

TREKASS



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

PLAN DE DEVELOPPEMENT ET DE VALORISATION DE LA FIGUE DE BARBARIE AU GOUVERNORAT DE KASSERINE

PREAMBULE

La Table Ronde Economique de Kasserine (TREKASS) est constituée dans le cadre d'un protocole d'accord entre le gouvernement de la République Tunisienne et le gouvernement de la Confédération Suisse relatif au programme suisse de soutien à la transition en Tunisie signé entre les deux parties et entré en vigueur en date du 22 juillet 2011 et restera en vigueur jusqu'au 31 décembre 2013.

La TREKASS a pour but de réunir les représentants du secteur privé, public et société civile, actifs dans le développement économique régional, pour identifier les obstacles au développement économique, de proposer et soutenir des initiatives concrètes en vue de stimuler les activités et le développement économique de la région.

Dans ce cadre, La table ronde économique de Kasserine a approuvé un plan d'action qui était élaboré en collaboration avec les acteurs régionaux de Kasserine comportant les 4 champs d'action suivants :

- 1^{er} Champs d'action : Amélioration des services liés à l'Information et à la communication
- 2^{ème} Champs d'action : Amélioration des services liés à l'Accompagnement
- 3^{ème} Champs d'action : Renforcement de l'Education entrepreneuriale
- 4^{ème} Champs d'action : Coordination entre les structures

Cette étude lancée par le Centre d'Affaires de Kasserine entant que secrétariat dans le cadre des activités de la table ronde économique de Kasserine et menée par le Centre Technique de la Chimie vise à élaborer un plan de développement et de valorisation de la figue de barbarie à Kasserine.

Sommaire

0.	Objet de l'étude.....	5
A-	DIAGNOSTIC DE LA SITUATION ACTUELLE	6
I.	Etat des lieux	7
	I.1 Introduction.....	7
	I.2 L'identification des zones de production.....	8
	I.3 Les conditions d'exploitation	11
II.	L'exploitation actuelle de la figue de barbarie	13
	II.1 Production/ collecte.....	13
	II.2 Transformation.....	14
	II.3 Commercialisation	15
	II.4 Exportation.....	15
	II.5 Cadre institutionnel, législatif et réglementaire	16
	II.6 Analyse SWOT	17
III.	Le marché	19
	III.1 Positionnement du secteur.....	19
B.	LE PLAN DE DEVELOPPEMENT ET DE VALORISATION DE LA FIGUE DE BARBARIE	23
I-	Composition de la figue de barbarie	24
	I-1 Les cladodes	26
	I-2 Les graines de fruit (pépins)	27
	I-3 L'écorce.....	30
	I-4 Le fruit	30
	I-5 Les épines	31
II-	Potentialités de la figue de barbarie	31
	II-1 L'industrie pharmaceutique.....	31
	II-2 L'industrie nutraceutique.....	33
	II-3 L'industrie cosmétique	34
	II-4 Les biocarburants	35
	II-5 Les résines et adhésifs	36
	II-6 Extraction des pigments et colorants	37
	II-7 Les nouvelles technologies.....	39
IV-	Vision du secteur de la figue de barbarie et axes stratégiques.....	45
V-	Démarche à suivre (court terme).....	50
VI-	Fiches Projets	50

Liste des figures66
Liste des tableaux69
Bibliographies.....70

0. Objet de l'étude

Des multiples études ont noté que les figues de barbarie sont excellentes sur tous les plans nutritionnels, alimentaires ainsi que thérapeutiques. Sa culture présente des intérêts socio-économiques et en particulier pour un développement intégré et durable.

Aujourd'hui peu ou mal exploité en Tunisie, la figue de barbarie offre pourtant de grandes possibilités pour l'exploitation, le développement et la vente de ses produits.

L'objectif de l'étude est d'élaborer un plan de développement de la figue de barbarie, en se basant sur un diagnostic participatif de la situation actuelle et surtout la participation des industriels déjà existants tels que NOPAL Tunisie et le partage avec les différents acteurs des orientations stratégiques pour le développement de ce secteur et la mise en œuvre d'une politique de promotion en matière de culture et en matière d'exploitation des produits finis ou semi-finis.

L'étude visera à valoriser toutes les formes de la figue de barbarie de Kasserine (huile, poudre, extrait,..) et à proposer une stratégie de développement.

L'étude permettra d'identifier les grandes orientations pour élaborer les dossiers d'investissement et promouvoir une nouvelle génération d'industries à haute valeur ajoutée.

A- DIAGNOSTIC DE LA SITUATION ACTUELLE

I. Etat des lieux

I.1 Introduction

Le Figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica*) est une espèce de plante de la famille des Cactaceae, Naturellement, le figuier de Barbarie se reproduit par multiplication végétative. Il produit un fruit comestible appelé figue de Barbarie. Cette espèce appartient à la sous-famille des Opuntioideae, tribu des Opuntieae.

Noms vernaculaires : figuier de Barbarie, figuier d'Inde, nopal, oponce, cactus raquette.

L'Opuntia est originaire des zones tropicale et subtropicale d'Amérique et ils peuvent être trouvés dans une grande variété de conditions agroclimatiques. La plante s'est propagée plus loin en Afrique, en Asie, en Europe et en Australie, où les figuiers de barbarie cultivées et sauvages continuent à fournir de la nourriture et des matériaux.



Tableau 1 : Distribution mondiale d'opuntia (FAO, 2013)

De nos jours la plante est cultivée dans de nombreux pays, notamment au Mexique, en Algérie, au Maroc, en Tunisie, aux États-Unis, au Chili, en Afrique du Sud, en Grèce, en Israël, en Turquie, en Italie (Sicile, Sardaigne), au Portugal...

Le figuier de barbarie à l'âge adulte a 5 m de haut avec un tronc épais, ligneux comprenant plusieurs raquettes (cladodes) ayant une longueur de 30 à 50 cm et une largeur de 15 à 30 cm. La couleur des cladodes est vert mat, ceux-ci sont couverts de petites aréoles, d'épines et de glochides. Les cladodes ont une grande capacité d'emmagasiner l'eau surtout au niveau des tissus parenchymateux qui peuvent accumuler à eux seuls 82 % de l'eau retenue par la plante. Les racines des Opuntia sont superficielles. Elles sont caractérisées par une grande capacité d'absorption d'eau qui augmente parallèlement avec l'élévation des températures du sol.

Adulte, elle a un port arborescent. Certaines variétés sont inermes, d'autres ont quelques aiguillons centraux de 1 à 2 centimètres. Cependant, comme tous les Opuntias, les aréoles sont garnies de fines glochides.

Les cladodes sont grandes, de 30 à 40 centimètres de long, et entre 15 et 25 centimètres de large sur les plantes adultes.

Il nécessite un climat chaud et une exposition bien ensoleillée. Il préfère un sol filtrant, sableux et bien drainé, de pH neutre (5 – 6,7). La multiplication peut se faire soit par semis, soit par bouture, en partant de cladodes âgés de un à deux ans. Le figuier de Barbarie est un arbre qui est répandu dans plusieurs régions à climat aride et semi-aride. Il n'y a pratiquement aucun apport d'éléments fertilisants pour le figuier de Barbarie en culture traditionnelle. Cependant, les recherches menées en Italie ont montré que l'application de l'azote à 120 kg/ha améliore la floraison et permet une production hors saison. Le phosphore et le potassium n'ont pas d'effet notable depuis l'âge de deux ans.

Les jeunes plantations peuvent entrer en floraison à partir de la deuxième ou la troisième année. La durée et la période du cycle annuel dépend de la variété et de la zone géographique. Elle commence au printemps par une initiation des bourgeons végétatifs qui donnent naissance à des raquettes. Après une année, ces raquettes fleurissent et fructifient à partir de Juin-Juillet. L'initiation florale n'a lieu que sur des raquettes âgées d'une année.

I.2 L'identification des zones de production

En Tunisie, elle pousse autant dans les moyens plateaux de Kasserine et du Nord-Ouest que dans les plaines et les vallées du Cap Bon ou du Kairouan. Sa force à l'expansion est prodigieuse et spectaculaire. Toutefois, c'est dans la région de Thala et plus précisément à Zelfene qu'elle s'épanouit le mieux. Sa répartition géographique exacte n'est pas reportée. Les rendements en fruits sont plus élevés dans les zones irriguées.

Le figuier de Barbarie inermes concurrence même le traditionnel. Toutefois, les fruits de contre-saison reviennent à Grombalia (Cap Bon) qui possède les meilleures plantations du genre. La production y prend d'ailleurs un caractère intensif avec apport de fertilisant, travail de sol et irrigation d'appoint.

La récolte du fruit est échelonnée sur une période de 7 mois; depuis Juin jusqu'à Décembre. Les figues de Barbarie sont ainsi disponibles sur les marchés à partir de Juin-Juillet jusqu'à Décembre-Janvier. La figue de Barbarie est exportée principalement fraîche, séchée ou conservée.

Dans le gouvernorat de Kasserine, le niveau de développement de la région et le caractère plutôt agricole de son économie font que la majorité de la population vit directement aux dépens du milieu physique (cultures en sec ou en irriguées, parcours etc.). Les plaines et les plateaux s'enchevêtrent entre de multiples alignements montagneux qui s'organisent en minichaînes d'orientation NE-SO et qui s'abaissent régulièrement vers le Nord-est. Les pentes sont fortes.

La répartition des superficies agricoles selon le statut juridique des sols se présente approximativement ainsi (année 2005):

- * Terres collectives 591000 ha 71,55%.
- * Forêts publics 151000 ha 5,30 %
- * Terres Hebouss 8677 ha 1,05 %
- * Terres domaniales 33490 ha 4,05 %.

Les délégations du nord du gouvernorat ont des sols favorables aux cultures céréalières alors que celles du sud ont des sols aptes aux parcours. Les délégations de l'est du gouvernorat sont plutôt propices à l'arboriculture.

Spéculation	Kasserine Nord	Feriana	Sbiba	Sbeïtla	Thala	Haidra	Foussana	Kasserine Sud
Arboriculture	1815	9574	15650	41752.5	6845	-	4887.5	2285
Cultures annuelles	1800	-	2567.5	-	32562.5	15562.5	-	930
Cultures annuelles et arboricoles	1302.5	-	-	1372.5	-	6595	13300.5	40752.5
Parcours	445	23773.5	7690	-	-	-	6510	-

Tableau 2 : Aptitudes des sols par délégation dans le gouvernorat de Kasserine (LADA, 2007)

L'occupation des sols est dominée par les grandes cultures et l'arboriculture qui occupent ensemble près de 62 % des terres agricoles du Gouvernorat. Il faut signaler que l'alfa occupe une superficie de 186 000 ha qui représentent près de 23% des terres dans le Gouvernorat cependant les forêts occupent une superficie de 151 000 ha soit 20 % des surfaces utiles et constituent une composante très importante du paysage naturel du Gouvernorat.

Délégation	Terres labourables en ha	Forêts et Alfa	Parcours en ha	Total
Kasserine N.	3620	1944	2715	8280
Kasserine S.	37294	38187	9760	85241
Sbeïtla	58750	40847	7196	106793
Sbiba	22279	11162	11435	44876
Jedliane	14602	6181	7012	27795
El Ayoun	16360	16301	6175	38836
Thala	45430	13078	11593	70101
Haïdra	20627	16521	7216	44364
Foussana	38487	40812	7276	86575
Férianne	44222	47453	726	92401
M. Bel Abbès	39141	44432	3908	87481
H. Lefrid	30814	59175	6489	96478
Ezzouhour	-	-	-	-
Terres autres	-	900	-	-
Total Gouvernorat	360000	337000	80000	777000

Tableau 3 : Répartition des terres du gouvernorat de Kasserine (Source Rapport Annuel CRDA 2007-2008)

La surface agricole utile est estimée à environ 777 mille ha dont 360 mille ha sont labourables. Ces espaces ont été valorisés pour la plantation des oliviers, arboriculture, céréaliculture outre l'implantation des périmètres irrigués.

La répartition de l'agriculture en ha est la suivante (source: Direction régionale de Kasserine et étude LADA 2007):

- Terres cultivables : 360 000
- Zones Irriguées : 27 700
- Terres certifiées BIO : 1100 ha

- Forêts : 151 000
- Parcours : 80 000
- Oléiculture : 78 600
- Arboriculture : 140 000

La végétation des forêts est constituée essentiellement de romarin, pin d'Alep, de chêne vert et de genévrier. Ces forêts sont constituées pour environ 104 000 ha de forêts denses, 17 000 ha de forêts moyennement denses et de 30 000 ha dégradées. Les forêts sont utilisées pour la production de bois, le pâturage, le pin et l'extraction des huiles essentielles.

Le secteur agricole a connu une évolution considérable suite à l'expansion des zones irriguées et au développement à la diversification de la production agricole principalement dans les légumes, les arbres fruitiers et cultures tardives et saisonnières.

Le figuier est très dispersé sur le territoire national, les statistiques officielles et les informations sur les superficies plantées, les quantités et leur utilisation sont soit absentes soit non fiables.

Dans la région de Kasserine, la culture du figuier de Barbarie est la mieux structurée et occupe 82 775 ha qui représente 11 % des terres du Gouvernorat et 16,5% de la superficie nationale, pourtant 58% de cette surface est seulement exploité. Zelfene compte seul 20 000 ha de plantations commerciales pour la production de fruits. La production de fruit du figuier de barbarie atteint 162 500 tonnes dont une grande partie n'est pas récoltée.

Au Mexique, sa culture s'étend sur une superficie de plus de 50 000 ha. En Italie, il est cultivé sur une superficie de 1000 ha avec des programmes de fertilisation et d'irrigation annuels. Dans d'autres pays, on a recours aux techniques de productions les plus modernes telle que l'irrigation au goutte à goutte. C'est le cas par exemple d'Israël qui exporte la majorité de sa production sur les marchés européens.

Dans le gouvernorat de Kasserine, le cactus inermes représente 80.5 % soit 66 000 ha des plantations et est principalement utilisé pour la production de fruit et du fourrage et le cactus épineux qui représente 20% de la superficie est principalement utilisée pour la protection des parcelles.

La production totale de fruits est estimée à 160 000 tonnes dont le cactus inerme représente 100 000 tonnes soit 62.5 % de la production annuelle du gouvernorat.

Les principales zones de production sont :

- Thala : 5700 ha
- Foussana : 2300 ha
- Hassi El Ferid : 9000 ha
- Majel bel- Abbes : 5000 ha
- Zone de Zelfene : 20000 ha

La région la plus productive et la mieux structurée est celle de Zelfene (20 000 ha soit 47% de la superficie du gouvernorat); les plantations y sont soit irriguées soit profitent d'une irrigation d'appoint. Les rendements en fruits varient de 1,5 à 3,5 t/ha pour le cactus inermes et de 3 à 6 t/ha pour le cactus épineux. La production de la région de Zelfene représente 32,5% des fruits du gouvernorat de Kasserine, la plupart de cette production (87,2%) est vendue en dehors du gouvernorat en raison de la qualité du fruit (*source: CRDA Kasserine*).

Les rendements varient énormément en fonction de facteurs écologiques et sur le soin apporté à la culture. Dans la production de fourrage de *O. ficus-indica* f. inermis, les rendements varient de 60 à 80 tonnes de matière fraîche de cladodes par hectare et par an sous précipitation moyenne annuelle de 400-600 mm qui ont été relevés à plusieurs reprises dans divers pays, sous culture semi-intensive et sans engrais. En culture intensive et avec l'utilisation d'engrais, les rendements peuvent chercher deux ou même trois fois ces chiffres. Le programme de fertilisation de base initial se compose généralement de 50-100 kg P₂O₅ et N par hectare, suivi par une fertilisation annuelle de 30-50 kg N. Ces programmes de fertilisation sont efficaces dans la zone semi-aride et permettent d'avoir des rendements plus élevés comparé aux champs non fertilisés (2 à 3 fois). La production de fourrage réagit fortement à l'azote tandis que la production de fruits répond mieux au phosphore. La réponse à la fertilisation est également forte dans la zone aride, même sous une pluviométrie moyenne annuelle de 200 mm.

I.3 Les conditions d'exploitation

Le climat de Kasserine est caractérisé par une température irrégulière et une pluviométrie de grande variabilité avec une moyenne de 335 mm/an. Les températures sont faibles en hiver (2-12°C), élevées en été (30-40°C) et très irrégulières. Sur le plan bioclimatique, la région appartient pour plus de sa moitié au climat de type aride à hiver froid. La pluviométrie est variable avec une moyenne annuelle allant de 150 mm jusqu'à 500 mm par an. Cependant la plus grande partie du gouvernorat appartient à la frange de 150 à 400 mm par an. Il se trouve donc juste en dessous de la partie subhumide de la Tunisie.

Les températures très élevées jouent un rôle desséchant remarquable de la végétation. L'évaporation atteint en moyenne 2130 mm à Kasserine. Elle atteint les valeurs élevées lorsque souffle le vent méridional du type Chéhili, un vent chaud et desséchant intéressant la région en moyenne 20 jours par an. C'est en particulier au printemps, période de floraison des cultures, que son action est la plus désastreuse pour l'agriculture.

En plus de leur irrégularité, les températures connaissent des amplitudes très élevées aussi bien à l'échelle de la journée et du mois que de l'année.

C'est septembre ou octobre et secondairement mars qui sont en général les mois les plus humides de l'année. Le mois le plus sec est presque dans tous les cas juillet.

Au Nord, les pluies d’hiver prennent de l’importance alors que celles de l’automne augmentent en allant vers le sud. Plus que la moitié de la région est aride à hivers frais et que seuls les massifs montagneux et la région montagneuse nord occidentale est intéressée par le bioclimat semi-aride (LADA évaluation locale, 2007).

Kasserine est traversée par plusieurs oueds dont les plus importants sont les oueds Eddarb, Andlou et El Hatab. Le plus grand barrage, construit par les Romains est toujours en service, se trouve sur l’oued Eddarb. Haut de dix mètres, long de 100 à 150 mètres, il portait à son sommet une sorte de route de 4,90 mètres de large et n’était percé à sa base que d’une ouverture de deux mètres pour le passage des eaux. Le barrage ne servait pas seulement à l’alimentation en eau, mais en partie à la retenue d’alluvions et à la formation de surfaces de terre arable dans les lits des oueds.

Les secteurs irrigués n’occupent qu’une faible partie de la superficie du gouvernorat.



Tableau 4 : Répartition bioclimatique de la zone Kasserine (Source Rapport Annuel CRDA 2007-2008)

Tableau 5 : Carte de zonage du gouvernorat de Kasserine (PANLCD, 2006)

II. L'exploitation actuelle de la figue de barbarie

Pour la Tunisie, on compte 13 entreprises opérant dans l'extraction d'huile et/ou la transformation en poudre du figuier de barbarie et 03 en cours de création dans le territoire tunisien:

Nom de l'entreprise	Localisation	Produits commercialisés (hors alimentaires)
AGRINEGOCE	Nabeul	Poudre de Nopal
GLOBIO OIL (producteur)	Siliana	Huile de figue de barbarie, huile de graines de figue de barbarie
PHYTOMED (2010)	Mornag- Nabeul	Huile de graines de figue de barbarie Vinaigre de figue de barbarie
TUNISIA AGROLINE (2012)	Hammamet	Huile de graines de figue de barbarie Produits cosmétiques biologiques
NORI TUNISIE D'EXTRACTION HUILE BIOLOGIQUE	Monastir	Huile de pépins de figue de barbarie
HUILERIE BEN SELMA	Sousse	Huile de pépin de figue de barbarie bio
BIO-MED	Zaghouden	Huile des graines de figue de barbarie Poudre de nopal Produits cosmétiques bio
SOCIETE NOPAL ZAAFRANA	Kairouan	Huile de graines de figue de barbarie par pression mécanique à froid ECOCERT
CACTUS TUNISIE NOPAL TUNISIE (2005)	Kasserine	Huile des pépins de figue de barbarie Poudre de Nopal Farine des graines Produits ECOCERT
Herbes de Tunisie	Siliana	Huile de graines de figue de barbarie Poudre des cladodes
OMEGA TUNISIE (2010)	Sidi Bouzid	Huile de graines de figue de barbarie
STEPSA	Moknine- Monastir	Huile de graines de figue de barbarie ECOCERT
BIOFIG (2012)	Tunis	Transformation de figues de barbarie

Les données relatives aux quantités produites et l'origine de la figue de barbarie ne sont pas disponibles.

II.1 Production/ collecte

A Kasserine, le figuier de Barbarie est cultivé principalement pour la production de fruits et du fourrage. La culture du figuier de Barbarie est actuellement pratiquée de façon intensive, la production de fruits reste cependant l'aspect le plus recherché et le plus développé.

Deux circuits de culture et de récolte ont été marqués pour Kasserine selon l'utilisation:

Circuit 1 : Pour une utilisation industrielle, nous citons les transformateurs de la figue de barbarie qui s'approvisionnent chez les agriculteurs sous contrat et qui préservent leurs zones agricoles certifiés bio pour avoir des produits destinés vers les marchés à haute valeur ajoutée (cosmétiques, nutraceutique, pharmaceutique..).

Le mouvement de l'agriculture biologique, en Tunisie, a démarré au cours des années 80 par des initiatives privées et a connu un développement lent jusqu'aux années 1997-1998.

Ensuite, une stratégie nationale a été mise en place ; elle est basée sur plusieurs volets : réglementation, recherche, formation, vulgarisation, organisation, structure et encouragement. Ceci a contribué à un bon développement et un essor important de ce secteur.

L'exploitation et la culture biologique de la figue de barbarie a pris de l'importance et jusqu'à l'année 2013 on compte 23 opérateurs biologiques répartis comme suit : Zaghouan (04), Sousse et Sfax (03), Kasserine, Kairouan, Siliana et Sidi Bouzid (02) et Jendouba, Nabeul, Kef, Ben Arous et Monastir (01) (CTBA, 2013).

Circuit 2 : Pour la production des fruits frais, la culture du figuier se fait par des agriculteurs qui font appel à des cueilleurs afin de les vendre à des transformateurs ou exportateurs (essentiellement entrepôts pour le conditionnement et la conservation) ou pour leur commercialisation sur le marché national d'une manière traditionnelle (dans des chariots dans les rues).

On compte 07 entrepôts pour le conditionnement et la conservation de fruits et une seule entreprise industrielle opérant dans la transformation de figue de barbarie NOPAL TUNISIE malgré la richesse de la zone de Kasserine en figuier qui, en parallèle du conditionnement de fruits, elle procède à la préparation du jus et à l'extraction de l'huile de pépins, cette société est en stade de développement pour des produits cosmétiques et d'hygiène corporelle sous forme de prototypes.

II.2 Transformation

La figue de barbarie est exportée sous forme frais (fruit), séchée (graines, cladode) ou sous forme d'extraits (huile de pépins, jus). Kasserine dispose actuellement d'une seule unité de transformation créée en 2007 (NOPAL) qui dispose de technologie simple pour l'extraction d'huile et le séchage.

En effet, l'extraction des huiles de pépins se fait par une presse à froid avec un rendement de 3 %.

Pour le process de séchage, la transformation reste dans la majorité des cas traditionnelle avec un séchage au soleil ou à l'ombre.

Ces technologies ont l'avantage d'être peu coûteuses et techniquement faciles à manipuler, mais elles souffrent de nombreuses faiblesses :

- Le chauffage peut créer une dégradation thermique des constituants du végétal ;
- La durée d'extraction de l'huile de pépins est trop longue ce qui se traduit par une consommation d'énergie élevée ;
- Le rendement en huile obtenue est inférieur à celui des unités modernes.

II.3 Commercialisation

L'industrialisation de la filière de la figue de barbarie est fortement réduite. On trouve :

- Une seule entreprise Nopal Tunisie spécialisée qui valorise la figue de barbarie en intrants diversifiés (poudre de graine, poudre de fleurs, poudre de cladodes, huile de graines) et en produits finis principalement dans le secteur d'agro-alimentaire (jus, fruit conditionné,..), ce développement intègre toute la chaîne de valeur depuis la culture biologique jusqu'à la commercialisation.
- Des sociétés spécialisées dans la commercialisation des fruits tels que les entrepôts pour le conditionnement et la conservation de fruits.

Le marché local est loin d'être négligeable. Cependant, la production de la figue de barbarie connaît de multiples difficultés dues notamment à la prédominance du secteur de l'informel et au manque d'organisation des circuits de production, de distribution et de commercialisation.

D'une manière générale, la structure du commerce et les réseaux de distribution de la figue de barbarie demeurent traditionnels et archaïques à l'image des techniques d'exploitations pratiquées dans la région. La négociation est souvent exercée par des commerçants. L'activité se résume au ramassage et à la vente gré à gré. L'expédition des matières premières brutes se fait soit vers les entrepôts de conditionnement pour leur exportation à l'étranger soit aux marchés commerciaux locaux.

II.4 Exportation

La variété des ingrédients naturels exportés par la Tunisie est illustrée ci-dessous :

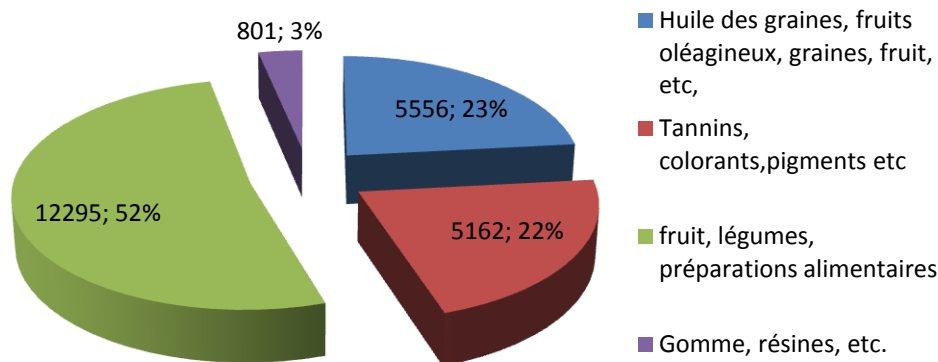


Figure 18 : Valeur exportée des ingrédients naturels par la Tunisie en 100 USD (Source : Commerce international 2012)

Afin de soutenir le développement commercial du secteur de la figue de barbarie il faut encourager l'organisation des manifestations aux niveaux national, régional et international regroupant les acheteurs et les vendeurs.

II.5 Cadre institutionnel, législatif et réglementaire

La filière de la figue de barbarie souffre de manque d'organisations nationales qui défendent la durabilité et la rentabilité du secteur, et pourraient jouer un rôle de levier pour les économies rurales en améliorant les revenus des populations des sites de culture, production et d'exploitation.

La filière de la figue de barbarie ne figure pas dans l'union régional de l'agriculture ni dans la fédération nationale de la chimie. Aucune forme d'organisation professionnelle n'est présente au niveau régional qui regroupe les adhérents locaux (agriculteurs, transformateurs, commerçants..).

Kasserine ne fait pas partie de TUNISIA EXPORT NETWORK qui regroupe 8 chambres de commerce et d'industries régionales, il est nécessaire de générer des opportunités d'affaires pour les entreprises à travers la signature d'une convention avec le centre de promotion des exportations CEPEX.

Le gouvernorat de Kasserine est classé en zone de développement régional prioritaire. Elle bénéficie des avantages spécifiques accordés par l'Etat au titre du développement régional :

- Prime d'investissement : 25% de l'investissement global, fonds de roulement inclus avec un plafond de 1.500.000 DT. Pour les nouveaux promoteurs cette prime est de 30% avec un plafond de 2.000.000 DT.
- Prime au titre de la participation de l'Etat aux dépenses d'infrastructure : 85% des montants engagés par l'entreprise.

- Prise en charge de la cotisation patronale au régime légal de la sécurité sociale (CNSS) : la prise en charge par l'Etat de cette contribution pendant les dix premières années à partir de la date d'entrée en activité effective.

II.6 Analyse SWOT

L'analyse SWOT (Strength, Weakness, Opportunities, Tendancy) relative à la filière de la figue de barbarie fait ressortir les principales forces, faiblesses et opportunités du secteur :

Forces	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none"> - La richesse des sols et leur commodité aux différentes cultures - L'abondance et la qualité de ses ressources en eau : estimées à 210 Mm³ - La spécificité de son climat permettant la spécialisation dans les cultures d'arrière saison - Main d'œuvre qualifiée et à bon marché : la Population de Kasserine est jeune marquée par la prédominance de la tranche d'âge jeune favorisant ainsi la productivité. - Une situation géographique centrale et frontalière privilégiée et proximité de la nouvelle autoroute Tunis-frontière libyenne et du nouvel aéroport international d'Enfidha - Production agricole importante pour l'investissement agricole - La figue de barbarie est parfaitement adaptée aux conditions d'aridité de la région, surtout pour ce qui est de l'eau. - Le rendement à l'hectare est plus élevé que les autres cultures traditionnelles. - un accès à l'énergie et aux réseaux de télécommunications - des structures d'accompagnement des entreprises (API, ODCO, centres d'affaires) et de nombreux services sous forme de conseils, d'information et de contacts ; - des incitations financières et des exonérations fiscales importantes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Figuier de barbarie non valorisé - Les techniques de transformation nécessitent d'être améliorées (nouvelles technologies pour le séchage et transformation). - Manque de visibilité sur les marchés pour les produits déjà industrialisés (savons, crèmes, huile de pépins) - Absence de stratégie pour la promotion de ce secteur - Manque de qualification de la main d'œuvre (process, culture, marketing, contrôle qualité...) - Diversification relativement faible de produits issus de la figue de barbarie - Méconnaissance des dispositifs de financement de l'Etat - Manque d'encadrement et d'orientation stratégique pour les nouveaux promoteurs et les entreprises existantes. - Absence de veille économique, technique et technologique. - Activités économiques plutôt réduites - Fort taux de chômage - Cadre urbain peu attractif - Faible compétitivité - Manque d'attractivité de la région aux investissements.
Opportunités	Menaces
<ul style="list-style-type: none"> - Infrastructure assez adéquate encourageant l'installation d'unités industrielles et de projets agricoles - Programmation de la modernisation des routes classées et d'une autoroute horizontale reliant Kasserine à Tunis - Cultures arboricoles biologiques (figuier de barbarie): La faible consommation d'engrais chimiques et de pesticides constitue déjà un pas vers la production biologique. - Possibilité de développement des cultures d'arrière-saison (Figue de barbarie tardive), - Diversification industrielle pour le figuier de 	<ul style="list-style-type: none"> - Phénomène de migration accentué - La commercialisation est sujette à de nombreux facteurs : conjoncture économique et stabilité sociale et politique. Ce dernier facteur perturbe non seulement la production mais également les ventes dans les pays acheteurs - l'irrégularité et l'agressivité des pluies. - Augmentation du chômage et émigration massive.

barbarie

- Possibilité de développement des secteurs cosmétiques et pharmaceutiques à haute valeur ajoutée
 - Les fleurs d'Opuntia constituent une source de nutrition très appréciée et sollicitée par les abeilles domestiques ce qui engendre la possibilité de développer des activités apicoles en parallèle.
 - La culture de la figue de barbarie constitue le pilier de l'économie familiale. C'est une opération qui utilise la main d'œuvre familiale pendant sept mois de l'année.
 - La culture du figuier de Barbarie nécessite moins d'investissement que la céréaliculture.
 - Présence d'infrastructures d'accueil des nouveaux promoteurs tel que le centre d'affaires de Kasserine.
-

II.6 Stratégie et perspectives pour le développement du secteur

Malgré ses faiblesses, la filière de la figue de barbarie reste un secteur promoteur et mérite d'être renforcé davantage pour saisir d'autres opportunités d'exploitation industrielles et développer une réputation, stable et fiable à l'échelle nationale et internationale.

Il faut constituer un environnement favorable technique et économique pour le développement de cette filière. La présence d'un technopôle à Kasserine peut favoriser ce développement en supportant les unités de transformation et les basculer vers l'utilisation de nouvelles technologies ayant un effet direct sur la qualité et le rendement des produits. Des contrats de R&D peuvent être aussi élaborés avec des universités et unité de recherche dans le domaine de l'agriculture (tri et gestion des ressources génétiques et sélection selon les usages prévus) et l'industrie (formulation et prototypage) pour créer une valeur ajoutée.

La modernisation de cette filière réside dans l'élaboration d'un lien entre les petites unités soit par le regroupement de tous les agents intervenants dans le secteur dans une structure quelconque (association, coopérative...) soit par la professionnalisation des intermédiaires, de négociant(s), exportateur(s) pour qu'ils jouent pleinement leurs rôles dans la filière.

Les producteurs de la zone du projet pourraient ajouter de la valeur à leurs produits et accroître leurs revenus en transformant la figue de barbarie à la source. Ils ont, en effet, l'avantage d'avoir la matière sous la main et de bénéficier de coûts de transport et de main- d'œuvre réduits. Toutefois, un certain nombre d'enjeux s'oppose à une transformation réussie à la source, à savoir :

- Les dépenses initiales d'investissement;
- Méconnaissance des exigences des marchés et des utilisateurs finaux;
- Absence d'un consortium ou organisations professionnelles pour la filière figue de barbarie (agriculteurs, cueilleurs, industriels) pour élaborer et diffuser les bonnes pratiques agricoles et de transformation;
- Absence d'exigences et normes en matière de qualité.

Les techniques de vente et de marketing constituent l'un des principaux facteurs nuisant aux exportations. Pour une meilleure commercialisation trois types d'actions d'accompagnement doivent être envisagées :

- La consolidation des marchés existants, nationaux ou internationaux, par la production de produits de bonne qualité, certifiés et traçables;
- La négociation de grands contrats stratégiques pour la zone à l'export.
- La création d'un consortium d'exportation des produits innovants issus de la figue de barbarie.

III. Le marché

III.1 Positionnement du secteur

L'agriculture se positionne aujourd'hui dans un environnement en rapide évolution, caractérisé par la mondialisation, la libéralisation et par la mutation des attentes envers l'agriculture. L'Union européenne est le principal marché d'exportation de l'Afrique, suivie par l'Asie et l'Amérique du Nord. Le développement de l'intérêt en produits biologiques doit être maintenu et intensifié ce qui ouvre d'autres marchés. Le développement d'industrie de cosmétiques et nutraceutiques utilisant les intrants issus de la figue de barbarie permet d'avoir des produits industrialisés de haute valeur ajoutée tant à l'échelle national qu'international.

Ci-dessous la valeur des exportations tunisiennes de 2012 dans le domaine des produits cosmétiques :

Exemple de secteur d'activités	Valeur exportée en DT (2012)	Principaux marchés
préparations pour l'entretien ou le soin de la peau autres que les médicaments	3 429 495	Libye et Algérie
Shampooings	27 357 157	Les pays africains, Liban, France, Suisse et Italie

Tableau 6 : valeur des exportations tunisiennes de 2012 dans le domaine des produits cosmétiques

Le marché des produits biologiques certifiés issus de la figue de barbarie pour l'année 2013 a été marqué par deux gouvernorats Kasserine et Sousse.

Nature de produit	Gouvernorat	Quantité
Poudre de graine de figue de barbarie biologique	<i>Kasserine</i>	2500 tonnes/an
Huile de pépin figue de barbarie biologique	<i>Sousse</i>	1 tonne/an
Huile de pépin de figue de barbarie biologique	<i>Kasserine</i>	4000 litres/an
Fleurs séchées biologiques de figue de barbarie	<i>Kasserine</i>	7 tonnes/an
Fleurs séchées de figue de barbarie biologique	<i>Sousse</i>	1 tonne/an

Poudre de Nopal Biologique	<i>Kasserine</i>	100 tonnes/an
Figue de barbarie biologique fraîche	<i>Kasserine</i>	5000 tonnes/an
Pulpe de figue de barbarie biologique	<i>Kasserine</i>	2500 tonnes/an
Confiture de figue de barbarie biologique	<i>Sousse</i>	5 tonnes/an

Tableau 7 : Marché biologique de la figue de barbarie (CTBA, 2013)

La variété des produits biologiques est produite par un seul opérateur NOPAL Tunisie, ceci constitue une base pour renforcer davantage la culture biologique et pour standardiser la culture de la figue de barbarie au niveau régional.

La mise à niveau de la filière figue de barbarie suppose un développement équilibré entre l'offre de la matière première détenue par la population locale, la capacité des unités de production, les structures de commercialisation et la demande des marchés nationaux et internationaux. Cet équilibre doit en fait s'accompagner par une restitution de la valeur ajoutée dégagée en amont de la chaîne (agriculteurs) vers l'aval (commerçants). A titre d'illustration, la restitution d'une partie de la valeur ajoutée générée par la vente de l'huile de la figue de barbarie à des fins cosmétiques en Europe à prix fort va générer d'importants revenus pour les structures de production. Ceci se traduira par une bonne rémunération des agriculteurs et surtout par l'effet d'induction sur la hausse des prix de la matière première.

La figue de Barbarie est en voie de prendre une place de choix dans la cosmétique, grâce à ses vertus exceptionnelles (traitement des rides, des cernes...). L'exploitation des richesses de cette ressource est donc un véritable défi pour la Tunisie.

La recherche médicale moderne redécouvre avec un intérêt grandissant la plante de la figue de barbarie et ses propriétés. Ceci pourrait promouvoir la fabrication des médicaments, des produits cosmétiques fonctionnels et des compléments alimentaires.

La branche pharmaceutique en Tunisie pour la fabrication des médicaments préparés à des fins thérapeutiques regroupe 23 entreprises dont 5 sont totalement exportatrices. Elle englobe les comprimés, les gélules, les poudres, les ampoules, les sirops, les crèmes, les suppositoires et les injectables. En Tunisie, la production locale ne couvre que 44 % des besoins du marché avec un taux d'intégration estimé à 40%. La gamme de produits pharmaceutiques et parapharmaceutiques commercialisée en Tunisie se rapproche de celle commercialisée dans les pays développés ce qui constitue un indicateur du niveau de développement de ce secteur.

Les médicaments produits localement sont ou bien des médicaments génériques (46%) ou bien des produits sous licence (54%) avec un taux de croissance annuel moyen de 15%. La France est le principal fournisseur de médicaments pour la Tunisie avec 44%, suivi par la Suisse avec 10% et l'Italie avec 8%. L'industrie cosmétiques, huiles essentielles et parfumerie regroupe 38 entreprises dont seulement 7 totalement exportatrices. Les produits cosmétiques et parfums ont représenté 45% de ces exportations avec un taux de croissance annuel moyen de 24%.

L'interdiction des peintures à composés organiques volatils COV depuis 2010 en Europe à encourager le développement d'une gamme de peinture écologique sans COV. Cette réglementation qui est en cours d'adoption en Tunisie peut être une opportunité pour la société MIXAL pour le développement de ces produits en valorisant les cladodes de la figue de barbarie, ce projet peut être financé par les dispositifs nationaux PIRD ou PNRI.

Pour la nutraceutique, les compléments alimentaires à base de plante ou partie de plante sont considérés comme nouveaux produits sur le marché, le CA en 2012 du marché français des compléments alimentaires a atteint 1 052 000 Euros dont 60 % est généré par la vente en pharmacie. La demande est en hausse, notamment dans des pays du Golfe. Aux Etats-Unis, en 2010, les ventes de compléments alimentaires ont atteint 28,1 milliards de dollars. Il est à signaler que la réglementation américaine est moins contraignante que celle de l'union européenne.

Une prospection du marché local peut dénicher des opportunités d'affaires pour la vente des intrants issus de la figue de barbarie.

Pour ce faire, il est nécessaire de:

- Connaître en détail la nature des importations de ces entreprises.
- regrouper les intervenants de la filière de la figue de barbarie afin d'assurer une traçabilité et une disponibilité des quantités répondant aux besoins de la production nationale et même procéder à des importations des produits étrangers quand si nécessaire. C'est le seul moyen d'habituer les industriels tunisiens à s'approvisionner en matière première sur le marché local et donc consommer les produits locaux.
- Renforcer le circuit de commercialisation et le marketing par la présentation de formulation-types.

La pérennité d'un marché réside dans l'assurance de la qualité des produits en amont depuis la culture. En ce qui concerne la figue de barbarie, la production scientifique relevant de la valorisation scientifique tunisienne est riche mais reste inexploitée. Dans l'étude de Nejia Zoghalmi (*Molecular based assessment of genetic diversity within Barbary fig (Opuntia ficus indica (L.) Mill.) in Tunisia*) en 2007, portant sur l'analyse de la diversité génétique au sein d'un ensemble de 36 Ecotypes tunisiens de la figue de barbarie de la région de **Kasserine** (*Zeflene, Snad Haddad, Thala, Sbiba, Zouagha, Saddine, Téoucha, Marjaa Ayouem et Henchir Ejjouf*) et **Kairouen** (*Sidi Zid, Ain Ghrab, Sidi Saad, Bir Echaouch et El Ala*), montre que tous les génotypes testés étaient significativement divergents au niveau de l'ADN et doivent être préservées dans une collecte de référence.

Une autre étude faite par Monia Bendhifi (*Assessment of genetic diversity of Tunisian Barbary fig (Opuntia ficus indica) cultivars by RAPD markers and morphological traits*) en 2013, portant sur l'analyse de la diversité génétique des 28 écotypes tunisiens de la figue de barbarie, échantillonnés à partir de 19 localités dans les régions de Kasserine, Sidi Bouzid et Gafsa montre aussi une grande variation phénotypique et une forte différence entre les accessions. Toutefois, en raison des caractéristiques de qualité des fruits, il s'agit de la ressource importante pour la reproduction et l'amélioration des cultivars de diverses demandes des consommateurs dans le monde.

Pour la préservation de ces cultures, il est recommandé tout d'abord de mettre en place un tri taxonomique définitif sur le plan régional qui peut faire l'objet d'un projet regroupant des experts pluridisciplinaires. Le financement de ce projet peut s'inscrire

dans le programme européen H2020 s'étalant de 2014 à 2020. Ceci pourrait être d'un grand intérêt pour les agriculteurs pour la sélection de génotypes intéressants qui afin de sélectionner des cultivars d'importance économique. Le développement d'une base de collection inscrite dans la banque des gènes est recommandé pour faciliter l'accès aux ressources génétiques du figuier de barbarie et de recommander une espèce par rapport à une autre pour une culture potentielle de cette espèce selon les caractéristiques voulus, ceci prépare le démarrage des programmes d'amélioration et de conservation.

B. LE PLAN DE DEVELOPPEMENT ET DE VALORISATION DE LA FIGUE DE BARBARIE

I- Composition de la figue de barbarie

Le figuier de Barbarie a récemment reçu une attention considérable dans le monde scientifique pour ses composants bioactifs, qui peut fournir des bénéfices pour la santé au-delà de la nutrition de base. En plus de vitamines anti-oxydantes telles que la vitamine C, E et des caroténoïdes, la vitamine C est la plus importante quantitativement, le fruit contient des composés phytochimiques particuliers, tels que les pigments de bétalaïnes et de petites quantités de composés polyphénoliques qui sont présents dans les écorces. En outre, la taurine, un acide β -amino protectif de cellule avec des effets antioxydants, a été évaluée dans les fruits d'*Opuntia ficus-indica* en provenance du Mexique, Afrique du Sud et l'Italie, et des thiols (SGH) ont été démontrés dans la pulpe du fruit des cultivars siciliennes. Les parties utilisées dans le nopal sont les fleurs, les fruits et les tiges.

Parameter	
<i>Weight [g]</i>	67 to 216
<i>Seeds</i>	<i>3 to 7% of fresh weight</i>
Number of seeds/fruit	150 to 300
Hydrocolloids (endosperm)	arabinans, rhamnogalacturonans
Total lipids [mg/kg]	98.8 (on dry weight basis)
Main lipids	linoleic, oleic, palmitic acids
Main sterols	β -sitosterol, campesterol
<i>Peel</i>	<i>36 to 48% of fresh weight</i>
Color	green, orange, red, purple
Hydrocolloids	pectin-like composition
Total lipids [mg/kg]	36.8 (on dry weight basis)
Main lipids	linoleic, oleic, palmitic, γ -linolenic, α -linolenic acids
Main sterols	β -sitosterol, campesterol
Vitamins (in oil)	vitamin E
<i>Pulp</i>	<i>39 to 64% of fresh weight</i>
Color	white, yellow-orange, red, purple
Main pigments	indicaxanthin (proline-betaxanthin), γ -aminobutyric acid-betaxanthin, muscaaurin VII (histidine-betaxanthin), vulgaxanthin I (glutamine-betaxanthin), betanin, isobetanin
Pigment content [mg/kg]	66 to 1140
pH	5.6 to 6.5
Main acid	citric acid
Total titratable acids [g/L]	0.5 to 1.1
Total soluble solids [%]	12 to 17%
Main sugars	glucose, fructose
Total sugar contents [g/L]	100 to 130
Sugar:acid ratio	90:1 to 450:1
Main amino acids	proline, taurine, glutamine, serine
Main minerals	calcium, magnesium
Main vitamin	vitamin C
Main phenolics	quercetin, kaempferol, isorhamnetin
Hydrocolloids	complex mixture of rhamnogalacturonan and at least 50% nonpectic substances
Main lipids	linoleic, palmitic, oleic, γ -linolenic, α -linolenic acids
Main sterols	β -sitosterol, campesterol
Total lipids [mg/kg]	8.7 (on dry weight basis)
Main aroma compounds	2-(<i>E/Z</i>)-2,6-nonadien-1-ol, 2-methylbutanoic acid methyl ester

Tableau 8 : Caractéristiques pertinentes physiques et chimiques de figue de barbarie (*Opuntia* spp.) Selon: Feugang et al. (2006), Matsuhira et al. (2006); Piga (2004); Ramadan et morceau (2003a, b, c); Sáenz-Hernández (1995); Stintzing et al. (2005)

I-1 Les cladodes

Les cladodes ou raquettes sont communément appelées «Nopales" ou "Nopalitos" quand elles sont fraîches et jeunes de 3-4 semaines d'âge. La cladode ou la raquette contient essentiellement des fibres alimentaires, des acides aminés, des vitamines et des minéraux.

Les cladodes contiennent une quantité importante de matière minérale (20%), ainsi que de graisses et de cires (7 %). Les fibres alimentaires se compose de plusieurs composants chimiques qui sont résistantes aux enzymes digestives telles que la cellulose, l'hémicellulose, la pectine, la lignine, les gommages, etc.

Le taux de lignine est faible et les polysaccharides sont les constituants majoritaires (45 %), la cellulose représentant à elle seule plus de 15%.

La teneur en fibre des cladodes varie en fonction de l'espèce de la plante et son stade de maturité.

Les jeunes cladodes, très riches en eau, 91 à 93%, ont des teneurs élevés en minéraux.

Les minéraux représentent chez les jeunes cladodes plus de 13% de la matière sèche. Les jeunes cladodes sont riches en calcium, magnésium, potassium et Cuivre mais ont une faible teneur en phosphore. La teneur en Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺, Cu⁺⁺ est comparable à celle de l'épinard et de la tomate.

La valeur énergétique des cladodes varie de 900-1000 énergie nette Kcal par kg de matière sèche.

Dans une étude menée en Algérie (*composition chimique des jeunes cladodes d'opuntia ficus indica et possibilités de valorisation alimentaire hadj sadok t 1Laboratoire de biochimie, département Agronomie, Faculté des Sciences Agrovétérinaires, Sâad Dahleb Blida, Algérie 2008*) sur les jeunes cladodes, il a été démontré qu'ils peuvent contribuer à une part importante à la satisfaction des besoins nutritionnels humains. Les jeunes cladodes sont également riches en fibres (8 à 11% de la matière sèche), sucres totaux (1,66 à 8,79% MS) et en vitamines C dont la teneur est appréciable (9 à 15mg/100g Matière Fraîche). Les polyphénols totaux connus pour leurs activités antioxydantes sont également présents à des teneurs variant de 41,6 à 23,4 mg/100g de cladodes fraîches. Les tanins condensés représentent 6,45 à 6.93 mg/100g de matières fraîches et les caroténoïdes 77µg à 47µg pour 100g de matière fraîche.

Au vue de la teneur riche en fibre des raquettes, il apporte une aide considérable dans la capture et l'élimination des sucres et des graisses stockés dans l'estomac, car ses fibres peuvent retenir jusqu'à 21 fois leur poids de graisses. Il donne un effet de satiété car il trouve sa source dans le mucilage (substance qui gonfle sous l'effet de l'eau), ce qui lui permet d'avoir des vertus amaigrissantes et agit comme un coupe faim. Si l'on ajoute à cela que c'est aussi un "aliment complet" qui contient essentiellement des fibres, 17 acides aminés dont 8 essentiels, des vitamines et des minéraux, on

comprendra toute l'importance des cladodes de la figue de barbarie dans un programme minceur intelligemment mené.

Une étude réalisée en Mexique repose sur la comparaison de la composition des poudres de cladodes selon la durée de la phase de maturité (entre 40 et 135 jours) :

Minéral	Phase de maturité (âge-jour) (mg/g)									
	40	50	60	70	80	90	100	115	125	135
Phosphore	2.6	4.3	4.5	4.4	4.06	4.6	3.8	5	3.2	4
Manganèse	0.3	0.06	0.07	0.05	0.08	0.05	0.05	0.05	0.03	0.08
Fer	0.1	0.09	0.1	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.2	0.22
Zinc	0.08	0.06	0.04	0.08	0.03	0.04	0.06	0.05	0.04	0.06
Magnésium	8.8	10.06	11.2	11.5	10.2	12	11	12	9	9.6
Calcium	18	220.1	24	27	28.35	28.6	29.2	29.2	30.7	34.4
Potassium	55.2	65	71	68.5	72.2	69.7	70	71.5	51.8	63.4
Sodium	0.3	0.4	0.3	0.35	0.55	0.35	0.2	0.5	0.2	0.3

Tableau 9 : Composition minérale de la poudre des cladodes à différentes phases de maturité (jour) (source : Chemical Analysis of Nutritional Content of Prickly Pads (*Opuntia ficus indica*) at Varied Ages in an Organic Harvest Margarita I. Hernández-Urbiola Int. J. Environ. Res. Public Health 2011, 8, 1287-1295)

Les résultats actuels pourraient promouvoir la consommation de cladodes de Barbarie pour un intérêt nutritionnel associé à la composition des jeunes cladodes ou celles les plus âgés selon le besoin en minéraux. Les cladodes âgés sont une source importante d'éléments nutritifs tels que le calcium (135 jours d'âge).

Une étude menée en 2012 sur les cladodes du figuier de barbarie d'Algérie a montré qu'aucune différence significative entre les valeurs de la composition chimique des variétés inermes et épineuses existe (*Valorisation du figuier de barbarie en alimentation animale Boudechiche L. Département d'agronomie, centre universitaire*).

I-2 Les graines de fruit (pépins)

Les graines constituent environ 3 à 7 % de la pulpe comestible et sont habituellement mis au rebut comme des déchets après extraction de la pulpe. L'huile extraite à partir des graines constitue 7-15% du poids du fruit entier et est caractérisée par un haut degré d'insaturation dans lequel l'acide linoléique est l'acide gras le plus important (de 56,1 à 77%). Les stérols dans l'huile de graines sont composés de b-sitostérol, le marqueur de stérol, suivie par le campestérol et le stigmastérol.

Il a été trouvé dans une étude que les graines lyophilisées contiennent une quantité maximale d'huile (98,8 g / kg de poids sec)

Lipid class	Seed oil	Pulp oil
	TL	TL
	98.8 ^a ±6.26	8.70 ^a ±0.89
	<i>Fatty acid relativ</i>	
C14:0	nd ^c	1.13±0.09
C16:0	20.1±2.26	34.4±3.12
C16:1 _{n-7}	1.80±0.11	1.62±0.06
C18:0	2.72±0.13	2.37±0.10
C18:1 _{n-9}	18.3±1.58	10.8±0.98
C18:2 _{n-6}	53.5±4.89	37.0±3.87
C18:3 _{n-6}	nd	0.68±0.05
C18:3 _{n-3}	2.58±0.16	12.0±1.05
Total saturates	22.8±2.36	37.9±3.09
Total monoenes	20.1±1.89	12.4±1.09
Total dienes	53.5±4.89	37.0±3.87
Total trienes	2.58±0.16	12.7±1.09
U/S ^d	3.38	1.63

nd : non détecté ; U/S Rapport d'insaturation =(16:1+18:1+18:2+18:3)/(14:0+16:0+18:0).

Tableau 10 : composition en lipides totaux TL (g / kg) et de la composition en acides gras (%) d'huiles de pulpe et des grains lyophilisés (*Opuntia ficus-indica* L.) (Source: Oil cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L.) Mohamed Fawzy Ramadan Food Chemistry journal 82 (2003) 339–345))

Le profil des stérols et vitamines liposoluble (g / kg) d'huiles (*Opuntia ficus-indica* L.) de graines et de la pulpe lyophilisés de la figue de Barbarie est donné dans le tableau ci-dessous :

Compound	Seed oil	Pulp oil	Compound	Seed oil	Pulp oil
Cholesterol	nd ^a	nd	α-Tocopherol	0.056±0.003	0.849±0.09
Ergosterol	nd	nd	β-Tocopherol	0.012±0.002	0.126±0.01
Campesterol	1.66±0.21	8.74±0.75	γ-Tocopherol	0.330±0.03	0.079±0.006
Stigmasterol	0.30±0.04	0.73±0.08	δ-Tocopherol	0.005±0.001	4.220±0.17
Lanosterol	0.28±0.05	0.76±0.07	Total vitamin E	0.403±0.04	5.274±0.36
β-Sitosterol	6.75±0.89	11.2±1.21			
Δ5-Avenasterol	0.29±0.03	1.43±0.13	β-Carotene	0.047±0.008	0.420±0.05
Δ7-Avenasterol	0.05±0.006	nd	Vitamin K ₁	0.525±0.06	0.532±0.08

Tableau 11 : Le profil des stérols et vitamines liposoluble (g / kg) (source: Oil cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L.) Mohamed Fawzy Ramadan Food Chemistry journal 82 (2003) 339–345))

Les données obtenues sont importantes indiquant le potentiel nutraceutique du fruit de la figue de barbarie comme nouvelle source d'huile pour l'application industrielle des aliments fonctionnels.

Évidemment, la pulpe de fruits fournit de faibles rendements en huile, mais il est riche en acides gras essentiels, les stérols, les carotènes et les vitamines liposolubles. L'utilisation de la lyophilisation comme technique de commercialisation de l'huile des graines de la figue de barbarie est plus économique, procurant des substances qui peuvent être utilisées à des fins nutritionnelles et du bien être (cosmétiques fonctionnelles, pharmaceutiques,...).

Comme usage dans l'industrie, l'huile des grains ou huiles de pépins de la figue de barbarie est une source d'acides gras essentiels qui préviennent le vieillissement de la peau, des stérols (**phytostérols**), il s'agit d'une classe de lipides qui contribue à retarder le vieillissement en réduisant les inflammations et en promouvant le maintien de l'hydratation. Les stérols sont identiques à ceux qui sont naturellement présents chez l'homme et jouent un rôle structural dans les membranes cellulaires ; des carotènes et des vitamines liposolubles. Dans l'huile des grains, l'acide linoléique est l'acide gras dominant, suivie de l'acide palmitique et oléique, respectivement ainsi que le g-tocophérol qui est le composant prédominant. La présence de la vitamine E et le squalène comme des antioxydants jouent aussi un rôle anti-radicalaire pour éliminer les radicaux libres produits par l'exposition aux radiations UV du soleil.

L'huile de figue de Barbarie possède, entre autres, 65 % d'acides gras polyinsaturés (contre 33 % pour l'argan), ainsi qu'un taux de vitamine E (antioxydante) supérieur à 100 mg/100 g, contre 65 mg pour l'argan ce qui lui confère des propriétés d'hydratation et nutrition de la peau.

Les polyphénols eux aussi possèdent de multiples propriétés: antiseptiques, anti-oxydantes, anti-inflammatoires, anti-allergiques et anti-âge. Elles améliorent le système immunitaire et aident à la détoxification des tissus.

La plupart des espèces d'Opuntias contiennent de nombreux alcaloïdes, et notamment 3-methoxytyramine, candicine, hordenine, N-methyltyramine, tyramine...



Composition approximative de quelques huiles usuelles									
Nom usuel de l'huile	nom INCI	acides gras saturés		a.gras mono-insat. acide oléique	acides gras poly-insaturés		Actives et vitamines		
		a. stéarique (18:0) ou palmitique (16:0)			acide linoléique 18:2 Oméga 6	acide linoléique 18 : 3 ,Oméga 3	Vit C	Vit E	Vit B
Coco	<i>Cocos Nucifera</i>	92%	?	?	-	-	-	-	-
Palme	<i>Elaeis Guineensis Oil</i>	50%	41%	9%	-	-	-	-	-
Arachide	<i>Arachis Hypogaea</i>	18%	48%	34%	-	-	-	-	-
Argane	<i>Argania Spinosa</i>	18%	45%	37%	-	-	0,06%	-	0,16%
Sésame	<i>Sesamum Indicum</i>	15%	42%	43%	-	-	-	-	-
Soja	<i>Glycine Soja</i>	15%	21%	56%	8%	-	-	-	-
Olive	<i>Olea Europaea</i>	13%	75%	10%	2%	-	-	-	-
Germe de blé	<i>Triticum Vulgare (W)</i>	12%	27%	12%	5%	-	-	-	-
Colza	-	11%	58%	22%	9%	-	-	-	-
Noisette	<i>Corylus Avellana (Ha</i>	10%	80%	10%	-	-	-	-	-
Huile d'amande douce		10,00%	66,80%	20,04%	2,00%	-	-	-	-
Noix	<i>Juglans Regia</i>	10%	18%	50	13%	-	-	-	-
Huile de ricin		2,5%	3,5%	4,6%	0,24%	-	-	-	-
Pépins de Raisins	<i>Vitis Vinifera (Grape</i>	?	76%	?	-	-	-	-	-
Pépins de figue de barbarie	<i>Opuntia ficus indica</i>	15,70%	20,90%	61%	0,21%	0,02%	0,09%	-	1,00%

Tableau 12 : Comparaison des différentes huiles par rapport à celle d'huile des grains d'opuntia (Source société STEPA)

L'huile des graines de figue de barbarie est inscrite dans la nomenclature des substances chimique sous le numéro CAS 90082-21-6 et numéro EINECS 290-109-1.

Exemples de procédés d'extraction :

- Brevet tunisien *SN94023 du 16/03/1994* : extraction d'une huile végétale à usage alimentaire, cosmétique et pharmaceutique huile de graines de figues de barbarie (opuntia)
- brevet tunisien *SN99120 du 15/06/1999* : procédé d'extraction des produits obtenus à partir de graines de figues de barbarie (opuntia)
- brevet tunisien *SN99120 du 15/06/1999* : procédé d'extraction des produits obtenus à partir de graines de figues de barbarie (opuntia).

I-3 L'écorce

Contrairement à la pulpe, avec des valeurs de pH allant de 5,6 à 6,5 les écorces du fruit sont généralement plus acide et elles constituent 36-48 % du poids de fruit frais.

Les polysaccharides des écorces sont caractérisés par des constituants de sucre typiques de la pectine avec des degrés élevés et moyennes d'estérification de résidus d'acide galacturonique

Les lipides totaux des écorces sont de l'ordre de 36,8 g/ kg de poids sec. Avec l'acide linoléique, palmitique et oléique et de β -sitostérol et le campestérol, le profil des lipides a été jugée similaire à celle de l'huile de pulpe.

Des teneurs élevées en vitamine E sont présents aussi (21,8 g / kg d'huile), dominée par α -tocophérol à 17,6 g/ kg, ont été trouvés dans les lipides extraits des écorces du fruit du figuier de barbarie.

Considérant que bétalaïnes confèrent aux couleurs orange, rouge et les nuances de couleur pourpre, les pigments de cultivars à écorce verte sont constituées de chlorophylles et les caroténoïdes. Peu d'études scientifiques connues sur la composition de pigment de l'écorce, les études futures sur les écorces de la zone de Kasserine pourront proposer d'autres données sur leur composition.

I-4 Le fruit

Les figues de barbarie sont caractérisées par des formes soit ellipsoïdales soit ovales, elles sont plus riches en eau et en sucres que les autres fruits communs et se caractérisent par une acidité et des teneurs en protéines faibles. Le potassium, phosphore, calcium, sodium et magnésium font partie des minéraux dont la figue de barbarie est bien pourvue avec une abondance de l'élément potassium. Les oligo-éléments tels que le fer, zinc, cuivre et manganèse sont présents en quantités non négligeables et comparables à celles rapportées pour des fruits de différentes origines. La composition physico-chimique des différents fruits analysés varie nettement en fonction du cultivar et du stade de maturation.

La pulpe de la figue de barbarie constitue de 39 à 64 % du poids du fruit frais.

La figue de Barbarie, tout en n'apportant qu'un total calorique modéré (44 kcalories aux 100g, soit environ 2% de l'apport énergétique quotidien), contribue efficacement à renforcer les apports en vitamines et en minéraux dans l'alimentation.

En effet, avec 100g de ce fruit, on peut assurer la couverture de :

- 27% de l'AJR pour la vitamine C

- 24% de l'AJR pour le cuivre
- 7 à 8 % de l'AJR pour le magnésium
- 6 à 11% de l'AJR pour le fer
- 6% de l'AJR pour le calcium

AJR = Apport Journalier Recommandé

I-5 Les épines

Les épines sont constituées majoritairement de polysaccharides (95%) dont la cellulose représentant à elle seule 60% (*étude faite par Université Cadi Ayyad Département de Chimie sur figues de barbarie collectées dans une plantation pilote située à Amezmiz, à 30 km de Marrakech –Maroc*).

II- Potentialités de la figue de barbarie

Le cactus fût introduit, comme dans les autres pays du bassin méditerranéen, au XVI^{ème} siècle. Depuis l'antiquité, le figuier de barbarie sert pour former de haies défensives et de barrière coupe feu, pour délimiter les parcelles de terre et pour la lutte contre l'érosion. Jusqu'à récemment, le figuier de barbarie était utilisée presque exclusivement à des fins alimentaires et en tant que des légumes par la consommation des jeunes raquettes (*Nopalitos*) au Mexique car elles ont une valeur nutritive proche de celles de la laitue et des épinards et elles sont riches aussi en vitamines C et en calcium. La plantation de la figue de barbarie inermes ont été développés en Sicile et en Afrique du Nord depuis le milieu du 19^{ème} siècle où les cladodes ont été utilisés aussi comme aliments de bétail pour les animaux pour faire face aux besoins des animaux en toutes saisons.

La consommation de cladodes de Barbarie dans les stades de maturité avancés comme une poudre doit être encouragée, ce qui peut impulser l'utilisation accrue et la commercialisation de cette plante à un stade avancé de maturité. Il peut également être utilisé dans la fabrication de produits cosmétiques en raison de sa consistance, qui est basée sur la composition en fibre. Le nopal âgé est une meilleure source de fibres insolubles, il peut être une riche source de fibres solubles au cours des âges plus jeunes et montrer une teneur accrue en fibres insolubles à un âge avancé.

On découvre aujourd'hui de nouveaux usages pour ces produits, que ce soit pour des usages pharmaceutiques, cosmétiques, nutraceutiques ou l'industrie chimique en général.

II-1 L'industrie pharmaceutique

On assiste à un intérêt croissant pour l'exploitation de la figue de barbarie dans des utilisations non alimentaires, essentiellement pour des applications médicales. La figue de barbarie est reconnue pour ses vertus médicinales, on l'utilise dans la pharmacopée en application cutanée pour accélérer la guérison des blessures superficielles, mais aussi par voie interne pour soigner divers troubles gastro-

intestinaux et également pour faire abaisser le taux de cholestérol et les triglycérides sanguins ainsi que le taux de glucose dans le sang chez les diabétiques. La figue de Barbarie est connue aussi comme un puissant anti diarrhéique et un constipant. Elle a été très utilisée par la médecine populaire au Mexique. La poudre de raquette de figuier de Barbarie permettrait, en entrant en contact avec les lipides contenus dans l'estomac, de ralentir l'absorption de ces derniers par l'organisme. L'extrait alcoolique de la figue de barbarie présente des propriétés analgésiques et anti-inflammatoires.

Par ailleurs, l'introduction des cladodes dans un régime alimentaire présente des effets bénéfiques sur le taux de cholestérol sans effet secondaire sur les taux de glucose et de lipoprotéines dans le sang. Le nopal est utilisé depuis des siècles sur le système digestif car il en facilite le transit intestinal par sa teneur riche en fibres (pectine et en mucilage) et par conséquent le soulagement des douleurs qui interviennent fréquemment lors des troubles gastro-intestinales et prévient les ulcères.

Les tiges de certains 'Opuntias' sont réputées traiter les maux d'estomac, la diarrhée et peuvent être efficaces contre les diabètes de type II.

Des études récentes ont montré que la figue de barbarie possède (*Pharmacological actions of Opuntia ficus indica: A Review Manpreet Kaur Journal of Applied Pharmaceutical Science 02 (07); 2012: 15-18*) :

- Une activité anti-ulcère : due aux principales composantes des raquettes de figuier de barbarie constituées d'un mélange de pectine et mucilage
- Une activité anti-inflammatoire : extrait de fruit, raquettes lyophilisés ou les phytostérols de fruits et de tige
- Une activité neuro-protective : Opuntia ficus indica contient trois flavonoïdes, la quercétine, la (+)-dihydroquercétine, la quercétine et de l'éther de 3-méthyle, qui sont rapportés comme neuroprotecteurs et antioxydants actifs.
- Une activité anticancéreuse : L'extrait de fruit inhibe la prolifération de cancer de l'utérus, de l'ovaire et le cancer de la vessie in vitro
- Une activité antivirale : Extrait de tige de figue de barbarie.
- Une activité antidiabétique : jus de fruit de figue de barbarie.
- Une activité hépato-protective : extrait des cladodes (in vitro)
- Une activité antioxydante : extrait alcoolique de la tige de figue de barbarie.

Exemple d'applications :

- Brevet américain *CN 101352474 A 28 janvier 2009* : Fruit de cactus et l'application de polysaccharide de figue de barbarie dans la préparation de médicaments ou de produits de santé: agit sur la pression artérielle, ce qui réduit la demande en médicament ou produit de santé des graisses dans le sang, réduisant la glycémie et la fonction anti-tumorale.
- Brevet *RU2336087 (C2) - 2008-10-20* : Composition de produits médicaux à base de fleur d'extrait de figue de Barbarie pour le traitement des dépressions et des troubles dépressifs

- Brevet *WO2011093656 (A2)* - 2011-08-04: shampoings contenant une composition avec opuntia ficus-indica pour cheveux prévention de la perte et de la stimulation de la croissance des cheveux à l'aide des médicaments d'herbes
- Brevet *CN102432690 (A)* - 2012-05-02: l'application de polysaccharides Opuntia ficus-indica Milpa Alta pour la prévention et le traitement de la maladie neuro-dégénérative chronique.
- Brevet *KR20120010426 (A)*-2012-02-03: Composition pharmaceutique contenant un extrait d'Opuntia ficus-indica comme principe actif pour prévenir et traiter la perte de mémoire.
- Brevet *CN102397287 (A)* - 2012-04-04: Polysaccharides d'opuntia ficus-indica pour la préparation de médicaments ou de produits de santé avec des effets d'hypolipidémies. Il peut être utilisé pour inhiber l'apparition et le développement de l'hypertension.
- Brevet *WO2008038849 (A1)* - 2008-04-03: Composition pharmaceutique comprenant un extrait de butanol à partir de Opuntia ficus-indica ou un hydrolysate acide de l'extrait en tant qu'ingrédient actif, qui est efficace dans le traitement ou la prévention d' les maladies des nerfs crâniens, les maladies cérébro-vasculaires ou des maladies cardio-vasculaires

II-2 L'industrie nutraceutique

La tendance vers des ingrédients et des produits naturels est susceptible d'augmenter la promotion de la santé. Les potentialités en nutraceutique et l'utilité économique de la figue de barbarie sont énormes. L'huile de figue de barbarie présente une composition très particulière alliant une richesse en éléments actifs et constitue une nouvelle source pour les aliments fonctionnels.

Une attention particulière devrait être axée sur des solutions peu coûteuses, comme des poudres de nopal, afin de profiter de toutes ses périodes de production car ils constituent une alternative économique lorsqu'il est utilisé comme un complément alimentaire en toutes saisons, sans la nécessité d'avoir recours à un nopal frais. Les produits secs représentent certains avantages pour le transport et la conservation pendant des périodes prolongées dans des conditions optimales pour assurer la qualité nutritionnelle et une disponibilité maximales.

La poudre des cladodes de Barbarie à des stades plus matures peut être une source naturelle de calcium et devrait être inclus dans l'alimentation humaine. En outre, d'autres auteurs ont rapporté les phénols et la composition des flavonoïdes dans Opuntia spp.

Un produit sur le marché européen existe ERGYSTEROL qui est un complément nutritionnel associant 03 composants pour lutter contre l'excès de LDL cholestérol (oxydé) et de triglycérides :

- Les phytostérols naturels,
- Le figuier de barbarie (Opuntia ficus indica),
- Des antioxydants majeurs (vitamine C, OPC, anthocyanes).

Exemples de formulations:

- Brevet *FR2964834 (A1) - 2012-03-23* : Composition antioxydante en tant que complément alimentaire comprend un extrait de figue de barbarie, de la vitamine B6, B9 et B12 et de zinc, traitant l'infertilité et la malformation embryonnaire. Il agit en tant qu'anabolisant.
- Brevet *WO2009069992 (A1)-2009-06-04* : Composition alimentaire comprenant les extraits suivants: 40-50% de soja, de riz 30-40%, pas plus de 20% de sésame et au plus 2% Figue de Barbarie (figue de Barbarie), qui est destiné aux personnes obèses et en surpoids Afin d'abaisser le taux de cholestérol, de triglycérides et des taux de glucose, sous la forme d'un complément alimentaire ou d'alimentation unique.
- Brevet *FR2850247 (A1) - 2004-07-30* : Le complément alimentaire est sous la forme d'une poudre qui peut être saupoudré sur n'importe quel plat contenant 10 % d'extrait de nopal (figue de Barbarie).
- Brevet *KR20110058555 (A)-2011-06-01* : composition contenant l'extrait d'Opuntia de racine de ficus-indica ou une fraction de celui-ci est prévu pour prévenir et / ou traiter le diabète et / ou complications du diabète sans toxicité et les effets secondaires.
- Brevet *KR20090086817 (A) - 2009-08-14* : Composition pour prévenir et traiter des maladies hépatotoxiques, qui contient l'extrait de pépins d'Opuntia ficus-indica en tant qu'ingrédient actif.

II-3 L'industrie cosmétique

La plante a de nombreuses propriétés cicatrisantes et anti-âges. Elle est utilisée en crème de jour, après-soleil, antirides, anti-vergetures. En effet, l'huile de figue de Barbarie est riche en vitamines et minéraux, ainsi qu'en actifs réputés pour leurs propriétés antioxydantes, agissant ainsi contre le vieillissement cutané. Les pouvoirs de cette huile dépasseraient ceux de l'huile d'argan.

Des produits dérivés de la figue de barbarie ont été adoptés comme les huiles, le macérât très nourrissants à base de fleurs ou de fruits pour la peau (en Sicile on en fait une liqueur, le Ficodi). Peu de préparations ont persisté telle que l'huile extraite des graines par les femmes berbères, qui a été une denrée rare car son extraction était difficile.

Exemples d'utilisation

- Brevet *KR20110043890 (A) 2011-04-28* : Extrait dans l'eau ou la glycérine, pour être conservé on ajoute un conservateur. Les propriétés hydratantes 5 - 10% dans les produits de soins de la peau. Applications : crèmes hydratantes et lotions ainsi toniques comme astringentes.
- Brevet *KR20110006241 (A) - 2011-01-20* : Composition cosmétique contient 0,001-10% en poids d'Opuntia ficus-indica pour protéger les lèvres, soulager la sécheresse et à retirer les cellules mortes.

- Brevet KR20100135576 (A) - 2010-12-27: Composition cosmétique contenant l'extrait d'Opuntia prévue pour améliorer les rides et la déshydratation et de promouvoir une fonctionnalité physiologique.
- Brevet KR20100102389 (A) - 2010-09-24: Composition cosmétique d'extrait naturel d'opuntia de ficus-indica pour l'amélioration fonctionnelle antiride est prévu pour assurer la biosynthèse du collagène et de prévenir la toxicité et d'irritation pour le corps humain.
- Brevet CN 101904932 A 8 décembre 2010 : Pommade de composition d'opuntia ficus indica de 19-22% appliqué pour la prévention des dommages de la peau de l'effet des rayonnements ionisants.
- Brevet KR20090078082 (A) - 2009-07-17: Composition cosmétique de blanchiment contenant de la vitamine C et l'extrait de fleur d'Opuntia ficus-indica (jusqu'au 20%) est prévu pour maximiser l'effet de blanchiment par la suppression de l'oxydation, augmenter l'activation de la chymotrypsine (SCCE) et la trypsine (SCTE) et enlever la kératine sans irritation.

II-4 Les biocarburants

Comme usage industriel, la figue de barbarie a été valorisée pour la production de biocarburant. Les cladodes d'Opuntia ficus-indica (figuier de Barbarie) sont une biomasse ligno-cellulosique potentielle en tant que matière première pour la production de bioéthanol, en particulier dans les régions arides et semi arides. La composition en lignine est estimée de 8%. Le contenu en glucides facilement fermentescibles dans le cladode (34,3%) était également comparable à d'autres sources de biomasse ligno-cellulosiques conventionnels. Le bioéthanol fournit une opportunité pour les pays non producteurs de pétrole à être moins dépendants des importations étrangères. La concentration maximale en éthanol réalisable à partir de l'hydrolysate des cladodes est de 2 à 4 % (m/v) d'éthanol.

Un processus de production a été relevé dans une publication scientifique concernant une étude récente faite en Afrique de sud en 2012 (*ethanol production by yeasts fermentation of an opuntia ficus-indica biomass hydrolysate* By Olukayode Olakunle Kulojo Faculty of Natural and Agricultural Sciences, Department of Microbial, Biochemical and Food Biotechnology, University of the Free State, Bloemfontein, South Africa). En effet, les raquettes sont coupés en bandes et séché au soleil, après ils sont été broyés.



Tableau 13 : Prétraitement mécanique des cladodes du figuier de barbarie

La poudre est ainsi précédée à un traitement avec l'acide dilué ensuite à l'hydrolyse et la fermentation en simultané par des microorganismes suivi par une distillation pour l'obtention de bioéthanol.

La production du bioéthanol commercial en utilisant de la biomasse est très réussie à nos jours dans des pays tels que le Brésil, les Etats Unis d'Amérique et certains pays de l'union européenne.

Exemples de procédés :

- Brevet *MX2012000453 (A)* - 2013-07-12 : Procédé d'obtention de biogaz à partir de cactus, en particulier opuntia (nopales), ledit procédé transformation de la biomasse (cactus) en biocarburant.

II-5 Les résines et adhésifs

Les raquettes ou cladodes ont été valorisées aussi pour la production de mucilages notamment pour la fabrication des adhésifs, peintures, sparadraps en tant qu'agent résine ou émulsifiant.

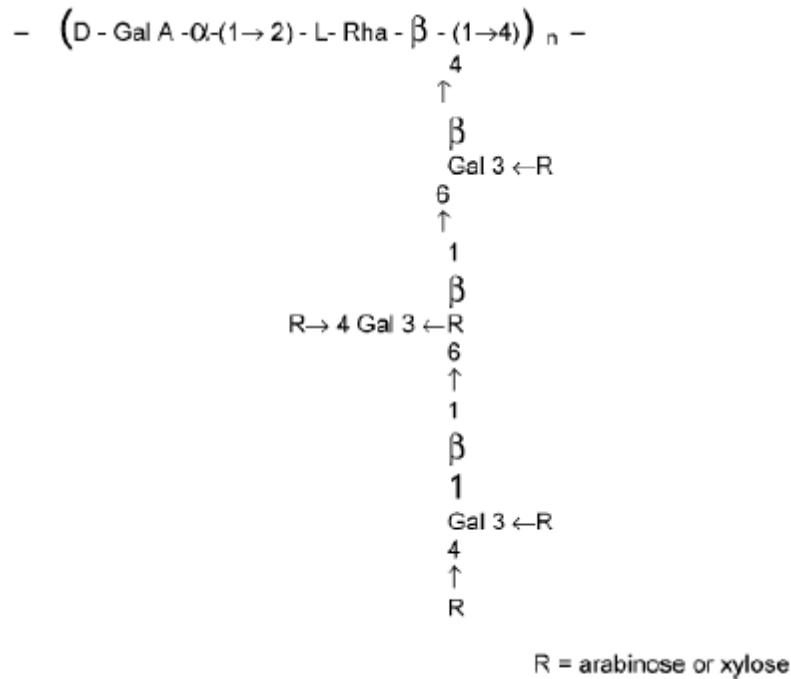


Tableau 14 : La structure partielle de mucilage d'opuntia ficus indica mucilage (Source: Fabrication and Characterization of Electrospun Cactus Mucilage Nanofibers- Yanay Pais- University of South Florida 2011)

Le mucilage peut être extrait des cladodes d'âge de 2 à 3 ans, après leur lavage avec l'eau salée et élimination des épines par brossage.

II-6 Extraction des pigments et colorants

Des colorants naturels à usage alimentaires et/ou cosmétique sont extraits de la figue de barbarie, en effet deux pigments ont été identifiés dans le figuier de Barbarie : un pigment jaune l'indicaxanthine et un autre rouge-violet la bétanine (5-O-glucose bétanidine). Le jus obtenu à partir du fruit contient de 0,22 à 0,25 % d'indicaxanthine et de bétanine 0,03 % (fruit jaune orangé) à 0,3 % (fruit violacé).

Un processus d'extraction du pigment jaune de figue de barbarie a été donné dans une publication scientifique : *A Process of Recovery of a Natural Yellow Colourant from Opuntia Fruits* José A. Fernández-López *Food Technol. Biotechnol.* 50 (2) 246–251 (2012) :

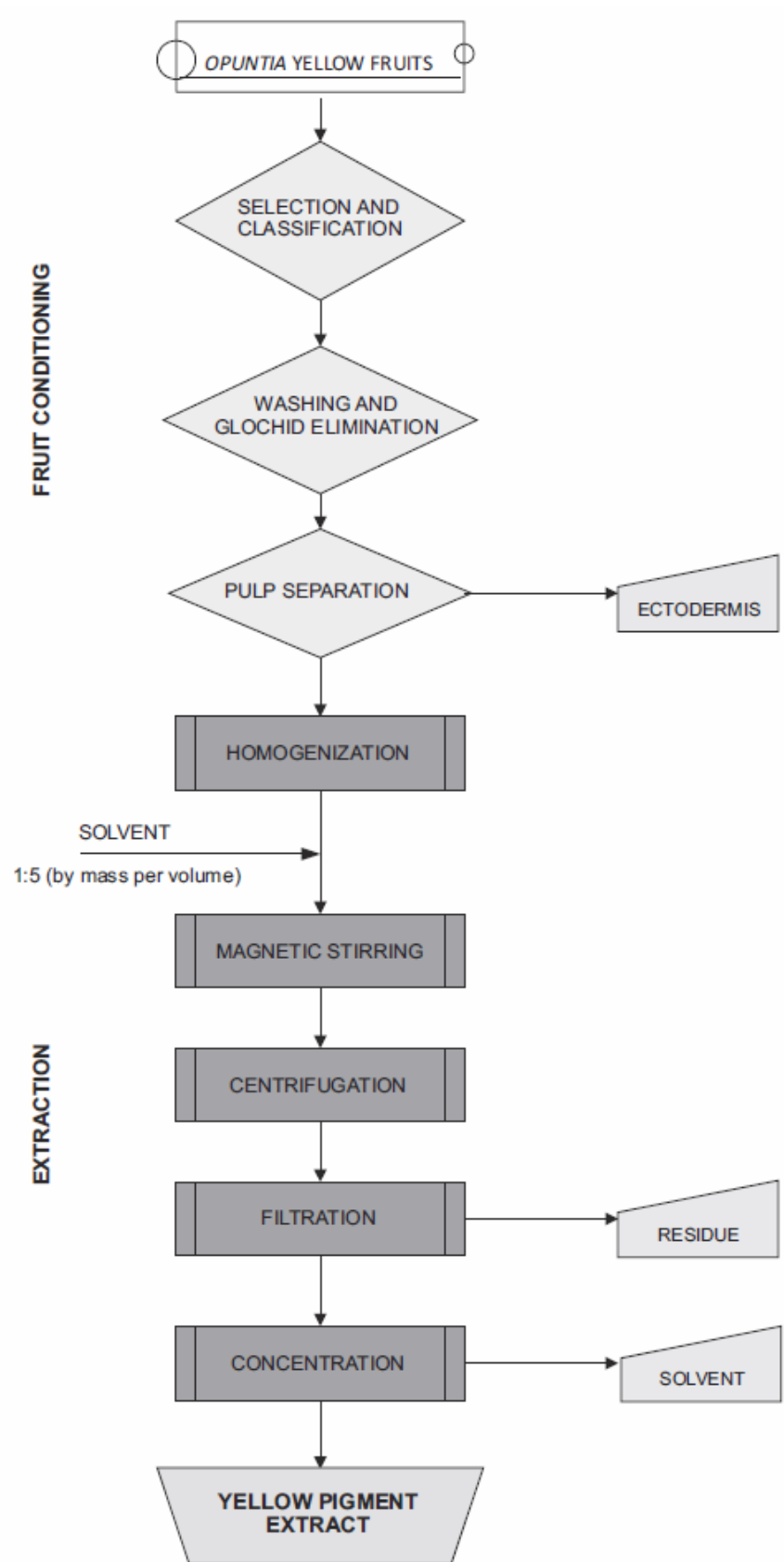


Tableau 15 : Extraction du pigment jaune du fruit de la figue de barbarie

La production d'un colorant rouge par l'élevage d'une cochenille a été faite au Mexique. En effet *Dactylopius coccus* est un insecte originaire des régions tropicales et subtropicales d'Amérique du Sud et du Mexique et c'est un parasite des *Opuntia* dont il consomme la sève. Il produit de l'acide carminique qui repousse les autres insectes. L'écrasement des insectes ou des œufs permet de récupérer cet acide carminique et de fabriquer un colorant naturel d'un rouge intense, le carmin de couleur cramoisie. Il est utilisé comme colorant alimentaire E120 et pour les produits cosmétiques. Au 19^{ème} siècle, il a été utilisé dans les teintures aussi. C'était autrefois après l'argent le second produit d'exportation en valeur d'Amérique Centrale et du Sud.



Tableau 16 : Agriculture traditionnelle de la cochenille sur *O. ficus-indica*

Exemples de procédés d'extraction :

- Brevet tunisien *TN/2010/0622 30/12/2010* porte sur la description d'un procédé de production de l'indicaxanthine et de la bétanine à partir de l'*Opuntia ficus indica*.
- Brevet tunisien *SN93006 du 19/01/1993* décrit l'extraction d'un colorant alimentaire, médicamenteux et cosmétique à partir des figues de barbarie (d'*Opuntia*).
- Brevet tunisien *SN99121 du 16/06/1999* décrit un procédé d'extraction de colorants naturels à partir de fruits d'*Opuntia*.

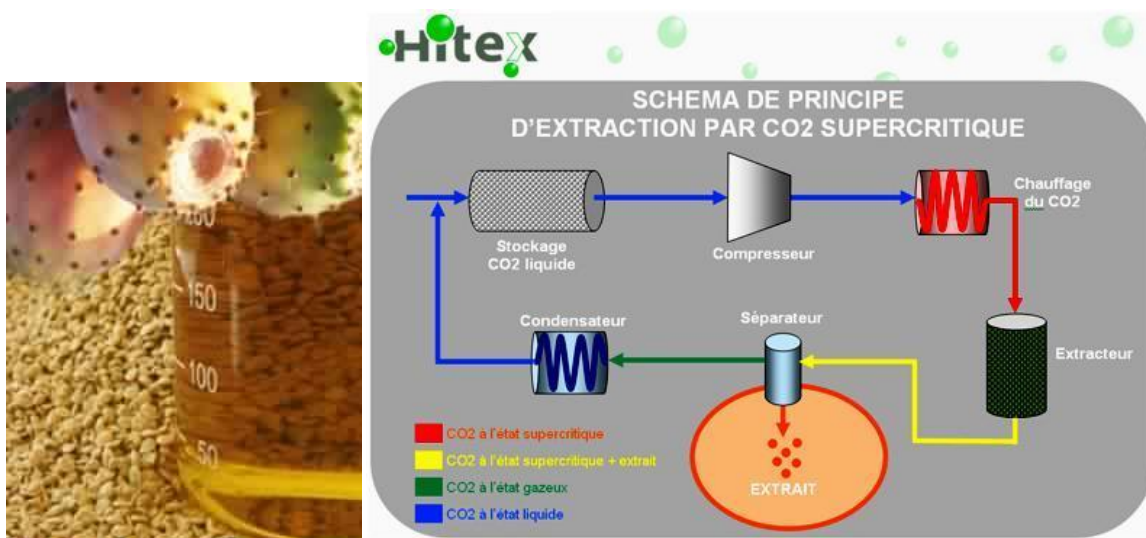
II-7 Les nouvelles technologies

Au niveau industriel et technique de transformation, des nouvelles technologies sont aujourd'hui disponibles sur le marché et permettant d'accéder à un niveau de qualité incomparable mais elles sont inaccessibles vu leur coût et ce essentiellement pour le séchage des cladodes ou fruits et l'extraction de l'huile de pépins.

Pour la diversification des produits, plusieurs brevets et produits sont accessibles découlant de la valorisation des différentes parties du figuier de barbarie et peuvent être un démarrage pour de nouvelles industries pour le gouvernorat de Kasserine, sauf qu'un soutien au niveau de l'étude de faisabilité doit être prodigué par les structures de support essentiellement le centre d'affaires et pépinières d'entreprises.

a/ L'extraction supercritique de l'huile de figue de barbarie

Les techniques modernes de pression à froid conservent tous les composants qui la constituent. La technique d'extraction supercritique des grains de barbarie permet d'obtenir des extraits à basse température en utilisant des pressions élevées, en évitant la dégradation des composés et en rendant possible la séparation du solvant par exposition de l'extrait à la température ambiante. C'est un processus vert car il est utilisé sans solvant. Cette méthode permet l'obtention de l'extrait le plus naturel possible, garantissant la préservation de tous les principes actifs. La technique d'extraction au CO₂ supercritique est retenue par certains industriels hors la Tunisie, malgré le coût élevé de cette méthode.



Cette technique a l'avantage aussi d'améliorer le rendement d'extraction de l'huile des graines de figue de barbarie qui est de l'ordre de 4 à 6 % comparé par la technique de pression à froid (2-3 %).

b/ La microencapsulation des molécules bioactives

Le développement d'aliments fonctionnels par l'ajout de composés bioactifs détient de nombreux défis technologiques. La microencapsulation est un outil utile pour améliorer la prestation des composés bioactifs dans les probiotiques, les minéraux, les vitamines, les phytostérols, la lutéine, le lycopène, les acides gras et des antioxydants. Plusieurs technologies de microencapsulation ont été développées pour une utilisation dans l'industrie alimentaire et prometteuse pour la production d'aliments fonctionnels. En outre, ces technologies pourraient favoriser la prestation efficace des ingrédients bioactifs à l'appareil gastro-intestinal. L'avenir de la recherche est susceptible de se concentrer sur les méthodologies de l'utilisation potentielle de la co-encapsulation, là où deux ou ingrédients bioactifs plus peuvent être combinés à un effet synergique.

La microencapsulation a été définie comme «la technologie de conditionnement de matières solides, liquides et gazeux dans petites capsules qui libèrent leur contenu à des taux contrôlés sur de longues périodes». Ces technologies sont d'un grand intérêt

pour le secteur pharmaceutique (par exemple pour l'administration de médicaments et de vaccins), mais aussi pertinence pour l'industrie nutraceutique.

En règle générale, ceux-ci sont utilisés pour contrôler la saveur, la couleur, propriétés de texture ou de conservation, mais de plus en plus des ingrédients avec des avantages potentiels pour la santé sont également inclus.

Au moins cinq méthodes de microencapsulation ont été appliquées:

- 1/ revêtement par pulvérisation (spray-coating),
- 2/ séchage par pulvérisation (spray-drying),
- 3/ extrusion,
- 4/ émulsion et
- 5/ technologies de gel-particule (qui comprennent le refroidissement par pulvérisation).

Parmi les techniques d'encapsulation, le séchage par pulvérisation a été le plus couramment utilisé en raison de son coût, la production continue et la facilité d'industrialisation.

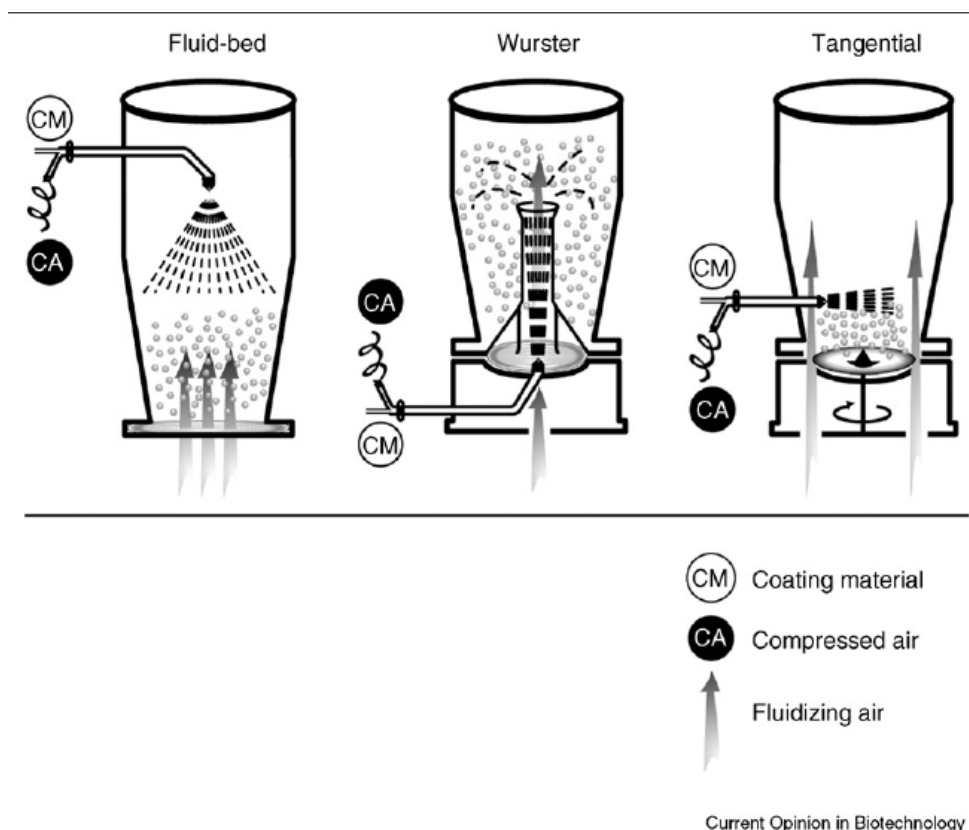


Tableau 17 : Modes de revêtement par pulvérisation pour la microencapsulation

Cette technique est valable pour encapsuler l'huile, l'extrait du fruit, la poudre des cladodes....

c/ La lyophilisation

La méthode de séchage naturel a été la plus adoptée. Aujourd'hui, la lyophilisation constitue la technique la plus recommandée pour préserver les molécules actives contenues dans le produit. La lyophilisation est un procédé industriel utilisé pour assurer la stabilité à long terme et de préserver les propriétés d'origine des produits. Elle est considérée comme l'une des meilleures techniques pour une déshydratation douce des aliments et des biomatériaux, qui sont sensibles à la chaleur, des produits pharmaceutiques et biologiques.

Le procédé comprend un processus de séchage à basse température au cours de laquelle la plupart de l'eau est éliminée par sublimation. Par une application d'un vide ou une basse pression, l'eau est gelée et directement transférée à la phase vapeur sans passer par la phase liquide. Ainsi, les pores sont conservés et ceux-ci peuvent être réhydratés rapidement. La perte en termes de saveur peut aussi être minimisée en utilisant cette méthode. Les trois étapes du cycle de la lyophilisation sont la lyophilisation, le séchage primaire et le séchage secondaire.

Des photos (source : « Maison Nopal ») montrent la fabrication des capsules de poudre naturelle:



(1) Nettoyage des cladodes



(2) Cladodes Nettoyé



(3) Machine de lyophilisation



(4) machine d'encapsulation machine



(5) Embouteillage machine

Le processus de lyophilisation assure qu'aucun des acides aminés, bétalaïnes, fibres,

minéraux, phyto-nutriments et les vitamines ne soient perdues. Les cladodes lyophilisés sont de 20 à 30 fois plus léger : 1 kg de matières premières (Prickly Pear) donne 50 grammes de produit fini.

La machine d'encapsulation prend le lyophilisat (Prickly Pear) par le haut, elle écrase le bas en une fine poudre puis encapsule et met ces capsules dans des bouteilles.

Cette technique a été brevetée en application sur la figue de barbarie : brevet KR100341773 (B1)-2002-06-11 concernant un procédé de fabrication de fruits lyophilisés d'Opuntia Ficus Indica qui a un effet anticancéreux, antiulcéreux et un effet thérapeutique sur l'inflammation de l'estomac et de l'asthme.

IV- Vision du secteur de la figue de barbarie et axes stratégiques

L'environnement institutionnel constitué par l'ensemble d'organismes et de structures d'appui et d'accompagnement disponibles dans la région du gouvernorat de Kasserine doivent se doter d'une vision et d'un plan stratégique en vue d'orienter de manière rationnelle, intégrée et durable leurs choix en matière de croissance économique et de développement durable.

Intégrant des préoccupations de nature culturelle, économique, environnementale et sociale, nous nous intéressons particulièrement à la démarche par laquelle le gouvernorat définit sa propre vision du développement économique, comprenant : la définition des axes stratégiques d'orientations et d'objectifs, l'élaboration d'un plan d'action à moyen terme et la réalisation d'actions concrètes et l'évaluation des résultats obtenus à l'aide d'indicateurs. Nous jugeons que la contribution de l'énoncé de cette vision stratégique aura un effet notoire sur la croissance économique et au développement du secteur de la figue de barbarie.

L'ensemble des institutions d'appui de la région peuvent jouer un rôle très important pour la mise en place de cette stratégie afin d'attirer les investisseurs et aider les nouveaux promoteurs qui choisissent d'implanter leurs projets avec succès.

La promotion de la filière figue de barbarie peut être soutenue par les structures d'appui et les industriels présents dans la région :

- Office de développement du centre ouest (ODCO).
- Direction de développement régional.
- Commissariat régional du développement agricole (CRDA).
- Direction régionale de l'Agence de Promotion de l'Industrie et de l'innovation (APII).
- Agence de promotion des investissements agricoles (APIA).
- Chambre de Commerce et d'Industrie du centre ouest.
- Centre d'affaires (CA).
- Le réseau d'agences bancaires et d'organisations interprofessionnelles.
- Pépinière d'entreprises (Institut Supérieur des Etudes Technologiques).
- Direction régionale de la formation professionnelle et de l'emploi indépendant.
- Complexe industriel et technologique de Kasserine.
- Projet PAMPAT
- Société NOPAL

• Rôle du centre d'affaires de Kasserine CAK

Le développement industriel du Centre Ouest passe non seulement par une amélioration de l'attractivité de la région, mais aussi par le lancement d'une véritable action de promotion de ses atouts et de son potentiel de développement.

Le centre d'affaires de Kasserine constitue la source principale d'assistance technique pour les petites et moyennes entreprises PME et les nouveaux entrepreneurs. Sa mission est de favoriser l'innovation, la productivité, la croissance à travers l'amélioration de leur gestion. Il participe à l'élaboration de l'étude de faisabilité qui précise comment et avec quels moyens les objectifs de l'évaluation peuvent être atteints sur un plan méthodologique. Il conseille aussi ses clients via un diagnostic reposant sur l'analyse du processus de développement de produits et son potentiel commercial.

L'étude de faisabilité vise à connaître la concurrence des clients et leurs environnements interne/externe. Il aide aussi à cerner le modèle d'affaire, le management, les marchés, le potentiel de financement, les aspects techniques, logistique les produits/ production et les clientèles afin de mieux comprendre le contexte propre au domaine d'application des innovations.

Pour se faire il faut diversifier et étendre les ressources du centre d'affaires et adopter un programme de perfectionnement en conséquence (réseautage avec les centres techniques, partenariat de recherche avec les universités, contrat-programme avec les pépinières et technopôle de la région, recherche de marché, plan d'affaires,.....).

Vision à moyen terme : Etre le gouvernorat le plus dynamique, entreprenant et attirant pour les opérateurs économiques				
Axes stratégiques				
Diversité et polyvalence		Gouvernance		Attractivité
Missions stratégiques				
Renforcer la culture du figuier de barbarie du Gouvernorat de Kasserine	Assurer la diversification des produits innovants	Soutenir les nouveaux promoteurs et les PME	Assurer l'intelligence économique	Soutenir la compétitivité des entreprises
Actions stratégiques				
Assurer la pérennité de la culture de la figue de barbarie et maîtriser le foncier	Contribuer au développement économique de projets	Renforcer le centre d'affaires de Kasserine	Adopter de nouveaux modèles de gouvernance plus appropriés pour la mise en œuvre de projets innovants	Améliorer le marketing des produits innovants
Mettre en place des mesures qui permettent de conserver davantage la culture de la figue de barbarie	Veiller à intégrer la veille technique et technologique au niveau des entreprises.	Créer une plateforme de spécialistes pour les études de faisabilité et montage des projets innovants.	Créer un comité directeur d'intelligence économique qui pilote des projets de fond et propose des mesures et des orientations selon un plan d'action prédéfini.	Participer avec les partenaires de la région à la réalisation d'un guide mettant en valeur la commercialisation des produits de la figue de barbarie.
Augmenter la productivité (tri et gestion des ressources génétiques et sélection selon les usages prévus.	Favoriser les partenariats public-privé et public-public pour les travaux de R&D orientés vers les besoins de la région. (Nombre de projets réalisés)	Renforcer la veille réglementaire et commerciale pour assurer la pérennité des entreprises (durée de vie des entreprises nouvellement créées).	Assurer une veille stratégique sur les principales évolutions et défis auxquels est confrontée l'économie du gouvernorat de Kasserine (outils de veille et de réseaux d'information lui permettant d'analyser les évolutions économiques en cours et d'avoir une vision	Développer un site web sur le figuier de barbarie et accroître l'accessibilité aux services y afférents (nombre de visiteurs).

Former les agriculteurs sur les bonnes pratiques agricoles afin d'assurer une reproductibilité de la culture et préserver la même qualité des produits issus de la figue de barbarie.	Créer un réseau entre le CAK et les centres techniques pour accueillir des chercheurs ou former les nouveaux promoteurs et pour assurer le transfert des connaissances et de la technologie.	Accompagner les entreprises en difficulté, par l'élaboration d'un diagnostic et un plan de sauvetage (commercial, technique et financier).	prospective). Favoriser l'attraction des compétences et la fidélisation du personnel des institutions opérant dans la chaîne économique. (Taux de rétention du personnel régulier)	Fournir des informations sur de nouvelles cultures industrielles, ainsi que sur des technologies de culture basées sur les Bonnes pratiques agricoles. (Taux de satisfaction de la clientèle)
Faire participer les organisations agricoles au développement, à la rédaction des bonnes pratiques agricoles BPA et diffusion de BPA et promouvoir les meilleures pratiques agricoles résultant des progrès scientifiques et technologiques, pour atteindre un niveau élevé de sécurité et de qualité de la chaîne alimentaire et préserver la base des ressources naturelles.	Aménager une plateforme spécialisée dans les nouvelles technologies dans le complexe industriel et technologique de Kasserine liées à la transformation et valorisation du figuier de barbarie pour le perfectionnement des projets immatures.	Promouvoir une meilleure exploitation des espaces industriels existants et d'en créer d'autres pour absorber tout nombre additionnel de projets désirant s'implanter dans la région.	Assurer le maintien et le développement de l'expertise du personnel (Nombre annuel de jours-personnes de formation associés à l'expertise ciblée).	Négocier de grands contrats stratégiques pour la zone à l'export. Créer un consortium d'exportation des produits innovants issus de la figue de barbarie.
Pérenniser le métier agriculteur qualifié à travers la révision du cadre réglementaire et la mise en place d'un système d'incitation efficace.		Coordonner les projets locaux et Nationaux afin de les adapter au mieux aux besoins spécifiques de la région.	Optimiser les ressources financières et l'expertise technique mises à la disposition de la région par l'état et/ou les organismes internationaux (bilatéraux ou multilatéraux).	Élaborer un programme structuré de démarchage
Démarrer le projet de préservation des gènes avec la banque des gènes (CHM).			Optimiser la coordination et la performance des différentes structures d'appui pour de meilleurs services aux industriels.	Vulgariser les outils de financements de l'Etat (nombre de spots publicitaires, nombre de dépliant fournis)

<p>Créer une commission à l'échelle régionale composée des organismes publics concernés et les collectivités locales qui sera chargée de la régularisation et une meilleure exploitation de l'assiette foncière des terres agricoles notamment les terres collectives et Hebouss.</p>			<p>Ajuster la réglementation pour mieux s'adapter au potentiel innovant.</p>	<p>Soutenir les initiatives des partenaires issues des tables et forums de concertation</p>
---	--	--	--	---

UN BUT SANS PLAN N'EST QU'UN SOUHAIT (Antoine de Saint-Exupéry)

V- Démarche à suivre (court terme)

Comme on le voit dans la présente étude, le secteur des produits naturels issus de la figue de barbarie est relativement jeune avec une spécialisation insuffisante. En soutenant le travail de chaînes de production durables, il y aura une chance de consolider la spécialisation des acteurs de la chaîne, l'amélioration de la qualité et de la quantité d'approvisionnement en matières premières et la diversification des produits innovants issus de figue de barbarie.

Pour promouvoir la mise en œuvre de bonnes pratiques de fabrication, bonnes pratiques agricoles et des plans de gestion de l'environnement économique, il faut élaborer des guides et des normes de qualité, car sans des normes il sera impossible d'atteindre le marché international.

Les acteurs de la chaîne doivent être formés pour consolider et renforcer la chaîne :

- les producteurs de matières premières doivent avoir la capacité d'appliquer les bonnes pratiques agricoles et de conservation et les méthodes de l'agriculture biologique,
- les transformateurs, ils doivent avoir la capacité d'appliquer les bonnes pratiques de fabrication, les normes et les nouvelles technologies de transformation et de conservation.
- les commerçants doivent être formés sur la recherche du marché, les normes et les règles d'accès.

Le technopôle de Kasserine a un rôle clé dans le développement de la chaîne de produits naturels. Il est important de combler l'écart entre les producteurs et les chercheurs en favorisant un cadre d'alliance stratégique qui permet d'effectuer les travaux de recherche en fonction des besoins des entreprises et de la région. Des projets spécifiques qui intègrent la technologie, l'industrie et la recherche doit être encouragée. Pour soutenir le développement de la recherche scientifique coordonnée, un contrat programme peut être envisagé avec le Centre Biotechnologique de Sfax CBS et le Centre technique de la Chimie CTC pour concrétiser les fiches projets via la mise au point des prototypes.

VI- Fiches Projets

Fiche projet 01

Fiche N°	01
Nom du projet:	Fabrication d'émulsifiants
Description	Extraction du mucilage des cladodes pour usage dans les formulations chimique : colles, vernis, peintures, adhésifs peintures y compris bandes adhésifs (sparadraps) ; pansement gastrique,...
Localisation	Kasserine
Bénéficiaire	Nouveau promoteur ou entreprise existante

Secteur d'activité	Industrie Chimique
Gamme de produits	- Résine - Emulsifiant - Epaississant
Matières premières	Cladodes du figuier de barbarie
Principaux fournisseurs	Agriculteurs locaux Culture des cladodes du figuier de barbarie
Processus de fabrication	Le procédé de fabrication s'établit en différentes étapes: Brossage des cladodes pour l'élimination des épines Lavage et découpage des cladodes Broyage et mélange avec l'eau (1 :7) à 18°C (16 à 20 heures) Filtration et centrifugation ; le surnagent est concentré (70°C) Récupération du concentré et précipitation avec un alcool (1 :3) Lavage du précipité et séchage (70°C)
Liste des équipements:	Concentrateur et évaporateur avec malaxage 2 tonnes 300 000 DT Centrifugeuse 1 tonne 100 000 DT 02 pompes doseuses 20 000 DT 2 cuves de stockage 1 tonne 50 000 DT 01 broyeur 500 Kg 50 000 DT Tableau de commandes 10 000 DT Accessoires de régulation 10 000 DT Matériel de laboratoire et de contrôle 50 000 DT Logiciel de production 20 000 DT
Capacité de production	1 tonne / jour
Emploi	01 Ingénieur chimiste 03 techniciens supérieurs 06 Agents d'exécution
Marché	Secteur cosmétique, adhésifs, pharmaceutiques, alimentaires... - 20% marché local. - 80% export
Evolution du marché	Il s'agit d'un produit naturel de substitution pour les produits chimiques utilisés aujourd'hui. La tendance du marché vers la substitution s'accroît progressivement avec l'accroissement de la production scientifique et des brevets en matière de valorisation des ressources naturelles.
Observations	Les détails et les adaptations de ce processus pour l'extraction optimale du mucilage des cladodes du figuier de barbarie sont donnés dans les brevets spécifiquement pour celui d'Alcantar. Les unités de fabrication doivent être conformes aux bonnes pratiques de fabrication si l'entreprise veut entrer dans le marché des industries pharmaceutiques et cosmétiques.

Fiche projet 02

Fiche N°	02
Nom du projet:	Fabrication de compounds biodégradables (matière première)
Description	Adjonction des déchets des graines de figue de barbarie avec les granulés de polymères pour former des compounds utilisables dans la fabrication des composites biodégradables.
Localisation	Kasserine
Bénéficiaire	Nouveau promoteur ou entreprise existante
Secteur d'activité	Industrie chimique

Gamme de produits	Compounds biodégradables
Matières premières	polyéthylène Déchets des graines de figue de barbarie (issus de l'extraction des huiles de pépins).
Principaux fournisseurs	Fournisseurs de granulés CIBA Industries d'extraction d'huile de pépins (exemple NOPAL)
Processus de fabrication	Le procédé de fabrication s'établit en différentes étapes: - Broyage des déchets des graines de figues de barbarie - Procédé de compoundage : l'extrusion des granulés de polyéthylène et de la poudre des graines.
Liste des équipements:	Ligne d'extrusion bi-vis 300 000 DT Deux doseurs pondéraux 120 000 DT Ensemble de granulation 75 000 DT Centrale de vide 25 000 DT Accessoires 150 000 DT
Capacité de production	100 T /an de compounds
Emploi	1 Cadre 2 Techniciens supérieurs 4 Agents d'exécution
Marché	Les industries de composites : - 90% local ; - 10% export
Evolution du marché	La valorisation des déchets dans l'utilisation des plastiques est biodégradable est encouragé par les programmes nationaux en plus de l'avantage de la protection de l'environnement.
Observations	

Fiche projet 03

Fiche N°	03
Nom du projet:	Fabrication des crèmes aux extraits de la figue de barbarie
Description	Utilisation des matières premières issues de la figue de barbarie dans des formulations cosmétiques
Localisation	Kasserine
Bénéficiaire	Nouveau promoteur
Secteur d'activité	Industrie Chimique
Gamme de produits	La gamme des produits à fabriquer s'établit comme suit:

	<ul style="list-style-type: none"> - Crèmes hydratantes / nourrissantes - Crèmes antirides
Matières premières	<ul style="list-style-type: none"> - Principe actif : Extrait de figue de barbarie (extrait à l'eau, à la glycérine, poudre, huile..); - Conservateur; - Régulateur de pH; - Agent Epaississant; - Diluant - Agent mouillant et de traitement de la peau; - Parfum - Colorant ou pigment ;
Principaux fournisseurs	Rhodia, SEPPIC, DEGUSSA
Processus de fabrication	<p>Le procédé de fabrication s'établit en différentes étapes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dans une cuve agitée en inox, verser les ingrédients selon l'ordre et laisser reposer pendant 5 minutes ; - Dans une autre cuve avec agitateur, verser l'agent mouillant et le diluant et agiter jusqu'à obtenir l'émulsion. Verser ce mélange dans la première cuve. - Ajouter l'agent épaississant et agiter jusqu'à homogénéisation. - Ajouter le colorant et le parfum. Homogénéiser ; - Verser dans des flacons. Fermer hermétiquement et étiqueter.
Liste des équipements:	<p>Mélangeur sous vide 300 litres 130 000 DT</p> <p>Mélangeur liquide 300 litres 50 000 DT</p> <p>Installation d'eau osmosée 30 000 DT</p> <p>02 Compresseurs d'air avec sécheur, réservoir et filtre 50 000 DT</p> <p>02 Pompes de transfert des produits liquides 15 000 DT</p> <p>Cuve de stockage de produit semi-fini 300 litres 30 000 DT</p> <p>Remplisseuse automatique forme émulsion 50 000 DT</p> <p>Sertisseuse 25 000 DT</p> <p>Etiqueteuse 30 000 DT</p> <p>Balances industrielles 30 000 DT</p> <p>Equipements de traitement de l'air pour zone propre 250 000 DT</p> <p>Matériel de laboratoire 30 000 DT</p> <p>Transpalette 5 000 DT</p> <p>Chariot élévateur 5 000 DT</p>
Capacité de production	20 m ³ /an de produits finis
Emploi	<p>1 ingénieur Chimiste</p> <p>3 techniciens supérieurs</p> <p>6 Agents d'exécution</p>
Marché	<p>Les grandes surfaces et les hyper marchés ; le marché libyen :</p> <p>50% Local</p> <p>50% Export</p>
Evolution du marché	<p>Les crèmes sont principalement importés, il serait plus important que ces produits soient fabriqués localement avec des ingrédients naturels.</p>
Observations	<p>Cette unité devra produire en salle propres et mettre en place les BPF des produits cosmétiques (ISO 22716)</p> <p>Les extraits naturels sont trop demandés surtout pour les grandes firmes connues sur l'échelle internationale.</p>

Fiche projet 04

Fiche N°	04
Nom du projet:	Fabrication des savons aux extraits de la figue de barbarie
Description	Utilisation de la poudre de la figue de barbarie dans la formulation d'un savon transparent
Localisation	Kasserine
Bénéficiaire	Nouveau promoteur
Secteur d'activité	Industrie Chimique

Gamme de produits	Savon dur
Matières premières	<ul style="list-style-type: none"> - Poudre de figue de barbarie (2-10 %) - Acide gras de coprah : 17-22% - Acide gras d'huile de palme : 21-26% - Hydroxyde d sodium: 10-15 % - Sorbitol ou glucose : 10-15 %.
Principaux fournisseurs	Rhodia, SEPPIC, DEGUSSA
Processus de fabrication	<p>Le procédé de fabrication s'établit en différentes étapes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dans une cuve agitée en inox, verser les acides gras et l'hydroxyde et chauffer 80-100°C (2-3 h); - Ajouter le sorbitol et la poudre de figue de barbarie et agiter jusqu'à homogénéisation. - Pour le savon dur : laisser refroidir, mouler et découper les savonnettes
Liste des équipements:	<p>Bac de cuisson 100 kg/heure : 10 000 DT</p> <p>Boudineuse ou extrusionstructure de mini savon de toilette automatique 20 000 DT</p> <p>Accessoires 50 000 DT</p>
Capacité de production	500 kg/j de savons
Emploi	<p>1 ingénieur Chimiste</p> <p>3 techniciens supérieurs</p> <p>6 Agents d'exécution</p>
Marché	<p>Les grandes surfaces et les hyper marchés, le marché libyen :</p> <p>50% Local</p> <p>50% Export</p>
Evolution du marché	Les crèmes sont principalement importés, il serait plus important que ces produits soient fabriqués localement avec des ingrédients naturels.
Observations	<p>Cette unité devra produire en salle propres et mettre en place les BPF des produits cosmétiques (ISO 22716)</p> <p>Les extraits naturels sont trop demandés surtout pour les grandes firmes connues sur l'échelle internationale.</p>

Fiche projet 05

Fiche N°	05
Nom du projet:	Fabrication d'une lotion corporelle hydratante
Description	Utilisation des matières premières issues de la figue de barbarie dans des formulations des lotions pour l'hygiène corporelle.
Localisation	Kasserine
Bénéficiaire	Nouveau promoteur

Secteur d'activité	Industrie Chimique
Gamme de produits	La gamme des produits à fabriquer s'établit comme suit: - Crèmes hydratantes / nourrissantes - Crèmes antirides
Matières premières	Partie A. Diluant (eau) Emulsifiant 2% Agent chélatant 0,05 % Humectant : 1-3,5 % Partie B. Emollient : 12 % Adoucissant de peau : 1 % Opacifiant : 1% Antioxydant : 0,5% Partie C. Humectant : 1% Extrait de figue de barbarie : 0,5- 1 % Pigment : 0,5 % Conservateur : 0,5%
Principaux fournisseurs	Rhodia, SEPPIC, DEGUSSA
Processus de fabrication	Le procédé de fabrication s'établit en différentes étapes: - Dans une cuve agitée en inox, mélanger les ingrédients de la partie A dans l'eau chaude sous agitation 60 - 65 °C. - Dans une cuve séparée, mélanger les ingrédients de la partie B sous agitation et chauffage à 60 - 65 °C. Mélanger jusqu'à l'homogénéité du mélange. - Ajouter la partie B à la partie A, sous agitation, en maintenant la température à 60 - 65 °C. Mélanger jusqu'à uniformité du mélange. - Refroidir le mélange à 40 °C sous agitation. - Verser les ingrédients de la partie C sous agitation. Mélanger jusqu'à l'homogénéité du mélange. Procéder au conditionnement du produit
Liste des équipements:	Mélangeur sous vide 300 litres 130 000 DT Mélangeur liquide 300 litres 50 000 DT Installation d'eau osmosée 30 000 DT 02 Compresseurs d'air avec sécheur, réservoir et filtre 50 000 DT 02 Pompes de transfert des produits liquides 15 000 DT Cuve de stockage de produit semi-fini 300 litres 30 000 DT Remplisseuse automatique forme émulsion 50 000 DT Sertisseuse 25 000 DT Etiqueteuse 30 000 DT Balances industrielles 30 000 DT Equipements de traitement de l'air pour zone propre 250 000 DT Matériel de laboratoire 30 000 DT Transpalette 5 000 DT Chariot élévateur 5 000 DT
Capacité de production	20 m ³ /an de produits finis
Emploi	1 Ingénieur. Chimiste 3 techniciens supérieurs 6 Agents d'exécution
Marché	Les grandes surfaces et les hyper marchés, le marché libyen : 50% Local 50% Export
Evolution du marché	Les produits d'hygiène corporelle sont principalement importés, il

	serait plus important que ces produits soient fabriqués localement avec des ingrédients naturels.
Observations	Cette unité devra produire en salle propres et mettre en place les BPF des produits cosmétiques (ISO 22716)

Fiche projet 06

Fiche N°	06
Nom du projet:	Fabrication d'un shampoing aux extraits de figue de barbarie
Description	Utilisation des matières premières issues de la figue de barbarie dans des formulations des shampoings.
Localisation	Kasserine

Bénéficiaire	Nouveau promoteur
Secteur d'activité	Industrie Chimique
Gamme de produits	La gamme des produits à fabriquer s'établit comme suit: - Shampoings pour adultes - Shampoings pour enfants
Matières premières	Tensioactif (anionique et/ou non ionique et/ou amphotères) : 15 à 30% Stabilisateur de mousse : 1 à 4% Epaississant : 0-5% Produit traitant : 0,5 à 1,5 % d'extrait de figue de barbarie Humectant : 1 à 5 % Antioxydant : 0- 2% Conservateur : 0,1 à 1 % Colorant : 0- 0,5 % Parfum : 0,5 à 1 % Surgraissant Adoucissant
Principaux fournisseurs	Rhodia, SEPPIC, DEGUSSA
Processus de fabrication	Le procédé de fabrication s'établit en différentes étapes: - Phase A : Dans une cuve agitée en inox, chauffer l'eau (40°C), disperser l'épaississant sous agitation intensive. Réduire la vitesse de mélange après que le polymère soit dispersé. Puis ajouter l'humectant et le neutralisant du pH. Mélanger jusqu'à homogénéité. Ajouter les autres ingrédients de la partie A dans l'ordre : tensioactif, conservateur et diluant (eau). - Phase B : Mélanger les autres ingrédients dans l'eau chaude (30-40 °C) et l'ajouter à la phase A. Mélanger jusqu'à ce qu'il soit uniforme Procéder au conditionnement du produit fini.
Liste des équipements:	Mélangeur sous vide 300 litres 130 000 DT Mélangeur liquide 300 litres 50 000 DT Installation d'eau osmosée 30 000 DT 02 Compresseurs d'air avec sécheur, réservoir et filtre 50 000 DT 02 Pompes de transfert des produits liquides 15 000 DT Cuve de stockage de produit semi-fini 300 litres 30 000 DT Remplisseuse automatique forme émulsion 50 000 DT Sertisseuse 25 000 DT Etiqueteuse 30 000 DT Balances industrielles 30 000 DT Equipements de traitement de l'air pour zone propre 250 000 DT Matériel de laboratoire 30 000 DT Transpalette 5 000 DT Chariot élévateur 5 000 DT
Capacité de production	20 m ³ /an de produits finis
Emploi	1 Ingénieur. Chimiste 3 techniciens supérieurs 6 Agents d'exécution
Marché	Les grandes surfaces et les hyper marchés, le marché libyen : 50% Local 50% Export
Evolution du marché	Les produits d'hygiène corporelle sont principalement importés, il serait plus important que ces produits soient fabriqués localement

	avec des ingrédients naturels.
Observations	Cette unité devra produire en salle propres et mettre en place les BPF des produits cosmétiques (ISO 22716).

Fiche projet 07

Fiche N°	07
Nom du projet:	Extraction de l'huile des graines de la figue de barbarie avec la technologie au CO2 supercritique
Description	Extraction des principes actifs des graines de la figue de barbarie pour

	les utiliser à des fins thérapeutiques et des soins corporelles dans les produits cosmétiques et d'hygiène corporelle ; pharmaceutique, nutraceutique...
Localisation	Kasserine
Bénéficiaire	Nouveau promoteur ou entreprise existante
Secteur d'activité	Industrie Chimique
Gamme de produits	Matières premières
Matières premières	Graines de la figue de barbarie
Principaux fournisseurs	- Agriculteurs de figue de barbarie ; - Industriels d'agroalimentaires (qui fabriquent le jus de figue de barbarie)
Processus de fabrication	Le procédé d'extraction de l'huile des graines de la figue de barbarie est le suivant : - Graines séchées à l'air libre; - Extraction supercritique à CO ₂ de l'huile : Le CO ₂ est pompé ensuite à travers l'extracteur formé essentiellement de plateaux perforés sur lesquels les graines sont déposées. Le CO ₂ passe à travers les perforations des plateaux. Il pénètre dans le cœur des cellules. Il en extrait les molécules qui vont se dissoudre dans l'eau. La vapeur s'échappe ensuite du corps cellulaire. Puis, en agissant sur les conditions de température et de pression pour transformer l'état supercritique en gaz, et le récupérer chargé des molécules. Le procédé d'extraction peut être suivi par le procédé de microencapsulation afin d'obtenir une poudre : - Atomisation et pulvérisation - Tamisage et récupérer la poudre
Liste des équipements:	Extracteur supercritique fluide 200 000 DT 02 Cuves en inox 200 litres 30 000 DT Tamis Industriels 10 000 DT Atomiseur (sprayer dryer) 1.000.000 DT Equipements de manutention: 70 000 DT
Capacité de production	100 litre/mois d'huile et 100kg/mois de poudre.
Emploi	02 Ingénieurs Chimistes 03 Techniciens supérieurs 03 Agents d'exécution
Marché	Parfumeurs, laboratoires pharmaceutiques, entreprises de produits cosmétiques locaux et à l'export : 30% Local, 70% Export
Evolution du marché	Les extraits naturels sont trop demandés surtout pour les grandes firmes connues sur l'échelle internationale. Les huiles des graines de la figue de barbarie sont utilisées dans plusieurs domaines: - Utilisation pharmaceutique, - Utilisation cosmétique, - Utilisation phytosanitaire, - Utilisation industrielle.
Observations	Ce type d'industrie est universel, il peut s'en charger de transformer tout matériel végétal valorisé en son état solide ou liquide.

Fiche projet 08

Fiche N°	08
Nom du projet:	Fabrication des gélules de poudre de figue de barbarie
Description	Lyophilisation de la figue de barbarie (fruit, cladode, graines, écorces de fruits..) pour l'obtention d'une poudre plus actif et stable pour des

	fins thérapeutiques et des soins corporelles dans les produits cosmétiques et d'hygiène corporelle ; pharmaceutique, nutraceutique...
Localisation	Kasserine
Bénéficiaire	Nouveau promoteur
Secteur d'activité	Industrie Chimique
Gamme de produits	Matière première à haute valeur ajoutée
Matières premières	Figuier de barbarie Gélatine (produit d'enrobage)
Principaux fournisseurs	- Agriculteurs de figue de barbarie ; - Industriels d'agroalimentaires (utilisant la figue de barbarie)
Processus de fabrication	- Nettoyage de la partie du figuier de barbarie utilisée - Dépôt de la matière nettoyé dans la machine de lyophilisation : Le procédé de lyophilisation comprend trois étapes : la lyophilisation, le séchage primaire et le séchage secondaire. - Broyage et tamisage - Conditionnement (des gélules de 300-400 mg dont la poudre est de 2 mg)
Liste des équipements:	Lyophilisateur 300 litres 700 000 DT Mélangeur liquide de capacité 300 litres 50 000 DT Géluleuse 70 000 DT Blistereuse 80 000 DT Vignetteuse étiqueteuse 40 000 DT Encartonneuse 50 000 DT Equipements de traitement de l'air pour zone propre 250 000 DT Matériel de laboratoire 30 000 DT
Capacité de production	1000 gélules/jour.
Emploi	02 Ingénieurs Chimistes 02 Techniciens supérieurs 03 Agents d'exécution
Marché	Les pharmacies, les grandes surfaces, les magasins de diététiques,... : 70% Local, 30% Export
Evolution du marché	Le type d'application de la poudre de la figue de barbarie se fixe d'après les propriétés de la partie du figuier utilisée (graines, cladodes, fruit, écorce..) : - Utilisation pharmaceutique et/ou nutraceutique : Régime minceur, circulation sanguine, absorber les graisses, améliorer la digestion, réduire le taux de glucose sanguin, abaisser le taux de cholestérol, abaisser les triglycérides sanguins, ... Ces produits existent sur le marché européen http://www.conua.com/nopal) gélules NOPAL à 25 euro les 120 gélules et http://www.globio-oil.com gélules à 100% poudre des cladodes.
Observations	Ce type d'industrie est universel, il peut s'en charger de transformer tout matériel végétal valorisé en son état solide ou liquide. Cette unité devra produire en salle propres et mettre en place les BPF pharmaceutiques.

Fiche projet 09

Fiche N°	09
Nom du projet:	Production de biocarburant
Description	Production du bioéthanol à partir des cladodes du figuier de barbarie.
Localisation	Kasserine

Bénéficiaire	Nouveau promoteur
Secteur d'activité	Industrie Chimique
Gamme de produits	Biocarburant
Matières premières	Cladodes du figuier de barbarie Enzymes/ microorganismes Acide
Principaux fournisseurs	Cultures des cladodes Agriculteurs BASF Clariant
Processus de fabrication	Le procédé de fabrication s'établit en différentes étapes: - Prétraitement des cladodes : Elles sont coupés en bandes à l'aide d'un broyeur mécanique et séché au soleil, après ils sont traités par broyage à une granulométrie de 1 mm. - Traitement de la poudre broyée avec l'acide dilué - Hydrolyse et fermentation en simultané (SSF) par des microorganismes suivi par une distillation pour l'obtention de bioéthanol.
Liste des équipements:	Broyeur 50 000 DT Installation de production comprenant : Bioréacteur bi-étages (pression et agitation) 500 litres et distillateur (colonnes en verre) 1.000 000 DT Cuve de récupération en inox 500 litres 50 000 DT Cuve de stockage 1000 litres 100 000 DT Equipements de manutention et accessoires : 70 000 DT
Capacité de production	500 l /mois
Emploi	02 ingénieurs chimistes 02 Techniciens supérieurs 04 Agents d'exécution
Marché	Nouveau marché, Fournisseurs de carburants : 100 % local
Evolution du marché	Le bioéthanol fournit une opportunité pour les pays non producteurs de pétrole à être moins dépendants des importations étrangères. La production du bioéthanol commercial en utilisant de la biomasse est très réussie à nos jours dans des pays tels que le Brésil, les Etats Unis USA et certains pays de l'union européenne.
Observations	

Fiche projet 10

Fiche N°	10
Nom du projet:	Fabrication d'une peinture écologique
Description	Fabrication d'une peinture à l'eau sans COV (solvant organiques)

	volatils) par production du mucilage des cladodes.
Localisation	Kasserine
Bénéficiaire	Nouveau promoteur
Secteur d'activité	Industrie Chimique
Gamme de produits	Peinture aqueuse pour bâtiment
Matières premières	Mucilage des cladodes du figuier de barbarie : 10-20 % Pigment 5-10 % Agent épaississant 0.5-1 % Charge 30- 50 % Agent dispersant : 2-5 % Agent anti-mousse : 0.1-0.5 % Agent de coalescence : 0.1-0.5 % Conservateur : 0.1-0.3 %
Principaux fournisseurs	Cultures des cladodes Agriculteurs BASF Clariant
Processus de fabrication	Le procédé de fabrication s'établit en différentes étapes: - Prétraitement des cladodes : Elles sont coupées à l'aide des couteaux - Placer les cladodes coupés dans un mélangeur en inox et ajouter de l'eau (50 :50) et l'agent épaississant et laisser pendant une journée pour la libération de la totalité du mucilage sous agitation (avec chauffage léger 30-40 °C). - Récupérer le mucilage formé et faire agiter jusqu'à obtenir une consistance moyenne du mucilage, ajouter le pigment sous agitation. - Ajouter le reste des ingrédients et disperser en malaxant le mélange. - Ajuster la viscosité en ajoutant de l'eau. (On peut intégrer une machine à teinter pour formuler des couleurs selon demande)
Liste des équipements:	Mélangeur de peinture avec malaxeur à vitesse variable 50 000 DT Broyeur 30 000 DT Machine à teinter 50 000 DT Equipements de manutention et accessoires : 70 000 DT Equipement de laboratoire : 50 000 DT
Capacité de production	1 tonne /jour
Emploi	02 ingénieurs chimistes 02 Techniciens supérieurs 04 Agents d'exécution
Marché	Les entrepreneurs, consommateurs, marché libyen : - 70% local - 30% export
Evolution du marché	L'interdiction en Europe des peintures à solvants organiques volatils en 2010 a poussé le marché de rechercher des alternatives (nouvelles résines). La réglementation en Tunisie est en cours de préparation pour assurer un niveau de la sécurité sanitaire des consommateurs de peintures. Les industriels tunisiens ont anticipé cette réglementation et ils sont en cours de développer des peintures écologiques sans COV.
Observations	

Liste des figures

Figure 1 : Gouvernorat de Kasserine avec représentation de la migration en externe (source INS)
..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 2 : Croissance moyenne de la population (source l'indicateur de développement régional du Gouvernorat de Kasserine Ministère du Développement Régional et de la Planification 2012) ... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 3 : Solde migratoire (source l'indicateur de développement régional du Gouvernorat de Kasserine Ministère du Développement Régional et de la Planification 2012) **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 4 : Part de la population instruite (source l'indicateur de développement régional du..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 5 : Evolution de la population en milliers entre 2002 et 2012 (source : INS 2012)**Erreur ! Signet non défini.**

Figure 6 : Part de l'emploi salarié dans les entreprises privées (source l'indicateur de développement régional du Gouvernorat de Kasserine Ministère du Développement Régional et de la Planification 2012)..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 7 : Répartition de la main d'œuvre familiale selon les gouvernorats (enquête 2004-2005 ONAGRI) **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 8 : Coupe transversale du fruit de la figue de barbarie..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 9 : Distribution mondiale d'opuntia (FAO, 2013) 7

Figure 10 : Répartition des terres du gouvernorat de Kasserine (Source Rapport Annuel CRDA 2007-2008).....9

Figure 11 : Répartition bioclimatique de la zone Kasserine (Source Rapport Annuel CRDA 2007-2008) 12

Figure 12 : Carte de zonage du gouvernorat de Kasserine (PANLCD, 2006) 12

Figure 13 : Carte du relief (Source Rapport Annuel CRDA 2007-2008) **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 14 : Classement des économies en fonction du commerce des marchandises (Statistiques du commerce international 2012)..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 15 : Part de l'UE du marché d'exportation de l'Afrique (Statistiques du commerce international 2012)..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 16 : Exportations et importations mondiaux de produits agricoles en millions de dollars de la Tunisie 1990-2011 (Statistiques du commerce international 2012)..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 17 : Croissance de l'offre nationale et de la demande internationale pour les produits exportés par la Tunisie entre 2008 et 2012 ((Source : International Trade Center 2012)**Erreur ! Signet non défini.**

Figure 18 : Valeur exportée des ingrédients naturels par la Tunisie en 100 USD (Source : Commerce international 2012)..... **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 20 : Indicateur de développement régional par gouvernorat (ITCEQ 2012)**Erreur ! Signet non défini.**

Figure 21 : Evolution des entreprises et métiers privées selon le gouvernorat**Erreur ! Signet non défini.**

Figure 22 : Entreprises privées selon l'activité principale et le gouvernorat (RNE 2011)**Erreur ! Signet non défini.**

Figure 23 : Activité économique (source l'indicateur de développement régional du Gouvernorat de Kasserine Ministère du Développement Régional et de la Planification 2012) **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 24 : Répartition des industries par secteur d'activité **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 25 : Détail de l'Opuntia Ficus-indica Miller (Nopal) **Erreur ! Signet non défini.**

Figure 26 : Répartition des entreprises pour la transformation de la figue de barbarie**Erreur ! Signet non défini.**

Figure 27 : Caractéristiques pertinentes physiques et chimiques de figue de barbarie (Opuntia spp.) Selon: Feugang et al. (2006), Matsuhiro et al. (2006); Piga (2004);Ramadan et morceau (2003a, b, c); Sáenz-Hernández (1995); Stintzing et al. (2005) 25

Figure 28 : Comparaison des différentes huiles par rapport à celle d'huile des grains d'opuntia (Source société STEPA)..... 29

Figure 29 : Prétraitement mécanique des cladodes du figuier de barbarie..... 36

Figure 30 : La structure partielle de mucilage d’opuntia ficus indica mucilage (Source: Fabrication and Characterization of Electrospun Cactus Mucilage Nanofibers- Yanay Pais- University of South Florida 2011)..... 37

Figure 31 : Extraction du pigment jaune du fruit de la figue de barbarie 38

Figure 32 : Agriculture traditionnelle de la cochenille sur O. ficus-indica..... 39

Figure 33 : Modes de revêtement par pulvérisation pour la microencapsulation 41

Liste des tableaux

Tableau 1 : Aptitudes des sols par délégation dans le gouvernorat de Kasserine (LADA, 2007).....	9
Tableau 2 : Produits naturels exportés par la Tunisie (NHS à 2 digits) en 2012 Erreur ! Signet non défini.	
Tableau 3 : Typologie de l'industrie pour le gouvernorat de Kasserine (données de l'API 2013) . Erreur ! Signet non défini.	
Tableau 4 : Composition minérale de la poudre des cladodes à différentes phases de maturité (jour) (source : Chemical Analysis of Nutritional Content of Prickly Pads (Opuntia ficus indica) at Varied Ages in an Organic Harvest Margarita I. Hernández-Urbiola Int. J. Environ. Res. Public Health 2011, 8, 1287-1295).....	27
Tableau 5 : composition en lipides totaux TL (g / kg) et de la composition en acides gras (%) d'huiles de pulpe et des grains lyophilisés (Opuntia ficus-indica L.) (Source: Oil cactus pear (Opuntia ficus-indica L.) Mohamed Fawzy Ramadan Food Chemistry journal 82 (2003) 339–345)).....	28
Tableau 6 : Le profil des stérols et vitamines liposoluble (g / kg) (source: Oil cactus pear (Opuntia ficus-indica L.) Mohamed Fawzy Ramadan Food Chemistry journal 82 (2003) 339–345))	28

Bibliographies

- Health Benefits and Bioactive Components of the Fruits - from *Opuntia ficus-indica* [L.] Mill.
- Maria A. Livrea- Dipartimento Farmacochimico Tossicologico e Biologico, Università di Palermo Via Michele Cipolla 74, 90128 Palermo. Italy J. PACD – 2006 pages 73-90
- Cactus Pear Fruits (*Opuntia* spp.): A Review of Processing Technologies and Current Uses
- Markus R. Moßhammer Institute of Food Technology Section Plant Foodstuff Technology
- Germany J. PACD – 2006
- The role of cacti (*Opuntia* spp.) in erosion control, land reclamation, rehabilitation and agricultural development in the Mediterranean Basin
- Henry N. Le Hou´erou Journal of Arid Environments (1996) 33: 135–159
- Processing technologies: an alternative for cactus pear (*Opuntia* spp.) fruits and cladodes Carmen Saenz Journal of Arid Environments (2000) 46: 209–225
- Uses of *Opuntia* species and the potential impact of *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae) in Mexico a. l. v Igueras g. and l. Portillo Universidad de Guadalajara Mexique 2001
- Dr. Lahcen KENNY , Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Agadir
- Portail de l’agriculture <http://www.agriportail.tn>
- Etude sur les perspectives de développement de la région du Centre Ouest API/CEPI
- www.Agridev.net
- Programme d’action régional de lutte contre la désertification du Gouvernorat de Kasserine Janvier 2006 mise en œuvre du programme d’action national de lutte contre la désertification (PANLCD)- PNUD
- Ministère du Développement Régional et de la Planification : l’indicateur de développement régional du Gouvernorat de Kasserine 2012
- Institut National des Statistiques : INS
- Enquête 2004-2005 ONAGRI : Observatoire National de l’Agriculture
- Rapport d’évaluation de Kasserine - programme LADA soutenu par la FAO et le PNUE, 2007
- Rapport Annuel CRDA 2007-2008
- Statistiques du commerce international 2012
- Institut Tunisien de la Compétitivité et des Etudes Quantitatives (ITCEQ)
- Indicateur de développement régional par gouvernorat 2012
- groupement interprofessionnel des fruits www.gifruit.nat.tn
- Site de la douane tunisienne
- Molecular based assessment of genetic diversity within Barbary fig (*Opuntia ficus indica* (L.) Mill.) in Tunisia - Nejia Zoghلامي-2007
- Assessment of genetic diversity of Tunisian Barbary fig (*Opuntia ficus indica*) cultivars by RAPD markers and morphological traits - Monia Bendhifi- 2013
- Etude de l’Université Cadi Ayyad Département de Chimie sur figues de barbarie collectées dans une plantation pilote située à Amezmiz, à 30 km de Marrakech –Maroc
- composition chimique des jeunes cladodes d’*Opuntia ficus indica* et possibilités de valorisation alimentaire Hadj Sadok - Laboratoire de biochimie, département Agronomie, Faculté des Sciences Agrovétérinaires, Sâad Dahleb Blida, Algérie 2008
- Chemical Analysis of Nutritional Content of Prickly Pads (*Opuntia ficus indica*) at Varied Ages in an Organic Harvest Margarita I. Hernández-Urbiola Int. J. Environ. Res. Public Health 2011, 8, 1287-1295
- Valorisation du figuier de barbarie en alimentation animale Boudechiche L. Département d’agronomie, centre universitaire – Algérie- 2012
- Oil cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L.) Mohamed Fawzy Ramadan Food Chemistry journal 82 (2003) 339–345
- Pharmacological actions of *Opuntia ficus indica*:A Review Manpreet Kaur Journal of Applied Pharmaceutical Science 02 (07); 2012: 15-18

- Ethanol production by yeast fermentation of an opuntia ficus-indica biomass hydrolysate By Olukayode Olakunle Kuloyo Faculty of Natural and Agricultural Sciences, Department of Microbial, Biochemical and Food Biotechnology, University of the Free State, Bloemfontein, South Africa – 2012
- Fabrication and Characterization of Electrospun Cactus Mucilage Nanofibers- Yanay Pais- University of South Florida 2011
- A Process of Recovery of a Natural Yellow Colorant from Opuntia Fruits José A. Fernández-López Food Technol. Biotechnol. 50 (2) 246–251 (2012)
- Site européen des brevets espacenet
- Site national des brevets : INNORPI
- Atlas numérique du Gouvernorat de Kasserine - Direction Générale de l'Aménagement du Territoire (D.G.A.T) au Ministère du transport et de l'Equipement – 2007.
- Livre Docteur Nopal, le médecin du Bon Dieu du Marc Schweizer- ISBN 2–912978–07–6 année 1999
- Agro-industrial utilization of cactus pear- FAO- 2013
- Site web de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie (INRAT)
- Site web Europages
- Portail de l'industrie tunisienne
- A. y Chouki, S. 2002. Cactus in Zelfene (Tunisia): An alternative for Rural development
- Anatomical, chemical, and biochemical characterization of cladodes from prickly pear [Opuntia ficus-indica (L.) Mill.] - Ginestra G- J Agric Food Chem. 2009
- Development and characterization of edible films based on mucilage of Opuntia ficus-indica (L.).- Espino-Díaz M - J Food Sci. 2010
- Study of the antioxidant properties of extracts obtained from nopal cactus (Opuntia ficus-indica) cladodes after convective drying - Medina-Torres L - J Sci Food Agric. 2011
- Les sous-produits d'Opuntia ficus-indica comme une source de fibre alimentaire antioxydant - Bensadon S - Plant Foods Hum Nutr. 2010
- Effect of hyaluronic acid and polysaccharides from Opuntia ficus indica (L.) cladodes on the metabolism of human chondrocyte cultures- Panico AM J Ethnopharmacol.- 2007.