

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A.MIRA-BEJAIA
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Alimentaires
Spécialité Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire



Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme
MASTER

Thème

Figuier de Barbarie :
Composition et Intérêt des cladodes

Présenté par :
MAHREZ Hafssa & MAZRI Saliha
Soutenu le : 21 Septembre 2020

Devant le jury composé de :

Mme. BRAHMI F.	MCA	Président
Mme. ADJEROUD-ABDELLATIF N.	MCB	Encadreur
Mme. MEDOUNI S.	MCB	Examineur

Année universitaire : 2019/2020

Remerciements

Avant tout, nous tenons à remercier le bon *Dieu* pour nous avoir donné force, courage, patience et volonté pour mener à terme ce modeste travail

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre promotrice *Mme Adjeroud-Abdellatif Nawel* qui nous a fait l'honneur de nous guider tout au long de son élaboration.

Nos remerciements aux membres de jury qui nous feront l'honneur de juger et évaluer ce travail

Nos vifs remerciements à Madame *Nadhira Oulebsir*, membre de l'association nationale pour le développement du cactus, pour son aide

Notre sincère gratitude va vers tous ceux qui ont participé de près ou de loin à ce travail.



Dédicaces

A la lumière de ma vie ma chère et adorable mère

A mon cher père

Que dieu les protège

A mon très cher mari Jigou et toute ma belle-famille.

A mon frère Dada chafaa, sa femme et leurs enfants.

A mes adorables sœurs : Samia, Dalila, Haha, Linda, Lila, Nacera, Fadila et

Roza ainsi que leurs petites familles.

A toute ma famille, et à toutes mes amies.

A ma très chère copine et binômes Saliha ainsi que sa famille.

A mes camarades de promotion 2019/2020

A tous les enseignants qui m'ont suivie tout au long de mon parcours éducatif

A ceux que j'aime et qui me sont chers je vous dis Merci.

Hafssa

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A Mon cher père qui m'a beaucoup aidée avec son soutien tout au long de mes études.

A Ma chère mère qui m'a entourée avec sa tendresse et qui n'a cessé de prier pour moi

A Mon frère Sipion

A Ma binôme Hafssa et toute sa famille

A Mon cher mari Madani pour tous tes encouragements, tes précieux conseils, et ta présence à mes côtés dans les moments de joie et de peine

A Ma belle-sœur Lydia je te dis merci et je souhaite bonheur, réussite et prospérité

A Ma belle-famille que Dieu le tout puissant vous garde et vous procure santé et bonheur

Sans oublier mes chères amies : Soraya, Thiziri, Cylia

A tous mes enseignants du primaire jusqu'au supérieur.

Saliha

Table des Matières

Liste des Abréviations

Liste des Figures

Liste des Tableaux

Glossaire

Chapitre I. Généralités sur le figuier de Barbarie

Introduction.....	1
I.1. Origine, distribution du figuier de Barbarie et état des lieux.....	3
I.2. Dénomination de figuier de Barbarie.....	5
I.3. Taxonomie du figuier de Barbarie.....	5
I.4. Description morphologique des différentes parties de la plante.....	8
I.4.1. Raquette.....	8
I.4.2. Fruit.....	9
I.4.3. Fleur.....	10
I.4.4. Graine.....	11
I.4.5. Feuille.....	11
I.4.6. Appareil racinaire.....	11
I.5. Cladode du figuier de Barbarie.....	12
I.5.1. Composition chimique des cladodes du figuier de Barbarie.....	12
I.5.2. Mucilage.....	16
I.5.2.1. Composition chimique du mucilage des cladodes.....	16
I.5.3. Polyphénols.....	18
I.5.3.1. Teneur en polyphénols des cladodes.....	19

Chapitre II. Intérêt et domaines d'application des cladodes du figuier de Barbarie

II.1. Importance et domaines d'application du cactus.....	22
II.2. Importance économique et écologique.....	22
II.2.1. Importance écologique.....	24
II.2.2. Importance économique.....	25
II.2.2.1. Production de fourrage pour le bétail.....	25
II.2.2.2. Consommation humaine.....	29

II.2.2.2.1. Cladodes du cactus comme légumes.....	30
II.2.2.2.2. Produits de cladodes déshydratés.....	32
II.2.2.2.3. Confiture de Nopal.....	32
II.2.2.2.4. Jus et nectars de cladode.....	33
II.2.2.2.5. Autres produits alimentaires.....	33
II.2.2.2.6. Produits locaux.....	33
II.3. Importance pharmaceutique, thérapeutique et nutraceutique.....	35
II.3.1. Rétention d'eau.....	36
II.3.2. Nettoyage du colon.....	36
II.3.3. Anxiolytique.....	36
II.3.4. Fortifiant.....	36
II.3.5. Digestion, fonction hépatique.....	36
II.3.6. Ulcères gastriques et désordres gastro-intestinaux.....	37
II.3.7. Antilithiasique.....	37
II.3.8. Hyperglycémie.....	37
II.3.9. Hyperlipidémie.....	37
II.3.10. Artériosclérose (durcissement des artères).....	38
II.3.11. Effet sur la mémoire.....	38
II.3.12. Effet sur les os.....	38
II.4. Importance cosmétologique.....	38
II.5. Importance environnementale.....	40
II.6. Importance biotechnologique.....	42
II.7. Autres utilisations.....	43
II.7.1. Combustible.....	43
II.7.2. Colorant.....	44
II.7.3. Apiculture.....	44
II.7.4. Comme cellules solaires sensibilisées par colorants.....	44
II.7.5. Pour la production d'emballage en industries agroalimentaires.....	44
II.7.6. Matériel holographique.....	44
II.7.7. Fabrication de nanoparticules.....	45
Conclusion.....	46
Liste des Références	

Liste des abréviations

ADF	Acid Detergent Fiber
CSSC	Cellules Solaires Sensibilisées aux Colorants
EAM	Extraction assistée par microondes
IRTF	Spectroscopie Infra-rouge à Transformée de Fourier
HCDS	Haut-Commissariat pour le Développement de la Steppe
L.	Linné (classification)
HDL	High Density Lipoprotein
LDL	Low Density Lipoprotein
MEB	Microscopie Electronique à Balayage
Mill.	Miller (classification)
NDF	Neutral Detergent Fiber
OA	<i>Opuntia albicarpa</i>
OFI	<i>Opuntia ficus-indica</i>
OH	<i>Opuntia hyptiacantha</i>
OM	<i>Opuntia megacantha</i>
OS	<i>Opuntia streptacantha</i>
PCR	Protein Chain Reaction
pH	Potentiel d'Hydrogène
spp.	species = espèces (dans <i>Opuntia</i> spp.)

Liste de Figures

Figure 1 : Distribution géographique du figuier de Barbarie	3
Figure 2 : Plante du figuier de Barbarie (a), le figuier de Barbarie sous diverses espèces du genre <i>Opuntia</i> (b, c, d) : (b) <i>Opuntia ficus-indica</i> (inermis), (c) <i>Opuntia megacantha</i> (épineuse), et (d) <i>Opuntia amyclae</i> (épineuse).	6
Figure 3 : Raquette d'une espèce épineuse du figuier de Barbarie.	9
Figure 4 : Fruit du figuier de Barbarie	9
Figure 5 : Fleur du figuier de Barbarie.....	10
Figure 6 : Graines du figuier de Barbarie.....	11
Figure 7 : Schéma d'une coupe transversale de la raquette d' <i>Opuntia</i>	12
Figure 8 : Micrographie obtenue par microscopie électronique à balayage d'une coupe transversale de cladode d'OFI. E : cellules épidermiques, A : aréoles, P : cellules de parenchyme, C : cellules de chlorenchyme.....	13
Figure 9 : Structure partielle du mucilage d' <i>Opuntia ficus-indica</i> proposé par McGarvie and Parolis.....	16
Figure 10 : Raquettes coupées pour la consommation du bétail (Station Sidi Fredj, Souk Ahras)	26
Figure 11 : Broutage direct dans une station de Sidi Fredj (Sud de Souk Ahras) (a) et son effet sur les raquettes (b)	27
Figure 12 : Ruches dans une plantation de figuier de Barbarie dans la station d'Anba (Nord de Tébessa).....	27
Figure 13 : Rôle biologique des cladodes d' <i>Opuntia</i> spp.	30
Figure 14 : Couscous à base de semoule de blé dur, de la pense de bœuf et des cladodes de Cactus (a). Couscous avec cladodes et jeunes fruits (b).	31

Figure 15 : Salade à base de cladodes du figuier de Barbarie.....	31
Figure 16 : Farine de cladodes du figuier de Barbarie	32
Figure 17 : Confiture de cladodes additionnée de citron	32
Figure 18 : Jus à base de cladodes de figuier de Barbarie	33
Figure 19 : Vinaigre (a), jus (b), confiture (c), pâte (d), et huile des graines (e) de figues de Barbarie.....	34
Figure 20 : Gommage extrait des graines de figue de Barbarie (a). Gélules de Poudre d' <i>Opuntia ficus-indica</i> : cladode et fruit (b), cladode comme produit minceur (c).....	39
Figure 21 : Images de microscopie électronique à balayage (MEB) du mucilage d' <i>Opuntia ficus-indica</i> lyophilisé à différents grossissements	41
Figure 22 : Différentes applications biotechnologiques des espèces du genre <i>Opuntia</i> développés durant la dernière décennie.....	42

Liste des Tableaux

Tableau I : Comparaison entre trois espèces du genre <i>Opuntia</i> : <i>Opuntia ficus-indica</i> , <i>Opuntia megacantha</i> , et <i>Opuntia amyclae</i>	7
Tableau II : Variétés de figue de Barbarie cultivées dans le monde	10
Tableau III : Principaux éléments contenus dans les cladodes du figuier de Barbarie	14
Tableau VI : Teneur en minéraux des cladodes du figuier de Barbarie	14
Tableau V : Teneur en acides aminés des cladodes du figuier de Barbarie.....	15
Tableau VI : Teneur en vitamines des cladodes du figuier de Barbarie.....	15
Tableau VII : Composition en sucres du mucilage extrait des cladodes de l'OFI	18
Tableau VIII : Composition en polyphénols des cladodes de l'OFI.....	19
Tableau IX : Teneur en composés phénoliques et capacité antioxydante des cladodes de quelques espèces du genre <i>Opuntia</i>	20
Tableau X : Teneur en antioxydants des cladodes du figuier de Barbarie.....	21
Tableau XI : Production et utilisations des cladodes et des fruits du cactus dans différents pays	23
Tableau XII : Comparaison de la composition des cladodes avec d'autres aliments	28
Tableau XIII : Composition chimique des cladodes du cactus en comparaison avec d'autres éléments fourragers	28
Tableau XIV : Composition chimique des variétés inermes (Aissa et Moussa) d' <i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill. dans la région de Sidi Ifni (Maroc)	29

Glossaire

Accessions	Le nom donné à un lot de semences pour l'identifier lorsqu'il entre dans une banque de semences. Ainsi, dans un village donné, pour une même variété paysanne, plusieurs échantillons peuvent être collectés chez différents paysans ; ils constitueront alors autant d'accessions pour la banque de semences
ADF	L'ADF est principalement composée de cellulose, de lignine et de protéines endommagées par la chaleur. Elle est reliée à la digestibilité des fourrages et est le facteur majeur des calculs du contenu énergétique des aliments. Plus l'ADF est élevée, moins l'aliment est digestible estt énergétique.
Alvéole	C'est une cavité, généralement concave, ou un petit espace où s'encastre quelque chose. En botanique, elle est la loge d'un organe implanté dans un autre, généralement pour désigner la partie formée par les carpelles soudés du pistil de certaines plantes angiospermes.
Apoplaste	C'est une des trois voies de transport radial de l'eau et des solutés dans les tissus végétaux.
Aréole	En botanique, l'aréole est chez les <i>Cactaceae</i> la zone en creux de la plante à partir de laquelle partent en faisceau les épines, les poils laineux, les feuilles, les méristèmes des nouveaux rameaux et les fleurs.
Article	Élément de la tige du Nopal. (Syn. : raquette).
Asperme	Avec épines
Barbarie	Le Nopal arriva en France au cours de la "Guerre de Course". Jean Bart, le "Corsaire du Roi" venait de décimer quelques douzaines de pirates et de s'emparer de plusieurs de leurs vaisseaux. Dans son butin, il trouva de l'or, des bijoux, des captifs, des esclaves, des marchandises de toutes sortes et des plantes bizarres aux vertus inconnues (Le figuier de barbarie). Seuls certains voyageurs savent que c'est une plante indispensable aux marins. Mais longtemps les vertus du nopal ont sommeillé. Un siècle plus tard, Voltaire donna sa première appréciation bien négative : « <i>ce fruit bizarre et barbare qui porte bien son nom convient parfaitement aux cochons, aux ânes, et aux Nègres, mais en aucun cas au palais raffiné d'un honnête homme</i> ». C'est au cours d'un voyage des marins français qui furent emportés par une tempête jusqu'à la Grèce, où ils ont jeté les fruits et les raquettes. Au printemps suivant les habitants de la Grèce ont observé des plantes piquantes dans l'endroit où ils ont jeté les fruits et les raquettes. C'est ainsi que le nopal prospéra dans tout l'archipel où il fût appelé figuier des Francs. Au 18ème siècle, le nopal et la production de cochenilles suscitaient un grand intérêt dans toute l'Europe. C'est

	<p>pour cela que le roi de France a envoyé un espion jusqu'en Espagne pour lui recueillir tous les renseignements concernant l'importation des plants de Nopal et des cochenilles.</p>
Cultivar	<p>C'est une variété de plante (arbres compris) obtenue en culture, généralement par sélection, pour ses caractéristiques réputées uniques. Un cultivar est une variété d'une espèce végétale qui a été obtenue de façon artificielle mais que l'on cultive : il est issu d'une sélection de façon à obtenir les caractéristiques spécifiques souhaitées.</p>
Cuticule	<p>Membrane plus ou moins perméable à l'eau ou aux gaz, revêtant la surface des feuilles et formant un filtre régulateur et protecteur.</p>
Chlorenchyme	<p>Parenchyme chlorophyllien de l'écorce des tiges ou du tissu des folioles.</p>
Domestication	<p>La domestication est un processus évolutif dans lequel les humains transforment les populations végétales naturelles en encourageant la dominance de caractéristiques physiologiques, chimiques ou génétiques les plus utiles des plantes sauvages, pour éliminer les variantes mineures.</p>
Explant	<p>Un explant est le matériel végétal de base qui servira à produire des clones végétaux à partir d'une « plante-mère » ou éventuellement secondairement des greffons.</p>
Flavour	<p>C'est un dérivé du terme anglais <i>flavour</i>, lui-même issu de l'ancien français <i>flaour</i> et du latin <i>flare</i>) désigne l'ensemble des sensations olfactives, gustatives et tactiles ressenties lors de la dégustation d'un produit alimentaire (appréciation sensorielle d'un aliment).</p>
Glochide ou glochidie	<p>Poils en crochet ou en hameçon qui couvrent certains organes (tiges, feuilles, fruits).</p>
Inerme	<p>Sans épines</p>
NDF	<p>La NDF ou la paroi cellulaire représente le contenu total en fibres d'un fourrage. Cette fraction contient la cellulose, l'hémicellulose, la lignine et FDN-N (le % de protéine liée à la fibre FDN = ND-ICP = NDIPB). La NDF donne la meilleure estimate du contenu total en fibre d'un aliment et est liée à la consommation volontaire des aliments. Une hausse de la valeur en NDF mène à une diminution de la consommation d'aliments.</p>
Nopal	<p>Nom mexicain du figuier de Barbarie, relatif aux cladodes.</p>
Nopalitos	<p>Jeunes cladodes.</p>
Nutraceutique	<p>Un produit nutraceutique est fabriqué à partir d'aliments, mais vendu sous forme de pilules ou de poudres, ou sous d'autres formes médicinales qui ne sont pas généralement associées à des aliments, et il s'est avéré avoir un effet</p>

<i>Opuntia</i>	<p>physiologique bénéfique ou assurer une protection contre les maladies chroniques.</p> <p>Qui donna au Nopal le nom d'<i>Opuntia</i> et pour quelle raison ? Pour sa ressemblance avec une plante épineuse qui poussait aux alentours d'Opus (Oponte) village grec, aujourd'hui Talanta. Cela reste controversé.</p>
Parenchyme	<p>Tissu de base des végétaux supérieurs formé de cellules vivantes présent surtout dans la moëlle et l'écorce des tiges, des feuilles et des racines de la plante. Le parenchyme remplit diverses fonctions, entre autres la conduction de la sève.</p>
Pectine	<p>Substance gélifiante présente dans de nombreux végétaux en particulier dans certains fruits : cerise, pommes, coings, figue de Barbarie, betterave. En médecine, la pectine est utilisée comme hémostatique.</p>
Pédologie	<p>Partie de la géologie qui étudie les caractères chimiques et physiques des sols.</p>
Sorgho	<p>Le sorgho commun (<i>Sorghum bicolor</i>), aussi orthographié sorgho, est une espèce de plantes monocotylédones de la famille des Graminées, originaire d'Afrique. Le sorgho est la cinquième céréale mondiale par le volume de production, après le maïs, le riz, le blé et l'orge. C'est la principale céréale pour de nombreuses populations à faible revenu vivant dans les régions tropicales semi-arides d'Afrique et d'Asie.</p>
Stomate	<p>Ensemble de deux cellules végétales ménageant entre elles une ouverture (ostiole) sorte de pore permettant la circulation de l'eau ou de l'air, entre l'intérieur et l'extérieur de la plante.</p>
Tuna	<p>Fruit du Nopal, figue de Barbarie. Par extension, dans le langage populaire, l'arbre lui-même.</p>

Introduction

L'agriculture des zones arides est basée essentiellement sur des espèces qui résistent à la sécheresse, notamment le cactus. C'est une plante qui a l'aptitude de vivre avec une faible quantité d'eau et de supporter une longue période de sécheresse (**Schweizer, 1997**). Elle est d'une grande utilité pour la lutte contre l'érosion et la stabilité des sols (**Neffar, 2012**), et elle est adéquate pour une agriculture durable en Algérie, ainsi qu'à son utilisation dans l'alimentation de l'homme et du bétail (**Nefzaoui et al., 1996 ; Hadj Sadok et al., 2000 ; Anugulo-Bejarano et al., 2014 ; Inglese et al., 2018**).

La culture du figuier de Barbarie est peu exigeante en investissements et le revenu qu'elle peut générer est important. Ces dernières années, des études ont montré qu'un hectare de la plante au-dessus de l'âge de cinq ans est capable de produire jusqu'à 100 t de cladodes fraîches (raquettes) par an dans les zones à faible pluviométrie (**Varnero et de Cortázar, 2006**).

Le Fiquier de Barbarie est connu sous le nom scientifique d'*Opuntia ficus-indica*. La composition chimique des cladodes dépend de la variété, du stade de croissance et des conditions environnementales. Elles ont une valeur nutritive élevée, principalement en raison de leurs ressources minérales, en protéines, en fibres alimentaires et en contenu phytochimique (**Bensadon et al., 2010**). C'est une plante qui reste très peu exploitée, elle peut être valorisée en produits agroalimentaires, cosmétiques et pharmaceutiques. Ces produits vont jouer un rôle socio-économique important pour les agriculteurs et les populations rurales et vont contribuer au développement durable, d'où notre intérêt pour ce thème (**Inglese et al., 2018**).

En Algérie il existe un intérêt grandissant pour le figuier de Barbarie. **Adli et al., (2017), Mazari et al., (2018), et Betatache et al., (2014)**, entre autres, ont travaillé sur la diversité phénotypique de l'OFI, le contenu photochimique des fruits de l'OFI, et le conditionnement des boues des eaux usées par le cladode de l'OFI, respectivement. Plusieurs travaux ont été réalisés au Laboratoire de Biomathématiques, Biophysique, Biochimie et de Scientométrie (3BS) de l'université de Béjaïa. Ces travaux concernent soit l'extraction et la caractérisation du mucilage du cladode de l'OFI (**Felkai-Haddache et al., 2015a ; Felkai-Haddache et al., 2015b ; Lefsih et al., 2016 ; Lefsih et al., 2018**), l'utilisation du mucilage dans le traitement des eaux usées (**Djerroud et al., 2018, Adjeroud et al., 2015 ; Adjeroud et al., 2018 ; Adjeroud-Abdellatif et al., 2020**), l'étude de la composition chimique et de l'activité antioxydante de l'huile des graines de l'OFI en comparant avec d'autres plantes (**Brahmi et al., 2020**), l'extraction de l'huile des graines (**Khaled et al., 2019**), et pour la préservation de la qualité du jus de fruits du figuier de Barbarie (**Terki et al., 2018**).

Dans le cadre de la valorisation du figuier de Barbarie, nous nous sommes intéressées à cette plante, qui est abondante en Algérie particulièrement dans les régions de la Kabylie. L'objectif de notre travail est de mettre l'accent sur l'intérêt des cladodes du figuier de Barbarie en faisant ressortir leurs compositions, résumer les principales études faites sur la plante, souligner les efforts récents mis au point en Algérie pour une meilleure exploitation de la plante, et mettre l'accent sur les différentes applications des cladodes dans le monde et en Algérie.

Le présent document est réparti en deux chapitres :

- ✚ Le chapitre I englobe une étude bibliographique sur la description du figuier de Barbarie, ainsi que la composition générale des cladodes.
- ✚ Le chapitre II concerne l'intérêt des cladodes, notamment grâce à leurs composants comme les polysaccharides et les polyphénols, et leurs domaines d'applications, ainsi que la présentation d'exemples d'applications réelles qui sont réalisées au niveau national et international.

Ce travail est clôturé par une conclusion de cet état de l'art sur le figuier de Barbarie, et les perspectives qui pourraient contribuer à approfondir les connaissances en termes de recherche sur cette plante trop longtemps négligée dans notre pays.

Chapitre I

Généralités sur le figuier de Barbarie

I-1. Origine, distribution du figuier de Barbarie et état des lieux :

Le figuier de Barbarie, est un arbre originaire des régions arides et semi-arides du Mexique (El Mannoubi *et al.*, 2008). Il a été introduit au sud de l'Espagne suite à la première expédition de Colomb au nouveau monde (Bouzoubaâ *et al.*, 2014). Par la suite, il a été propagé au Nord et au Sud de l'Afrique et tout au long du Bassin Méditerranéen lors du 16ème siècle (Mabrouk *et al.*, 2016). Le cactus est essentiellement développé sur la partie Ouest de l'océan méditerranéen : sud de l'Espagne et du Portugal, Sicile et Afrique du nord. Il occupe des superficies importantes en Sicile avec plus de 3 000 000 ha, et en Tunisie avec plus de 100 000 ha (Schweizer, 1997).

L'introduction du cactus en Afrique du Nord a été favorisée par l'expansion espagnole au cours du XVIe et XVIIe siècles et aussi par le retour des Maures vers leur patrie quand ils ont finalement été expulsés d'Espagne en 1610. Ils ont pris avec eux le « figuier indien » avec ses fruits succulents et les ont plantés autour de leurs villages (Inglese *et al.*, 2018). La Figure 1 montre l'aire d'origine du figuier de Barbarie : le Mexique (en vert), et les nouvelles aires de distribution (en noir) : Brésil, Chili, Etats Unies, Inde, Israël, Italie, Espagne, Erythrée, Portugal, Algérie, Tunisie, Libye, Maroc, Afrique du Sud, Ethiopie, Soudan, Tanzanie, Kenya, et Uganda.

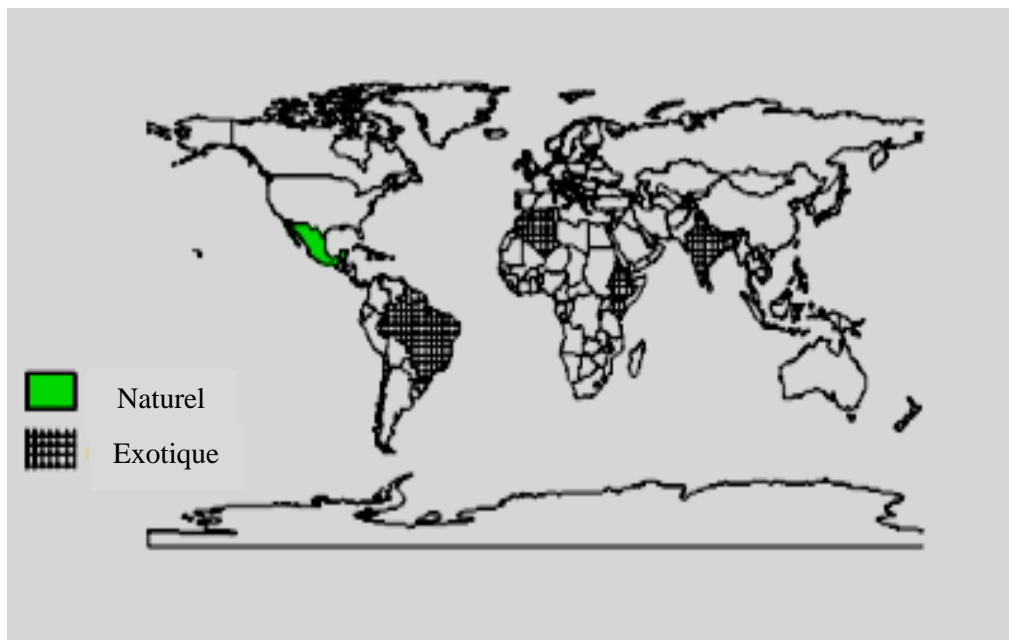


Figure 1 : Distribution géographique du figuier de Barbarie (Neffar, 2012).

D'un autre côté, Gonzalo Fernández de Oviedo (1478-1577) reporta dans son livre (Histoire naturelle et générale des Indes, en 1536) que les plantations du figuier de Barbarie

servaient de haies pour se défendre des espagnols en pleine période de guerre vers la fin du 14^{ème} siècle en Afrique du nord. C'est lui qui décrit la plante pour la première fois de façon précise. Il a cité que ses premières traces en Afrique du Nord datent d'environ 1505 à 1510 (**Inglese et al., 2018**).

La plante est importante dans les pays d'Afrique du Nord, comme l'Algérie, l'Égypte, le Maroc et la Tunisie. En Tunisie, 400 000 ha à 500 000 ha sont cultivés (**Pourrezaei et al., 2011**). Le Maroc et la Tunisie ont développé depuis plusieurs années une filière de transformation de cette plante. Le Maroc est le premier exportateur de l'huile de pépins de figue de barbarie. En Algérie, la classification botanique et les données relatives de l'espèce (dénombrement, taxonomie, statistiques et toxicité) ne sont pas encore bien définies. Cependant, une étude a été effectuée sur la diversité phénotypique (différence des caractéristiques morphologiques) de 20 accessions de l'OFI, avec et sans épines, de la steppe Algérienne par **Adli et al., (2019)**, et a montré qu'il existe une variation graduelle des épines et des aréoles qui est une réponse aux facteurs climatiques. Selon le HCDS (**Haut-Commissariat pour le Développement de la Steppe (HCDS), 2016**) la surface des plantes cultivées ou sauvages est estimée à 31 359 ha dans la région Algérienne d'el Hodna et 24 322 ha dans la région Est du pays en 2015. Le HCDS l'estime à environ 55 681 ha en faisant la somme des deux régions, mais ce chiffre est loin de représenter la réalité, à l'exception des wilayas qui ont bénéficié des programmes de plantation du figuier de barbarie par le HCDS, aucune direction des services agricoles ne dispose de statistiques fiables sur la superficie existante ou sur le niveau de production annuelle.

Des séminaires internationaux ont été organisés en Algérie depuis 2013 et des experts mexicains aident les agriculteurs algériens à améliorer les rendements en identifiant les "variétés les plus avantageuses" à cultiver. Selon l'association nationale pour le développement du cactus (née en 2013), une première unité de production a ouvert dès 2015 à Souk Ahras, dédiée aux huiles, vinaigres et jus. Dans cette région, la transformation du cactus a fait émerger une économie familiale qui offre aux femmes, souvent employées pour la récolte, une indépendance financière et aux jeunes un espoir d'avenir. En Mai 2019, le ministère Algérien de l'Agriculture, du développement rural et de la pêche a officiellement déclaré la plante comme filière agricole autonome. Ceci va permettre l'élaboration et l'amélioration des stratégies de développement des cultures de la plante.

I.2. Dénomination du figuier de Barbarie :

Il existe plusieurs appellations selon les différentes régions dont le Nopal (*Opuntia*) est le nom mexicain de la plante, qui vient du mot Nochtli en Nahuatl, langue classique des Aztèques. *Opuntia* qui est l'appellation scientifique, vient du latin *Opuntius* d'Oponthe, qui réfère aux plantes grasses à rameaux épineux en forme de raquette, tel le figuier de Barbarie (Schweizer, 1997). Les *Opuntia* sont appelés « cactus raquettes » en raison de la forme aplatie et ovale de leurs cladodes. La plante peut porter un nom différent selon le parler local. En Espagne, outre Nopal, Nopallitos, on l'appelle familièrement Nopalcito, Tuna, Ensada, Higos de pala, Higos de Mauro. En Andalousie : Chumbera ou Higuera Chumbra. Dans les pays francophones du bassin méditerranéen où elle est très populaire, l'*Opuntia* est surnommé Cardasse, Chardon d'Afrique, Cactus raquette, Fiquier à raquette, raquette, figuier de Barbarie (Schweizer, 1997).

D'autres noms ont été utilisés comme figuier des Indes, figuier du désert, semelle du pape, et figuier d'Espagne, prickly pear est le nom anglais (Halimi, 2015). Parmi d'autres noms on trouve Oponce et Figue des chrétiens (Felice, 2004). Dans le livre de Léon de Rosny (1837-1914) sur l'OFI au Maghreb, les indigènes ont donné de nouveaux noms à la figue de barbarie, tels que : El hindi, Sebar, Karmouss n'ssara, Karmouss n'ougham (OFI épineux), Etin chawki (nom arabe).

I.3. Taxonomie du figuier de Barbarie :

Habituellement on associe le figuier de Barbarie à l'espèce *Opuntia ficus-indica*. Ainsi, le cactus (*Opuntia ficus-indica*) communément connu sous le nom de figuier de Barbarie, L'*Opuntia ficus-indica* appartient à la famille des Cactacées (Osuna-Martínez et al., 2014). Sa classification botanique est la suivante (Neffar, 2012) :

Règne : <i>Plantae</i>	Famille : <i>Cactaceae</i>
Sous règne : <i>Trachéobionta</i>	Sous famille : <i>Opuntioideae</i>
Embranchement : <i>Phanérogames</i>	Tribu : <i>opuntieae</i>
Sous embranchement : <i>Magnoliophyta</i>	Genre : <i>Opuntia</i>
Classe : <i>Magnoliopsida</i>	Sous genre : <i>Platyopuntia</i>
Sous classe : <i>Caryophyllidae</i>	Espèce : <i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Miller, 1768.
Ordre : <i>Caryophyllales</i>	Sous espèce : <i>Opuntia</i> spp

Le genre *Opuntia* est subdivisé à son tour en quatre sous-genres : *Plactyopuntia*, *Cylindropuntia*, *Tephrocactus* et *Brasiliopuntia*. Le sous genre *Platyopuntia* comprend de 150 à 300 espèces décrites, dont la série de *Ficus-indicae* qui comprend l'*Opuntia ficus-indica*

MILL. (Mulas et Mulas, 2004). Selon Feugang *et al.*, 2006, le terme cactus (*Cactaceae*) fait référence à un groupe d'environ 1600 espèces en 130 genres subdivisés en trois sous-familles *Opuntioideae*, *Pereskioideae*, et *Cactoideae*.

Le cactus du genre *Opuntia* est doté d'une diversité génétique importante et un certain nombre d'espèces et variétés ont été décrit. Il y'a des espèces qui sont épineuses (ou aspermes), et d'autre qui sont inermes (Arba, 2009) (Figure 2). Le genre *Opuntia* est taxonomiquement diversifié et largement distribué dans les Amériques ; 78 espèces sont originaires du Mexique où l'on peut trouver la richesse en variantes et cultivars sauvages et semi-domestiqués (Astello-Garcia *et al.*, 2015).

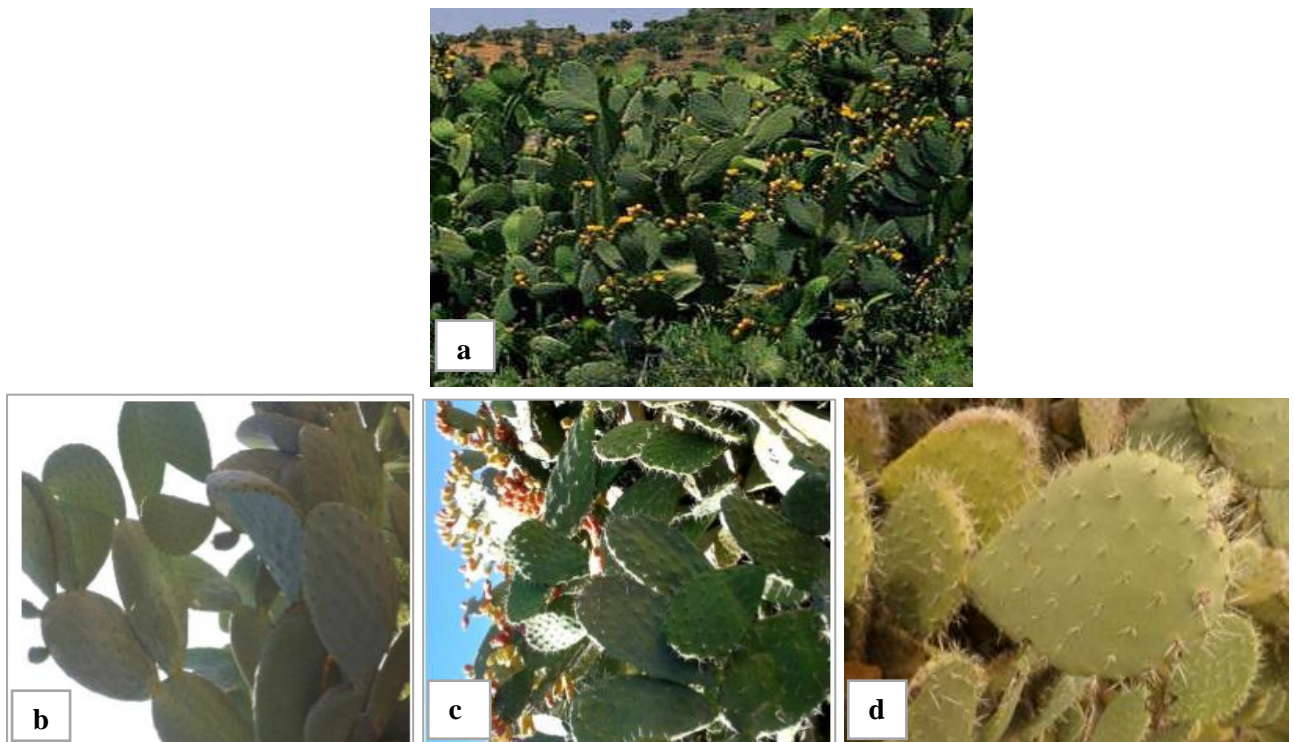


Figure 2 : Plante du figuier de Barbarie (Habibi, 2004) (a), le figuier de Barbarie sous diverses espèces du genre *Opuntia* (b, c, d) : (b) *Opuntia ficus-indica* (inermes), (c) *Opuntia megacantha* (épineuse), et (d) *Opuntia amyclae* (épineuse).

Ces deux groupes ont les caractéristiques suivantes :

- ✚ Les cactus inermes : en Kabyle, on l'appelle « *el karmous lahlou* » ; il est cultivé pour ses fruits plus gros et plus juteux que ceux de la variété épineuse ordinaire, ses raquettes dépourvues d'épines souvent utilisées en tant que fourrage pour le bétail.
- ✚ Les cactus épineux ou « *el karmous el kares* » : il est le plus répandu car il résiste à la destruction par le bétail. Il forme des haies infranchissables aux animaux sauvages, nécessite peu d'entretien tout en offrant la richesse de ses fruits et de ses raquettes.

Walali Loudyi D, (1995), affirme que les dromadaires se rabattent sur les raquettes des cactus en dépit de leurs épines, en période de grande sécheresse et quand l'herbe se fait rare.

Toutefois, il semble qu'il n'y ait pas de variétés absolument inermes mais à aiguillons plus ou moins rares (Walali Loudyi, 1995). Ces deux variétés sont retrouvées jusqu'à une altitude moyenne de 1000 m. Au-delà, la neige leur fait subir de nombreux dégâts.

La forme inerme d'*Opuntia ficus-indica*, commune aujourd'hui en agriculture, est le résultat d'un long processus de sélection en culture. Sa domestication a commencé il y a environ 8 000 ans (Inglese et al., 2018). Le genre *Opuntia* a été divisé en plusieurs séries, soulignant que la série *Ficus-indica* (*Opuntia ficus-indica*, *O. crassa* et *O. undulata*) a été étroitement liée à la série *Streptacanthae* (comprend 12 espèces, y compris *O. amyclae*, *O. megacantha* et *O. streptacantha*). Outre le manque d'épines de la série *Ficus-indicae*, d'autres différences fondamentales renforcent la séparation des deux séries. Ainsi, ces deux groupes peuvent être différenciés en fonction de la taille du cladode, des caractéristiques de l'aréole, des fruits et des graines (Reyes-Agüero, 2005). Le Tableau suivant montre les différences taxonomiques entre trois espèces du genre *Opuntia* :

Tableau I. Comparaison entre trois espèces du genre *Opuntia* : *Opuntia ficus-indica*, *Opuntia megacantha*, et *Opuntia amyclae* (Reyes-Agüero, 2005).

Caractéristique	<i>O. ficus-indica</i>	<i>O. amyclae</i>	<i>O. megacantha</i>
Cladodes			
Forme	Elliptique	Oblongue à elliptique	Obovale* à oblongue
Longueur (cm)	27-63	30-40	30-60
Largeur (cm)	14-31	15-20	18-19,5
Épaisseur (cm)	1-3		1,5-2,5
Aréoles			
Nombre de lignes	6-19		7-14
Longueur (mm)	2-8		2-4
Distances entre les lignes (cm)	2,7-5		5-8
Épines	+ Absents	Présents	Présents
Nombre par aréole	0-1	1-4	1-7
Longueur (mm)	3-10	à 30	20-35
Couleur	Blanches	Blanches	Blanches ou marrons
Fruits			
Couleur de l'écorce	Jaune, vert-jaune, Jaune-rouge, rouge ou pourpre		Jaune ou jaune rouge
Longueur (cm)	5-10		4,5-11
Diamètre (cm)	4-7		3-4

+ : majoritairement, *obovale = en botanique feuille de forme ovale mais dont la partie supérieure est plus large que la partie inférieure par rapport à la tige de la feuille.

L'*Opuntia ficus-indica* Mill. et l'*Opuntia vulgaris* Mill. sont les deux espèces les plus répandues sur terre. L'espèce *Opuntia vulgaris* (ou *O. inermis*) est très prisée en Espagne, en Afrique du Nord et dans bien d'autres pays. Selon **Ait Youcef, (2006)**, les espèces du cactus les plus largement répandues en Afrique du Nord sont : *Opuntia ficus-indica*, *Opuntia megacantha* et *Opuntia maxima*. Sur ces trois espèces, deux sont présentes en Kabylie : *Opuntia ficus-indica* et *Opuntia megacantha*. La troisième espèce : *Opuntia maxima*, est présente au Maroc : elle présente des raquettes de grande taille et de gros fruits tardifs. Plusieurs auteurs affirment que l'*Opuntia ficus-indica* 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 (**Mulas et Mulas, 2004 ; Neffar, 2012**).

I.4. Description morphologique des différentes parties de la plante :

Le figuier de Barbarie est une plante arborescente érigée, rameuse, et xérophile à tige ovale, charnus et aplatis, de hauteur qui varie de 2 à 6 m, son tronc ligneux, est formé par des articles appelées raquettes (cladodes) qui en se desséchant perdent peu à peu leur forme ovale pour devenir cylindrique. Les variétés prospérant dans le Sud de l'Europe et au Maghreb, issues pour la plupart de l'*O. vulgaris* ou de l'*O. ficus-indica*, présentent à partir de petites racines extrêmement résistantes, un tronc court à bourrelets, d'où s'élancent des tiges charnues plus ou moins ramifiées, de couleur verte. Ces tiges se composent de segments (articles) ovales, aplatis, aux articulations rétrécies, qui leur donnent cette forme curieuse et amusante (**Schweizer, 1997**).

L'*Opuntia* peut se reproduire à partir d'un cladode tombé sur le sol. Il prend racine du simple contact d'un de ses alvéoles avec la terre. La plante se caractérise par une remarquable adaptation à la sécheresse obtenue au fil du temps par la fantastique évolution de la structure de son organisme. L'*Opuntia* se plaît dans les sols calcaires et les climats semi-arides avec des températures de 18 à 30 °C (**Schweizer, 1997**).

Le figuier de Barbarie comprend les parties suivantes :

- Raquette, Fruit, Fleur, Graine, Feuille (tige), et Appareil racinaire.

I.4.1. Raquette (Cladode) :

Les cladodes sont indiqués en **Figure 3**. Ce sont des tiges modifiées qui remplacent les feuilles dans leur fonction photosynthétique, de forme ovoïde ou allongé (**Feugang, 2006**), mesurent 30–60 cm longueur, 20–40 cm de largeur et 1,9–2,8 cm d'épaisseur. Le cladode d'*Opuntia ficus-indica* a une couleur verte opaque et ses épines sont absentes au niveau des

cladodes (jeunes cladodes) (**Medina-Torres *et al.*, 2011**), elles sont couvertes de petites aréole, et de glochide blancs (**Habibi, 2004**)



Figure 3 : Raquette d'une espèce épineuse du figuier de Barbarie (**Habibi, 2004**).

I.4.2. Fruit :

Les fruits du cactus est une baie ovale allongée (**Figure 4**) pourvues d'épines de 67 à 216 g de poids. Ils offrent un large éventail de couleurs à partir de blanc, jaune, orange, rouge et violet à base de bétalaïnes, la pulpes est toujours juteuse de couleur jaune-orangé, rouge ou pourpre se compose principalement d'eau (84-90 %) et de sucre réducteur (10 à 15 %). Ils sont parsemés de nombreuses petites graines (**Mobhammer *et al.*, 2006 ; Habibi, 2004**).



Figure 4 : Fruit du figuier de Barbarie (**Habibi, 2004**).

Quelques Variétés de la figue de Barbarie cultivées dans le monde sont présentées dans le **Tableau** ci-dessous.

Tableau II : Variétés de figue de Barbarie cultivées dans le monde.

Pays	Variété	Caractéristiques	Référence
Maroc	Aissa	Pulpe jaune orangé, maturité précoce, plus sucrée et juteuse	(Arba, 2009)
	Moussa	Pulpe jaune orangé à maturité tardive, plus sucrée et juteuse	
	El Bayda	Pulpe vert clair.	
	El Akria	Pulpe rouge carmin	
	Dellahia	Pulpe verte, plus sucrée et juteuse, maturité tardive.	
	Essaouira	Forme de petite poire à pulpe rouge pourpre, plus acide.	
Italie	Gialla,	/	(Saenz, 2000)
	Rossa		
	Bianca.		
Egypte	Al Sharqiyah	Couleur de la pulpe orange-jaune.	(Bouzoubaâ <i>et al.</i> , 2014)

En Algérie, **Chougui *et al.*, (2013)** ont décrit les variétés de fruits, de la région de Béjaia, par leurs couleurs. Huit variétés ont été étudiées pour leurs caractéristiques et composition des graines, elles ont été décrites comme étant vertes (sans épines, peau vert clair, forme ovoïde, portion comestible vert clair), jaunes (épineuse, peau jaune, forme allongée, portion comestible jaune-orange), rouge (avec épines, peau rouge, forme allongée, portion consommable rouge), et orange (épineuse, peau orange, forme ovoïde, portion comestible orange).

I.4.3. Fleur :

Les fleurs du figuier de Barbarie (**Figure 5**) sont hermaphrodites, marginales sur le sommet des cladodes de couleur jaune et deviennent rougeâtre à l'approche de la sénescence de la plante (**Habibi, 2004**), avec des sépales des pétales et étamines en nombre indéfini et en disposition spiralée, leur gynécée est formé par un ovaire inférieur constitué de 5 carpelles soudées qui se transforme à maturité en un fruit comestible (**Kharrassi, 2015**).



Figure 5 : Fleur du figuier de Barbarie (**Habibi, 2004**)

I.4.4. Graine :

Les graines de fruits du figuier de Barbarie (**Figure 6**) présentent une variation de forme, taille, structure, caractéristiques de l'embryon. Ils représentent environ 10-15 % des aliments comestibles (**Feugang et al., 2006**).



Figure 6 : Graines du figuier de Barbarie (**Habibi, 2004**).

I.4.5. Feuille (cladode):

Les feuilles sont de forme conique et ont quelques millimètres de long, éphémères, apparaissant sur les cladodes jeunes. Le cladode est donc le rameau d'une plante à l'apparence d'une feuille, et qui en prend la fonction. A leur base, se trouvent les aréoles (environ 150 par cladodes) qui sont des bourgeons axillaires modifiés, typiques des Cactacées (**Neffar, 2012**). Les feuilles de certaines espèces du genre *Opuntia* contiennent des épines et il est parfois difficile de les identifier ou de retrouver leurs cicatrices (**Kharrassi, 2015**).

I.4.6. Appareil racinaire :

Le figuier de Barbarie a un système racinaire superficiel et charnu, qui se répand horizontalement. La distribution racinaire peut dépendre du type de sol et de la gestion culturale. Dans des conditions favorables de sol, une racine pivotante se développe, pénétrant presque 30 cm dans le sol. Dans des conditions de sécheresse, telles que celles rencontrées dans les régions arides et semi-arides, des racines secondaires charnues se développent depuis la racine pivotante pour absorber l'humidité du sol à une plus grande profondeur. Néanmoins, dans tous les types de sols, la majeure partie de la masse de racines absorbantes se trouve dans les centimètres superficiels, à une profondeur maximale de 30 cm, mais se répandant horizontalement sur 4 à 8 m (**Inglese et al., 2018**).

I.5. Cladode du figuier de Barbarie :

Les jeunes cladodes sont appelés Nopalitos au Mexique, ils sont consommés en tant que légumes car ils sont tendres et fibreux, leur valeur nutritive est similaire à celle d'un grand nombre de légumes-feuilles, ils sont moins nutritifs que les épinards mais plus nutritifs que la laitue (Arba, 2009).

I.5.1. Composition chimique des cladodes du figuier de Barbarie :

Les cladodes du figuier de Barbarie sont riches en eau, en hydrates de carbone, en vitamine C et en bêta-carotène (Arba, 2009). Ils sont caractérisés par un déséquilibre nutritionnel bien qu'ils soient une source d'énergie et d'eau. Les teneurs en eau des cladodes frais varient de 80 à 90 % (Benattia, 2017). Les cladodes sont réputés être riches en minéraux essentiellement le calcium et les oxalates et en mucilage, polysaccharides (pouvant dépasser 70 types) environ de structure chimique parfois très complexe retrouvés dans plusieurs plantes supérieures.

Une coupe transversale du cladode est illustrée en **Figure 7**. L'épiderme des cladodes a deux couches : le chlorenchyme et une autre couche interne, qui est formée par un cylindre de globules blancs, appelé parenchyme. Leur fonction principale est le stockage de l'eau. Dans le chlorenchyme et le parenchyme, il y a des cellules mucilagineuses qui stockent le mucilage. Ces cellules particulières sont plus abondantes dans le parenchyme (Sepulveda *et al.*, 2007).

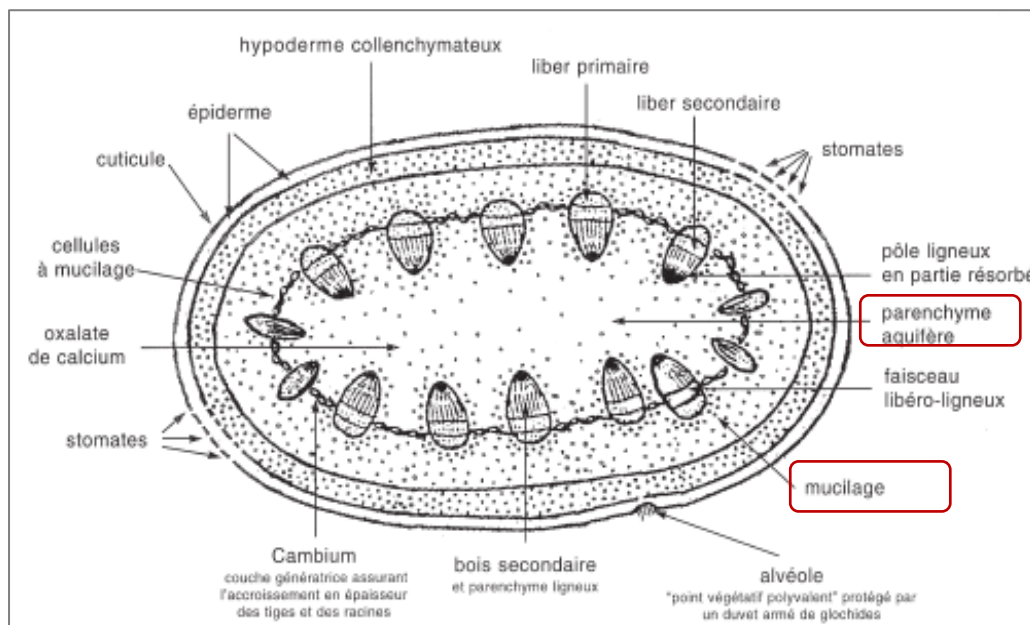


Figure 7. Schéma d'une coupe transversale de la raquette d'*Opuntia* (Schweizer, 1997).

La **Figure 8** montre une photographie réelle de la coupe transversale d'un cladode. Les cellules épidermiques (E), les aréoles (A), ainsi que les cellules du parenchyme (P) et du chlorenchyme (C) sont clairement identifiées (**Malainine et al., 2001**).

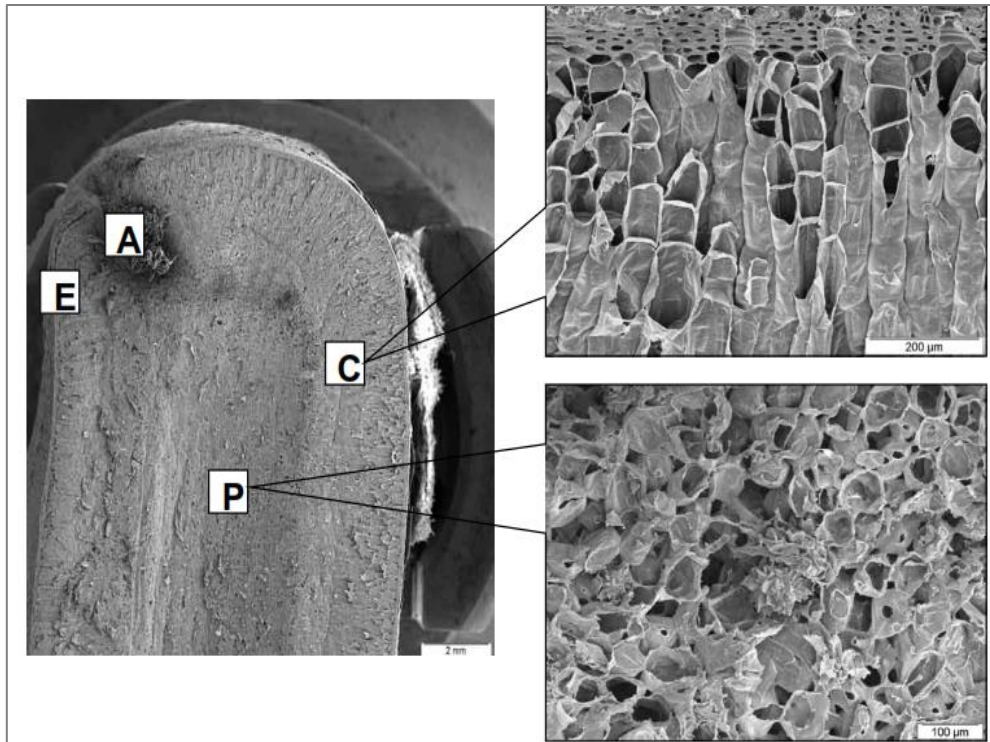


Figure 8 : Micrographie obtenue par microscopie électronique à balayage d'une coupe transversale de cladode d'OFI. E : cellules épidermiques, A : aréoles, P : cellules de parenchyme, C : cellules de chlorenchyme (**Malainine et al., 2001**).

D'une façon générale, les tissus des *Opuntia* ont une faible teneur en protéines et en phosphore. Ils sont moyennement riches en énergie et riche en vitamine A. La teneur des raquettes en matières azotées totales ainsi que la teneur en paroi totale, en lignocellulose et en lignine sont faibles. La fraction sucre comprend des composants mucilagineux (**Ginestra et al., 2009**).

Le figuier de Barbarie présente une forte teneur en composés phénoliques associés à la prévention des métastases du cancer (**Angulo-Bejarano et al., 2014**). Que ce soit au niveau des cladodes qu'au niveau des fruits qui constituent aussi une bonne source de vitamines et de composés intéressants tels que les polyphénols et les Bétalaines responsables de leurs colorations (**Kuti, 2004**).

Ainsi, le principal constituant des raquettes du figuier de Barbarie est l'eau, suivi de petites quantités de glucides, fibres et protéines (**Tableau III**). D'autres composés ne sont que partiellement connus et n'ont pas été déterminés quantitativement.

De nombreuses recherches ont démontrées que l'utilisation d'engrais azotés et phosphatiques augmente le contenu en protéines brutes des raquettes d'*Opuntia*. Le contenu en substances nutritives varie suivant l'âge des raquettes. Le pourcentage des protéines brutes diminue (de 5 à 3 % de la MS) tandis que le contenu en fibres augmente (de 9 à 20 % de la MS), quand les raquettes passent de 1 à 5 ans (Mulas et Mulas, 2004).

Tableau III : Principaux éléments contenus dans les cladodes du figuier de Barbarie (Stintzing *et al.*, 2005 ; El Mostafa, *et al.*, 2014).

Composants	Matière sèche (g/100 g)	Poids frais (g/100g)
Eau	-	88-95
Glucides	64-71	3-7
Cendres	19-23	1-2
Fibres	18	1-2
Protéines	4-10	0,5-1
Lipides	1-4	0,2
Polyphénols : Ac. Gallique	0,00064-0,00237	

Dans la raquette, les principaux minéraux sont le calcium et le potassium, avec des quantités allant de 235 à 5520 mg/100 g comme indiqué dans le **Tableau** suivant :

Tableau IV : Teneur en minéraux des cladodes du figuier de Barbarie (Kamble *et al.*, 2017).

Composants	Cladode (mg/100g)
Calcium	5,64-17,95
Oxalate de calcium	11,5-14,3
Magnésium	8,80
Potassium	2,35-55,20
Phosphore	0,15-2,59
Sodium	0,3-0,4
Zinc	0,08
Manganèse	0,19-0,29
Fer	0,09

Concernant les acides aminés contenus dans les cladodes, le principal acide aminé détecté est la glutamine, suivie par la leucine, la lysine, la valine, l'arginine, la phénylalanine et l'isoleucine (**Tableau V**) (Kharrassi, 2015).

Tableau V : Teneur en acides aminés des cladodes du figuier de Barbarie (Kamble *et al.*, 2017).

Composant	Cladode (g/100g)
Alanine	0,6
Arginine	2,4
Asparagine	1,5
Acide aspartique	2,1
Acide glutamique	2,6
Glutamine	17,3
Glycine	0,5
Histidine	2,0
Isoleucine	1,9
Lysine	1,3
Méthionine	1,4
Phénylalanine	17
Serine	32
Thréonine	2,0
Tyrosine	0,7

Les analyses chromatographiques des lipides totaux, extraits des cladodes de cactus, montrent que l'acide palmitique (C16:0), l'acide oléique (C18:1), l'acide linoléique (C18:2) et l'acide linoléique (C18: 3) contribuent respectivement à 13.87, 11.16, 34.87 et 32.83 % de la teneur en acides gras totaux. Ces quatre acides gras représentent ainsi plus de 90 % des acides gras totaux, les acides linoléiques et linoléique, principaux acides gras polyinsaturés, représentant à eux seuls à 67,7%. La teneur en acide linoléique dans la raquette (34,87 %) est proche de celle de l'huile d'argan (29 à 40,41 %) (Kharrassi, 2015).

Cependant, l'acide ascorbique (vitamine C) est un important constituant du fruit du figuier de Barbarie sur le plan nutritionnel par rapport aux cladodes du figuier de Barbarie (Tableau VI).

Tableau VI : Teneur en vitamines des cladodes du figuier de Barbarie (Feugang *et al.*, 2006).

Composants	Poids en Matière fraîche pour 100 g de	
	Cladode	Pulpe du Fruit
Acide ascorbique	7-22 mg	12-81 mg ²
Niacine	0,46 mg	<i>Quantité infime</i>
Riboflavine	0,60 mg	<i>Quantité infime</i>
Thiamine	0,14 mg	<i>Quantité infime</i>
Vitamine E total	<i>Non disponible</i>	111-115 µg
Vitamine K ₁	<i>Non disponible</i>	53 mg

I.5.2. Mucilage :

Le genre *Opuntia* se caractérise par la production d'un hydro colloïde communément appelé le mucilage (Sepulveda *et al.*, 2007). Le mucilage est un polysaccharide contenant une structure moléculaire jusqu'à 30 000 monosaccharides (McGarvie et Parolis, 1981), et fait partie des fibres alimentaires et a la capacité d'absorber de grandes quantités d'eau, se dissolvant et se dispersant et formant des colloïdes visqueux ou gélatineux (Saenz *et al.*, 2000).

La capacité des *Cactaceae* à retenir l'eau dans des conditions climatiques défavorables est due à la capacité de liaison du mucilage avec l'eau. La biosynthèse du mucilage a lieu dans des cellules spécialisées qui l'excrètent dans l'apoplaste, où il aide à réguler la teneur en eau cellulaire pendant la phase initiale de déshydratation (Cárdenas *et al.*, 1997). Des études sur les tissus ont montré que le mucilage n'est présent que dans l'appareil de Golgi et sa synthèse se fait probablement dans cet appareil (Sepulveda *et al.*, 2007).

1.5.2.1. Composition chimique du mucilage des cladodes de cactus :

La fraction majoritaire du mucilage du figuier de Barbarie est constituée d'un polysaccharide neutre. Le mucilage d'OFI est composé de 55 résidus de sucre (Saenz *et al.*, 2004). Ce sont substances polymères complexes de nature glucidique, à structure très ramifiée, qui contient des proportions variables de L-arabinose, D-galactose, L-rhamnose et D-xylose, ainsi que l'acide D-galacturonique en différentes proportions (Figure 9). Il est retrouvé dans des proportions de 17.6 à 24.7 %, selon qu'il provient à partir de fruits ou de cladodes (Saenz *et al.*, 2000).

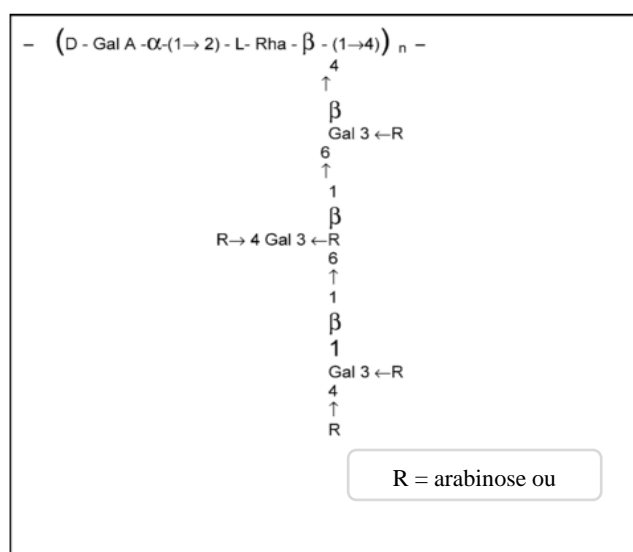


Figure 9. Structure partielle du mucilage d'*Opuntia ficus-indica* proposé par McGarvie and Parolis (1981) cité par (Saenz *et al.*, 2004).

Différents chercheurs ont déjà déterminé le rendement en mucilage d'*Opuntia* spp. particulièrement celui d'OFI. Il s'est avéré être de 1,4 % à partir de cladode frais et de 17,95 % à partir de cladode séché (**Naod, 2010**). Les polymères composant le mucilage sont : les polymères de haut poids moléculaire dont le poids moléculaire allait de 15.3 à 15.7×10⁶ g.mol⁻¹, le reste sont des polymères à faible poids moléculaire (**Felkai-Haddache et al., 2015a**).

La structure du mucilage est proposée en deux fractions hydrosolubles distinctes. L'une est une pectine avec des propriétés gélifiantes avec Ca²⁺ et l'autre est un mucilage sans gélification (**Sepulveda et al., 2007**). La fraction soluble est pauvre en acide galacturonique par rapport à la fraction gélifiante. Chez les *Opuntia* ce mucilage ne semble pas être chimiquement lié à la paroi cellulaire (**Lefsih et al., 2016**). Pour rappel, la pectine est un polysaccharide natif dans la paroi cellulaire et les lamelles moyennes en particulier des fruits et légumes. Elle est composée d'une colonne vertébrale d'unités d'acide α-(1-4)-D-galacturonique. Ces unités pourraient être alternatives par des résidus de rhamnose pour former le rhamnogalacturonane (**Bayar et al., 2017**).

Selon **Angulo-Bejarano et al., (2014)**, le glucose et l'acide galacturonique sont les constituants majeurs de la composition en sucres des cladodes. Aussi, d'importantes quantités d'amidon et de xyloglucane ont été détectées, le contenu en amidon était de 89.5 mg/g. Il est aussi intéressant de constater des quantités élevées de calcium oxalate et de Klason lignine (lignine insoluble) (16 %) dans les cladodes.

La teneur en mucilage des cladodes de cactus est influencée par certains effets associés à la gestion de cette culture. La température du climat, l'irrigation et la pluie peuvent aussi influencer la teneur en mucilage (**Saenz, 2000**).

Les constituants chimiques du mucilage de l'OFI de différentes recherches utilisant divers protocoles d'extraction sont résumés dans le **Tableau** ci-dessous :

Tableau VII. Composition en sucres du mucilage extrait des cladodes de l'OFI (Goycoolea *et al.*, 2003).

	Extraction du mucilage à l'éthanol (Goycoolea <i>et al.</i> , 2003) (poids en %)	Extraction du mucilage à l'isopropanol/acétone (Medina-Tores <i>et al.</i> , 2000) (poids en %)	Extraction du mucilage à l'acétone (Mc Garvie et Parolis, 1981) (poids en %)	Extraction du mucilage à l'éthanol par EAM* (Felkai-Haddache <i>et al.</i> , 2015a) (ratio molaire de chromatographie)
Galactose	20,99	20,4	18,4	32,0 ± 0,8
Xylose	3,06	22,1	24,5	18,0 ± 1
Arabinose	17,93	44	42,4	36,0 ± 0,6
Glucose	0	0	/	/
Rhamnose	1,75	7	6,4	6,0 ± 1,2
Acide uronique	11,0	6,4	/	/
Acide galacturonique	/	/	8,4	10,0 ± 0,9

*EAM = Extraction assistée par microondes (500 Watt en 7 minutes).

I.5.3. Polyphénols :

Les polyphénols, dénommés aussi composés phénoliques, sont des molécules spécifiques du règne végétal et qui appartiennent à leur métabolisme secondaire (Mompon *et al.*, 1996 ; He *et al.*, 2007). On les trouve dans les plantes, depuis les racines jusqu'aux fruits. Leurs fonctionnements ne sont pas strictement indispensables à la vie du végétal, cependant ces substances jouent un rôle majeur dans les interactions de la plante avec son environnement (Richter, 1993), contribuant à la survie de l'organisme dans son écosystème.

Le terme phénolique est utilisé pour définir des substances qui possèdent au moins un groupement hydroxyle (OH) substitué sur un cycle aromatique. Ce nom provient du composé parent le plus simple : le phénol. Les polyphénols naturels peuvent donc être des molécules simples comme les acides phényliques, mais aussi des composés hautement polymérisés comme les tannins. Plusieurs milliers de composés phénoliques ont été caractérisés, on compte, à l'heure actuelle 8000 composés. Ils ont tous en commun la présence d'un ou plusieurs cycles benzéniques portant une ou plusieurs fonctions hydroxyles (Bravo, 1998).

Il existe différentes classes de polyphénols, notamment : les acides phénoliques, les flavonoïdes, les tanins et les lignanes qui sont majoritairement présents dans les feuilles, les fleurs et l'écorce de bois. Ces molécules jouent un rôle majeur au niveau de la croissance des végétaux et dans la lutte contre des agents pathogènes et des infections. La couleur des fruits,

des fleurs et des feuilles est une caractéristique d'une sous-classe des flavonoïdes (El-Gharras, 2009).

I.5.3.1. Teneur en polyphénols des cladodes :

Les cladodes du figuier de Barbarie sont très riches en divers polyphénols (Astello-Garcia *et al.*, 2015 ; Augulo-Bejarano *et al.*, 2014), et principalement les flavonoïdes et les acides phénoliques (El Mostafa *et al.*, 2014). Selon Temagoult *et al.*, 2017, l'OFI est une importante source de composés antioxydants naturels, due à la forte teneur en flavonoïdes et caroténoïdes. Les composés phytochimiques présents dans les différentes structures du figuier de Barbarie peuvent inclure : quercétine, kaempférol, bétaxanthine, indicaxanthine, lutéoline, isorhamnetine et acide ascorbique parmi d'autres composants (Stintzing, 2005 ; Feugang *et al.*, 2006). Outre leurs effets bénéfiques sur la santé, dernièrement Bouaouine *et al.*, (2018) ont rapporté que certains polyphénols (lignine et tanins) des cladodes du figuier de Barbarie (OFI) pourraient agir comme coagulants dans le traitement des eaux usées.

Les cladodes présentent de grandes quantités de composés flavonoïdes inhabituels tels que la nicotiflorine (146,5 mg /100 g) et la narcissine (137,1 mg/100 g) (Tableau VIII), avec des valeurs de teneur élevée trouvées pour l'isoquercétine et l'acide férulique respectivement de 39,67 et 34,77mg /100 g (Valente *et al.*, 2010). L'âge de la raquette, l'environnement, le type sol et le climat pourraient expliquer ces variations dans le contenu en polyphénols dans le cactus.

Tableau VIII : Composition en polyphénols des cladodes de l'OFI (El-Mostefa *et al.*, 2014).

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

Le travail d’Astello-Garcia *et al.*, 2015, présente des résultats qui pourraient être très utiles pour l’identification des espèces présentant le potentiel le plus élevé en tant que sources de composés à propriétés thérapeutiques. L’étude concerne la comparaison de cinq espèces du figuier de Barbarie *O. ficus-indica* (OFI), *O. megacantha* (OM), *O. albicarpa* (OA), *O. hyptiacantha* (OH), et *O. streptacantha* (OS) (**Tableau IX**). Les espèces domestiquées (OFI, OM, OA) sont issues de la domestication (dont l’OFI, sans épines, est la plus domestiquée), contrairement aux espèces sauvages (OS et OH). Les *Opuntias* ont été domestiqués ou sélectionnés naturellement par l’homme à usage alimentaire, ornemental et médicinal.

Ils ont montré par exemple que l’OFI contenait plus de composés phénoliques que l’espèce OM, bien que l’OM possède un taux plus élevé de polysaccharides qui pourraient interférer. Ils ont aussi reporté que l’OFI dépassait légèrement l’OM en teneur de flavonoïdes, mais les deux espèces ont montré les mêmes capacités antioxydantes (**Tableau IX**).

Les composés phénoliques révélés comme majeurs sont : acide eucomique, kaempférol 3-O-robinobioside-7-O-arabinofuranoside, isorhamnétine 3-O-galactoside et isorhamnétine 3-orhamnoside-7-O-(rhamnosyl-hexoside)), et les composés mineurs qui n'étaient présents que dans la les espèces sauvages sont : kaempférol 3-O-arabinofuranoside, ou domestiquées sont : quercétine 3-O-rhamnosyl-(1-2)-[rhamnosyl-(1-6)]-glucoside.

Tableau IX. Teneur en composés phénoliques et capacité antioxydante des cladodes de quelques espèces du genre *Opuntia* (Astello-Garcia *et al.*, 2015).

Cultivar des espèces	Acides phénoliques ^a	Flavonoïdes ^b	Capacité antioxydante ^c
<i>O. streptacantha</i>	59,5 ^a	16,3 ^{b, c}	402,8 ^{d, e, f}
Cardona			
Tuna loca	65,1 ^a	19,0 ^a	897,8 ^a
Cardona de castilla	45,7 ^b	18,8 ^{ab}	588,9 ^{c, d}
	56,8	18,0	629,8
<i>O. hyptiacantha</i>			
Memelo	1 36,1 ^{c, d}	18,6 ^a	592,3 ^{c, d}
San pedrena	31,7 ^d	16,6 ^c	229,5 ^f
Amarilla olorosa	32,3 ^{c, d}	16,1 ^{b, c}	283,7 ^{e, f}
	33,4	17,1	368,5
<i>O. megacantha</i>			
Rojo lirio	36,7 ^{c, d}	16,3 ^{b, c}	538,9 ^d
Rubi´ reina	57,8 ^a	16,5 ^{b, c}	749,5 ^b
Amarillo platano	39,4 ^c	17,5 ^b	519,0 ^d
	44,7	16,8	602,5
<i>O. albicarpa</i>			
Copena Z1	40,2 ^c	16,0 ^{b, c}	300,5 ^{e, f}

Naranjon legitimo	47,9 ^{b, c}	16,8 ^{b, c}	556,7 ^d
Villanueva	34,3 ^d	18,9 ^{a, b}	361,4 ^e
	40,8	17,2	406,2
<i>O. ficus-indica</i>			
Copena V1	41,0 ^{b, c}	17,6 ^b	556,7 ^d
Rojo vigor	56,7 ^a	20,4 ^a	659,4 ^c
Atlixco	22,5 ^e	20,1 ^a	309,1 ^{e, f}
	40,1	19,4	508,4

^a mmol d'acide Gallique (AG)/g d'échantillon.

^b mmol de Quercétine (EQ)/g d'échantillon.

^c mmol de Trolox/g d'échantillon.

Les chiffres en gras dénotent les valeurs moyennes des trois cultivars de chaque espèce.

Angulo-Bejarano et al., (2014), ont rapporté des quantités de composés antioxydants par matière fraîche de cladode équivalentes à : 60 g/kg poids sec de phénols libres, de 23.4 (g/kg poids sec) de flavonoïdes, de 2.2 g/kg poids sec de kaempférol, de 4 g/kg poids sec d'isorhamnétine, et de 2 g/kg poids sec de quercétine.

Feugang et al., (2006) rapportent également la présence de plusieurs antioxydants (caroténoïdes, glutathion réduite, et des flavonoïdes tels que la quercétine, le kaempférol et l'isorhamnétine) dans les fruits et les cladodes de différentes variétés de figue de Barbarie (**Tableau X**). Les propriétés antioxydantes des bétalaïnes les plus fréquentes du cactus (bétanine et indicaxanthine) ont été révélée (**Stintzing et al., 2005**).

Tableau X : Teneur en antioxydants des cladodes du figuier de Barbarie (**Feugang et al., 2006**).

Composants	Poids en Matière fraîche pour 100 g de	
	Cladode	Pulpe du Fruit
Caroténoïdes totaux	11,3-53,5 µg	0,29-2,37 g
<i>Bêta –carotène</i>	<i>Non disponible</i>	1,2 -3,0 µg
Flavonols	<i>Non disponible</i>	
<i>Kaempférol</i>	<i>Non disponible</i>	0,11-0,38 g
<i>Quercétine</i>	<i>Non disponible</i>	0,98-9 g
<i>Isorhamnétine</i>	<i>Non disponible</i>	0,19-2,41 g

Chapitre II

Intérêt et domaines d'application des cladodes du figuier de Barbarie

II.1. Importance et domaines d'application du cactus :

Le figuier de Barbarie est de loin le cactus le plus important au monde. Depuis son utilisation préhispanique pour la nourriture et la teinture cochenille la production, la domestication de cette plante était l'un des héritages les plus importants laissés par les anciens Mexicains. La recherche concernant la plante a augmenté au cours des deux dernières décennies due à son importance économique qui est liée à son utilisation comme nourriture et fourrage ainsi qu'à son potentiel nutraceutique. De nombreuses études indiquent son utilisation comme un agent pharmaceutique et nutraceutique (**Angulo-Bejarano et al., 2014**).

Cela dit, pour l'étude des extraits de biomolécules des cladodes du figuier de Barbarie, il existe une variété de moyens utilisés pour tirer bénéfice et exploiter leurs composants, que ça soit pour les utilisations en industries agroalimentaire, médicales, ou bien pour le traitement des eaux usées. Les cladodes sont utilisés soit frais, soit sous forme de poudre sèche. Les étapes de préparation varient légèrement en fonction du type de l'échantillon (**N'haringo et Moyo, 2015**). Les méthodes d'extraction peuvent varier de méthodes conventionnelles aux méthodes innovantes qui présentent plusieurs avantages (simplicité d'installation, gain de temps, de solvants, et d'énergie, utilisation de solvants amis de l'environnement...) (**Spigno et De Faveri, 2009**). Par exemple, il est intéressant de noter que pour l'exploitation industrielle une tonne de raquette pelée, l'EAM permet d'extraire environ 90 kg de mucilage déshydraté pendant 900 W/3 min, contre une moyenne de 70 kg pour 80 °C/120 min en extraction conventionnelle, avec une consommation énergétique de 162 et 810 kJ, pour l'EAM et la méthode conventionnelle, respectivement (**Felkai-Haddache et al., 2015a**).

Toutes les composantes du cactus (fleurs, raquettes, fruits) présentent de multiples intérêts (**Boudjellaba et Yassa, 2012**). Néanmoins, nous accorderont une attention particulière aux cladodes. Dans ce chapitre nous allons développer les utilisations potentielles des cladodes, notamment par le mucilage et les polyphénols contenus, du figuier de Barbarie ainsi que d'autres intérêts et les domaines d'application correspondants. Certaines applications concernant le fruit et la fleur sont également brièvement citées.

II.2. Importance économique et écologique :

L'adaptation du figuier de Barbarie aux conditions désertiques et semi désertiques lui permet de constituer une culture à intérêt écologique et socio-économique indéniables. Ce végétal répond efficacement lorsqu'il est utilisé dans la conservation, la restauration et la

valorisation des sols. Il met en valeur les terres marginales et infertiles ou d'autres espèces cultivées végétaient difficilement. Il ne demande pas de pratiques culturales spécialisées, ni d'apport de fertilisants, ni de traitement antiparasitaire (Habibi, 2004). Selon Boujghagh et Chajia, (2001) le revenu moyen annuel par hectare est de 2 000 à 6 000 dollars en Italie, 2 000 dollars en Israël, et entre 10 000 à 30 000 dirhams au Maroc.

Les résultats des études de cas réalisées sur l'utilisation agro-industrielle des espèces d'*Opuntia* dans plusieurs pays ont été reportés (FAO, 2013). Le Tableau XI révèle la production extensive du cactus et l'existence naturelle de la plante (sauvage) dans certains pays. De nombreuses espèces sont désignées comme nuisibles dans de nombreux pays (McGarvie et Parolis, 1979), causant un problème environnemental ou elles sont invasives (Inglese *et al.*, 2018).

Tableau XI. Production et utilisations des cladodes et des fruits du cactus dans différents pays (N'haringo et Moyo, 2015)

Pays et année	Production de Cactus zone/hectares	Taux de Production	Utilisation
Argentine (2004)	Cultivé : 2000, sauvage : 200 000	NR	Production de fruits
Chile (2003)	Cultivé : 1100, sauvage : 395	NR	Production du fruit et de la Cochenille
Erythrée (1999)	NR	4 794 t. en été	Production de fruits
U.S.A (2001)	200	NR	Production de fruits et purée de fruits surgelés
Ethiopie (2004)	Cultivé : 30 000, sauvage : 325 000	NR	Production de fruits et héritage culturel
Italie (2001)	3 000	70 000 t/an	Production du fruits
Maroc (2005)	45 000	14,3 t/ha/an	Production du fruits
Mexique (2004)	72 500	563 443 t/an	Nopalitos et fruits
Pérou (2000)	Cultivé : 2 974, sauvage : 35 000	6,15 t. de fruit/ha	Production de fruits et cochenille
South Africa (2004)	Fruit : 2 000, Fourrage 525 000	15 000 t/an	Production de fruits et fourrage
Tunisie (2002)	Environ 450 000	NR	Production de fruits fourrage
Egypte (2002)	2 548	29 442 t/an	Production de fruits

NR : non reporté.

II.2.1. Importance écologique :

Le figuier de Barbarie est capable de produire de grandes quantités de biomasse végétale même dans les conditions extrêmes. Avec une pluviosité comprise entre 150 et 400 mm/an et en absence de fertilisation, la variété interne peut produire jusqu'à 100 tonnes de raquette/ha/an. Cette production dépend des régions (**Habibi, 2004**). Des études ont montré qu'un hectare d'*Opuntia* de plus de cinq ans est capable de produire jusqu'à 100 t de cladodes frais chaque année dans les zones à faible pluviométrie (150 mm ou moins) (**Felkai-Haddache et al., 2015a**).

L'utilisation du cactus pour la protection et la mise en valeur des sols dans les régions arides et semi-arides a été démontrée dans la région de Milpa-Alta en Mexique (**Arba, 2009**). Cette région a été complètement défrichée pour y introduire des cultures fourragères tels que le maïs. L'échec était total en raison de la faiblesse et de l'irrégularité des précipitations. Ce n'est que par la réintroduction du cactus que toute la région a été remise, en valeur sans risque de dégradation environnementale.

Les *Opuntia*, en association avec d'autres espèces ligneuses ont été utilisés avec succès dans un programme de fixation des dunes en Somalie. Les racines étendues de cette espèce sont en mesure d'exercer une action antiérosive efficace en stabilisant les surfaces en pente (**Saenz, 2004**). D'un point de vue pédologique, ce végétal permet l'évolution positive des sols par la biotransformation des racines et des raquettes en substances organiques et donc une plus grande disponibilité en éléments nutritifs (**Le Houerou, 1996 ; Mandouri, 2000**). Il sert aussi d'abri de protection, de clôture défensive des exploitations et d'obstacles à la propagation des incendies (**Le Houerou, 1996**).

Au Maghreb, les vieilles raquettes d'*Opuntia* desséchées utilisées comme fumure des vergers et la dispersion d'articulation d'*Opuntia* broyés autour du pied de certaines plantes, éloigne les parasites et empêche la prolifération des mauvaises herbes (**Belouad, 2001**).

Sur le plan protecteur, cette plante constitue des haies vives qui permettent la fixation des terrains ravinés par les pluies et stabilisent les terres sablonneuses et sont infranchissables aux animaux sauvages. Elles nécessitent peu d'entretien tout en offrant la richesse de leurs fruits et de leurs raquettes. Néanmoins, il faut tenir compte du caractère invasif de cette plante (**Schweizer, 1997**). Le cactus est utilisé comme obstacle contre les incendies car il résiste aux feux (**Chougui et al., 2013**).

II.2.2. Importance économique :

La première importance économique du cactus dans le monde réside dans la production de fruits comestibles (**Pimienta-Barrios, 1993**). Mais les cladodes ont aussi un usage fourrager et un usage destiné à l'alimentation humaine et animale. Les fruits sucrés et juteux 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 (**Barbera et al., 1992**).

Le fruit contient en moyenne 85 % d'eau, 15 % de sucres, 0,3 % de sels et moins de 1 % de protéines. C'est une bonne source de vitamine C avec un apport énergétique important. Il est consommé à l'état frais, bouilli dans l'eau ou séché (**Pimienta-Barrios, 1993**). 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 (**Ramdan et Morsel, 2003**). Cette huile appartient à la même catégorie que celle des graines de soja, de maïs et de tournesol. L'huile des graines constitue l'huile la plus chère au monde avec un tarif de 1000 euros par litre.

Les jeunes raquettes (Nopals ou Nopalitos) de 10-15 cm de longueur sont consommées comme légumes et ingrédients dans la confection des autres préparations alimentaires (**Saenz et al., 2004**). Le mucilage contenu possède des propriétés visqueuses et est utilisé en industrie alimentaire (**Saenz et al., 2007**). Beaucoup de ces polysaccharides, comme ceux d'*Opuntia ficus-indica*, ont été utilisées pour ajuster et améliorer les propriétés rhéologiques de certains produits en industries agro-alimentaires. Ces polysaccharides sont devenus courants dans la technologie alimentaire, non seulement pour leur épaisseur et/ou leurs propriétés gélifiantes, mais aussi comme agents de capture qui retiennent l'humidité et empêchent son évaporation à partir de denrées alimentaires, comme mousses et émulsions stabilisantes, agents d'enrobage dans la confiserie et aliments frits, adhésifs dans les glaçages de boulangerie, agents de clarification dans le bière et le vin, agents opacifiants dans les jus, agents flocculants dans le vin, agents d'encapsulation en poudre d'arômes fixes ou certains huiles, ainsi que comme substituts de graisse dans la viande et les produits laitiers (**Felkai-Haddache et al., 2015a**).

II.2.2.1. Production de fourrage pour le bétail :

Les cactus sont cultivés sur 2.6 millions d'hectares à travers le globe et sont principalement utilisés pour le fourrage ou le pâturage : en Tunisie (600 000 ha), au Mexique (230 000 ha) et en Algérie (150 000 ha) (**Nefzaoui et Ben Salem, 2006**). La production de fourrage pour le

bétail représente la deuxième importance économique du cactus dans le monde. Sa production dans ces zones est plus rentable que celle de certaines d'autres espèces fourragères comme le maïs et le sorgho. Il est cultivé comme espèces fourragère dans le but d'assurer un stock alimentaire pour le bétail dans le cas d'une situation critique de sécheresse (**Pimienta-Barríos, 1993**). Un certain nombre de pays : Mexique, USA, Brésil, Pérou, Chili...produisent des quantités importantes de raquettes, des rendements élevés de 400 à 500 T de matière fraîche par hectare sont obtenus avec une densité élevée de 24 plantes/m² (**Cortazar et Nobel, 1992**).

Les raquettes du cactus sont appréciées par le bétail car elles sont riches en eau, en fibres, en protéines et en éléments minéraux (**Nefzaoui et Ben salem, 2000 ; Le Houerou, 2002**). Leur consommation permet d'améliorer la saveur du lait et la couleur du beurre. Cependant au Nord-est du Brésil (**Mulas et Mulas, 2004**) et à l'Est algérien, les animaux broutent directement les raquettes (**Figure 10**), mais des dégâts dus au broutage direct ont été observés (**Figure 11**) entraînant la détérioration de ces dernières et une baisse de la longévité de la plante. Les plantations constituent aussi un habitat pour la faune domestique ou sauvage. C'est une source mellifère importante pour l'apiculture durant la période de floraison (**Figure 12**).



Figure 10 : Raquettes coupées pour la consommation du bétail (Station Sidi Fredj, Souk Ahras) (**Neffar, 2012**).

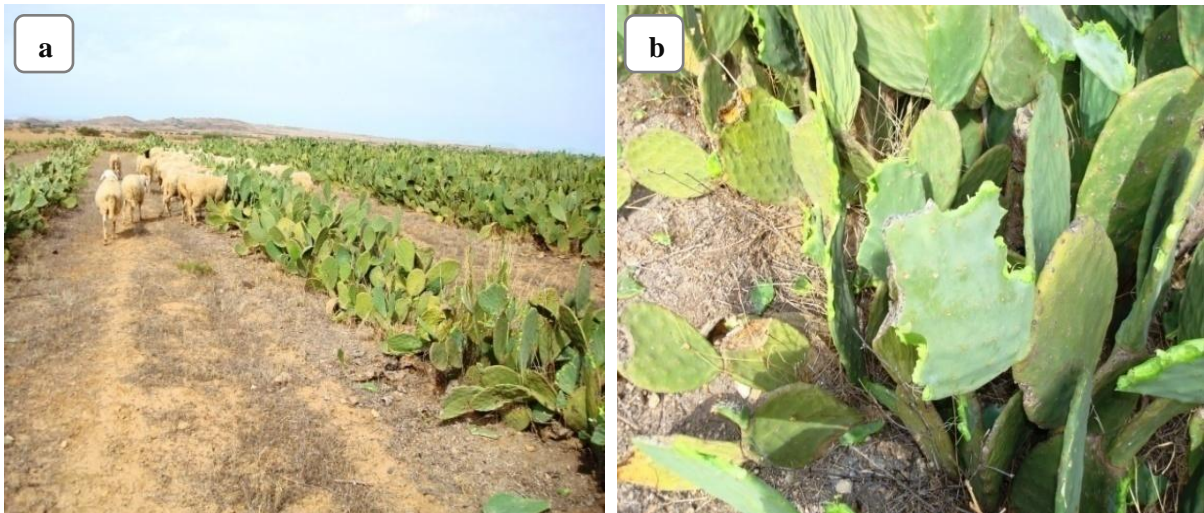


Figure 11 : Broutage direct dans une station de Sidi Fredj (Sud de Souk Ahras) (a) et son effet sur les raquettes (b) (Neffar, 2012).



Figure 12 : Ruches dans une plantation de figuier de Barbarie dans la station d'Anba (Nord de Tébessa) (Neffar, 2012).

Les cladodes sont aussi récoltés et coupés pour les distribuer au bétail domestique comme ce qui se fait dans certains pays de l'Afrique du Nord comme le Maroc et la Tunisie où les plantations de cactus qui sont destinées à la production de fruits sont utilisées dans l'alimentation du bétail. En comparaison avec d'autres éléments fourragers, la valeur énergétique des raquettes est proche de celle de la composition chimique du cactus (**Tableau XII**).

Tableau XII : Comparaison de la composition des cladodes avec d'autres aliments (Habibi, 2004).

Nature du fourrage	Matière sèche (%)	Matière azotée (%)	Hydrate de carbone (%)	Matière grasse (%)
Foin de luzerne	91,4	10,6	39,0	0,9
Atriplex	23,3	2,8	5,9	0,1
Maïs ensilé	26,3	1,1	15,0	0,7
Pulpe de betterave sucrière	9,4	0,2	6,4	0,1
Raquette de l' <i>Opuntia</i>	10,4	0,6	5,8	0,1

Il convient de bien comprendre que les fourrages sont composés d'un ensemble de nutriments qui seront plus ou moins digérés selon une multitude de facteurs relié à la plante (espèce, stade de coupe, conditions environnementales, conditions de récolte et d'entreposage) et à l'animal (âge, stade de production et productivité). Le **Tableau XIII** montre la composition chimique des cladodes en termes de protéines brutes, de fibres, et des glucides contenus dans les parois cellulaires (fibres insolubles au détergent neutre (Neutral detergent fiber ; NDF), et fibres insolubles au détergent acide (Acid detergent fiber ; ADF)), et la comparaison de ces éléments avec ceux d'autres éléments de fourrage (paille de blé, foin de luzerne, et l'atriplex). 30 à 40 % de l'énergie digestible d'un fourrage de qualité est déterminée par la quantité et la digestibilité de ses fibres NDF. La digestibilité de cette composante est considérée comme étant le meilleur paramètre pour estimer la qualité du fourrage, puisqu'elle est étroitement reliée à l'ingestion et aux performances animales.

Tableau XIII : Composition chimique des cladodes du cactus en comparaison avec d'autres éléments fourragers (Arba, 2009).

Eléments fourrager	Protéines brutes	ADF*	NDF*	Digestibilité <i>in vitro</i>
	% de matière sèche			
Raquettes de cactus	4,8	27,5	15,8	78,7
Paille de blé	5,2	69,6	42,4	45,5
Foin de luzerne	13,8	47,1	31,3	59,4
Feuillage d'atriplex	13,4	34,2	14,4	63,1

* ADF : acid detergent fiber; cellulose, de lignine et de protéines endommagées par la chaleur, (voir glossaire). * NDF : neutral detergent fiber ; contenu total en fibres d'un fourrage, (voir glossaire).

La composition chimique de deux variétés inermes cultivées au sud du Maroc est présentée dans le **Tableau XIV**.

Tableau XIV : Composition chimique des variétés inermes (Aissa et Moussa) d'*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. dans la région de Sidi Ifni (Maroc).

Constituant chimique en %	Variété « Moussa » dans la zone de Sbouya	Variété « Aissa » dans la zone de Mesti
Eau	86,62	88,76
N (azote)	0,96	0,89
P (phosphore)	0,15	0,09
K (potassium)	1,37	1,25
Ca (calcium)	4,03	3,96
Na (sodium)	0,035	0,032
Mg (magnésium)	1,47	1,23

Avant de les donner au bétail, les cladodes sont déshydratés afin d'éviter les diarrhées aux animaux dues à la consommation de cladodes gorgées d'eau, et les raquettes des espèces épineuses sont d'abord débarrassées de leurs épines (Arba, 2009). En raison de leur effet laxatif attribué à la forte teneur en acide oxalique, une combinaison avec de la paille, l'atriplex, le foin de luzerne ou les tiges de maïs est recommandée. D'une autre part la faible teneur phénolique et tannin dans les cladodes facilite la digestion et améliore la production de viande (Stintzing *et al.*, 2005). Des rations alimentaires à base de cactus sont élaborées pour le bétail dans certains pays de l'Afrique du nord (Maroc, Tunisie) (Arba, 2009).

Pendant ce fourrage reste pauvre en protéines et lipides, il présente un rapport calcium/phosphore élevé, et il est riche en eau, glucides et vitamines. Il a ainsi une valeur fourragère moyenne de 0.06 à 0.08 UF/Kg de cladodes (UF : unité fourragère 1820 Kcal) (Habibi, 2004).

En Algérie l'utilisation des cladodes comme aliment supplément ont été recommandées dans les zones sèches. Les expériences ont été menées sur 16 brebis de race croisée, réparties en 4 groupes qui ont été comparés : Régime 1 (témoin) paille d'orge + grain d'orge. Régime 2 : (Paille + *Opuntia*), Régime 3 : (Paille + *Opuntia* + haricots). Régime 4 : (*Opuntia*), les régimes 2, 3 et 4 ont permis de réduire le taux des triglycérides. L'incorporation des cladodes d'*Opuntia* dans l'alimentation de brebis a satisfait leurs besoins énergétiques, et a montré un effet régulateur sur la glycémie et l'hypolipidémie selon le travail de Louacini *et al.*, (2012) de l'université de Tiaret.

II.2.2.2. Consommation humaine :

Traditionnellement, les cladodes de cactus contribuaient considérablement à l'alimentation humaine au Mexique (Stintzing *et al.*, 2005).

Les épines des cladodes sont enlevées et les raquettes charnues sont consommées fraîches, cuites, séchées ou sous forme de jus. Les cladodes regorgent d'antioxydants, de fibres alimentaires, de polysaccharides, de vitamines (complexe A, B et C) et de minéraux (Ca, Mg et Fe) (**Figure 13**). Même les civilisations d'autrefois d'Amérique centrale, les peuples aztèque et maya les consommaient. Les cladodes sont un incontournable de la cuisine mexicaine depuis l'ère préhispanique.

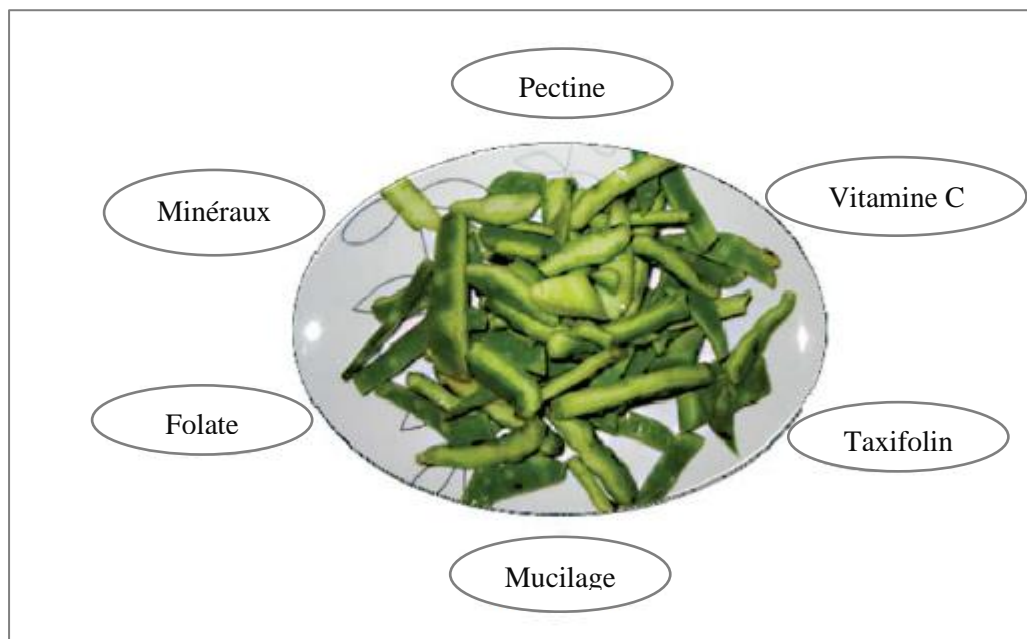


Figure 13. Rôle biologique des cladodes d'*Opuntia* spp. (**Patel, 2014**).

Ils ont récemment gagné en popularité aux États-Unis, en particulier dans les régions peuplées de Latino (Californie, Arizona) et de Tejano (Texas). Plusieurs espèces d'*Opuntia* poussent à l'état sauvage dans les déserts, les régions volcaniques de haute altitude du Mexique et au sud-ouest des États-Unis (**Patel, 2014**).

II.2.2.2.1. Cladodes de cactus comme légume :

L'utilisation des cladodes d'OFI comme un légume n'est pas très populaire, et l'est encore moins dans les pays d'Afrique du Nord, les cladodes ne sont pas retrouvés dans les marchés contrairement au pays d'Amérique latine (Mexique). Au Mexique et dans le sud des États Unies, leur valeur nutritive est proche de celle de la laitue et des épinards (**Mohammed Yasseen et al., 1996 ; Saenz et al., 2002**). En revanche, les habitants du Sahara Algérien préparent depuis les anciens temps le plat traditionnel national (couscous) en utilisant les raquettes comme légume (**Figure 14**). Les habitants de la région du M'Zab, utilisent les raquettes comme légume additionné à d'autres légume et viande de chameleon ou d'agneau pour

préparer les plats de couscous. Au M'Zab, les raquettes du cactus sont également utilisées dans la fabrication du mortier locale et la peinture.



Figure 14. Couscous à base de semoule de blé dur, de la pense de bœuf et des cladodes de Cactus (a). Couscous avec cladodes et jeunes fruits (b).

En règle générale, seules les jeunes raquettes sont utilisées comme légume chez les hispaniques, ou ils ont été largement consommés pendant le carême (Young, 2006). Ils sont généralement cuits comme légume vert ou marinés dans une salade (Figure 15).



Figure 15 : Salade à base de cladodes du Figuier de Barbarie.

II.2.2.2. Produits de cladodes déshydratés :

Les cladodes ne sont pas déshydratés pour la consommation directe, mais sont transformés en poudres d'une teneur élevée en fibres alimentaire (Saenz *et al.*, 2010). Cette poudre (Figure 16) peut être utilisée comme farine pour préparer des biscuits (en la mélangeant avec de la farine de blé), des desserts et dans certains pays, en particulier le Mexique des céréales pour le petit déjeuner ou des tortillas. Elle peut aussi être utilisé dans la production de compléments alimentaire (comprimés, tablettes etc.).

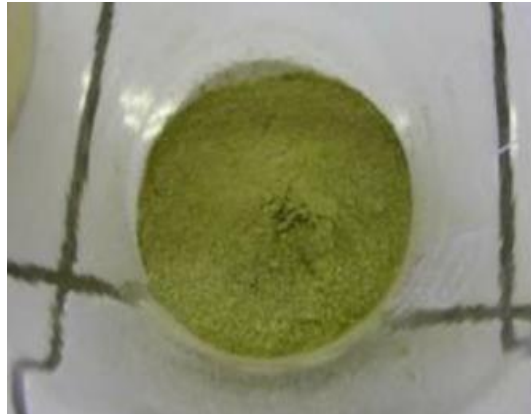


Figure 16. Farine de cladodes du figuier de Barbarie.

II.2.2.3. Confiture de Nopal :

Il existe différentes confitures et sirop sur le marché dans plusieurs pays (Saenz *et al.*, 2006). La confiture de Nopal représente une nouvelle alternative pour transformer les cladodes. La confiture peut être consommée avec des crackers et des produits de boulangerie, ou servie avec d'autres plats (Figure 17).



Figure 17 : Confiture de cladodes additionnée de citron (FAO, 2013).

II.2.2.2.4. Jus et nectars de cladodes :

Rodriguez *et al.*, (1999) ont rapporté différentes formulations de boissons faites à partir de cladodes tendres. Le jus de cladodes est produit au Mexique par plusieurs entreprises et des jus mixtes sont aussi fabriqués en combinant des cladodes avec de l'orange, de l'ananas, de la goyave...etc (**Figure 18**). Les jus sont disponibles sur le marché local et pour l'exportation. Un autre produit est vendu sur le marché mexicain est (l'eau de Nopal), une boisson faite avec du jus de cladodes de cactus et du sucre.



Figure 18 : Jus à base de cladodes du figuier de Barbarie.

II.2.2.2.5. Autres produits alimentaires :

Certains produits de cladodes sont également retrouvés en Amérique latine comme les cornichons et saumure, les bonbons, les marmelades, les sauces et les boissons alcoolisées (Saenz, 1998 ; Corrales-Garcia, 1998).

II.2.2.2.6. Produits locaux :

Tout comme dans d'autres pays Africains, la culture suscite de l'intérêt en Algérie qui a aujourd'hui sa première unité de transformation de figes de Barbarie. L'installation basée à Sidi-Fredj couvrant 5000 m² peut transformer environ 2 tonnes à l'heure. Ses principales fonctions sont le conditionnement des figes de Barbarie et la production d'huiles essentielles, de produits pharmaceutiques, de jus, de confitures et d'aliments du bétail. L'usine de transformation représente un moyen important pour améliorer les revenus des habitants de la wilaya de Souk Ahras (Inglese *et al.*, 2018).

En Algérie, les entreprises « Thafath », « Romais », et la coopérative « NOPALTEC ALGERIE », localisées successivement à Ouadhias (Tizi-Ouzou), El-Kseur (Bejaia), et Sidi-Fredj (Souk Ahras), sont spécialisées dans la transformation du figuier de Barbarie en produits agro-alimentaires et cosmétiques. La société ROMAIS produit à partir des fruits du figuier de Barbarie du jus du vinaigre, de la confiture, de l'huile et de la pâte de figes de Barbarie, comme indiqué dans la **Figure** ci-dessous (Belkacem et Hammiche, 2015).

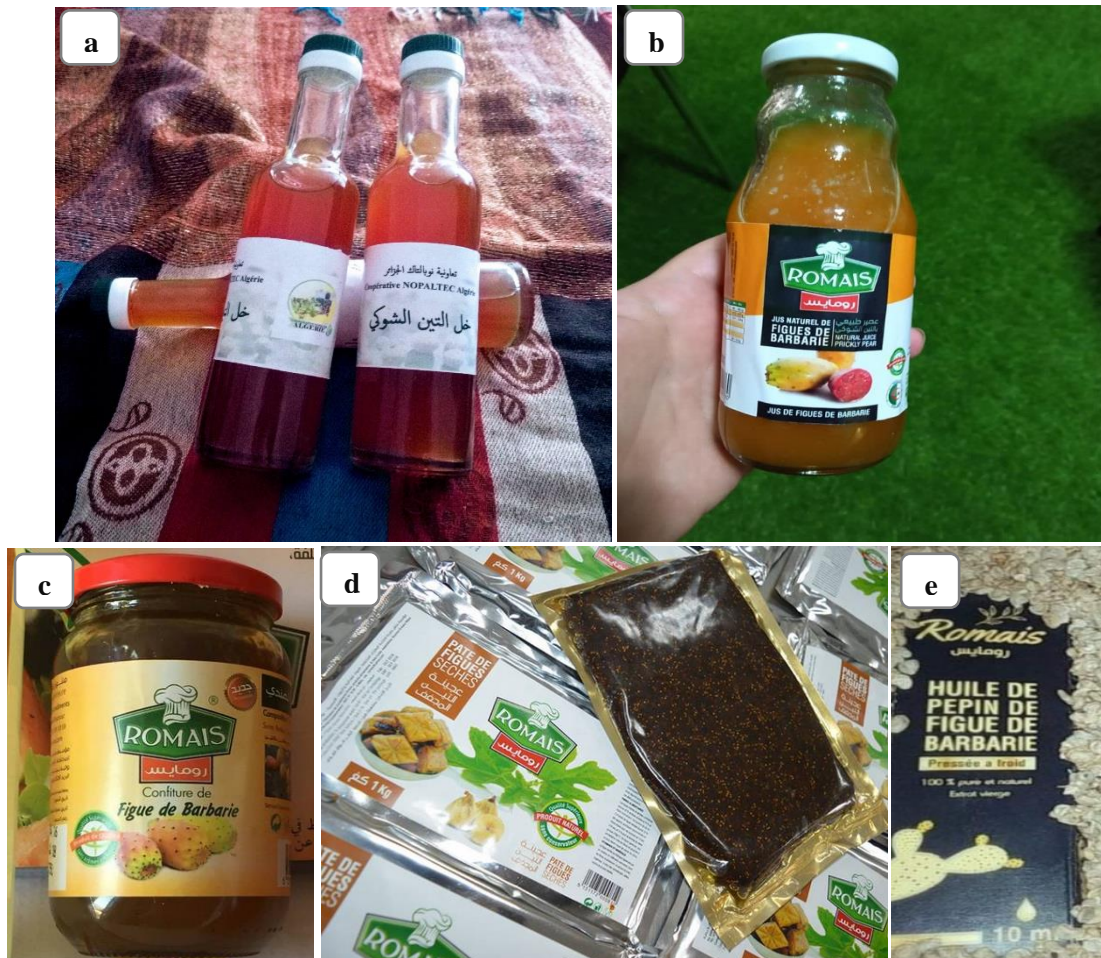


Figure 19. Vinaigre (a), jus (b), confiture (c), pâte (d), et huile des graines (e) de figes de Barbarie.

L'activité de l'entreprise Thafath va de la collecte des figes de Barbarie jusqu'à la commercialisation de l'huile des graines. La coopérative NOPALTEC est une coopérative agricole privée spécialisée dans la production, la transformation du figuier de Barbarie et le conditionnement des produits dérivés. Elle a pour objectif la production de confiture à partir des cladodes, les marinades, el Halkouma, crème dermique et huile des graines.

Notons aussi que d'autres travaux ont utilisées la farine des cladodes du figuier de Barbarie comme ingrédient fonctionnel d'enrichissement afin d'étudier son effet sur la

rétenion des graisses, la stabilité à l'oxydation, et les propriétés nutritionnelles et sensorielles des gâteaux, communément appelés cookies (Msaddak *et al.*, 2015). En plus de l'étude des caractéristiques de qualité et optimisation des cookies préparés avec de la poudre d'*Opuntia humifusa* en utilisant la méthodologie de surface de réponse (Jung *et al.*, 2013). Les cladodes sont une riche source de substances bioactives et fonctionnelles qui en font des candidats importants pour la production d'aliments sains.

II.3. Importance pharmaceutique, thérapeutique et nutraceutique :

Plusieurs effets thérapeutiques et nutraceutiques des cladodes et des fruits d'*Opuntia* spp. Ont été reportés (Angulo-Bejarano *et al.*, 2014). Le mucilage du cactus peut trouver des applications dans les cosmétiques et les produits pharmaceutiques (Saenz *et al.*, 2000).

Au Mexique les cladodes servent jusqu'à présent comme des agents thérapeutiques. En médecine populaire, elles sont utilisées pour le traitement de la gastrite, de la fatigue, de la dyspnée et des maladies du foie suite à l'abus d'alcool (Stintzing *et al.*, 2005).

En Afrique du Nord comme au Mexique, on utilisait les cladodes hachés sous forme de cataplasmes dans le pansement des foulures, des entorses et dans la réduction des fractures, dans le traitement des abcès, des cors, des durillons, des furoncles et de toutes les inflammations digestives et cutanées.

Pour les nomades du Sahara, la raquette était au même titre que l'Aloès, la plante des premiers soins. Les bergers d'Australie, appliquent sur leurs blessures la partie interne de la raquette de l'*Opuntia*, ouverte, pour arrêter le saignement et éviter l'infection. Le figuier de Barbarie 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, hypocondrie (Schweizer, 1997). Les cladodes chauffés ont été utilisés pour traiter le rhumatisme, les érythèmes et les infections chroniques de la peau, mais aussi pour améliorer la digestion et améliorer le processus général de désintoxication (De Chavez *et al.*, 1995).

Récemment, des effets positifs des cladodes ont été démontrés sur l'hyperglycémie, l'acidose, et l'artériosclérose. Le rôle des polysaccharides des cladodes dans le secteur des médicaments est intéressant comme la réduction du cholestérol et son action préventive du diabète et les thérapies adipeuses (Boutakiout *et al.*, 2015). Tesoriere *et al.*, (2004) ont indiqué

les effets importants exercé par les bétalaïnes de fruits, dans la prévention de plusieurs maladies.

II. 3.1. Rétention d'eau :

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**).

II. 3.2. Nettoyage du colon :

Le Nopal contient des fibres alimentaires "solubles" facilitant le transit intestinal, mais il contient également des fibres "non-solubles" c'est-à-dire "inassimilables", qui absorbent l'eau des déchets, accélérant en douceur le transit tout en régulant ses mouvements (**Schweizer, 1997**).

II.3.3. Anxiolytique :

Le Nopal est un tranquillisant naturel, apportant calme et sérénité à un organisme stressé. Des chercheurs ont suggéré que ce serait à la berbérine et à un autre alcaloïde encore indéterminé dont on a découvert des traces dans la plante que l'on devrait cette action bienfaisante (**Schweizer, 1997**).

II.3.4. Fortifiant :

Chez les aztèques, les femmes enceintes consommaient le Nopal sous toutes ses formes car il était considéré comme le meilleur des fortifiants et un excellent galactogène, durant le temps de leur grossesse est lorsqu'elles allaitent leur enfant, il est une tradition bien établie chez les femmes de certaines tribus indiennes de boire du jus de figue ou, lorsque la saison de fructification est passée, une décoction de fleurs séchées ou de racines d'*Opuntia ficus indica* (**Schweizer, 1997**).

D'importants groupes alimentaires élaborent du lait et des yaourts enrichis au Nopal destinés aux jeunes mères tandis que des laboratoires réputés préparent des comprimés de Nopal à partir d'extraits de plantes fraîches, que prescrivent avec succès de très grands thérapeutes (**Taleb et Hattab, 2015**).

II.3.5. Digestion, fonction hépatique :

Les fibres du Nopal, comme la plupart des fibres végétales de qualité, régularisent le transit intestinal. Elles préviennent l'organisme de la constipation. Les vitamines A, B1, B2,

B3 et C, présents naturellement dans le Nopal, ses sels minéraux (calcium, magnésium, etc.) et ses fibres (**Schweizer, 1997**).

II.3.6. Ulcères gastriques et désordres gastro-intestinaux :

L'association des fibres végétales du Nopal et de l'effet protecteur de son mucilage parvient à brider la production excessive d'acidité et préserve la muqueuse gastro-intestinale. Cet effet tampon tempère la naissance des colites, ces douloureuses inflammations du colon éprouvées par les intestins fragiles, le Nopal agit comme un amortisseur du pH de l'estomac et de l'intestin (**Schweizer, 1997**). En général, les différentes structures du Nopal ont des niveaux élevés de composés phénoliques (quercétine, kaempférol, bétaxanthine, l'indicaxanthine, lutéoline, isorhamnetine et l'acide ascorbique), associés avec des effets nutraceutiques et préviennent des métastases cancéreuses.

II.3.7. Antilithiasique :

Cet effet signifie l'opposant à la formation des calculs rénaux. Le test de l'activité antilithiasique a montré que les extraits n-butanolique de la fleur ont un meilleur effet inhibiteur vis-à-vis de la formation de composés oxalo-calcique que celui de la raquette (**Taleb et Hattab, 2015**).

II.3.8. Hyperglycémie :

Le Nopal, par sa forte teneur en fibres régularise et freine l'assimilation des molécules de sucre tant au niveau de l'estomac que de l'intestin ce qui induit une diminution du taux de sucre dans le sang. Certaines enzymes faisant partie de sa structure chimique agiraient comme une insuline naturelle. On a constaté que le bêta-carotène (vitamine A), la vitamine C et les vitamines B1, B2, B3 contenues par la plante combattent souvent avec succès les dangereux effets secondaires d'un excès de sucre dans le sang : la détérioration de la vision, des vaisseaux sanguins et des tissus nerveux (**Taleb et Hattab, 2015 ; Angulo-Bejarano et al., 2014**).

II.3.9. Hyperlipidémie :

De par sa teneur élevée en fibres et en gommes, le Nopal est réputé pour son action bénéfique d'interception des graisses dans l'estomac et dans l'intestin, abaissant ainsi les niveaux de Cholestérol et de lipides dans le sang à leurs proportions normales. Ceci améliore la microcirculation artérielle et veineuse. Il contribue à la prévention des problèmes cardiaques en régulant la tension. D'autres recherches sur la niacine (vitamine du groupe B3), présente dans le Nopal ont démontré qu'elle a pour effet de transformer le mauvais cholestérol (LDL)

en bon cholestérol (HDL) (**Taleb et Hattab, 2015**). Les niveaux de glucose à jeun ont significativement diminué ainsi que le cholestérol total et le cholestérol à lipoprotéines de basse densité (LDL), suite à la consommation des cladodes d'*O. humifusa* (**Angulo-Bejarano et al., 2014**).

II.3.10. Artériosclérose (durcissement des artères) :

Les acides aminés et les fibres, en particulier le principe antioxydant des vitamines A et C que contient Nopal ont pour effet de diminuer le risque de détérioration des parois artérielles et la formation de plaquettes graisseuses, des chercheurs indépendants spécialisés en ethnomédecine ont remarqué que des populations de la tiers-monde habituées à consommer des figues de barbarie semblaient préservées de l'artériosclérose et l'artérite (**Taleb et Hattab, 2015**).

II.3.11. Effet sur la mémoire :

Les effets du Nopal sur la mémoire à long terme ont été étudiés. Selon **Kim et al., (2010)**, l'utilisation d'un extrait n-butanolique d'un cultivar d'*O. ficus-indica* (Saboten Makino) pendant 7 jours sur des souris a augmenté de manière significative le temps de latence dans la tâche d'évitement passif par rapport aux témoins. De plus, d'autres facteurs neurotrophiques ont augmenté après 7 jours d'administration de l'extrait butanolique. Par conséquent, l'administration de cet extrait pourrait améliorer la mémoire à long terme.

II.3.12. Effet sur les os :

Des études montrent qu'en raison de sa haute teneur en calcium et magnésium, les cladodes peuvent aider à augmenter la densité osseuse (**Kang et al., 2012**).

II.4. Importance cosmétologique :

Les extraits de la plante sont présents dans la composition de nombreux produits cosmétique. Les femmes berbères utilisaient l'huile pour cicatriser et pour protéger leur peau du vent brulant du désert (**Benattia 2017**). Le mucilage des cladodes est utilisé dans la fabrication des shampoings, des assouplissants des cheveux, des crèmes dermiques et des laits hydratants. Il est également utilisé depuis longtemps par les femmes rurales au Maroc pour assouplir leurs cheveux (**Fernandez et al., 1990**).

L'huile essentielle des graines des fruits du cactus est riche en acides gras polyinsaturés, en stérols et en vitamines, elle est utilisée comme antiride naturel et pour la fabrication des

crèmes dermiques antirides. Cette huile est actuellement extraite et commercialisée par des ONG et des petites sociétés privées dans certaines régions du Maroc (Arba, 2009).

L'huile de pépins de figues de Barbarie est d'une richesse exceptionnelle en vitamine E et en stérols qui lui confèrent une aptitude hors de commun à protéger la peau contre les radicaux libres. Cependant, les Indiennes préparaient du savon et des onguents à base de mucilage des raquettes et de jus des figues de Barbarie pour soigner leurs mains malmenées par les rudes travaux. Elles préservaient de la même manière leur visage agressé par le soleil. Le suc de certaines variétés servait et sert toujours à la préparation de fards et de rouges à lèvres. Il remplace 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). Les hydro-colloïdes d'*Opuntia* pourraient être appliqués dans les crèmes similaires à l'*Aloe vera* (L.) (Eshun et He, 2004).

Certains produits sont retrouvés sur le marché de pays européens notamment en France, où l'on peut retrouver des gommages (Figure 20a) de la société Kajurad spécialisée en plantes grasses comme le cactus (Anonyme 1), ou bien des gélules (Figure 20b) de la société renaissance BIO spécialisée en phytothérapie comme complément alimentaire (non considéré comme médicament) (Anonyme 2). On retrouve également l'usage des cladodes comme produit minceur de la société Nutreov (Figure 20c). C'est un produit sous forme de comprimés qui permettraient de réduire l'apport calorique, capter les graisses, absorber les sucres et maintenir une glycémie normale (Anonyme 3).



Figure 20. Gommage extrait des graines de figue de Barbarie (a). Gélules de poudre d'*Opuntia ficus-indica* : cladode et fruit (b), cladode comme produit minceur (c).

II.5. Importance environnementale :

Chaque partie de la plante constitue un excellent fertilisant. Par sa présence, l'*Opuntia* aide à la régénération des sols épuisés par la culture. Elle fixe des terrains ravinés par les pluies ou sujets aux éboulements, elle stabilise les terres sablonneuses et les dunes des rivages maritimes (**Schweizer, 1997**). Grâce à sa richesse en eau permet avec le temps la fertilisation des sols et agit comme engrais vert (**Neffar, 2012**).

Au Maghreb, on utilisait les veilles raquettes desséchées de l'*Opuntia* comme fumure des vergers. Pour cela on entassait dans un fossé creusé autour des oliviers, des amandiers, des figuiers des « cladodes » que l'on recouvrait de terre, ou bien réduits en fragments et mis en terre, tous les *Opuntia* fournissent un excellent engrais. Il est évident que l'on choisissait de préférence pour cela les déchets restés après prélèvement manuel ou industriel des parties nourricières. Autre avantage : la dispersion autour du pied de certaines plantes de cladodes d'*Opuntia* broyés, éloigne les parasites et empêche la prolifération des mauvaises herbes (**Muralimohan et al., 2014**).

D'un autre côté, l'urbanisation, l'industrialisation et la production agricole extensive sont responsables de la génération d'effluents pollués qui doivent être traités. Diverses méthodes de traitement ont été appliquées pour l'élimination des polluants des eaux usées telles que l'échange d'ions, la filtration membranaire, le charbon actif et les processus de coagulation /floculation (**Muralimohan et al., 2014**). Toutefois, l'utilisation de flocculant d'origine végétale pour traiter des solutions aqueuses est un procédé relativement nouveau et écologique qui s'est avéré des résultats très intéressantes dans l'élimination des contaminants des eaux usées (**Chopra et Ruhi, 2016**). Les produits naturels a suscité un intérêt accru. Il montre un avenir brillant et commence à motiver de nombreux chercheurs, car il présente plusieurs avantages tels que l'abondance et il est présumé sans danger pour la santé humaine (**Muralimohan et al., 2014**). De plus, il produit une boue facilement biodégradable et moins volumineuse (**Jadhav et Mahajan, 2013**).

Les cladodes du figuier de Barbarie ont été impliqués, assez récemment, dans le traitement des eaux usées par rapport à une autre plante beaucoup plus étudiée dans le domaine (*Moringa oleifera*). La majorité des principaux travaux en lien avec cette application à l'échelle du laboratoire est résumée dans l'article revue de **N'haringo et Moyo (2015)**. La plupart des travaux cités concernent soit le traitement de l'eau par les techniques les plus simple à petit échelle (coagulation floculation en standards jar-test) ou bien en utilisant un procédé qui s'est

avéré avantageux et efficace qui est l'électrocoagulation-électroflotation (Adjeroūd *et al.*, 2015 ; Adjeroūd *et al.*, 2018 ; Djerroud *et al.*, 2018 ; Adjeroūd-Abdellatif *et al.*, 2020).

Les cladodes sont utilisés à l'état frais (broyés formant des pulpes ou des jus), séchés déshydratés dans sous forme de poudre souvent lyophilisée, ou bien par extractions innovantes ou conventionnelles du mucilage contenu. Plusieurs auteurs ont reporté l'efficacité du mucilage d'*Opuntia ficus-indica* pour l'activité antimicrobienne, pour la réduction des métaux (As, Cd, Cu et Fe), pour l'élimination de colorants, ainsi que pour l'élimination de la turbidité (Buttice *et al.*, 2010 ; Fox *et al.*, 2012 ; Torres-Bustillos *et al.*, 2013). Ces travaux considèrent que le mucilage d'OFI a le potentiel de remplacer le Fe ou l'Al dans le processus de coagulation-floculation, et donc peut être utilisé comme coagulant naturel afin de remplacer les flocculants chimiques conventionnellement utilisés en industries.

Ce sont les polysaccharides qui composent le mucilage qui agissent comme adsorbants ou biocoagulants dans le traitement de l'eau (Miller *et al.*, 2008), notamment par les groupes carboxyles, hydroxyles, sulfates, phosphates, aldéhydes, cétones et autres groupes chargés, comme l'acide carboxylique (Barka *et al.*, 2013). La structure de l'extrait de mucilage lyophilisé a été observée par MEB (Figure 21). Les images montrent une structure extrêmement poreuse qui permet de capturer et stocker l'eau dans des cavités microscopiques. C'est une structure caractéristique des adsorbants qui montrent une structure de réseau tridimensionnelle (Adjeroūd-Abdellatif *et al.*, 2020).

Toutefois, Bouaouine *et al.*, (2018) rapportent que la capacité des composants du cladode d'agir comme biocoagulant est peut-être due à certains composés phénoliques (tanins).

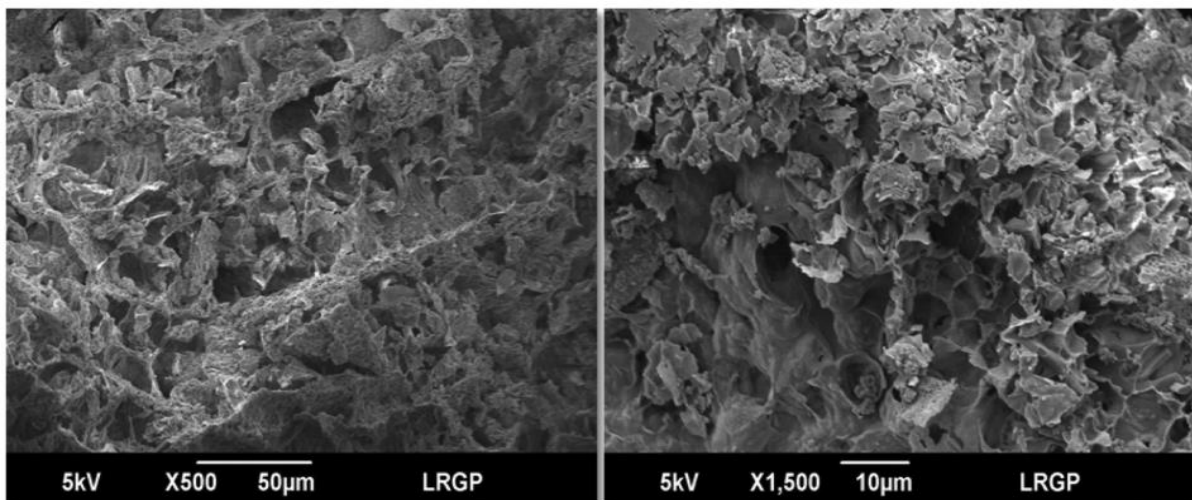


Figure 21. Images de microscopie électronique à balayage (MEB) du mucilage d'*Opuntia ficus-indica* lyophilisé à différents grossissements (Adjeroūd-Abdellatif *et al.*, 2020).

Bien que toutes les recherches encouragent l'application à l'échelle industrielle mais actuellement, ça n'a pas encore vu le jour en raison de l'accessibilité de coagulants chimiques dans le monde (Aluminium). Néanmoins, l'utilisation de l'*Opuntia* comme bio-coagulant intensifie le traitement sans surcoût notable.

II.6. Importance biotechnologique :

Les applications biotechnologiques des espèces du genre *Opuntia* se multiplient. Certains d'entre eux incluent la mise en place de techniques de culture *in vitro* adaptées à la propagation massive d'espèces rares, ainsi que pour les espèces commerciales et ornementales.

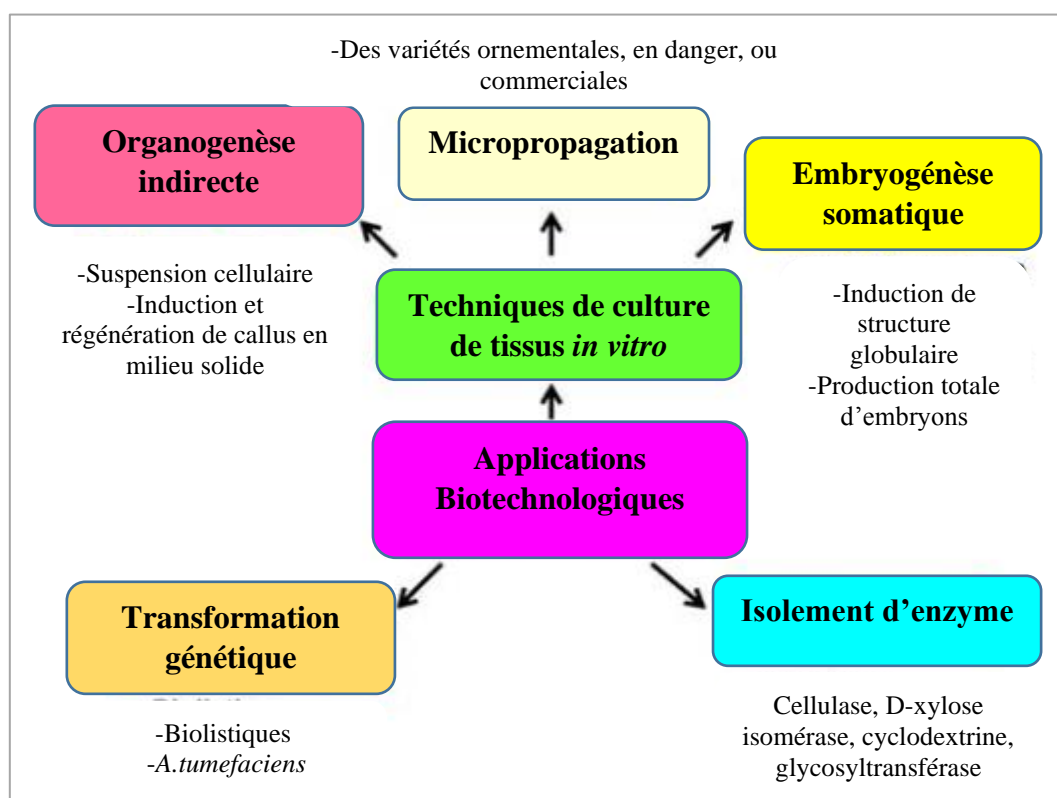


Figure 22. Différentes applications biotechnologiques des espèces du genre *Opuntia* développés durant la dernière décennie (Angulo-Bejarano *et al.*, 2014).

La **Figure 22** résume les différentes applications en biotechnologie comme les différentes techniques de culture cellulaire *In vitro* (embryogénèse somatiques, organogenèse indirecte, micropropagation).

Il a été démontré que la régénération des plantes *in vitro* prend place par deux voies principales : l'organogenèse de novo et embryogénèse somatique. Parmi les techniques de culture *in vitro* courantes, la micropropagation a prouvé son efficacité dans différent genre de cactus, à savoir *Cereus*, *Equinocereus*, *Ferocactus*, *Mammillaria* et *Opuntia*, pour le genre

Opuntia beaucoup de systèmes de propagation systèmes ont été développés (**Angulo-Bejarano et Paredes-Lopez, 2011 ; García-Saucedo et al., 2005**).

Les transformations génétiques sont aussi citées ou un quelques processus de transformation biologique utilisant le Nopal ont été reportée. Entre autres, **Silos-Espino et al., (2006)** ont décrit un protocole de transformation génétique d'*Agrobacterium tumefaciens* pour Nopal. Une micro-injection de la bactérien en suspension a été réalisée dans les aréoles des cladodes. Les explants ont été régénérés sur milieu sélectif et leur nature transgénique a été confirmée par PCR et analyse Southern blot.

L'isolement ou la purification d'enzymes et leurs caractérisations est l'une des applications les plus importantes. La cellulase, également appelée endoglucanase, est une multi-sous-unité enzyme contenant un noyau catalytique. De nos jours, il existe un intérêt et une demande croissants pour les sources d'énergie renouvelables, qui a conduit à une demande d'enzymes dégradant la cellulose, avec un potentiel d'application pour la production d'éthanol ou en divers industries (café, détergents, textile). En ce sens, **Shyamala et al., (2011)** ont identifié quatre températures d'isoformes d'endoglucanase qui ont été purifiés des cladodes d'*Opuntia vulgaris*. Ces deux isoformes étaient thermostables et avaient une activité optimale à pH 4,5 et 7. Les auteurs ont suggéré qu'ils pourraient être alors utilisés dans diverses applications industrielles.

II.7. Autres utilisations :

De nos jours, de nouvelles applications pour le figuier de Barbarie ont émergées. Des applications des espèces de cactus ont été développées comme bio-insecticide contre les termites (**Angulo-Bejarano et al., 2014**). Le mucilage des cladodes du figuier de Barbarie est aussi utilisé comme superplastifiant naturel dans les mortiers et les produits alimentaires, et comme adhésif pour la chaux (**León-Martínez et al., 2010**). On utilise également les cladodes comme matière première pour la production du biogaz par fermentation naturelle (**Arba, 2009**). D'autres applications peuvent être citées :

II.7.1. Combustible :

C'est une plante qui fournit un excellent bois de chauffage et une flamme éclairante (**Schweizer, 1997**).

II.7.2. Colorant :

En Afrique du sud et au Mexique, l'élevage des cochenilles sur l'*Opuntia* sous tunnels est utilisé pour la production d'une teinte rouge, le carmin, produit par les femelles qui prolifèrent sur des raquettes saines, en prélevant des substances nutritives du phloème. Cette teinte est très demandée en industrie alimentaire médicinale et cosmétique comme colorant nature (Chávez-Moreno *et al.*, 2009).

II.7.3. Apiculture :

La floraison du cactus attire les abeilles en masses par leurs grandes fleurs de couleur jaune, leur pollen abondant et leur nectar. Elle assure l'activité des abeilles pour une certaine période et les autres espèces mellifères assurent leur activité pour les autres périodes de l'année (Arba, 2009).

II.7.4. Comme cellules solaires sensibilisées par colorants :

En physique les dispositifs de conversion photoélectriques les plus connus sont les photovoltaïques conventionnelles, qui sont remplacés maintenant par des cellules sensibilisées par colorant. Ganta *et al.*, (2017) ont développé des cellules solaires sensibilisées aux colorants (CSSC) à partir de colorants végétaux naturels, extrait du cladode de l'OFI, le gel d'Aloe Vera, et la combinaison des deux extraits. Ce procédé permet la conversion photoélectriques (cellules sensibilisées qui servent de conducteurs), il en ressort que l'utilisation de ces colorants naturels est prometteuse, en raison de leurs faibles coûts de production, méthodes d'assemblage simples et écoénergétiques et respectueuses de l'environnement.

II.7.5. Pour la production d'emballage en industries agroalimentaires :

Les déchets agro-industriels, étant biodégradables et respectueux de l'environnement, sont une ressource durable pour la production de films comestibles. Ayquipa-cuellar *et al.*, (2020) ont fabriqué des films comestibles à partir de la peau des figues de Barbarie et de l'amidon de pommes de terre, comme étant des sous-produits industriels.

II.7.6. Matériel holographique :

L'OFI libère une substance à travers son mucilage, qui provient de la dégradation des substances pectiques et de la chlorophylle. Combinée dans une matrice d'alcool polyvinylique, cette substance peut être utilisée comme un milieu d'enregistrement. Le matériau résultant a

d'excellentes propriétés photo-sensibilisantes, et est facile à manier, a un faible coût et une faible toxicité (**Olivarez *et al.*, 2012**).

II.7.7. Fabrication de nanoparticules :

L'OFI a été utilisée pour la biosynthèse de nanoparticules colloïdaux à base d'argent. La plante contient une large gamme de composés phénoliques sous forme de flavonoïdes et de terpénoïdes. A part ceux-là, la quercétine, généralement présente à haute concentration, est responsable de la formation de ces nanoparticules. En outre, les nanoparticules ont montré une remarquable activité antibactérienne. Ainsi, les nanoparticules se sont avérées être de meilleurs systèmes d'administration de médicaments en raison de leur biocompatibilité et leur nature biogénique (**Gade *et al.*, 2010**).

Conclusion

Aujourd'hui, le monde semble de plus en plus intéressé par les avantages des aliments et a commencé à regarder au-delà de la nutrition de base, en prenant en compte les avantages des denrées alimentaires pour la prévention des maladies. Dans le cadre de la valorisation du figuier de Barbarie, à travers ce travail nous nous sommes intéressées au figuier de Barbarie, cette plante présente spontanément ou faisant partie de programme de plantations, a été trop longtemps négligée dans notre pays, et est entrain de susciter ces dernières années l'intérêt de beaucoup d'agriculteurs, de spécialistes, de chercheurs scientifiques, et notamment des autorités étatiques vu l'importance économique qu'elle peut engendrer. De plus, sa croissance rapide, ses besoins en eau moindres et son adaptation aux sols pauvres en nutriments ont fait du figuier de Barbarie une culture bien en vue dans le monde entier.

D'après notre synthèse sur le figuier de Barbarie, plusieurs auteurs décrivent cet arbuste comme miraculeux depuis les racines jusqu'aux épines, tout est utile dans cette plante. Les fruits de cactus, les cladodes ou les infusions de fleurs ont très souvent été utilisés en médecine populaire, cependant, ces dernières années, les scientifiques se sont concentrés sur le cladode et les graines d'*Opuntia ficus-indica* qui contiennent des composés photochimiques majeurs à la recherche de nouveaux antioxydants naturels. Ces derniers peuvent être utilisés dans les produits alimentaires fonctionnels empêchant l'oxydation, ce qui est bénéfique pour le corps humain à long terme.

Bien que les fruits et les tiges de cactus soient traditionnellement utilisés à des fins médicinales et cosmétiques, comme fourrage, matériau de construction, comme colorants naturels, ou dans la purification des eaux usées (cas des cladodes), leur utilisation est principalement limitée à la consommation de fruits frais dans leur pays d'origine, mais sont également exportés vers le marché européen des fruits frais. Sachant que l'Algérie reste en retrait par rapport à d'autres pays voisins (Maroc et Tunisie).

Les cladodes de figuier de Barbarie, considérés comme sous-produits industriels, sont peu utilisés en consommation humaine, excepté les cladodes tendres, qui sont considérés comme un légume traditionnel depuis des siècles au Mexique et même dans le Sud du pays. Les cladodes sont considérés comme un produit diététique, due à leurs richesses en fibres alimentaires. Ils sont utilisés dans l'alimentation du bétail.

À l'avenir, la diminution des ressources en eau et la désertification mondiale pourraient même augmenter l'importance des *Opuntia* spp. en tant que système de production alimentaire efficace comprenant à la fois des fruits et des légumes. En Algérie le Nopal est pratiquement

délaissé pourtant cette source de richesse a une véritable valeur ajoutée qui peut constituer un créneau d'investissement à part entière. Dans ce sens, il existe aujourd'hui une réflexion en investissement pour révolutionner le secteur agricole reliée à la filière du figuier de Barbarie dans le pays. Des efforts sont apparus et sont en train de voir le jour sur le plan agroalimentaire (sociétés privées et coopératives, station de culture à Souk-Ahras, et potentiels d'employabilité pour les habitants locaux...).

Cette étude nous a permis de faire ressortir les intérêts croissants et les domaines d'applications du figuier de Barbarie, Cela dit en termes de perspectives et dans le but de compléter ce travail sur le plan pratique, il serait intéressant :

- ✚ D'accorder plus d'importance au figuier de Barbarie, afin d'exploiter au mieux les bienfaits dont il regorge. Cela se traduit par l'élargissement des régions de plantations à travers le territoire national vu la simplicité de culture de la plante.
- ✚ De mettre en place les moyens et les programmes nécessaires qui pourraient aider au développement des connaissances scientifiques sur la plante dans le pays, comme par exemple approfondir les connaissances sur les espèces existantes, leurs taxonomies, leurs nombres, la répartition selon les régions...etc. De faire donc une sorte de bilans ou d'inventaires globaux qui servent de banques de données.
- ✚ D'analyser aussi, à travers le développement de projets de recherches scientifiques, les constituants des biomolécules contenus dans la plante, que ça soit dans les cladodes ou le reste des composants de la plante, notamment la composition en polyphénols ou glucides afin de mieux cibler les applications industrielles de ces derniers.
- ✚ De réfléchir à la mise de place de petites entreprises à petite échelle qui se chargeraient de la fabrication de produits dérivés de cladodes issus de plantations locales. Ces produits seraient destinés à l'alimentation ou au cosmétique par exemple, comme des confitures, ou des crèmes hydratantes, ... etc. Ceci permettrait la création d'emplois et par conséquent un développement économique.

Liste des Références

Bibliographie

A

- Adjeroud, N., Dahmoune, F., Merzouk, B., Leclerc, J.-P., Madani, K. 2015.** Improvement of electrocoagulation–electroflotation treatment of effluent by addition of *Opuntia ficus-indica* pad juice. Separation and Purification Technology. 144: 168-176.
- Adjeroud N., Elabbas S., Merzouk B., Hammoui Y., Felkai-Haddache L., Remini H., Leclerc J.P., Madani K., 2018.** Effect of *Opuntia ficus indica* mucilage on copper removal from water by electrocoagulation-electroflotation technique. Journal of Electroanalytical Chemistry. 811: 26–36.
- Adjeroud-Abdellatif, N. Hammoui, Y. Boudria, A. Agab, S. Choulak, F. Leclerc, J.P. Merzouk, B. Madani, K. 2020.** Effect of a natural coagulant extract from *Opuntia ficus-indica* cladode on electrocoagulation-electroflotation water treatment process. International Journal of Environmental Analytical Chemistry. doi.org/10.1080/03067319.2020.1804889.
- Adli B.A., Boutekrabt M., Touati T., Bakria A., Touati E and Bezini. 2017.** Phenotypic diversity of *Opuntia ficus indica* (L.) MILL. in the Algerian steppe. South African Journal of Botany. 109 : 66–74.
- Ait Youcef M. 2006.** Plantes médicinales de Kabylie, édition AFAQ. Alger.
- Allai, L et al. 2017.** Evaluation of Antioxidant Activity and Phenolic Composition of *Opuntia ficus-indica* Cladodes Collecte from Moroccan Settlat Region. Eurasian Journal of Analytical Chemistry. 12: 1306-3057.
- Angulo-Bejarano P.I., Martínez-Cruz O., and 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: 196-217.
- Angulo-Bejarano P.I., Paredes-López, O. 2011.** Development of a regeneration protocol through indirect organogenesis in prickly pear cactus (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill). Sci Hortic. 128 : 283-8.
- Arba, M. 2009.** Le cactus *Opuntia*, une espèce fruitière pour une agriculture durable au Maroc.(Ed.) Rabat. Agriculture durable en région Méditerranéenne (Agdumed). Maroc: Symposium International. pp. 14-16.
- Astello-Garcia M.G, Cervantes I., Nair V., Santos-Diaz M.S., Reyes-Aguero A., Guéraud F., Negre-Salvayre A., Rossignol M., Cisneros-Zevallos L., Barba de la Rosa A.P. 2015.** Chemical composition and phenolic compounds profile of cladodes from *Opuntia* spp. cultivars with different domestication gradient. Journal of Food Composition and Analysis. 43: 119-130.
- Ayquipa-cuellar, E., Salcedo-Sucasaca, L., Azamar-Barrios, J.A, Chaquilla-Quilca, G. 2020.** Assessment of Prickly Pear Peel Mucilage and Potato Husk Starch for Edible Films Production for Food Packaging Industries. Waste and Biomass Valorization. doi.org/10.1007/s12649-020-00981-y.

B

- Barbera, G., Carimi, F., Inglese, P. 1992.** Paste and role of the Indian-fig prickly pear (*Opuntia ficus-Indica* (L.) Miller ,cactaceae) in the agriculture of Sicily. *Economic Botany*. 46: 10-20.
- Barka, N., Ouzaouit, K., Abdennouri, M., El Makhfouk, M. 2013.** Dried prickly pear cactus (*Opuntia ficus indica*) cladodes as a low-cost and eco-friendly biosorbent for dyes removal from aqueous solutions. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. 44: 52–60.
- Bayar, N., Bouallegue, T., Achour, M., Kriaa, M., Bougatef, A., Kammoun, R. 2017.** Ultrasonic extraction of pectin from *Opuntia ficus-indica* cladodes after mucilage removal: Optimization of experimental conditions and evaluation of chemical and functional properties. *Food Chemistry*. 235: 275-282.
- Belkacem, S., Hammiche, H. 2015.** Une ressource territoriale à valoriser : cas du figuier de Barbarie Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention d'un diplôme de Master en Sciences Economiques. Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou. pp. 102.
- Belouad, A.B.D. 2001.** Plantes médicinales d'Algérie. Ben-Aknoun Alger : OPU. pp. 277.
- Benattia, F.K. 2017.** Analyse et application des extraits de pépins de figues de barbarie. Thèse de doctorat en Chimie Université Aboubekr Belkaid- Tlemcen. pp. 152.
- Bhira, O. 2012.** Potentialités thérapeutiques d'*Opuntia ficus-indica* au maroc et en tunisie. Thèse du doctorat université Mohammed faculté de médecine et de pharmacie Rabat, Maroc. pp. 83.
- Bouaouine, O., Bourven, I., Khalil, F., Baudu, M. 2018.** Identification of functional groups of *Opuntia ficus-indica* involved in coagulation process after its active part extraction. *Environmental Science and Pollution Research*. 25: 11111-11119.
- Boudjellaba, S, Yassa, A. 2012.** Activité antioxydante des graine de quelque variée de figuier de barbarie (*Opuntia ficus -indica* L.) de la région de Bédjaia, Mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention de diplôme d'ingénieur d'état de contrôle de qualité et analyse. pp. 58.
- Boujghagh, M., Chajia, L. 2001.** Le cactus :outil de gestion de la sécheresse dans le sud marocain. (Ed.) Chajia, L. terre et vie. 52: 1-7.
- Boutakiout, A., Elothmani, D., Mahrouz, M., Hanine, H. 2015.** Phytochemical constituents and *in vitro* radical scavenging activity of different cladodes juice of cactacea cultivars from different areas in Morocco. 3: 56-64.
- Bouzoubaâ, Z1., Essoukrati, Y., Tahrouch, S., Hatimi, A., Gharby, S, Harhar, H. 2014.** Etude physico-chimique de deux variétés de figuier de barbarie ('Achefri' et 'Amouslem') du Sud marocain. *Les technologies de Laboratoire*. 8: 137-144.
- Brahmi, F., Haddad, S., Bouamara, K., Yalaoui-Guellal, D., Prost-Camus, E., Pais de Barros, J.P, Prost, M., Atanasov, A.G., Madani, K., Boulekbache-Makhlouf, L. 2020.** Comparison of chemical composition and biological activities of Algerian seed oils of *Pistacia*

lentiscus L., *Opuntia ficus indica* (L.) mill. and *Argania spinosa* L. skeels. Industrial Crops and Products. 151: 112-456.

Bravo, L. 1998. Polyphénols: Chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. Nutrition Reviews. 56: 317-333.

Buttice A.L., Joyce M Stroot, Daniel V Lim, Peter G Stroot, and Norma A. 2010. Removal of sediment and bacteria from water using green chemistry. Environ. Sci. Technol. 44: 3514–3519.

C

Cárdenas, A., Higuera-Ciapara, I., Goycoolea, FM. 1997. Rheology and aggregation of cactus (*Opuntia ficus-indica*) mucilage in solution. Journal of the Professional Association for Cactus Development. 2: 152-159.

Chávez-Moreno, C.K., Tecante, A., Casas, A. 2009. The *Opuntia* (Cactaceae) and *Dactylopius* (Hemiptera: Dactylopiidae) in Mexico: a historical perspective of use, interaction and distribution. Biodiversity and Conservation. 18: 33-37.

Chopra, H., Ruhi, G. 2016. Chitosan écologique: un matériau efficace pour la purification de l'eau. Le journal de l'innovation pharmaceutique. 5: 92-95.

Chougui, N., Louaileche, H., Mohedeb, S., Mouloudj, Y., Hammoui, A., Tamendjari A. 2013. Physico-chemical characterisation and antioxidant activity of some *Opuntia ficus-indica* varieties grown in North Algeria. African Journal of Biotechnology. 12: 299-307.

Corrales-Garcia, J. 1998. Industrialization of prickly pear pads (noalitos). Proceedings. International Symposium Cactus pear and nopalitos processing and uses. Santiago, Chile. pp. 25-40.

Cortazar, V.G., Nobel, P.S. 1992. Biomass and fruit production for the prickly pear cactus *Opuntia ficus indica*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117: 558-562.

D

De Chavez, M., Chavez, A., Valles, V., Rordan, J.A. 1995. The Nopal: a plant of manifold qualities. Nutr. World Rev. 77: 109-134.

Djerroud, N., Adjeroud, N., Felkai-Haddache, L., Hammoui, Y., Remini, H., Dahmoune, F., Merzouk, B., Madani, K. 2018. Enhanced electrocoagulation–electroflotation for turbidity removal by *Opuntia ficus indica* cladode mucilage. Water Environ J. 32: 321-332.

E

El Gharras, H. 2009. Polyphénols: Food sources, properties and applications-A review. International Journal of Food Science and Technology. 44: 2512-2518.

El Mannoubi, I., Barrek, S., Skanji, T., Zarrouk, H. 2008. Etude de la composition de la fraction volatile des graines du figuier de Barbarie. Journal de la société chimique de Tunisie. 10: 61-67.

El-Mostafa, K., El Kharrassi, Y., Badreddine, A., Andreoletti, P., Vameqo, J., El Kebbaj M.S., Latruffe, N., Lizard, G., Nasser, B., Cherkaoui-Malki, M. 2014. Nopal Cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a Source of Bioactive Compounds for Nutrition, Health and Disease. Molecules. 19: 14879-14901.

Eshun, K., He, Q. 2004. *Aloe vera* : a valuable ingredient for the food, pharmaceutical and cosmetic industries, a review. Food Sci. Nutri. Crit. Rev. 44: 91-96.

F

FAO, 2013. Agro-Industrial Utilization of Cactus Pear, first (Ed). Rome.

Felice M.S. 2004. Prickly pear cactus *Opuntia* spp. a spine-tingling tale. Weed Tech. 18: 869-877.

Felkai-Haddache, L., Dahmoune, F., Remini, H., Lefsih, K., Mouni, L., Madani, K. 2015a. Microwave optimization of mucilage extraction from *Opuntia ficus-indica* Cladodes. International Journal of Biological Macromolecules. 84: 24-30.

Felkai-Haddache, L., Remini, H., Dulong, V., Mamou-Belhabib, K., Picton, L., Madani, K., Rihouey, C. 2015b. Conventional and Microwave-Assisted Extraction of Mucilage from *Opuntia ficus-indica* Cladodes: Physico-chemical and rheological properties. food bioprocess technol. 9: 481-492.

Fernandez, M.L., Trejo, A., Mcnamara, D.J. 1990. Pectin isolated From Prickly pear (*Opuntia* sp) modifies low density lipoprotein metabolism in cholesterol-fed guinea pigs. J.Nutr. 120: 1283-1290.

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

Fox, D.I., Pichler, T., Yeh, D.H., Alcantar, N.A. 2012. Removing heavy metals in water: the interaction of cactus mucilage and arsenate (As (V)), *Environ. Sci. Technol.* 46: 4553-4559.

G

Gade A., Gaikwad S., Tiwari V., Yadav A., Ingle A., Rai M. 2010. Biofabrication of silver nanoparticles by *Opuntia ficus-indica*: in vitro antibacterial activity and study of the mechanism involved in the synthesis, Curr. Nanosci. 6: 370-375.

García-Saucedo, P.A, Valdéz-Morales, M., Valverde, M.E., Cruz- Hernández, A., Paredes-López, O. 2005. Plant regeneration of three *Opuntia* genotypes used as human food. Plant Cell Tiss. Organ. Cult. 80: 215-9.

Ganta, D., Jara, J., Villanueva, R. 2017. Dye-sensitized solar cells using Aloe Vera and Cladode of Cactus extracts as natural sensitizers. Chemical Physics Letters. 679: 97-101.

Ginestra, G., Parker, M.L, Bennett, R.N., Robertson, J., Mandalari, G., Narbad, A., Lo Curto, R.B., Bisignano, G., Faulds, C.B., Waldron, K.W. 2009. Anatomical, Chemical, and Biochemical Characterization of Cladodes from Prickly Pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.). 57: 10323–10330.

Gonzalez-Gallego, J., Garcia-Mediavilla, M.V., Sanchez-Campos, S., Tunon, M.J. 2010. Fruit polyphenols, immunity and inflammation. British Journal of Nutrition. 104: S15-S27.

Goycoolea, F.M., Cárdenas, A. 2003. Pectins from *Opuntia* spp.: a short review, J. Professional Asso. Cactus Devel. 5: 17-29.

H

Habibi, Y. 2004. Contribution à l'étude morphologique, ultrastructurale et chimique de la figue de barbarie. Les polysaccharides pariétaux: caractérisation et modification chimique. Thèse du doctorat Université Joseph Fourier – Grenoble I Sciences & Géographie Université Cadi Ayyad Faculté Des Sciences Semlalia – Marrakech. pp. 222.

Halmi, S. 2015. Etude botanique et phytochimique : Approche biologique et pharmacologique d'*Opuntia ficus indica*. pp. 186.

Haut-Commissariat pour le Développement de la Steppe (HCDS). 2016. Le développement des plantations d'*Opuntia* en zones steppiques, Bilans plantations. Revue de vulgarisation et de communication. pp. 28.

He Z., Xia W. ET Chen J. 2007. Isolation and structure elucidation of phenolics compounds in Chinese olive (*Cnarium album* L.) fruit. European Food Research and Technology. 226: 1191-1196.

I

Inglese, P., Mondragon, C., Nefzaoui A., Saenz C. 2018. Ecologie, Culture Et Utilisations Du Figuier De Barbarie. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture et le Centre International pour la Recherche Agricole dans les Zones Arides Rome. pp. 208.

J

Jadhav, M.V., Mahajan, Y.S. 2013. Une étude comparative des coagulants naturels dans la floculation de suspensions d'argile locales de turbidité variée. Revue internationale de génie civil et environnemental. 35: 1701-8285.

Jung, B.M, Kim, D.S, Joo, N. 2013 Quality Characteristics and Optimization of Cookies Prepared with *Opuntia humifusa* Powder using Response Surface Methodology. Korean J. Food Cookery Sci. Vol. 29.

K

- Kamble, S.M., Debaje, P.P., Ranveer, R.C., Sahoo, A.K. 2017.** Nutritional Importance of Cactus: A Review. 37: 0974-8431.
- Kang, J., Park, J., Choi, S.H., Igawa, S., Song, Y. 2012.** *Opuntia humifusa* supplementation increased bone density by regulating parathyroid hormone and osteocalcin in male growing rats. Int J Mol Sci. 13: 6747-56.
- Khaled, S., Dahmoune, F., Madani, K., Urieta, J.S., Mainar, A.M. 2019.** Supercritical fractionation of antioxidants from algerian *Opuntia ficus indica* (L.) Mill. Seeds. Journal of Food Processing and Preservation. Vol. 44.
- Kharrassi, Y. 2015.** 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. Biochimie, Biologie Moléculaire. Thèse de Doctorat, Université de Bourgogne, France.
- Kim, J.M., Kim, D.H., Park, S.J. 2010.** The n-butanolic extract of *Opuntia ficus-indica* var. saboten enhances long-term memory in the passive avoidance task in mice. Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry. 34: 1011-1017.
- Ksouri, R., Megdiche, W., Debez, A., Falleh, H., Grignon, C., Abdelly, C. 2007.** Salinity effects on polyphenol content and antioxidant activities in leaves of the halophyte *Cakile maritima*. Plant. Physiol Bioch. 45: 244-249.
- Kuti, J.O. 2004.** Antioxidant compounds from four *Opuntia* cactus pear fruit varieties. FoodChem. 85: 527-33.

L

- Lefsih K., Delattre, C., Pierre, G., Michaud, P., Aminabhavi, T.M., Dahmoune F., Madani K. 2016.** Extraction, Characterization and gelling behavior enhancement of pectins from the cladodes of *Opuntia ficus indica*. International Journal of Biological Macromolecules. 82: 645-652.
- Lefsih, K., Giacomazza, D., Passantino, R., Assunta Costa, M., Bulone, D., Mangione, M.R., Guarrasi, V., Mingoia, F., San Biagio, P.L., Madani, K. 2018.** Biochemical and biophysical characterization of water-soluble pectin from *Opuntia ficus-indica* and its potential cytotoxic activity. Phytochemistry. 154: 47-55.
- Le Houerou, H.N. 1996.** The role of cacti (*Opuntia* spp.) in erosion control. Journal of Arid Environments. Land reclamation, rehabilitation and agricultural development in the Mediterranean Basin. 33: 135-159.
- Le Houerou, N.H. 2002.** Cacti (*Opuntia* spp) as a fodder crop for marginal land in the Mediterranean Basin. Acta Horticulturae. 581: 21-46.
- León-Martínez F.M., Méndez-Lagunas L.L., Rodríguez-Ramírez J. 2010.** Spray drying of nopal mucilage (*Opuntia ficus-indica*): Effects on powder properties and characterization. Carbohydrates polymers. 81: 864-870.

Louacini, B., Dellal, A., Halbouche, M., Ghazi, K., 2012. Effect of incorporation of the spineless *Opuntia ficus indica* in diets on biochemical parameters and its impact on the average weight of ewes during the maintenance. *Global Veterinaria*. 8: 352-359

M

Mabrouk A., Abbas Y., Fakiri M., Benchekroun M., El Kharrassi Y., El Antry-Tazi S., El Mzouri E.1. 2016. Caractérisation phénologique de différents écotypes de cactus (*Opuntia* spp.) Marocains sous les conditions édapho-climatiques de la région de Chaouia-Ouardigha (Phenological characterization among Moroccan ecotypes of cactus (*Opuntia* spp.) under soil. INRA-Centre Régional de la Recherche Agronomique, B.P. 589, Settat, Maroc. pp. 1396-1405.

Malainine M., Dufresne A., Dupeyre D., Mahrouz M., Vuong R., Vignon M. 2001. Structure et morphologie des raquettes et des épines du figuier de barbarie, *Phys. Chem. News* 1 : 126130.

Mandouri, T. 2000. Hydromasse et biomasse des *Opuntia*. Actes de la journée nationale sur la culture du cactus. El kelaa des Sraghna : (*Opuntia* à fruit comestibles). Maroc.

Markus R. Moßhammer, Florian C. Stintzing, and Reinhold Carle. 2006. Cactus Pear Fruits (*Opuntia* spp.): A Review of Processing Technologies and Current Uses. Hohenheim University Institute of Food Technology Section Plant Foodstuff Technology August-von-Hartmann-Str. Stuttgart, Germany. pp. 26.

McGarvie D., Parolis, H. 1981. Methylation analysis of the mucilage of *Opuntia ficus-indica*, *Carbohydr. Res.* 88: 305-314.

McGarvie D., Parolis, H. 1979. The mucilage of *Opuntia ficus-indica*. *Carbohydrate Research*. 69: 171–179.

Medina-Torres L., E. Brito-De La Fuente, B. Torrestiana-Sanchez, R. Katthain. 2000. Rheological properties of the mucilage gum (*Opuntia ficus indica*), *Food Hydrocolloids*. 14: 417-424.

Medina-Torres L., Jaime Vernon-Carter E., Alberto Gallegos-Infante J., Rocha-Guzman, N.E., Herrera-Valencia, E., Calderasa F. and Jimenez-Alvaradod, R. 2011. Study of the antioxidant properties of extracts obtained from nopal cactus (*Opuntia ficus-indica*) cladodes after convective drying. *Journal of scientific* . 91: 1001–1005.

Miller, S.M., Fugate, E.J., Craver, V.O., Smith, J.A., Zimmerman, J.B., 2008. Toward understanding the efficacy and mechanism of *Opuntia* spp. as a natural coagulant for potential application in water treatment. *Environmental science & technology*. 42: 4274-4279.

Mobhammer, M.R, Stintzing, F, Carle, R. 2006. Cactus Pear Fruits (*Opuntia* spp.): A Review of Processing Technologies and Current Uses. Stuttgart, Germany. 8: 1-25.

Mompon, B., Lemaire, B., Mengal, P., Surbel, D. 1996. Extraction des polyphénols:. Ed INRA: du laboratoire à la production industrielle. pp. 31-35.

Mohammed-Yasseen, Y., Barringer, S.A. et Splittstoesser W.E.J. 1996. A note on the uses of *Opuntia* spp. in Central/North America. *Arid. Environ.* 32: 347-353.

Msaddak, L., Siala, R., Fakhfakh, N., Ayadi, M.A., Nasri, M., Nacim Zouari, N. 2015 Cladodes from prickly pear as a functional ingredient: effect on fat retention, oxidative stability, nutritional and sensory properties of cookies. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 1-7.

Mulas M., Mulas G. 2004. Potentialites d'utilisation strategique des plantes des genres *atriplex* et *Opuntia* dans La Lutte contre la desertification. *Universite des Etudes de Sassari Groupe de Recherche Sur la desertification*. pp. 86.

Muralimohan, N., Palanisamy,T., Vimaladevi, MN. 2014. Etude expérimentale sur l'efficacité d'élimination des coagulants mélangés dans le traitement des eaux usées textiles. *Journal international de recherche en ingénierie et technologie*. 2: 15-20.

N

Naod, G.S. 2010. Physico-chemical characterization and evaluation of two local cactus mucilages (*Opuntia* spp.) as suspending agents. Under the supervision of Prof. Tsige Gebre-Mariam, Department of Pharmaceutics, School of Pharmacy, Addis Ababa University. pp. 55.

Nebbache, S., Chibani, A., Chadli, R. Bouznad, A. 2009. Chemical composition of *Opuntia ficus-indica* (L.) fruit. *African Journal of Biotechnology*. 8: 1623-1624.

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 Doctort Université Badji Mokhtar, Annaba. pp. 132.

Nefzaoui, A ., Ben Salem, H. 2000. *Opuntia*: A strategic fodder and efficient tool to combat desertification in the Wana region. *FAO Plant production and protection paper*. 196: 2-24.

N'haringo, T., Moyo, M. 2016. Application of *Opuntia ficus-indica* in bioremediation of wastewaters. A critical review, *J. Environ. Manage*. 166: 55-72.

O

Olivares-Pérez, A., Toxqui-López, S., Padilla-Velasco, A. 2012. Nopal Cactus (*Opuntia ficus-Indica*) as a Holographic Material, *Materials* 5: 2383-2402.

Osuna-Martínez U., Reyes-Esparza, J., Rodríguez-Fragoso, L. 2014. Cactus (*Opuntia ficus-indica*): A Review on its Antioxidants Properties and Potential Pharmacological Use in Chronic Diseases: *Natural Products Chemistry & Research*. Vol. 2.

P

Patel, S. 2014. *Opuntia* cladodes (nopal): Emerging functional food and dietary supplement. *Mediterranean. Journal of Nutrition and Metabolism*. 7: 11–19.

Pimienta-Barrios, E. 1993. Vegetable cactus (*Opuntia*). Ed. Ed J.Williams. *Pulses and Vegetables*. In *Underutilized Crops*. 117-191.

Pourrezaei, P., Drzewicz, Y., Wang, M., Gamal El-Din, L.A., Perez-Estrada, J.W., Martin, J., Anderson, S., Wiseman, K., Liber, J.P., Giesy, J.P. 2011. The impact of metallic coagulants on the removal of organic compounds from oil sands process-affected water, *Environ. Sci. Technol* 45: 8452-8459.

R

Ramadan, F., Morsel, J. 2003. Oil cactus pear (*Opuntia ficus indica* L.). *Food Chemistry*. 82: 339-345.

Reyes-Agüero, J.A., Aguirre-Rivera, J.R., Hernández, H.M. 2005. Systematic notes and a detailed description of *Opuntia ficus-indica* (L.) MILL. (*Cactaceae*). *Agrociencia*. 39: 395-408.

Richter G., 1993. Métabolisme des végétaux :physiologie et biochimie. Ed Press polytechnique et universitaire romande. pp. 526.

Rodriguez, D. 1999. Desarrollo de una bebida pasteurizada a base de nopal. San Luis Potosi, Mexico. En Memoria VIII Congreso Nacional y VI Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento de Nopal. 6: 75-76.

S

Saenz, C. 1998. Cladodes: A source of dietary fiber. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*. 1: 89-97.

Saenz, C. 2000. Processing technologies: an alternative for cactus pear (*Opuntia* spp.) fruits and cladodes. *Journal of Arid Environments*. 46: 209-225.

Saenz, C., Sepulveda, E., Matsuhira, B. 2004. *Opuntia* spp mucilage's a functional component with industrial perspectives. *Journal of Arid Environments*. 57: 275-290.

Saenz, C., Berger, H., Corrales Garcia, J., Galletti, L., Garcia de Cortazar, V., Higuera, I., Mondragon, C., Rodriguez Feliz, A., Sepulveda, E., Varnero M.T. 2006. Utilizacion agroindustrial del nopal. Rome, FAO Plant Production and protection.

Saenz, C., Sepulveda, E., Pak N., Lecaros, M. 2010. Chemical and physical characterization of cactus cladodes (*Opuntia ficus-indica*) powder. *J.Food Sci*. 22: 416-422.

Schweizer, M. 1997. Docteur Nopal Le Medcien Du Bon Dieu. rue du Faubourg Saint-Honoré F-75008 Paris, France.

Sepúlveda, E., Gorena, T., Chiffelle, I., Sáenz, C., Catalán, E. 2013. Effect of the Cactus Cladodes Peeling in the Functional, Technological and Chemical Characteristics and Bioactive Compounds in Cactus Cladodes Powders. *ISHS Acta Horticulturae*. 995: 269-272.

Sepulveda, E., Saenz, C., Aliaga, E., Aceituno, C. 2007. Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia*. *Journal of Arid Environments*. 68: 534-545.

Shyamala, S, Ravikumar, S, Vikramathithan, J, Srikumar, K. 2011. Isolation, purification, and characterization of two thermostable endo-1,4-β-D-glucanase forms from *Opuntia vulgaris*. *Appl Biochem Biotechnol*. 165: 1597-610.

Silos-Espino, H, Valdez-Ortiz, A, Rascón-Cruz, Q, Rodríguez-Salazar, E, Paredes-López, O. 2006. Genetic transformation of prickly-pear cactus (*Opuntia ficus-indica*) by *Agrobacterium tumefaciens*. *Plant Cell Tiss Organ Cult.* 86: 397-403.

Spigno, G, De Faveri, DM. 2009. Microwave-assisted extraction of tea phenols: A phenomenological study. *J. Food Eng.* 93: 210-217.

Stintzing, F.C., Schieber, A., Carle, R. 2005. *Cactus stems (Opuntia spp.):* A review on their chemistry, technology, and uses. *Mol. Nutr. Food Res.* 49: 175-194.

Stintzing, F.C., Herbach, K.M., Mosshammer, M.R., Carle, R., Yi, W.G., Sellappan, S., Akoh, C.C, Bunch R., Felker, P. 2005. Color, betalain pattern, and antioxidant properties of cactus pear (*Opuntia spp.*) clones. *J Agric Food Chem.* 53: 442-451.

T

Taleb, M., Hattab, R. 2014. Etude Phytochimique et Antilithiasique de l'espèce *Opuntia ficus-indica* de la région de DJELFA Mémoire présenté en vu de l'obtention du diplôme de Master en Chimie organique. Université Ziane Achour de Djelfa. pp. 58.

Temagoult A., Zitouni, B., Noui, Y. 2017. Algerian Prickly Pear (*Opuntia ficus-indica* L.) Physicochemical Characteristics. *International Journal of Scientific Research.* 5: 14-17.

Terki, L. Kujawski, W., Kujawa, J., Kurzawa, M., Filipiak-Szok, A., Chrzanowska, E., Khaled, S., Madani, K. 2018. Implementation of osmotic membrane distillation with various hydrophobic porous membranes for concentration of sugars solutions and preservation of the quality of cactus pear juice. *Journal of Food Engineering.* 230: 28-38.

Tesoriere, L., Butera, D., Pintaudi, A.M., Allegra, M., Livrea, M.A. 2004. Supplementation with cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit decreases oxidative stress in healthy humans: a comparative study with vitamin C. *Am J Clin Nutr.* 80: 391-5.

Torres-Bustillos, L.G., Carpinteyro-Urban, S., Orozco, C., 2013. Production and characterization of *Opuntia ficus-indica* mucilage and its use as coagulant-flocculant aid for industrial wastewaters. *Int. J. Biotechnol. Res.* 3: 38-45.

V

Valente, L.M.M., da Paixão D., do Nascimento, A.C, dos Santos, P.F.P., Scheinvar, L.A., Moura, M.R.L., Tinocod, L.W., Gomes, L.N.F., da Silva, J.F.M. 2010. Antiradical activity ,nutritionnal potentiel and flavonoids of the cladodes of *Opuntia monacantha* (cactaceae). *Food Chem.* 123: 1127-1131.

Varnero, T., de Cortázar, V.G. 2006. Producción de bioenergía y fertilizantes a partir de los nopales. Utilización agroindustrial del nopal *Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO.* 162: 113-120.

W

Walali Loudyi, D. 1995. Quelques espèces fruitières d'intérêt secondaire cultivées au Maroc. Département d'horticulture, institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat. (Ed.). Llacer G., Aksoy U., Mars M. Underutilized fruit crops in the Mediterranean region.

Y

Young, K.A. 2006. The mucilage of *Opuntia ficus indica*- A natural sustainable and viable water treatment technology for use in rural Mexico for reducing turbidity and arsenic contamination in drinking water. Thèse de Doctorat. University of South Florida, USA.

Webographie

Anonyme 1. Site de la société cosmétologique Kajural.

Lien URL : <https://kajuard-plantas.com/produit/gommage-extra-de-graines-de-figue-de-barbarie/> (consulté le 05/09/2020).

Anonyme 2. Site de la société de phytothérapie renaissance BIO.

Lien URL : <https://www.renaissance-bio.com/produits-naturels-regime-et-minceur/56-complement-alimentaire-nopal-en-gelules.html> (consulté le 03/09/2020).

Anonyme 3. Site de produits minceur.

Lien URL : <https://jardindesmodes.fr/dossier-minceur-aimer-son-corps-et-profiter-du-confinement-pour-corriger-ses-petits-defauts/> (consulté le 01/09/2020).

Résumé

Le Figuier de Barbarie, est un arbre originaire des régions arides et semi-arides du Mexique. Dans ce travail nous voulions valoriser la plante et ses composants (principalement les cladodes) en présentant sa composition et ses divers intérêts. Il existe plusieurs appellations selon les différentes régions dont le Nopal est le nom mexicain de la plante, d'autres noms ont été utilisés comme Figuier des Indes, ou Karmouss n'ssara en Algérie. Son nom scientifique est *Opuntia ficus-indica*, il appartient à la famille des *Cactacées*, ordre *Caryophyllales*, et le genre *Opuntia* peut contenir jusqu'à 1600 espèces. Le figuier de Barbarie comprend les parties suivantes : fruit, fleur, graine, feuille (cladode), et appareil racinaire, il présente deux variétés : une variété inerme (issu de la domestication) et une variété épineuse (variété sauvage). Les cladodes sont réputés être riches en minéraux, en mucilage, en eau, en composés phénoliques et en vitamine A. Outre les anciennes utilisations traditionnelles de par le monde, actuellement ils représentent de multiples intérêts : écologiques, économiques, pharmaceutiques, nutraceutiques, cosmétologiques, environnementaux, biotechnologiques et bien d'autres surprenantes utilisations. Ils sont aussi valorisés en produits agroalimentaires comme notamment les confitures, les jus et les biscuits..

Mots-clés : Figuier de Barbarie, cladode, composition, mucilage, polyphénols, intérêts et applications industrielles.

Abstract

The prickly pear, is a tree native to arid and semi-arid regions of Mexico. In this work we wanted to assess the importance of the plant and its components (mainly cladodes) by presenting its composition and its various interests. There are several names according to the different regions of the world; Nopal is the Mexican name of the plant, other names have been used as India fig tree, or Karmouss n'ssara in Algeria. Its scientific name is *Opuntia ficus-indica*, it belongs to the *Cactaceae* family, order *Caryophyllales*, and the genus *Opuntia* can contain up to 1600 species. The prickly pear comprises the following parts: fruit, flower, seed, leaf (cladode), and root system, it has two varieties: a thornless variety (resulting from domestication) and a spiny variety (wild type). Cladodes are known to be rich in minerals, mucilage, water, phenolic compounds and vitamin A. In addition to the ancient traditional uses around the world, they currently represent multiple interests: ecological, economic, pharmaceutical, nutraceutical, cosmetological, environmental, biotechnological and many other surprising uses. They are also used in agrifood products such as jams, juices and cookies.

Key-words: Prickly pear, cladode, composition, mucilage, polyphenols, interests and industrial applications.

ملخص

التين الشوكي ، شجرة موطنها المناطق القاحلة وشبه القاحلة في المكسيك. أردنا في هذا العمل تقييم أهمية النبات ومكوناته (بشكل أساسي الألواح) من خلال عرض تكوينه واهتماماته المختلفة. هناك عدة أسماء حسب مناطق العالم المختلفة ؛ نوبال هو الاسم المكسيكي للنبات ، وقد تم استخدام أسماء أخرى مثل شجرة التين الهندية ، أو كرموس نساره في الجزائر. اسمها العلمي هو "اوبانسيا فيكوس انديكا" ، وهو ينتمي إلى عائلة "الكاكتاسي" ، من رتبة "كاربوفيلال" ويمكن أن يحتوي جنس الاوبانتيا على ما يصل إلى 1600 نوع. يتكون التين الشوكي من الأجزاء التالية : الفاكهة ، والزهرة ، والبذور ، والأوراق ، ونظام الجذر ، وله نوعان : صنف شائك (ناتج عن التددجين) وصنف شائك (نوع بري). من المعروف أن الألواح غنية بالمعادن والصمغ والماء والمركبات الفينولية وفيتامين أ. بالإضافة إلى الاستخدامات التقليدية القديمة في جميع أنحاء العالم ، فهي تمثل حاليًا اهتمامات متعددة : بيئية ، واقتصادية ، وصيدلانية ، ومغذيات ، ومستحضرات تجميل ، وبيئية ، وتكنولوجيا حيوية و العديد من الاستخدامات المدهشة الأخرى. كما أنها تستخدم في المنتجات الغذائية الزراعية مثل البسكويت و المرببات والعصائر.

الكلمات المفتاحية: التين الشوكي، الألواح، التركيب، الصمغ، البوليفينول، الفوائد والتطبيقات الصناعية.