ancient Mexican plant: nopal (*Opuntia ficus-indica*). *Current Nutrition & Food Science* 10. 196-217p. Disponible sur : https://www.researchgate.net/profile/Octavio_Paredes-Lopez/publication/265390699_Phytochemical_Content_Nutraceutical_Potential_and_Biotechnological_Applications_of_an_Ancient_Mexican_Plant_Nopal_Opuntia_ficus-indica/links/549456cd0cf2707074a07051/Phytochemical-Content-Nutraceutical-Potential-and-Biotechnological-Applications-of-an-Ancient-Mexican-Plant-Nopal-Opuntia-ficus-indica.pdf (Consulté le 11/06/2019).
- Araba, A., Collado, M., Boutouba, A., Sahnoun, A. (2009). Nouveaux aliments pour les ruminants à base de fruits du cactus. *Bulletin du PNTTA n°176* Mai, Rabat, Maroc. Disponible sur : https://www.agrimaroc.net/bulletins/btta_176.pdf (Consulté le 06/06/2019).
- Araba, A., El Aich, A., Sarti, B., Belbehri, L., Boubkraoui, A., Ait Hamou, A., Zemmouri, A., Sbaa, H. (2000). Valorisation du figuier de barbarie en élevage. *Bulletin du PNTTA n° 68*, Mai. Rabat, Maroc. Disponible sur : <https://www.agrimaroc.net/2018/06/17/valorisation-du-figuier-de-barbarie-en-elevage/> (Consulté le 15/05/2019).
- Araba, A., Elaich, A., Sarti B., Belbahri, L., Boubkraoui A., Ait Hammou, A., Zemmouri, A et Sbaa, H. (2000). Valorisation de figuier de Barbarie en élevage. *Transfert de Technologie en Agriculture*, 68, 1-4p.

- Arba, M. (2009). Le cactus opuntia, une espèce fruitière et fourragère pour une agriculture durable au Maroc. Culture, Itinéraire Technique et Productivité, 4, 215-223. Disponible sur : <https://fr.scribd.com/document/318452311/Arba-Cactus-Opuntia-Espece-Fruitiere-Fourragere> (Consulté le: 23/09/2018)
- Arnoud, O. (2009). Cactus Francophone : Les parasites et nuisibles. Disponible sur : [https://www.cactuspro.com/articles/les_parasites_et_nuisibles?s\[\]=cochenille](https://www.cactuspro.com/articles/les_parasites_et_nuisibles?s[]=cochenille) (Consulté le 26/05/2019).
- Aztek Comptoir Mexicain. (2011). Disponible sur site : https://aztek-tlse.fr/epages/box28521.sf/fr_FR/?ObjectPath=/Shops/box28521/Products/AZTK1005 (Consulté le 10/06/2019).
- Bassil, A.M., Brunet, P., Dybal, E., Georges, C. (2011). Comment optimiser l'extraction d'une huile essentielle ?. TPE. Instituts Stanislas. Nice, France. Disponible sur : <http://tpe-huile-essentielle.e-monsite.com/> (Consulté le : 21/06/2019).
- Benattia, F K (2017). Analyse et application des Extraits de Pépins de Figues de Barbarie. Thèse de doctorat : Chimie Bio-Organique et Thérapeutique. Algérie, Tlemcen. Université Aboubekr Belkaid. 5-20p.
- Benkaddouri, A. (2011). Etude des huiles essentielles de l'Opuntia ficus-indica région de Mascara. Mémoire du magister : Chimie organique. Oran, Algérie. Université d'Oran. 11p.
- Bhira, O. (2012). Potentialités thérapeutiques d'Opuntia Ficus indica au Maroc et en Tunisie. Thèse de doctorat : Pharmacie. Université Mohammed 5, Rabat, Maroc. 29p. Disponible sur : <http://ao.um5.ac.ma/xmlui/handle/123456789/1754> (Consulté le 28/05/2019).
- Blancard, D., Lot, H., Maisonneuve, B. (2003). Maladies des salades : identifier, connaître, maîtriser. Versailles, France : Quae. 287p.
- Boudjellaba, S., Yassa, A. (2012). Activité antioxydante des graines de quelques variétés de figue de barbarie (Opuntia ficus-indica L.) de la région de Béjaia. Mémoire de fin de cycle en Vue de l'Obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Contrôle de Qualité et Analyses. Université Abderrahmane Mira. Bejaia, Algérie.
- Boutakiout A. (2017). Etude physico-chimique, biochimique et stabilité d'un nouveau produit : jus de cladode du figuier de Barbarie marocain (Opuntia ficus-indica et Opuntia megacantha). Thèse de doctorat : Agronomie. Université d'Angers, Français. 30p.

- Bresca Dorada. (2017). Disponible sur : http://www.brescadorada.it/apetita_menu_item/figu-murisca/ (Consulté le 10/06/2019).
- CanalBlog. (2010). Disponible sur : <http://pointsdecerise.canalblog.com/archives/2010/10/15/19285305.html> (Consulté le 16/06/2019).
- Chaaben, H., Motri, S., Ben Selma, Z., Khantouche, L. (2015). Comparaison des Huiles des Graines du Laurier, de Pen d'Alep et de Figuier de Barbarie. Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology .Volume 9, Issue 11 Ver. I (November). 30-33p. Disponible sur : https://www.researchgate.net/profile/Samia_Motri2/publication/324970470_Comparaison_des_Huiles_des_Graines_du_Laurier_de_Pen_d'Alep_et_de_Figuier_de_Barbarie/links/5af488900f7e9b026bcd8352/Comparaison-des-Huiles-des-Graines-du-Laurier-de-Pen-dAlep-et-de-Figuier-de-Barbarie.pdf (Consulté le : 21/06/2019).
- Claudie et Monique. (2015). Disponible sur : <http://groupenaturefaverges.over-blog.fr/2015/06/en-andalousie-avec-pascal-jarige-3-le-figuier-de-barbarie-la-cochenille-et-les-westerns.html> (Consulté le 17/06/2019).
- CNRTL Centre Nationale de Ressource Textuelle et Lexique. (2012). Nancy, France. Disponible sur : <https://www.cnrtl.fr/definition/confiture> (Consulté le 09/06/2019).
- Cochard, Y. (1997). Cactus Francophone : Culture des cactus plantes grasses et succulentes. Disponible sur : <https://www.cactuspro.com/articles/culture-des-cactus-plantes-grasses-et-succulentes> (Consulté le 26/05/2019).
- Couplan, F. (2017). Les plantes : 70 clés pour comprendre. Versailles, France : Quae. 30p. Disponible sur : https://books.google.dz/books?id=rTA1DwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=fr&source=gbs_atb#v=onepage&q&f=false (Consulté le 22/05/2019).
- Couvez, P., Delbos, E., Faure, J., Frassetto, F. (2010). Transformation carnée à la ferme : Connaître la législation et organiser son atelier. Dijon, France : Educagri. 126p.
- De Waal, H.O., Louhaichi, M., Taguchi, M., Fouché, H.J. and De Wit, M. (2015). Development of a cactus pear agro-industry for the sub-Sahara Africa Region. Proceedings of International Workshop, University of the Free State, Bloemfontein, South Africa. 20p. Disponible sur :

https://www.researchgate.net/publication/288436866_Development_of_a_cactus_pear_agro-industry_for_the_sub-Sahara_Africa_Region (Consulté le 28/05/2019).

- Descheemaeker, K., Provoost, C. (2002). L'impact de la nutrition sur la sante. Developpements recents – 5. Anvers, Belgique : Garant. 57p.
- El Kharrassi, Y. (2017). 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 : Biochimie, Biologie Moléculaire et Cellulaire. Université Hassani I, Settat, Maroc. 39p. Disponible sur : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01466852/document> (Consulté le 26/05/2019).
- El-Finti, A.R., El Boullani, R.F., El Ayadi, N., Ait Abd., El Mousadik. A. (2012). Micropropagation in vitro of *Opuntia Ficus-Indica* in south of Morocco. International Journal of Chemical and Biochemical Sciences IJCBS. 6-10 p. Disponible sur : https://www.researchgate.net/publication/235661175_Micropropagation_in_vitro_of_Opuntia_Ficus-Indica_in_south_of_Morocco (Consulté le 17/06/2019).
- El-Mostafa, K., El Kharrassi, Y., Badreddine, A., Andreoletti, P., Vamecq, J., El Kebbaj, M S., Latruffe, N., Lizard, G., Nasser, B., Cherkaoui-Malki 1, M. (2014). Nopal Cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a Source of Bioactive Compounds for Nutrition, Health and Disease. Journal of Molecules, 19, Lile, France. 1490-14879p. Disponible sur : (<https://www.mdpi.com/1420-3049/19/9/14879/pdf>) (Consulté le 02/06/2019).
- El-Said, N M., Najib, A I., Rahman, Z A., Deraz, S F. (2010). Prickly pear [(*Opuntia ficus-indica* L. Mill)] peels : chemical composition, nutritional value and protective effects on liver and kidney functions and cholesterol rats. Journal of Functional plant science and biotechnology.(5) (special issue1), global science books. Giza, Egypte. 31-34p. Disponible sur : [http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOnline/images/2011/FPSB_5\(SI1\)/FPSB_5\(SI1\)30-35o.pdf](http://www.globalsciencebooks.info/Online/GSBOnline/images/2011/FPSB_5(SI1)/FPSB_5(SI1)30-35o.pdf) (Consulté le 02/06/2019).
- Feugang, JM., Konarski, P., Zou, D., Stintzing, FC., Zou, C. (2006). Nutritional and medicinal use of Cactus pear (*Opuntia* spp.) cladodes and fruits. Journal of the Professional Association for Cactus Development 8:1-25. 85-150p.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) et le Centre International Pour la Recherche Agricole dans les Zones Arides (ICARDA). (2018).

Ecologie, Culture et Utilisations du Figuier de Barbarie. Italie : Édition Food & Agriculture Org. 2-85p. Disponible sur :

(<https://books.google.dz/books?id=LXZhDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=fr#v=onepage&q&f=false>) (Consulté le : 02/04/2019)

- Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO. (2001). Cactus (Opuntia Spp.) as Forage. Rome, Italie : Food & Agriculture Org. 3p.
- Fortin, F. (2006). L'Encyclopédie visuelle des aliments. Montréal : Éditions Quebec-Amérique. 256p.
- Gomez, C. (2009). Review of the European project REPCO 2004-2007: Alternative to copper in the control of downy mildew.] AlterAgri, 1 March 2009 (94), pp. 15-16. Disponible sur : http://orgprints.org/35004/1/doc_num.php_explnum_id%3D2019 (Consulté le 28/05/2019).
- Guérin-Ménéville, F E. (1834). Dictionnaire pittoresque d'histoire naturelle et des phénomènes de la nature: contenant l'histoire des animaux, des végétaux, des minéraux, des météores, A – Car. France : Édition Cosson. 564p. Disponible sur : (https://books.google.dz/books?id=AnI_AAAAcAAJ&printsec=frontcover&hl=fr&source=gb_s_atb#v=onepage&q&f=false) (Consulté le : 02/04/2019)
- Habibi, Y. (2004). Contribution à l'étude morphologique, ultrastructurale et chimique de la figue de barbarie. Les polysaccharides pariétaux : caractérisation et modification chimique. Thèse de doctorat : chimie organique. Université Joseph Fourier & de l'Université Cadi Ayyad, France et Maroc. 1-10p. Disponible sur : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00006273/document> (Consulté le 09/06/2019).
- Halmi, S. (2015). Etude botanique et phytochimique : Approche biologique et pharmacologique d'Opuntia ficus-indica. Thèse de doctorat : Biotechnologie végétale. Université des frères Mentouri Constantine1, Constantine, Algérie. 11p.
- Hocine, H., Olivier, J., Debab, A. (2017). Biofloculation des boues résiduaires urbaines. FrancoFilt, IFTS, Université de Bordeaux, CNRS, Aug 2017, Bordeaux, France. ffhal-01580324f. Disponible sur site : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01580324/document> (Consulté le 10/06/2019).
- Horyou. (2018). Disponible sur : <https://www.horyou.com/org/backup-rural/news/developper-les-cooperatives-de-cactus-et-figues-de-barbaries-bio> (Consulté le 16/06/2019).

- Huffposte Algérie. (2015). La figue de Barbarie, un fruit venu d'ailleurs devenu produit du terroir en Algérie. Disponible sur : https://www.huffpostmaghreb.com/2015/08/04/la-figue-de-barbarie-un-fruit-venu-dailleurs-devenu-produit-du-terroir-en-algerie_n_7932698.html (Consulté le : 04/04/2019)
- Imago Mundi. (2012). Disponible sur : [http://www.cosmovisions.com/\\$Mexique.htm](http://www.cosmovisions.com/$Mexique.htm) (Consulté le 16/06/2019).
- INRAA. (2019). Les ravageurs des cultures et leurs dégâts : Ephytia, Hyperbase de données en protections des plantes, encyclopédie en protection des plantes. Disponible sur : <http://ephytia.inra.fr/fr/C/16550/Hypp-encyclopedie-en-protection-des-plantes-Characteristiques-du-ravageur-et-de-ses-degats> (Consulté le 28/05/2019).
- Jussiau, R., Montméas, L., Parot, J.C., Méaille, M. (1999). L'élevage en France : 10 000 ans d'histoire. Dijon, France : Educagri. 73p.
- Koenig, O. (2015). Encyclopédie visuelle des plantes d'intérieur. Espagne :Artemis. 200-2018p.
- Kohler, F., Pellegrin, F. (1992). Pathologie des végétaux cultivés : symptomatologie et Méthodes de lutte. Nouvelle-Calédonie, France : Ird Orstom. 129p.
- Larousse. (2004). Dictionnaire de Français. Montréal, Canada.
- Mouden, M., Boujnah, M., Mbarki, M., Rakib., E.M., Badoc, A., Douira, A. (2012). Effet de deux méthodes d'extraction et de la période de récolte sur le rendement en huile des graines de figues de barbarie. Bull. Soc. Pharm, 151(1-4). Bordeaux, France. 7-14p. Disponible sur : <https://www.socpharmbordeaux.asso.fr/pdf/pdf-151/151-007-014.pdf> (Consulté le : 21/06/2019).
- Mulas M, Mulas G. (2004). Potentialités d'utilisation stratégique des plantes des genres *Atriplex* et *Opuntia* dans la lutte contre la désertification. (SMAP). Environmental Action Programme Université des études de SASSAR. 112-128 pp. Disponible sur : <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.471.4900&rep=rep1&type=pdf> (Consulté le : 02/04/2019).
- Neffar, S. (2012). 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 : Biologie Végétale. Université Badji Mokhtar d'Annaba, Algérie. 20p.

Disponible sur : <http://biblio.univ-annaba.dz/wp-content/uploads/2014/06/These-Doc-Neffar.pdf> (Consulté le 22/03/2019).

- Nobel, P.S. (2002). Cacti: Biology and Uses. California, États-Unis : University of California Press. 163-265p. Disponible sur : [https://opuntiads.com/records/Cacti%20-%20Biology%20and%20Uses%20\(UC%20Press,%202003\).pdf](https://opuntiads.com/records/Cacti%20-%20Biology%20and%20Uses%20(UC%20Press,%202003).pdf) (Consulté le 15/05/2019).
- Oumiloud S. (2012). Contribution à l'étude phytochimique des extraits des graines et de l'huile de figuier de barbarie de la région de Tlemcen .Mémoire de master : Biochimie appliquée. Université de Tlemcen.
- PAMPAT. (2015). Guide de bonnes pratiques de plantation et de conduite technique du cactus en culture pluviale dans les zones arides. Brochure de l'ONUDI. Rabat, Morocco. 17-50p. Disponible sur : <http://pampat.ma/wp-content/uploads/2015/09/brochure-ONUDI-21x21-WEB.pdf> (Consulté le 15/05/2019).
- Pimienta, B.E. (1995).An overview of genetic resources for Opuntia production in Mexico. Journal de PACD. Proceeding. 13-22 p. Disponible sur : http://jpacd.org/downloads/Proceedings/3_EGI13-22.pdf (Consulté le 22/05/2019).
- Potts, H., Arregoces, O., Fernandez de Soto, J., Medina, L. M. (1989). Developpement et Morphologie de la Graine. Cali, Coombia : Centro International de Agricultura tropical (CIAT). 6 p. Disponible sur : <https://books.google.dz/books?id=oahWcho8BA0C&printsec=frontcover&hl=fr#v=onepage&q&f=false> (Consulté le 12/06/2019).
- Powell A.M ., Weedon. F.J. (2004). Cacti of the Trans-Pecos & Adjacent Areas. Texas, États-Unis : Texas Tech University Press. 131-139p. Disponible sur : <https://books.google.dz/books?id=tix9HeLUOt4C&printsec=frontcover&hl=fr#v=onepage&q&f=false> (Consulté le 15/05/2019)
- Rai, A. (2017). Effet du stress salin sur les bactéries du sol : rôle d'extraits dérivés de Enteromorpha intestinalis, Ulva lactuca et Opuntia ficus-indica sur la relation bactérie-plante sous stress salin. Thèse doctorat : Microbiologie. Université Ferhat Abbas Sétif 1. 28-30p
- Raison-Peyron, N. (2011). Progrès en Dermato-Allergologie. Montpellier, France : John Libbey Eurotext. 39p. Disponible sur : <https://books.google.dz/books?id=Z6EJqrZStgIC&printsec=frontcover&hl=fr#v=onepage&q&f=false> (Consulté le 23/05/2019).

- Ramadan, M. F., Morsel, J. T. (2003). Oil cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L.). *Journal of Food Chemistry*, 82. 339-345p. Disponible sur : <http://cactustunisie.com/images/rech/oil.pdf> (Consulté le 19/06/2019).
- Reijntjes, C., Haverkort, B., Waters-Bayer, A. (1995). Une agriculture pour demain : introduction à une agriculture durable avec peu d'intrants externes. Paris, France : Éditions Karthala. 358p. Disponible sur : (https://books.google.dz/books?id=UJF_QTbW47EC&printsec=frontcover&hl=fr#v=onepage&q&f=false) (Consulté le : 02/01/2019)
- Rosell, C.H., Villalobos Arambula, V.M. (1992). Fondements théoriques et pratiques de la culture des tissus végétaux. Rome, Italie :Food & Agriculture Org (FAO). 128p. Disponible sur : <https://books.google.dz/books?id=BS9bEbX70DsC&printsec=frontcover&hl=fr#v=onepage&q&f=false> (Consulté le 22/05/2019).
- Saenz, C. (2000). Processing technologies: an alternative for cactus pear (*Opuntia* spp.) fruits and cladodes. *Journal of Arid Environment* 46. United States. 209–225p. Disponible sur : <https://memberfiles.freewebs.com/85/97/82699785/documents/processingtechcactus.pdf> (Consulté le 09/06/2019).
- Saenz, C., Berger, H., Rodríguez-Félix, A., Galletti, L., Corrales García, J., Sepúlveda, E., Teresa Varnero, M., García de Cortázar, V., Cuevas García, R., Arias, E., Mondragón, C., Higuera, I., Rosell, C. (2013). Agro-industrial utilization of cactus pear . Rome, Italie :Food & Agriculture Org (FAO). 31-57p. Disponible sur : <http://www.fao.org/docrep/019/a0534e/a0534e.pdf> (Consulté le 10/06/2019).
- Saleem, M., Kim, H.J., Han, C.K., Jin, C., Lee, Y.S., (2006). Secondary metabolites from *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*. *Phytochemistry* 67. République de corée. 1390-1394p. Disponible sur : https://www.researchgate.net/profile/Muhammad_Saleem13/publication/7021629_Secondary_metabolites_from_Opuntia_ficus-indica_var_saboten/links/5bf3d983a6fdcc3a8de380aa/Secondary-metabolites-from-Opuntia-ficus-indica-var-saboten.pdf (Consulté le 09/06/2019).
- Sanschagrín, D. (2017). La Beauté sans scalpel : Tout sur les soins et techniques d'aujourd'hui. *kebijakan privasi* : Lanore édition. 60-70p.

- Schweizer M. (1997). Docteur Nopal le médecin du bon dieu. Paris, France : Aloe Plantes et Beauté. 19 p.
- Scyavuru. (2017). Disponible sur : https://www.scyavuru.it/sito/100-grammi/confettura-fico-dindia-100g_1/ (Consulté le 10/06/2019).
- SMIR Maroc. (2016). Machine de séparation des grains de figue de barbarie. Disponible sur : <https://www.youtube.com/watch?v=UQB9cyVzEZO> (Consulté le : 21/06/2019).
- Smith, I. (2017). L'huile de figue de barbarie : l'atout anti-âge et beauté des cheveux. Femme actuelle. Disponible sur : <https://www.femmeactuelle.fr/beaute/soins-beaute/huile-de-figue-de-barbarie-l-atout-beaute-exotique-2046846> (Consulté le : 21/06/2019).
- Sybesma C. (2013). Advances in Photosynthesis Research: Proceedings of the VIth International Congress on Photosynthesis. Bruxelles, Belgique : Springer. 272-294p. Disponible sur le site : <https://books.google.dz/books?id=JETsCAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=fr#v=onepage&q&f=false> (Consulté le 15/05/2019).
- Three Farmers. 2014. Extraction par pression à froid. The last from three farmers. Disponible sur : <https://threefarmers.ca/extraction-par-pression-a-froid/> (Consulté le : 21/06/2019).
- TONELLI, N., GALLOUIN, F. (2013). Des fruits et des graines comestibles du monde entier. France : Éditions Lavoisier. 262p.
- Walali Loudyi D. (1995). Quelques espèces fruitières d'intérêt secondaire cultivées au Maroc. In : Llâcer G. (ed.), Aksoy U. (ed.), Mars M. (ed.). Underutilized fruit crops in the Mediterranean region . Zaragoza : CIHEAM. p. 47-62 (Cahiers Options Méditerranéennes; n. 13). Disponible sur : <http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=96605640#prettyPhoto> (Consulté le 28/05/2019).
- Wallace RS, Gileson AC. Evolution and systematic. Biology and Uses, P.S.Nobel Ed, 2002,1-21 pp. Disponible sur : [https://opuntiads.com/records/Cacti%20-%20Biology%20and%20Uses%20\(UC%20Press,%202003\).pdf](https://opuntiads.com/records/Cacti%20-%20Biology%20and%20Uses%20(UC%20Press,%202003).pdf) (Consulté le : 14/05/2019).
- Welegerima, G., Zemene, A., Tilahun, Y. (2018). Phytochemical composition and antibacterial activity of Opuntia Ficus Indica cladodes extracts. Journal of Medicinal

Plants 6, 243-246. Disponible sur :

<http://www.plantsjournal.com/archives/2018/vol6issue2/PartD/6-2-35-824.pdf>

(Consulté le 10/06/2019).

Etudiante : ASSIFER Anfel
Encadrante : Pr. YKHLEF Nadia
Co-Encadrant : Mr. KELLOU Kamel

Date de soutenance : 27 juillet 2019

**Titre : Figuier de Barbarie : Projet d'entrepreneuriat,
Extraction d'huile de pépins**

Résumé :

Le figuier de Barbarie est une plante originaire du Mexique et qui est maintenant cultivé un peu partout dans le monde. Le figuier de barbarie appartient à la famille des Cactaceae et il est connu par le nom de Nopal. C'est une plante arborescente robuste, annuelle et épineuse, ce qui fait que sa récolte est difficile. Elle pousse dans les zones arides et semi-arides et elle a une large faculté d'adaptation pour des différents sols. Figuier de Barbarie ou *Opuntia ficus-indica*, se propagent par multiplication asexuée, effectuée par bouturage, ou sexuée à travers les semis de graines. Une culture in vitro est possible en cas de recherche ou d'insuffisance de matériel végétal à multiplier. Beaucoup de facteurs biotiques et/ou abiotiques fait varient le rendement et la qualité des fruits et des raquettes d'une zone à une autre et d'une année à une autre. Grâce à sa composition chimique, Tous les parties du figuier de barbarie sont utilisées dans plusieurs domaines : alimentation, cosmétique, médecine... L'huile de pépins de figue de barbarie est une des produits d'*Opuntia ficus-indica* les plus utilisé au monde. Ceci est grâce à ses vertus, qui viennent de sa richesse en acides gras insaturés et en vitamine, sur la peau, la beauté en général et sur la santé. L'huile peut être extraite par solvant ou par presse à froid. Une étude financière de projet d'extraction d'huile de pépins de figue de barbarie était faite. Le prix provisoire d'un litre d'huile est de 176000.00 DZD. Le bénéfice attendu de l'entreprise la première année est : 2503600.00 DZD. Et un développement de l'entreprise au futur peut augmenter le chiffre d'affaire annuel.

Mots clés :

Figue de barbarie, *Opuntia Ficus-indica*, Huile de pépins, Virtus cosmétique, Entreprise, Chiffre d'affaire, Bénéfice.