

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**  
**Université SAAD DAHLAB - Blida**

**Faculté des sciences Agro- Vétérinaires et Biologiques**

**Département des Sciences Agronomiques**

**Mémoire de fin d'étude**

**En vue de l'obtention du diplôme de Master en Science de la Nature et de la Vie**

**Option : Nutrition et Contrôle des Aliments**

**Spécialité : Nutrition et Contrôle des Aliments**

## **Thème**

**Essai de stabilisation de la vitamine C par l'utilisation de pouvoir  
antioxydant et de mucilage provenant d'opuntia ficus-indica**

Présenté par :

**M<sup>elle</sup> : DJIDJELLI SALMA**

Devant le jury composé de :

Mme BOUTEKRABT . L	MCA	USDBlida	Présidente.
Mr HADJ SADOK. T	MCB	USDBlida	Promoteur
Mme KOUIDRI .A	MAA	USDBlida	Examinatrice.
Mr KADRI.B	MCB	USDBlida	Examineur.

Promotion 2012 / 2013

# REMERCIEMENTS

*Louange à ALLAH le Tout Puissant de m' avoir prêté vie et donné la santé, la patience, la force, la volonté et les moyens qui m'ont permis de réaliser ce modeste travail.*

*Mon vif remerciement s'adresse à mon promoteur Mr HADJ SADOK T. Maître de conférence à l'université SAAD DAHLAB DE BLIDA pour son soutien durant la réalisation de ce travail*

*Mes remerciements s'adresse également à:*

*M<sup>me</sup> BOUTEKRABT .L maître assistante à l'université de Blida, d'avoir fait l'honneur de présider le jury examinant mon travail, toute en lui adressant mes respectueuses considérations.*

*M<sup>me</sup> Kouidri . maître de conférence à l'université de Blida et M<sup>r</sup> KADRI. maître assistant à l'université de Blida, qui j'ai fait l'honneur de participer au jury et examiner ce travail.*

*Aux personnels des laboratoires de département des sciences Agronomiques de l'université de BLIDA, et plus spécialement à Zakia.*

*JE tiens à remercier également Mme AIT YAHIA pour son aide et participation dans la réalisation de ce projet.*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail à ceux qui m'ont tout donné sans rien en retour*

*A ceux qui m'ont encouragé et soutenu dans mes moments les plus durs*

*Et ceux à qui je dois tant*

*A mes parents pour leur amour et leur support affectif*

*A mes chères sœurs : Amina, Siham , Khadîdja et notre petite Maria qui ont partagé avec moi les moments de la joie et de la tristesse*

- \* A mon fiancé Mohamed, qui ma donné le soutien et l'encouragement.*
- \* A mes beaux frères : Rafik et Fayçal*
- \* A mes amies : Zakîa, Lydia, Meriem, Aicha, Hakîma*
- \* A mes amis et collègues de la promotion 2012*

# Résumé

Le cactus ou figuier de barbarie est une plante succulente de type CAM qui s'adapte aisément dans les régions arides et semi-arides.

Les jeunes cladodes ont une valeur nutritionnelle intéressante en raison de leur richesse en fibres, sucres, vitamines C, sel minéraux.....

Le jus obtenu par extraction des jeunes cladodes se caractérise par un pH élevé de 4,6 et une faible acidité 0.66% ce qui lui permet de subir des traitements thermiques à haute température. Ce jus se révèle comme un contenant de plusieurs composés fonctionnels à activité anti-radicalaire (polyphénols, vitamine C)

La comparaison des jus d'orange et de jeunes cladodes a montré que lors d'un traitement thermique la cinétique de dégradation de la vitamine C montre que celle-ci est moins importante dans le jus des jeunes cladodes comparé au jus d'orange, grâce à sa composition en mucilage qui permet de protéger l'acide ascorbique pendant le traitement thermique, malgré que l'acide ascorbique est très sensible à la chaleur.

**Mots clés** : jeunes cladodes, mucilage, traitement thermique, jus d'orange, vitamine C

# Summary

The prickly pear cactus is a succulent plant type CAM fits easily in arid and semi-arid areas. Young cladodes are nutritionally interesting because of their high fiber, sugars, vitamin C, mineral salts .....

Obtained by extracting the juice of young cladodes are characterized by a high pH of 4.6 and a 0.66% low acidity which allows it to undergo heat treatment at high temperature. This juice is revealed as one of several compounds containing a functional antiradical activity (polyphenols, vitamin C)

Comparison of orange juice and young cladodes showed that during heat treatment the degradation kinetics of vitamin C shows that it is less important in the juice of young cladodes compared to orange juice, thanks has its composition of mucilage which can protect ascorbic acid during the heat treatment, although ascorbic acid is very sensitive to heat.

**Keywords:** young cladodes, mucilage, heat treatment, orange juice, vitamin C

## ملخص

نبات التين الشوكي هو نبات يعيش في المناطق القاحلة و شبه القاحلة  
الردائن الفتية لها قيمة غذائية هامة , و ذلك بالنظر الى محتوياتها من ألياف , سكريات , فيتامين س  
و أملاح معدنية... الخ  
العصير المستخلص من الردائن الفتية يتميز بدرجة حموضة عالية وقدرها 4.6 وحموضة منخفضة قدرها  
0.66 ٪ الذي يسمح لها بالخضوع للمعالجة الحرارية في درجة حرارة عالية.  
كشف هذا العصير باعتباره واحدا من العديد من المركبات التي تحتوي على النشاط الوظيفي (البوليفينول،  
وفيتامين س)  
عصير الردائن الصغيرة يحتوي على جزيئات حيوية نشطة (بوليفينول , فيتامين س , المضادة للأكسدة).  
المقارنة بين عصير البرتقال و عصير الردائن الصغيرة بينت أنه من خلال المعالجة الحرارية حركة تدهور  
الفيتامين س أكثر استقرار في عصير الردينة الصغيرة, و ذلك بفضل تركيبته بالصمغ التي تساعد على  
حماية قيمة حمض الأسكوربيك بعد المعالجة الحرارية , و على الرغم من أن حمض الأسكوربيك  
حساس جدا للحرارة.

### الكلمات المفتاحية :

الردينة الصغيرة, الصمغ, المعالجة الحرارية, عصير البرتقال, فيتامين س

## LISTE DES FIGURES

### Partie Bibliographique :

<b>Figure 01 :</b>	Schéma de systématique de <i>l'opuntia ficus indica</i> .....	5
<b>Figure 02 :</b>	Les raquettes de l'opuntia <i>ficus –indica</i> .....	7
<b>Figure 03 :</b>	La fleur de l'Opuntia <i>ficus-indica</i> .....	8
<b>Figure 04 :</b>	Les différents types de fruits.....	9
<b>Figure 05 :</b>	Cycle photosynthétique des plantes de type CAM.....	10
<b>Figure 06 :</b>	divers produits actuels sur le marché mexicain avec des Nopalitos ;Nopalitos en saumure et en escabèche	15

### Partie Expérimentale :

<b>Figure 07 :</b>	Les jeunes cladodes de la variété inerme de l'opuntia <i>ficus-indica</i>	29
<b>Figure 08 :</b>	L'appareil utilisé pour l'extraction du jus des jeunes cladodes (Laboratoire d'amélioration des plantes – Institut d'Agronomie – Université de Blida)...	30
<b>Figure 09 :</b>	Protocole expérimentale suivie pour le dosage du jus extrait à partir des raquettes d'opuntia .....	31
<b>Figure 10 :</b>	réduction du DPPH .....	39

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 01 :</b>	les teneurs en sels minéraux dans le jus de figuier de barbarie pour deux variétés marocaines .....	20
<b>Tableau 02 :</b>	Constituants chimiques des cladodes et de la pulpe de fruit d' <i>Opuntia spp</i>	22
<b>Tableau 03 :</b>	teneurs en sucres dans le jus de fruit du figuier de barbarie en mg/100g....	23
<b>Tableau 04</b>	Mode opératoire de détermination du pouvoir antioxydant.....	39
<b>Tableau 05 :</b>	Résultats des analyses physicochimiques.....	42
<b>Tableau 06 :</b>	Résultats des analyses des molécules bioactifs dans le jus des jeunes cladodes .....	44
<b>Tableau 07 :</b>	Résultats des analyses des molécules bioactifs dans le jus d'orange .....	46
<b>Tableau 08 :</b>	Evolution des composés bioactifs du jus de figuier et du jus d'orange au cours du traitement thermique.....	47

## LISTE DES ABREVIATIONS

- ❖ **HCDS** : Haut Commissariat au Développement de la steppe.
- ❖ **MG** : matière grasse.
- ❖ **MM** : matière minérale
- ❖ **MS** : matière sèche.
- ❖ **pH** : Potentiel d'Hydrogène.
- ❖ **Vit C** : vitamine C.
- ❖ **CO<sub>2</sub>** : dioxyde de Carbone.
- ❖ **Ca** : calcium.
- ❖ **Mg** :magnesium
- ❖ **K** :potassium
- ❖ **ADP** :adenine di-phosphate
- ❖ **P**:phosphor
- ❖ **USA**: Etats unies d 'Amérique

# SOMMAIRE

Introduction..... 1

## Partie bibliographique

### Chapitre I Présentation de l'espèce du figuier de barbarie d'*Opuntia ficus-indica*

I-Historique et origine.....	3
II-Répartition géographique.....	3
III-Biologie de l' <i>Opuntia</i> .....	5
III-1-Systématique de l' <i>Opuntia</i> .....	5
III-2- morphologie et structure .....	6
IV -Physiologie de la plante.....	10

### Chapitre II Importance et utilisation de l'*Opuntia*

I- Importance écologique.....	11
II- Importance économique.....	11
II-1-production des fruits comestibles .....	11
II-2-Utilisation comme fourrage.....	12
II-3- Production maraichère.....	13
III- transformation agroalimentaire.....	14
VI- Utilisation médicinale.....	16
VI-1- Propriétés médicinales.....	16
V- Autres Utilisations.....	19

### Chapitre III Composition chimique et valeur nutritionnelles des raquettes (cladodes)

I-Teneur en eau et matière sèche .....	20
II-Matière minérale .....	20

III-Matière azotée totale .....	21
IV-Cellulose brute .....	21
V-Matière grasse .....	21
VI-Glucides.....	22
VII-Vitamines .....	23
VIII-Composées Phénoliques.....	23
IX-Chlorophylles.....	24
X-Le mucilage.....	25
XI-Les Caroténoïdes.....	25
XII-Le pouvoir antioxydant .....	26
XIII-Valeur nutritionnelles .....	26

## **Partie expérimentation et résultats**

### **Chapitre I Matériel et méthodes**

I- Objectifs de travail.....	28
II- Matériel.....	28
II-1-Matériel végétal .....	28
II-2- Préparation de jus de cladodes(raquettes).....	28
III- Méthodes d'analyses.....	32
III-1- Analyses physico-chimiques.....	32
III-2-Analyses biochimiques .....	36
IV- suivi de l'évolution quantitative des polyphénols, vitamine C et pouvoir antioxydant au cours du traitement thermique.....	40
V- suivi de l'évolution quantitative des vitamines C au cours du traitement thermique .....	40

### **Chapitre II Résultats et discussion**

I-Résultats des analyses physico-chimiques	42
II-Résultats des analyses biochimiques	44

II-1- Jus des jeunes cladodes	44
II-2-Jus d'orange	46
III- Résultats de suivi de l'évolution des composés bioactifs et de l'activité antioxydant du jus des jeunes cladodes et de jus d'orange au cours du traitement thermique	47
IV-Résultats de suivi de l'évolution quantitative des vitamines C au cours du traitement thermique	48
Conclusion	50

# Introduction

---

## INTRODUCTION

Le figuier de barbarie, appelé aussi « Figuier d'Inde » appartient à la famille de Cactaceae, originaire d'Amérique centrale et du Mexique, c'est une plante succulente, présentant des adaptations physiologiques permettant à la plante de résister à la sécheresse (**MULAS, 2004**), Cette plante caractérisée par des tiges en forme de raquettes épaisses, surmontées au printemps de belles fleurs jaune vif auxquelles succèdent des fruits ovoïdes vert jaunâtre, par fois teintés de rouge (**CORREAL, 1998**).

L'importance agro-économique de cette plante réside dans le fait qu'elle est utilisée comme plante ornementale, fourragère, protectrice des sols contre l'érosion, et surtout par la production de fruits (**Garcia de Cortazar et Nobel, 1992**).

Les jeunes cladodes appelés aussi *nopalitos* dans le pays d'origine (Mexique) sont consommées par les populations de différentes couches sociales au Sud des Etats-Unis (**RUSSEL et FELKER, 1987; CANTWELL, 1991; SAENZ, 2002.**) .ces cladodes sont utilisées directement dans l'alimentation tel un légume grâce à sa richesse en nutriments, fibres, vitamine C, polyphénols, sucres simples et complexes et minéraux (ca, Mg, k,...etc.) en font un produit proche et comparables aux légumes (**MAHMOUDI, 2000**).

Les cladodes présentent un intérêt pour l'industrie alimentaire grâce à leurs propriétés épaississantes et gélifiantes (**SEPULVEDA et al, 2003**). Elles présentent aussi une valorisation dans l'industrie cosmétique (**SAENZ, 2006**), des adhésifs, du papier et du caoutchouc (**TRACHTENBERG et MAYER, 1982**).

L'objectif de ce travail, de faire une étude sur le figuier de barbarie (composition en molécules bioactifs « polyphénols, vitamine C, pouvoir antioxydant ») dans le but d'essai de stabilisation de la vitamine C par l'utilisation de pouvoir antioxydant « acide ascorbique »



**PARTIE 1 :**

**PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE**

CHAPITRE I :  
PRÉSENTATION DE L'ESPÈCE  
DU FIGUIER DE BARBARIE  
D'OPUNTIA FICUS-INDICA

## I. Historique et origine :

-L'*Opuntia ficus indica* appelé communément figuier de barbarie ou cactus, est une plante succulente originaire des régions arides et semi arides d'Amérique tropicale (sud des Etats Unis et Mexique) .Il est introduit dans la région méditerranéenne notamment en Espagne par Christoph Colomb à la fin du 15<sup>ème</sup> siècle (**Schweizer, 1997**), où à été appelé figue de diable à cause de ses épines. Les Musulmans d'Espagne repèrent sa culture et l'appellent figue de chrétiens et ensuite figue des Indes ou « Hendi » (**Yousfi, 2000**). Il arrive plus tard en Afrique du Nord vers la fin du 16<sup>ème</sup> siècle (**Monjouze et lehouerou, 1965**).

Au 19<sup>ème</sup> siècle aux îles canaris, sa culture est essentiellement pratiquée pour ses parasites « les cochenilles », qui sont la source d'une colorant rouge carmin (**Yousfi, 2000**).

## II- Répartition géographique :

L'*Opuntia* se développe dans diverses régions et sous divers climats, il est présent en général dans les régions tropicales et sub-tropicales à faible pluviométrie. Ces capacités d'emmagasiner des réserves d'eau et de réduction de la transpiration expliquent sa résistance à la sécheresse (**Rose 1958**).

### II -1-En Amérique

Au Etats Unis (Texas, Arizona, et même Californie du sud) et en Brésil, les *Opuntias* sont surtout cultivés à des fins fourragères (**Yousfi, 2000**).

Au Mexique, la culture des *Opuntias* est pratiquée à des fins fruitières et fourragères, elle joue un rôle notable dans le développement de la civilisation mexicaine et constitue une des plus importantes spéculations agricoles des hauts plateaux Mexicaines (**Khoury ,1970**).

### II-2- En Europe :

La culture de l'*Opuntia* s'est développée dans toute la partie occidentale de la mer méditerranéenne, notamment de l'Espagne au sud du Portugal, Sicile et Calabre (Houerou, 1996).

En Sicile, l'opuntia qui occupe plus de 100000ha est destiné à la production fruitière et fourragère. En Espagne, il est utilisé généralement comme plantation familiales parfois en association avec les amandiers (Barbara, 1995).

### **II-3-En Australie :**

le cactus inerme à prospéré avec une grande vigueur en raison de la grande similitude des conditions avec le pays d'origine (**BARBERA ,1995**).

### **II-4 -En Asie :**

son introduction a commencé entre le 17<sup>ème</sup> et 18<sup>ème</sup> siècle, et il est actuellement présent en Chine, en Inde, au Philippine et d'autres pays (**BARBERA, 1995**).

### **II-5- En Afrique :**

#### **II –5-1- Afrique du sud :**

L'opuntia épineux couvrait en 1942 une superficie importante avec près de 860000ha, il a été éliminé par l'introduction délibérée de cochenilles, alors que l'opuntia inerme résistant aux cochenilles, était sélectionné et multiplié dans les zones arides à des fins fourragères (**Manjouze et Houerou, 1966**).

#### **II –5-2- En Afrique du nord :**

Selon **KHORI (1970)**, L'opuntia est planté depuis des siècles par le secteur traditionnel, il est utilisé par les agriculteurs pour constituer des haies autour de leurs jardins. Le fruit est récolté pour la consommation familiale et parfois pour la vente sur le marché local. En Tunisie Le cactus a été connu au 17<sup>ème</sup> siècle.les Tunisiens l'utilisent comme fourrage et consomment le fruit aussi.

Actuellement, ils favorisent son extension dans les zones steppiques (**Yousfi ,2000**).

#### **➤ En Algérie**

La culture du cactus est largement représentée dans le paysage rural en plantations plus ou moins régulière autour des villages, en haies limitant les parcelles de culture

ou de vergers, la culture de cactus se trouve parfaitement intégrée dans système d'exploitation traditionnel (ARABA, et al, 2002).

Selon BARBERA (1995), le figuier de barbarie présent dans les régions côtières et de l'intérieur est utilisé pour la consommation fruitière et fourragère. Au sud du pays les raquettes (cladodes) de cactus inerme sont utilisées pour l'alimentation des camelins, ovins et caprin pendant les saisons sèche (yousfi, 2000).

### III-Biologie de l'opuntia

#### III-1-Systématique de l'Opuntia

Les opuntias sont des Angiospermes de l'ordre d'Opuntiales ou Cactales de famille Cactaceae regroupant 1600 espèces dont 180 de genre d'opuntia (KAANAN, 2000).

Cette espèce existe en deux groupes : groupe inerme et groupe épineux. Aucun cactus inerme n'est toutefois entièrement dépourvu d'épines (Monjauze et

le Houerou, 1966)

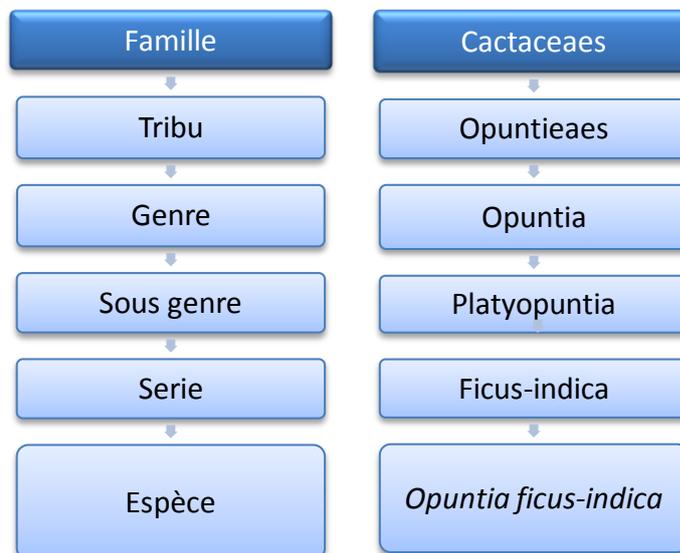


Figure 01 : Schéma de systématique de l'opuntia ficus indica (Britton et Rose In Khouri, 1970).

### **III-2-Morphologie et structure :**

Le figuier de barbarie est une plante xérophytique succulente capable d'emmagasiner une grande quantité d'eau (**Kenny, 1998**).

Les opuntias ont des formes très variées depuis le petit arbrisseau jusqu'à l'arbre de 5 à 7 m et même jusqu'à 15 m (*Opuntia Argentina*) (**anonyme ,1994**).

Le développement en hauteur et en largeur des Opuntia est due aux nouveaux cladodes sur la marge des anciens, il y'a généralement une seule émission par ans, parfois deux ans dans les meilleurs conditions (travaux culturaux, irrigation) (**Kadik, 1974**).

#### **❖ les cladodes :**

Les cladodes ou raquettes sont des tiges aplaties pouvant atteindre 40à50cm de longueur et 20à30cm de large. Elles sont pourvues d'aréoles, organe important dans la formation des épines, des fleurs et des rameaux (**HCDS, 1994**).

L'épiderme des cladodes contient des stomates en nombre réduit et enfoncés dans ces tissus (**Kadik, 1974**). Le suc cellulaire du cladode concentré et mucilagineux permet à la plante de limiter la transpiration et donc de résister à la sécheresse (**Khoury, 1970**).

La variété inerme peut cependant devenir épineuse lorsqu'elle est transplantée brusquement dans un autre environnement. Comme ce fut le cas en 1964, lorsque l'Opuntia a été transféré de Tunisie au Togo ; Il a été observé le même phénomène dans les zones désertiques, la variété inerme qui se comporte bien dans ces zones devient épineux dès la deuxième année (**Mahmoudi, 2000**).



**Figure 02 :Les raquettes de l'opuntia *ficus –indica*.**

**(Source personnel)**

❖ **Les fleurs :**

Les fleurs sont hermaphrodite, généralement grande et belle, comprend un style unique et stigmaté entouré de nombreux verticilles d'étamines et d'un nombre défini des tépales. la couleur des tépales est souvent jaune, orange ou rougeâtre (H.D.C.S, 1994).



**Figure 03 :La fleur de l'Opuntia *ficus-indica***

**(Source personnel)**

❖ **Les fruits :**

Les figes de Barbarie sont des fruits arrondis ou pyriformes, de couleur pourpre plus ou moins foncée, ou parfois jaunâtre avec des nuances de rouge. Ces fruits contiennent une pulpe juteuse et sucrée, rouge ou jaune, qui contient de nombreuses petites graines (**Mulas, 2004**).

Il est distingué jusqu'à trois types de fruits selon l'importance de jus, de la pulpe et des grains.



**Figure 04 : Les différents types de fruits ( Sáenz, 2006)**

❖ **les graines :**

Présentes dans le fruit sont nombreux .Elles sont libres ou adhérentes à la pulpe peuvent représenter jusqu'à 15% du poids du fruit (LOPEZ et BURGOS, 1973).C'est la présence des graines et des glochides sur la peau qui réduit leur acceptabilité par les consommateurs occidentaux non habitués (**HADJ SADOK, 2010**).

❖ **Le système racinaire**

L'enracinement de l'*Opuntia* est généralement de type fasciculé mais lorsque le sol est meuble les racines peuvent aller à plusieurs mètres de profondeur (**Kadik, 1974**).

les racines contribuent à la résistance à la sécheresse selon trois voies :

- Par restriction de la surface des racines en diminuant leur perméabilité à l'eau ;
- Par une absorption rapide de faibles quantités d'eau provenant du rosé du matin à partir des « racines plie » qu'ont la possibilité de se développer juste après une averse et de disparaître par la suite ;

- Par diminution de la transpiration en raison du haut potentiel négative des racines (Barbera, 1995).

#### IV-Physiologie de la plante :

Le cactus à la particularité de fixer le CO<sup>2</sup> pendant la nuit et de fermer ses stomates pendant le jour ( Evéque .,1995 Cité par HADJ SADOK,2010 ). Le CO<sup>2</sup> sera délibère le jour pour assurer le déroulement de la photosynthèse. Ce cycle particulier de photosynthèse des cactus et autres plantes succulentes est appelé « Crassulacen Acid Metabolism » ou Métabolisme Acide des Crassulacées qui est désigné par CAM et les plantes qui font la photosynthèse de cette manière sont appelées des plantes à CAM (Mulas, 2004).

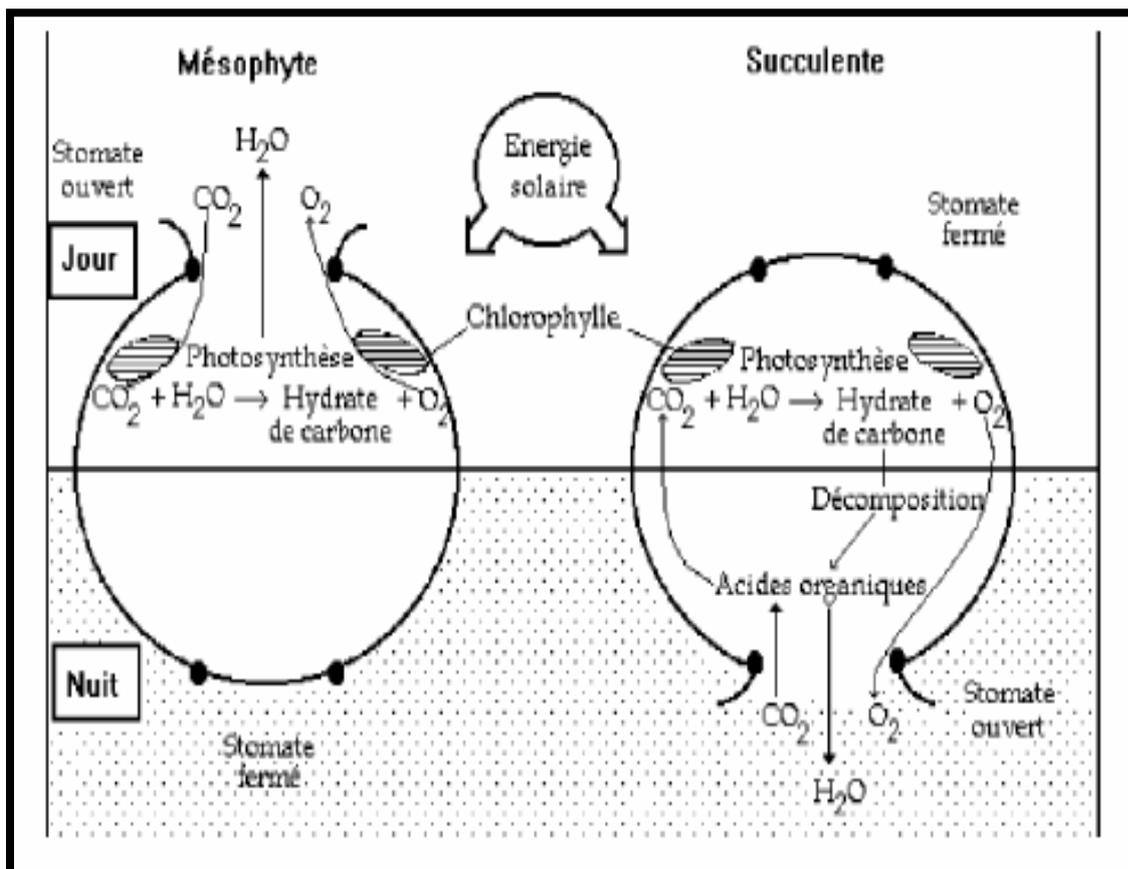


Figure 05 : Cycle photosynthétique des plantes de type CAM (Gardon Rowley,1985 in Habibi. Y, 2004).

CHAPITRE II :  
IMPORTANCE ET UTILISATION  
DE L'OPUNTIA

### I. Importance écologique :

L'Opuntia a le pouvoir d'arrêter l'avancement du désert et protéger la faune (**Barringer et al, 1996**). La culture d'*Opuntia* offre aux terres qu'elle colonise un couvert puissant, ombrageant la surface du sol (**Monjauze et Lehouérou, 1965**). Les cactus peuvent être utilisés pour lutter contre l'érosion hydrique et éolienne. Le figuier de barbarie est très souvent utilisé comme haies défensives dans sa région d'origine et même à usage ornemental dans les jardins d'ornement (**Chriyaa, 2000**).

Le cactus inerme *Opuntia Ficus indica*, qui tolère la sécheresse et protège les sols contre l'érosion, est encore utilisé en Tunisie, en Algérie et au Maroc pour ralentir et diriger le mouvement des sables, augmenter le couvert végétal, et éviter la destruction des terrasses construites pour réduire l'effet de ruissellement (**I.F.A.D, 2000**).

En Algérie la culture d'*Opuntia* dans les zones arides et semis arides, a permis de préserver les écosystèmes steppiques fragiles. La plantation d'*Opuntia* dans la wilaya de Djelfa a permis :

- \_ Une augmentation de la litière,
- \_ Une augmentation de la matière organique,
- \_ Une augmentation du recouvrement végétal,
- \_ Une augmentation de la richesse floristique. (**HCDS, 2005**)

En effet, il constitue un bouclier contre la désertification et l'érosion des sols .Il est également cultivée pour la régénération des terres .Il ne demande pas des pratiques culturales spécialisées ni d'apport de fertilisants (**youcef habibi 2004**)

### II -Importance économique :

#### II -1- Production de fruits comestibles :

La première importance économique du cactus dans le monde réside dans la production de fruits comestibles (**Pimienta Barrios et al., 1993**). Ces fruits sucrés et juteux sont riches en vitamine C et leur valeur nutritionnelle est semblable à celle de la plupart des fruits comme les oranges, les pommes, les poires, l'abricot, les cerises,

etc. (**Barbera et al., 1992; Sepulveda et Saenz, 1990**). Leur production est importante dans plusieurs pays: Mexique, Italie, Israël, Afrique du sud, etc. et le marché de leur commercialisation est bien organisé dans ces pays (**Barbear et al., 1992**). Un certain nombre d'espèces et variétés sont décrites dans le monde et plus qu'une trentaine ont été décrites au Mexique, qui est leur pays d'origine (**Russel et Felker, 1987**).

Les figues de barbarie présentent un intérêt nutritionnel, leur consommation à l'état frais apporte des quantités nom négligeables en nutriment de base et en minéraux (**Yousfi, 2000**).

### **II -2- Utilisation comme fourrage :**

La production de fourrage pour le bétail représente la deuxième importance économique du cactus dans le monde. L'utilisation de cette espèce dans l'alimentation du bétail représente également la deuxième importance de cette plante au Maroc.(**arba ,2009**).

Le cactus est utilisé depuis longtemps dans l'alimentation du bétail des zones arides et sa production dans ces zones est plus rentable que celle de certaines autres espèces fourragères comme le maïs et le sorgho (**Russel, 1986**).

. Un certain nombre de pays: Mexique, USA, Brésil, Pérou, Chili, etc. produisent des quantités importantes de raquettes en tant qu'aliment pour le bétail (**Nobel et al., 1987**) Les raquettes du cactus sont appréciées par le bétail car elles sont riches en eau, en fibres, en protéines et en éléments minéraux (**Nefzaoui et Ben Salem, 2000; Lehouérou, 2002**)

La combinaison d'*Opuntia ficus-indica* avec des pailles de céréales, représente une solution valable pour garantir l'élevage de petits ruminants dans les zones caractérisées par des climats arides ou semi-arides. Ainsi, l'ajout à la ration alimentaire de raquettes, peut améliorer la valeur nutritive et stimuler l'ingestion d'aliments peu appétibles comme le son de céréales (**Ben Salem et al, 1996**)..La consommation de raquettes permet d'améliorer la saveur du lait et la couleur du beurre (**Russel et Felker, 1987**).

Il est établi que les cactus sont pauvres en MAT (2 à 4% de la MS). En outre, leurs teneurs en CB sont relativement faibles. De plus, leur richesse en minéraux, essentiellement sous la forme de potassium et en mucilages leur confère des

propriétés laxatives. A cet effet, il ne faut pas dépasser 50% de la ration (**Nefzaoui et Chermiti, 1991**).

Le cactus inerme a une digestibilité de la matière sèche mesurée "in vivo" variant de 50 à 70% selon l'âge de la raquette. La digestibilité de ses matières azotées totales est faible, 28% pour les jeunes raquettes et nulle pour les raquettes âgées (**Nefzaoui et Chermiti, 1991**).

### II -3- Production maraîchère:

Les cultivars inermes de l'espèce *Opuntia. ficus-indica* sont utilisés pour la production des jeunes raquettes qui sont consommées en tant que légume (**Kenny, 1998**).

Ces jeunes cladodes sont appelés 'Nopalitos' au Mexique où ils sont considérés comme un légume traditionnel depuis des siècles. Ils sont consommés à l'état frais ou après avoir les cuire en tant que légume vert. (**Russel et Felker, 1987; Pimienta Barrios, 1993**).

Ils sont riches en eau, en hydrates de carbone, en protéines, en vitamine C et en  $\beta$ -carotène qui est un précurseur de la vitamine A (**Rodriguez Felix et Cantwell, 1988; Cantwell, 1991**).

Selon **KENNY**, La valeur nutritive des Nopalitos est proche de celles de la laitue et des épinards, ils sont riches en vitamines C et en calcium.

Les 'Nopalitos' peuvent être introduits facilement dans les traditions alimentaires des marocains, rien que dans la préparation de salades fraîches qui peuvent être composées d'un mélange de jeunes cladodes cuits et de légumes verts ou cuits: oignon, tomate, poivron, etc. D'autre part, c'est un produit qui peut être exporté sur les marchés où il y a une population qui consomme ce produit, notamment aux USA où les exportations mexicaines n'arrivent pas à satisfaire les besoins de ce pays en 'Nopalitos'. (**Arba ;2009**) . l'utilisation du cactus pour une consommation maraîchère n'a jamais été exploitée en Algérie sauf à Tébessa où l'utilisation maraîchère est appréciée par les populations rurales (**HCDS, 1998**).

Au Mexique, les nopalitos coupées en petits morceaux ou en tant que jeunes cladodes frais de 3 à 4 semaines d'âge sont utilisés sous forme de légumes ou de salade semblables au haricot vert (**Stintzing et Carle, 2005**). Leur valeur nutritive est similaire à celle de la laitue et des épinards (**Boujghagh, 2007**).

### III- transformation agroalimentaire :

La valorisation de différentes parties de la plante d'*Opuntia* a mis sur le marché de beaucoup de pays une gamme de sous produits avec des délais de conservation prolongés (**Saenz, 2006**).

**Les fleurs** peuvent être utilisées comme gélifiant des confitures et par conséquent peuvent être considérées comme des produits de remplacement de la pectine. Elles peuvent également être utilisées comme produits épaississant des soupes. En plus, les fleurs constituent une source de minéraux et de fibres de bonne valeur alimentaire (**Mimouni et al, 2009**).

**Les jeunes cladodes** peuvent être valorisés par leur conservation en petits morceaux dans des boîtes de conserve. Des usines modernes de mise en boîte des 'Nopalitos' existent dans les pays (Mexique, USA) où il y a une tradition alimentaire de ce produit (**Arba ;2009**). Les essais effectués au Chili par **SAENZ et al.1995**, où il n'est pas habituel de consommer Nopalitos en aucune manière, ont montré une bonne acceptation d'une confiture à base de cactus mélangé de jus et zeste de citron.

Deux des principaux produits transformés sont Nopalitos en saumure et Nopalitos en escabèche (**Saenz, 2000**).

#### ❖ **escabèche :**

Les Nopalitos sont conservés dans du vinaigre et assaisonné d'épices pour un maximum de deux pour cent d'acide acétique, seule ou en combinaison avec des légumes (**Saenz, 2006**).

#### ❖ **Nopalitos en saumure :** Nopalitos sont blanchies et conservée dans une solution saline (maximum de 2 pour cent de NaCl), ce qui augmente la durée de conservation de 10 jours à plusieurs mois (**Saenz, 2006**).



**Figure 06 : divers produits actuels sur le marché mexicain avec des Nopalitos ;Nopalitos en saumure et en escabèche.**

**Source : (SAENZ et al, 2002 ; CORRALES et FLORES, 2003).**

**Les fruits** du cactus peuvent être valorisés en confiture, en jus, en miel, en marmelade, etc. (Russel et Felker, 1987; Barbera et al., 1992). La teneur en sucre qui est relativement élevée chez les fruits de la plupart des variétés leur permet de se transformer favorablement en produits agro-alimentaires (Sepulveda et Saenz, 1990). Le séchage des fruits au soleil est utilisé au sud du Maroc pour la conservation de la production qui n'est pas vendue à l'état frais et de celle qui n'est pas autoconsommée (Arba ;2009) .

**BUNCH (1996)**, a signalé la production des purées congelées aux États-Unis. Il a été fabriqué à partir de figue de cactus violet et avec un certain pourcentage de jus d'ananas, il pourrait être utilisé dans un certain nombre de boissons et plats. L'utilisation principale de la culture de *l'opuntia ficus indica* en industrie se manifeste par la production d'une teinte rouge nommée « le carmin », (Anonyme, 2000).

Plusieurs centaines d'insectes de 2 à 3mm de diamètres peuvent être collectés manuellement à partir de raquettes simples. Après séchage à l'air, le matériel brut nommé « Grana » est utilisé pour extraire le carmin (10 à 26 % du poids sec des insectes), ce colorant est utilisé par les industries alimentaires, cosmétiques et médicinales (**Mezzour, 2000**).

### **V- Utilisation médicinale :**

Le figuier de barbarie constitue pour certaines populations non seulement une source de fruit comestible mais aussi une plante à usage médicinale. Les parties utilisées pour les besoins médicaux sont : les fleurs, les fruits et le suc des cladodes (**Aldo, 1982**).

En Australie et en Afrique du Sud, les Nopalitos sont utilisés dans le traitement des diabètes non dépendants de l'insuline. Ils sont utilisés aussi pour traiter les inflammations (**Araba, 2000**).

En Palestine, les capsules des corolles des fleurs séchées sont utilisées comme remède du dysfonctionnement de prostate et aussi comme régulateur diurétique (**Mezzour, 2000**).

Au Yémen, les raquettes coupées longitudinalement sont appliquées en cataplasme pour soigner les blessures (**Fleurentin, 1990**).

En Sicile, le thé préparé par les fleurs d'*Opuntia ficus-indica* est utilisé comme traitement contre les maux des reins (**Marco Leonti, 2009**).

En Maroc Le fruit ramolli sur un feu doux est utilisé pour soigner la jaunisse, aussi les fruits sont très connus par le fait qu'ils arrêtent les coliques (**Elahoul, 2004**).

En Algérie, les raquettes chauffées appliquées en cataplasme sont efficaces comme calmant et résolutif contre la goutte (**Schweizer, 1997**).

### **V-1- Propriétés médicinales :**

#### **V-1-1- Effet anti-cancer :**

Des études récentes suggèrent que l'extrait de fruit de poire de cactus empêche la prolifération des variétés de cellules cervicales, ovariennes et de réservoir souple le cancer *in vitro*, et supprime la croissance de tumeur du model nu de cancer ovarien de souris *in vivo* (**Zou et al, 2005**).

### **V-1-2- Effet antioxydant :**

L'action antioxydante est l'un de beaucoup de mécanismes par lesquels les substances de fruits et légumes pourraient exercer leurs effets bénéfiques sur la santé (**Lee et al, 1999**).

La présence de plusieurs antioxydants (acide ascorbique, caroténoïdes, flavonoïdes tel que quercétine, kaempférol et isorhamnetin) à été détecté dans les fruits et les cladodes de déférente variétés de figuier de barbarie (**Nefzaoui et al, 2008**).

**LEE et KIM en 2002** ont démontré que les cladodes de cactus ont une excellente activité antioxydante.

Les polyphénols sont les antioxydants les plus connus avec les propriétés cardioprotecteurs, anticancéreuses, antivirales et antiallergiques (**Jean jaques et al, 2006**). **Lee et al en 2002** ont démontrés que les flavonoïdes, la quercétine, dihydroquercétin et quercétin3-méthyléther isolé de l'*opuntia ficus indica var saboten* ont des effets neuroprotecteurs.

Selon une enquête comparative entre l'utilisation de fruits de figuier de barbarie et de la vitamine C, réalisé par **Butera et al en 2002**, montre que le fruit de cactus a un effet positive sur l'équilibre oxydoréduction de l'organisme, diminution des dommages résulte de l'oxydation des lipides et amélioration de la situation de la santé en général, alors que la vitamine C améliore la défense antioxydante mais n'a pas une influence significative sur le stress oxydatif de corps.

### **V-1-3- Effet antidiabétique, anti-hypèrlipidémique et anti-hypèrcholestérolémique :**

Les cladodes de cactus ont été utilisés traditionnellement pour le traitement de diabète au Mexique (**Dominguez lopez, 1995**). En Australie et en Afrique de sud, l'effet hypoglycémique des Nopalitos est utilisé dans traitement des diabètes nom dépendants de l'insuline (**Anonyme, 1998**).

Des études scientifiques démontrent qu'absorbé avant le repas, le Nopal est un antidiabétique efficaces dans des cas d'hyperlipidémie, ainsi par sa forte teneur en fibres et son action dissolvante, il régularise et freine l'assimilation de sucre et des

grasses ce qui induit une diminution du taux de sucre dans le sang, et une régularisation du poids (**Schweizer, 1997**). L'ingestion de 250g de fruits par jour réduit le risque de thrombose notamment chez les patients souffrants du diabète (**Viegi et al, 2003**).

Plusieurs études expérimentales indiquent que les cladodes de cactus ont la capacité à réduire le taux de cholestérol de sang chez l'homme et à modifier la composition de lipoprotéines de basse densité (LDL) (**Fernandez et al, 1992 ; in Nefzaoui, 2008**).

**GALATI et al 2003** ont constaté que les niveaux de cholestérol, le LDL et les triglycérides des rats a été fortement réduits après 30 jours d'administration quotidienne (1g/kg) d'un lyophilisé des cladodes *d'opuntia ficus indica L.Mill.*

Cet effet est généralement attribués a la haute teneur en fibre des cladodes bien que d'autres éléments actifs tel que le  $\beta$  carotène, la vitamine E et le  $\beta$  stérol (**Nefzaoui, 2008**).

### **V-1-4- Effet anti-ulcère, anti-inflammatoires :**

**Selon Lee et al en 2001**, la poudre des cladodes et des fruits réduit et gère les lésions dues aux ulcères. Des études menées par **Galati et al (2003)** ont montres une réduction des lésions gastriques des rats après un traitement avec le mucilage extrait des cladodes d'Opuntia.

D'autre étude menée par **Lee et al (2001)** a montre l'effet anti- inflammatoire de l'Opuntia en employant l'extrait des fruits et des tiges, les cladodes lyophilisées, et la poudre des fruits et des cladodes.

**Enza Maria et al en 2003** de l'université de Messine, en Italie ont testé un cicatrisant préparé contenant 15% des extrait des cladodes, ils ont remarqué une régénération rapide des tissus et inhibition de l'inflammation, et stimulation des fibroblastes donc accélération de la formation de collagène.

### **V-1-5- Effet hémostatique :**

D'après **Schweizer (1997)**, le pectate calcomagnésien extrait des tiges d'Opuntia et à cause de sa teneur notable en Ca et en Mg, accelere nettement le temps de coagulation du sang et abrege les temps de saignement .

### V. -Autres utilisations :

- **Utilisation cosmétique et pharmaceutiques :**

Les sucs ou mucilage des Nopalitos sont utilisés principalement au Mexique dans la fabrication cosmétiques, comme additifs dans la fabrication de shampooing. Lotions astringentes, savon humectant, anti-transpirant assouplissant de cheveux... **(Barbera, 1995)**. des crèmes dermiques et des laits hydratants **(Pimienta-Barrios, 1994)**.

Au Mexique, les Nopalitos sont utilisées aussi pour la fabrication des crèmes et de lait hydratants pour le visage **(Pimienta, 1990)**.

Des capsules qui sont faites à partir des fleurs séchées sont utilisées comme régulateur diurétique et comme remède au dysfonctionnement de la prostate **(Pimienta Barrios et al., 1993)**.

- **Fertilisation :**

Dans le figuier de barbarie rien n'est à jeter. Que ce soient les résidus des raquettes ou des fruits, chaque partie de la plante constitue un excellent fertilisant.

L'*Opuntia* aide à la régénération des sols épuisés par la culture, et stabilise les sols sableux et les dunes des rivages maritimes. Au Maghreb, aux temps de colonie, les vieilles raquettes desséchées sont utilisées comme fumure des vergers **(Schweizer, 1997)**.

- **Protection :**

L'*Opuntia* a été anciennement utilisée comme haies vives de cactées épineuses infranchissables aux animaux sauvages, ces haies présentent aussi l'avantage de dresser un obstacle naturel et efficace à la propagation des incendies **(Schweizer, 1999)**.

CHAPITRE III :  
COMPOSITION CHIMIQUE  
ET  
VALEUR NUTRITIONNELLES DES  
RAQUETTES(CLADODES)

## I. Teneur en eau et matière sèche :

L'eau est le composant chimique dominant dans la majorité des espèces végétales. Elle représente 70 à 90 % de la masse fraîche, même plus (tomates, concombre et salade) (**Benamara et Agougou ,2003**).

Les raquettes de l'opuntia sont riches en eau avec environ 85-90% et par conséquent une faible teneur MS 6-7%(**GHOL . ,1982**).cette teneur en eau dépend des facteurs externes et du stade végétatif, elle diminue notamment lorsque l'intensité lumineuse et la température sont élevée .les raquettes récoltées d'out à octobre présentent une teneur en matière sèche sensiblement double de celles prélevées au printemps (**Khouri,1970**) .

## II. Matière minérale :

Le cactus est très riche en calcium(5à7% de MS) ;en magnésium (1 ,05 à 1,26%de MS) ;en potassium(0,35à 1,4% de MS) ;en cuivre(12,16 à 17,62%) (**Nefzaoui et Ben salem ;1995**) .mais il est pauvre en phosphore (0,15%de MS ) ;il présente donc un apport Ca /P très élevé (**Curasson,1952**)

D'après **Felker(1995)**,le cactus présente une différence faible en certains éléments tels que le sodium et manganèse ;nécessitant une complémentation pour les animaux en éléments minéraux qui se trouvent à l'état de traces.

**Tableau 01** : les teneurs en sels minéraux dans le jus de figuier de barbarie pour deux variétés marocaines : **Source : Kaanane et Fadili (2000)**

	Clone Rehmna	Variété Moussa
<b>Eléments</b>	Teneurs (en mg/100g) de Jus	Teneurs (en mg/100g) de Jus
<b>Calcium</b>	15.77	27.05
<b>Sodium</b>	1.49	1.09
<b>Fer</b>	0.17	0.42
<b>Magnésium</b>	22.60	17.50
<b>Zinc</b>	0.34	0.61
<b>Potassium</b>	102.31	105.96

### III. Matière azotée totale :

Les raquettes de cactus inerme sont pauvres en matières azotées totales ,elles ne renferment moyennement que 2% à 4,6% de la matière sèche (**Nefzaoui et Chermiti,1991**) et même plus ; pour atteindre jusqu'à 10,5%selon **Barbara,(1995)**

Une étude de **Nefzaoui et Ben salem (1995)** ; a montré que la composition des raquettes d'opuntia ficus-indica est assez satisfaisante et elle est proche de celles des grains d'orge et des grains de soja.

### IV. Cellulose brute :

La cellulose brute qui représente les glucides indigestibles d'une matière alimentaire, est représentée sous une structure fibreuse résistante .elle est attaquée par les systèmes enzymatiques des micro-organismes présents dans l'intestin de l'animal, la cellulose augmente de façon remarquable et régulière avec l'âge (**Mahmoudi,2000**)

Selon **Nefzaoui et Ben salem (1995)**, la teneur du cactus en cellulose brute varie de 9,42 à 12% de la MS et sa teneur augmente de façon important avec l'âge des raquettes et selon les facteurs agro-climatiques

### V. Matière grasse :

L'opuntia a une faible teneur en matière grasse ; cette teneur décroît d'une façon régulière avec l'âge des raquettes (**Mahmmoudi,2000**). .Le taux de la matière grasse vari de 1,3% à 1 ,96% de la matière sèche selon **Monjouze et Lehouerou(1966)** et **Kartez(1996)**.

**Retaniale et al.(1987)**,rapportent que les plus fortes teneurs du cactus en lipides sont enregistrées au début de la fructification .

Les constituants	En % de poids sec	Par rapport au poids frais	
		Cladodes (g/100g)	Fruit (%)
	<b>Cladodes</b>	<b>Cladodes (g/100g)</b>	<b>Fruit (%)</b>
<b>Eau</b>	-	88 – 95	84 – 90
<b>Carbohydrates</b>	64 - 71	3 – 7	12 – 17
<b>Cendre totaux</b>	19 – 23	1 – 2	0.3 – 1
<b>Fibres</b>	18	1 – 2	0.02 – 3.15
<b>Protéines</b>	4 – 10	0.5 – 1	0.21 – 1.6
<b>Lipides</b>	1 – 4	0.2	0.09 – 0.7

D'après (Sáenz C, 1995 et Stintzing F.C., 2005)

**Tableau 02** : Constituants chimiques des cladodes et de la pulpe de fruit d' *Opuntia spp*

## VI. Les glucides :

**Felker(1995) et Lehoureou (1996)**, ont confirmé que le cactus est riche en glucides solubles qui constituent la fraction essentielle de l'extractif non azoté où les teneurs sont en général comprises entre 40,80% et 71% de la matière sèche. Les études faites sur la fraction glucides démontrent que celle-ci contient une forte teneur en glucose, fructose, et peu de saccharose; ceci n'exclut pas la présence d'autres sucres : qui en faible proportion. Ils varient en fonction de la variété et de stade de croissance (**Cordier, 1947 ; Riviere 1991**)

**Rodriguez Felix et al., (1988)** rapporte que la teneur en sucre totaux soluble est de 9,87 p.100g chez les cladodes d'*Opuntia ficus-indica* cultivé au Mexique. Alors que **Lamar cité par Monjauze (1964)** estime ce taux est de 2,45- 6,30 pour 100 g de MS

**Tableau 03** : teneurs en sucres dans le jus de fruit du figuier de barbarie en mg/100g

Source : **(Ktti et Galloway, 1994)**

	<b>Glucose</b>	<b>Fructose</b>	<b>Saccharose</b>	<b>Maltose</b>
<b>Sucres en Mg/100g</b>	476	539	89	36

#### VII. Vitamines :

L'opuntia présente une importante teneur en vitamine C(acide ascorbique et dehydroascorbique )chez les jeune cladodes (7 à 22mg /100g)alors que la vitamine A est moins représentée avec 30ug/100g de matière sèche .Les teneur en vitamines thiamine, riboflavine et niacine sont relativement faible avec respectives :0,14mg,0,6mg et 0,46mg pour 100g de cladodes fraiches.( **In Hadj Sadok 2010**)

L'Apport quotidiens en vitamine C doit être aux alentour de 60 à 100 mg/jour .on trouve la vitamine C dans tous les fruits (surtout agrumes) et légumes (salade, pomme de terre, rognons, ...) (**Dilmi Bouras ;2004**) .

L'opuntia présente une teneur importante en vitamine C notamment chez les jeunes poussés de 10 à 15mg/100g. (**Kadik, 1974**)

La vitamine C fut identifiée comme le constituant des végétaux frais et des fruits qui empêchait le scorbut (maladie provoquée par une carence en vitamine C),une maladie caractérisée par une atteinte du tissu conjonctif, avec saignement des gencives et chute des dents (**Peter N et al ;2000**)

L'acide ascorbique joue aussi un rôle dans la détoxification des différente espèces d'oxygène réactif.Il est important dans la captation du fer (**Peter N et al ;2000**).

#### VIII. Composées phénoliques :

Tous les végétaux contiennent des composés phénolique mais, comme c'est le cas pour la plupart des substances naturelles qualifiées de métabolites secondaires, leur répartition qualitative et quantitative est inégale selon les

espèces, les organes, les tissus et les stades physiologiques **(Sarni - manchado ;2006)**

Les composés phénoliques regroupent une diversité de constituants qui sont classés en 4 groupes :

- Acides phénols (acides benzoïques, acides cinnamiques) et coumarines
- Flavones, flavonols ,flavanones et dérivés dont catéchines
- Chalcones ,dihydrochalcones et aurones
- Anthocyanes ;anthocyanines,anthocyanidines

Les trois derniers groupes constituent les flavonoïdes **(Ribereau gayan,1968)**.

Leurs teneurs peuvent atteindre 500mg /100gdans certains fruits comme la pomme ,le raisin ou les cerises .le champion toute catégories et le Kaki avec des teneurs de 1g/100g.les légumes contiennent de plus faibles quantités de polyphénols ,de l'ordre de 25 à 100mg /100g **(SCALBERT.,2001)**.

Les composés phénoliques sont à l'origine de caractère amer de certain produits alimentaires d'origine végétale .ils sont aussi responsables de l'astringence des fruits et des boissons .la maitrise de ces caractères conditionne l'acceptabilité des produits par le consommateur est représente un enjeu économique majeur pour certaines industries de transformation des végétaux .l' amertume est souvent partiellement masquée par le consommateur ou l'industriel par l'addition ,soit de substances est édulcorantes ,soit d'un assaisonnement(sel, vinaigrette.....)**(Sarni-Manchado ;2006)**

La prise en compte de leur effets antioxydants a changé la vision des nutritionnistes sur les polyphénols .se sont en effet des antioxydants les plus abondants dans l'alimentation :nous en consommons environs 1g/jour, soit 10 fois plus que la vitamine C est 100 fois plus que la vitamine E ou les caroténoïdes .ces composés ont des structures chimiques extrêmement variées ayant en commun des fonctions phénoliques .les deux principaux classes de polyphénols alimentaires sont les acides phénoliques et surtout les flavonoïdes **(Rémésy,2001)**

#### **IX. chlorophylles :**

les chlorophylles sont des pigments liposolubles, responsables de la coloration verte des végétaux, ils interviennent dans le processus de photosynthèse des plantes .ces pigments caractérisent les premiers stades de développements des

végétaux, ils disparaissent progressivement au cours de la maturation sauf les fruits et légumes de couleur verte (**Cheftel,1977**)

Les plantes ne peuvent vivre sans lumière qui apporte l'énergie nécessaire aux réaction biochimiques assurant l'autotrophie végétale .la photosynthèse, encore appelée assimilation chlorophyllienne, n'est possible que par l'intervention de pigments assimilateurs, les chlorophylles (**Cuignard,2000**)

La teneur en chlorophylle totale est plus importante avec 12,7 mg pour 100g de cladodes fraîches ou la chlorophylle a est dominante avec 9,5 mg /100g (**Guevara et al .,2001 cité par Stintzing et al ;2005**)

#### X. Le mucilage :

le mucilage est constitué par une grande proportion de polysaccharides complexe et de divers métabolite dont les carbohydate (glucose et le fructose)et les minéraux .parmi les minéraux :le calcium et le potassium sont les plus représentés (**Saenz et Montoya,1999**) La teneur en mucilage augmente de façon sensible avec l'âge des cladodes et selon les conditions de milieu.

Les mucilages sont classés en deux types selon leur interaction avec l'eau. L'une des fractions serait une pectine avec des propriétés gélifiantes en présence de calcium, et l'autre non gélifiante qui représente moins de 10% du mucilage soluble (**Goycoolea et Cardenas, 2004 ;Madjdoub et al 2001cité par Sepulveda 2007**)selon ces mêmes auteures ,le mucilage peut être utilisé comme additif épaississant dans les produits alimentaires pharmaceutique et cosmétique. Les mucilages ont la propriété d'absorber une quantité importante d'eau et de former une masse aqueuse ou un gel (**Saenz et Montoya 1999**)

#### XI. Les caroténoïdes:

Les caroténoïdes sont constitués par les carotènes et par les xanthophylles .parmi les carotènes, le B-carotène et le lycopène sont les plus répons dans les fruits et légumes .le B-carotène est précurseur de la pro- vitamine A ; les carotènes représentent 11, 3à 53,5 ug/ 100g de cladodes fraîches (**Hadj Sadok 2010**)

Les pigments caroténoïdes sont liposolubles, ce qui favorise leur intégration directe dans certaines membranes (**Courisson et Al, 1987**) ils prennent les

carotènes, qui sont des hydrocarbure, les xanthophylles comportant des fonctions oxygénées et des produits de dégradation divers **(Saenz,2006)**

## **XII. Le pouvoir antioxydant :**

Les propriétés protectrices des végétaux et fruits vis-à-vis de certaine maladies sont lies à la nature antioxydant de leurs constituants parmi lesquelles la vitamine C (acide ascorbique), vitamine E (tocophérols),caroténoïde, composés phénolique ( flavonoïde,acides phynols ) auxquels s'ajoutent des constituants non identifiées

Les principaux antioxydants végétaux sont au nombre de quatre :les vitamines C et E ,les caroténoïdes et les polyphénols .l'homme ingère avec ses aliments environs 1g de polyphénol chaque jour ,soit dix fois plus que la vitamine C et cent fois plus que de caroténoïdes ou vitamine E et l'on estime que les fruits et légumes contribuent pour moitié à ces apports **(Scalbert,2001)**

L'oxydation est une des plus importantes manifestation à l'origine du vieillesse des produits alimentaires et cosmétiques .les dégradations oxydatives affectent les qualités nutritionnelles et sensorielles des aliments et peuvent avoir des répercussions sur la santé du consommateur. Elles sont également mises en cause dans le vieillissement des tissus biologiques et des organismes ainsi que dans de nombreuses pathologies **(Sarni- Machado, 2006)**

La perte d'un hydrogène : proton + électron engendre la formation d'un radical fortement stabilisé par mésomérie. c'est cette réactivité chimique qui confère aux composés phénoliques leur caractère antioxydant **(Sarni- Machado,2006)**

La gestion du contact avec l'oxygène peut être assez flexible dans le cas du vin rouge, protégé par la présence de concentrations élevées d'antioxydants de la classe des polyphénols, qui sont en mesure de neutraliser les effets négatifs des radicaux libres de l'oxygène **(Rigo et al, 2000)**

De nombreux tanins, particulièrement des tanins hydrolysables ,inhibent la peroxydation des lipides induite par ADP et l'acide ascorbique sur les mitochondries hépatiques du rat **(Brunneston ,1999)**

### **XIII. Valeur nutritionnelle :**

La consommation des raquettes contribue au contrôle du taux du sucre dans le sang et l'augmentation de la sécrétion de l'insuline chez les personnes diabétiques. D'autre part, l'alimentation à base de raquettes diminue le niveau de graisse dans le sang grâce aux matières pectiques considérées comme fibres nutritionnelles utiles pour la santé. **(LEVY., 2000)**

Les valeurs nutritives des Nopalitos sont proches de celles de la laitue et des épinards. Ils sont riches en vitamine C et en calcium selon **(DEKOK, 1965)** avec une saveur de pommes reflétant le niveau élevée d'acide malique contenu dans les pommes et les Nopalitos. **(KENNY, 1997)**

Selon **Mulas (1993 ) et Saenz 2002 cités par Stintzing et Carle(2005)** les cladodes est composés de 52-53%de carbohydrates ,20-22% de minéraux ,15-16 % de protéine ,9,75% d'eau ,9,5% de fibres et 0,25 % de lipides .

Sur le plan nutritionnel, la valeur des Nopalitos se rapproche de celle de l'épinard et de la laitue comme le montre leur composition.

Les cladodes constituent une source intéressante de fibres pour l'alimentation humaine **(Saenz, 2002)**.ces fibres se composés de deux fractions une soluble, l'autre insoluble.

Les constituants solubles des fibres (dont le mucilage) contribuent par un apport calorique de 4cal /g, cette fraction qui fermentée à 100% contribue à la transitité intestinal **(Pak 1996 cité par Saenz C.et Al,2004)**.la fraction soluble non calorique est cependant utile comme moyen pour réduire l'apport calorique des aliments et à donc un rôle diététique **(Nelson ,2001)** .la fraction des fibres insolubles a aussi la propriété de ce liée aux toxine alors que la fraction soluble réduit le temps de passage a travers le colon **(Cité par Hadj sadok )**

**PARTIE 2 :**  
**EXPERIMENTATION**  
**ET**  
**RESULTATS**

# CHAPITRE I

## MATÉRIEL ET MÉTHODES :

# Matériel et Méthode

---

## Matériel et méthode :

- Notre expérimentation a été réalisée au niveau de laboratoire d'hygiène de Tipaza, ainsi au laboratoire d'amélioration des plantes du département d'agronomie (Université de Blida) et au laboratoire de recherche d'el kouba .

### I- Objectifs de travail :

- Essai de conservation de la vitamine C par l'utilisation des pouvoir antioxydant (vitamine C) et de l'effet de mucilage.

### II- Matériel :

Ce matériel comprend :

- 1) Appareillages.
- 2) Verreries et autres matériels.
- 3) Réactifs et produits chimiques.
- 4) Matériel végétal.

#### II-1-Matériel végétal

La matière première utilisée dans notre expérimentation est :

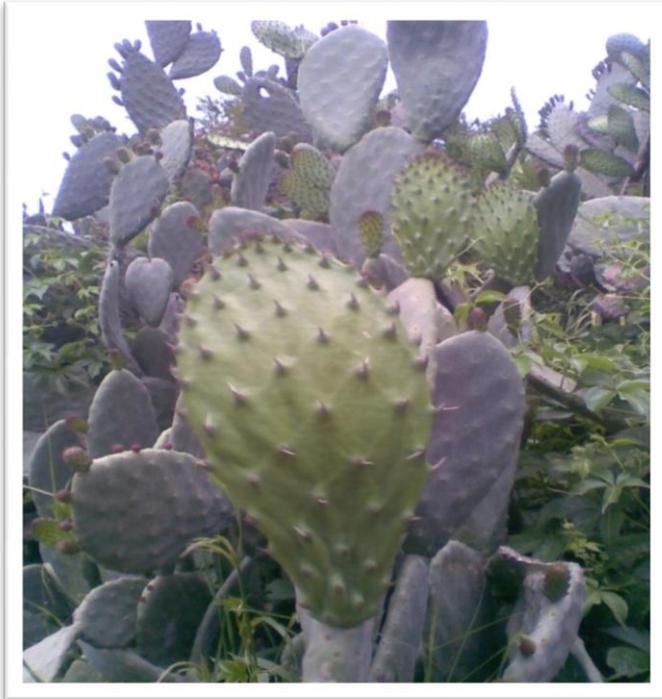
- le jus de figuier de barbarie (*Opuntia ficus-indica* variété inerme).
- Le jus d'orange.

#### II.2- Préparation de jus de cladodes(raquettes):

- La préparation de notre jus de cladodes d'*Opuntia ficus indica* est réalisée au laboratoire d'amélioration des plantes du département d'agronomie (Université de Blida).
- 1L de jus d'orange est récupéré au cours de la chaine de production de l'unité industrielle VitaJus de Blida.

### II.2.1- Prélèvement des échantillons :

Les cladodes de variété inerme de l'*Opuntia ficus indica*, ont été récoltés durant le mois de mai 2012 de la zone de Mitidja en région de Tipaza qui se situe à environ 75Km ouest d'Alger.



**Figure 07 : Les jeunes cladodes de la variété inerme de l'*Opuntia ficus-indica*. (source personnel)**

Les jeunes cladodes d'*Opuntia ficus indica* (2–3 semaines d'âge) sont récoltées avec des poids entre 80-120 g. la récolte est réalisée la matinée après la levée du soleil de 2h pendant les journées où la température est plus ou moins élevées (éviter les mauvais temps), il est intéressant de choisir des cladodes saines (n'ont pas touchées), jeunes, et qui se trouvent aux sommets.

### II-2-2- Traitements préliminaires des fruits :

#### ❖ **Nettoyage et lavage:**

Les raquettes sont soigneusement lavés à l'aide de l'eau de robinet plus quelques gouttes de l'eau de javel pour éliminer toute impureté (poussière, glochides, insectes, ...), et toute éventuelle contamination microbienne.

## Matériel et Méthode

---

### **Préparation des morceaux frais :**

Les cladodes fraîches sont coupées en petits morceaux de 2 cm de longueur et de largeur. cette dernière est utilisée directement ; donc elle ne subi aucune traitement thermique (congélation), ni physique (congélation et lyophilisation).

### **❖ Préparation des jus de cladodes :**

Une quantité de morceaux de cladodes est mise dans un mixeur de marque **ROBOTIC** à haute vitesse (vitesse 1 :5700 t/mn, vitesse 2 :7900 t/mn) pour éliminer les fibres.

Le jus qui déjà mit en bouteilles en verre de 70 ml est conservé dans un congélateur (-18°C). Le résidu obtenu dès la première extraction est remis pour subir une deuxième avec la grande vitesse, le jus est récolté et le reste jeté.

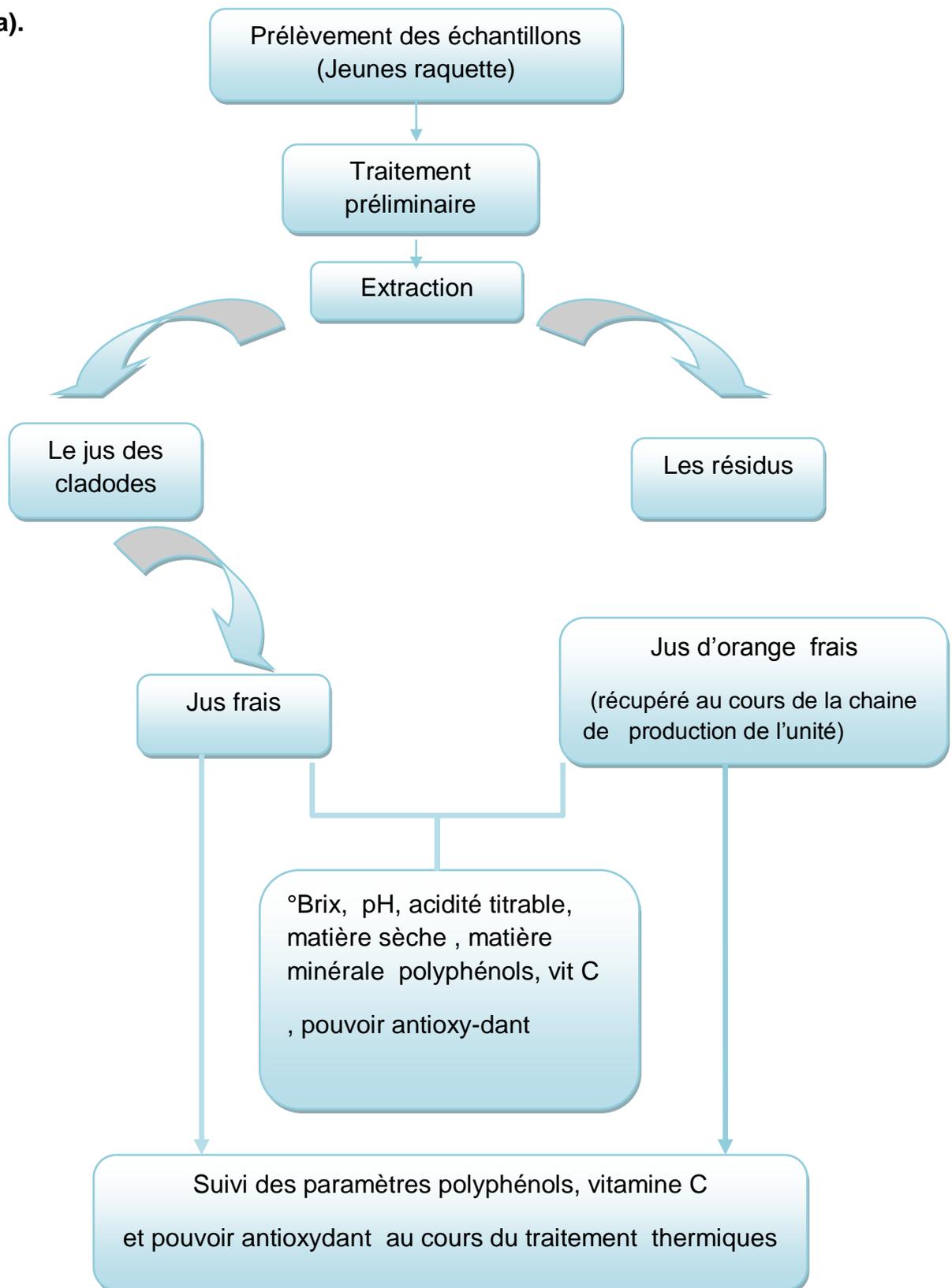


**Figure 08: L'appareil utilisé pour l'extraction du jus des jeunes cladodes**

## Matériel et Méthode

---

(Laboratoire d'amélioration des plantes – Institut d'Agronomie – Université de Blida).



**Figure09 : Protocole expérimentale suivie pour le dosage du jus extrait à partir des raquettes d'opuntia.**

## III- Méthodes d'analyses

### III-1- Analyses physico-chimiques :

#### III-1-1- Détermination de la teneur en matière sèche (AOAC, 1990)

- **Principe**

Le principe est basé sur la dessiccation de la prise d'essai à une température de 105°C dans une étuve isotherme ventilée à la pression atmosphérique jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

- **Mode opératoire**

Les échantillons sont pesés (PE= 5g) et séchés dans une étuve réglée à une température de 105 ± 02 °C.

Laisser pendant 24h, refroidir au dessiccateur pendant 30min, peser, remettre une heure à l'étuve et procéder à une nouvelle pesée, continuer l'opération jusqu'à d'un poids pratiquement fixe.

- **Expression des résultats**

La teneur en matière sèche est déterminée par la relation suivante:

$$MS\% = \frac{P_1}{P_0} \times 100$$

Où:

**MS** : matière sèche en pourcentage.

**P<sub>0</sub>**: poids de l'échantillon humide en g.

**P<sub>1</sub>** : poids de l'échantillon après séchage en g.

#### III-1-2- Détermination du taux d'humidité (AOAC, 1990)

La teneur en eau est donnée par la relation suivante:

$$H\% = 100\% - MS\%$$

### III-1-3-Détermination de la matière minérale

La teneur en matière minérale est déterminée par la méthode de référence (AFNOR NFV 03 - 760).

#### A. Principe

La teneur en matière minérale d'une substance alimentaire est conventionnellement le résidu de la substance après destruction de la matière organique après l'incinération du produit à 550°C et pesée du résidu.

#### B .Mode opératoire

Porter au four à moufle, la capsule en porcelaine préalablement calcinée et tarée contenant l'échantillon du résidu qui a servi à la détermination de la matière sèche.

Chauffer progressivement afin d'obtenir une carbonisation (combustion) sans inflammation de la masse, le four est réglé à 200°C pendant 1h30min puis à 550°C durant 2h30min.

L'incération doit être poursuivie jusqu'à combustion complète du charbon formé et l'obtention des cendres blanches ; grises claires ou rougeâtres, durant une heure et procéder à la pesée.

#### C .Expression des résultats

La teneur en matière minérale est exprimée en pourcentage massique rapportée à la matière sèche (MM/MS) est égale à :

$$MM\% = \left[ \frac{P_2 - P_0}{P_1} \right] \times 100 \times \left[ \frac{100}{100 - H} \right]$$

**P<sub>0</sub>** : poids de la capsule en grammes.

**P<sub>1</sub>** : poids de la prise d'essai en grammes.

**P<sub>2</sub>** : poids de la capsule après incinération ; en gramme.

**H** : teneur en eau de la poudre végétale ; en pourcentage.

## Matériel et Méthode

---

### III-1-4- Détermination du pH (NFV 05-108)

Le pH correspond au logarithme négatif de la concentration en ions  $H^+$  ; c'est la différence de potentiel existant entre deux électrodes prolonges dans le produit.

#### A .Principe

La détermination du pH par la méthode potentiométrique est réalisée grâce à un pH-mètre.

#### B.Mode opératoire

-Etalonner le pH- mètre, en utilisant des solutions tampons.

-Rincer l'électrode avec de l'eau distillée avant chaque mesure, puis la sécher à l'aide d'un papier.

- Prélever comme prise d'essai un volume V de l'échantillon suffisamment important pour permettre l'immersion de l'électrode.

Noter ensuite la valeur du pH affichée sur le pH-mètre.

### III-1-5- Détermination de l'acidité titrable

L'acidité titrable est déterminée par la méthode de référence **NFV 05-101 de janvier 1974**.

#### A.Principe :

L'acidité titrable mesure la quantité de l'acide présente dans un produit alimentaire par un titrage de l'acidité avec une solution en présence de phénol phtaléine comme indicateur.

#### B .Réactifs:

Hydroxyde de sodium: solution titrée 0.1N.

Phénolphtaléine: solution à 10g par litre d'éthanol à 95% (v/v).

## Matériel et Méthode

---

### C .Mode opératoire :

Dans le cas des produits liquides ou produits dont la partie liquide est facilement séparable (jus, sirop de fruits en conserve, saumures, produits fermentés,...etc), prélever une partie aliquote de l'échantillon préalablement homogénéisée, la filtrer à travers du coton hydrophile ou un filtre en papier ou à travers une ligne. Prélever à la pipette 25 ml du filtrat et les verser dans une fiole jaugée de 250 ml puis compléter jusqu'au trait repère avec de l'eau distillée, récemment bouillie et refroidie. Puis rendre bien homogène.

- **Procédure :**

Prélever à la pipette 25 ml de l'échantillon et les verser dans un bécher. Additionner 0.25 à 0.5 ml (2 gouttes) de phénol phtaléine, tout en agitant. Verser à l'aide de la burette la solution de NaOH jusqu'à l'obtention d'une coloration rose persistante.

- **Expression des résultats :**

L'acidité titrable, exprimée en milliéquivalents pour 100 ml ou 100g de produit, est obtenue en tenant compte de la dilution opérée et est égale à :

$$\text{Acidite titrable} = \frac{V_1}{V_0} \times 100$$

Où :

$V_0$  : est le volume, en millilitre, de la prise d'essai.

$V_1$  : est le volume, en millilitre, de la solution d'hydroxyde de sodium 0.1N utilisée.

Il est également possible d'exprimer conventionnellement l'acidité titrable en grammes d'acides pour 100g de produit, en multipliant par le facteur correspondant à l'acide.

Dans notre cas nous avons exprimé les résultats par rapport à l'acide malique par référence aux données bibliographiques sur l'Opuntia (**Kenny, 1997**).

## Matériel et Méthode

---

### III-1-6- Détermination de degré de Brix (extrait sec soluble) (ISO 2173)

L'extrait sec soluble déterminé par réfractométrie est la conception en saccharose d'une solution aqueuse ayant le même indice de réfraction que le produit analysé dans des conditions déterminées de préparation et de température. Cette concentration exprimée en pourcentage de masse (g/100g) ou degré Brix.

#### A .Principe :

Il consiste à mesurer l'indice de réfraction de l'échantillon préparé à une température de 20°C.

#### B .Mode opératoire :

-Nettoyer et sécher le prisme en utilisant de l'eau distillée et du tissu doux.

-Appliquer une goutte de l'échantillon, préalablement homogénéisé, sur la surface du prisme, puis rabattre le deuxième prisme sur le premier ce qui permet d'obtenir une couche uniforme du liquide.

-En dirigeant le réfractomètre vers une source lumineuse, on verra se dessiner sur l'échelle deux zones la limite entre les deux zones indique la grandeur de la réfraction.

#### C .Expression des résultats :

$$1^{\circ}\text{Brix} = 1\text{g de sucre dans }100\text{g de solution.}$$

### III-2- Analyses biochimiques :

#### II.2.1- Détermination de la teneur en acide ascorbique

La quantification de la vit C (acide ascorbique) est réalisée par la méthode de 2,6 dichloroindophénol (DIP) décrite par **Klein** et **Rerry** (1982).

- **Principe :**

La méthode consiste en une réduction du 2,6-Dichloroindophénol et en une oxydation de l'acide ascorbique en acide déhydroascorbique. Elle permet donc une détermination de la teneur en vitamine C sous sa forme réduite (acide ascorbique).

## Matériel et Méthode

---

### **Mode opératoire :**

Traiter de 0,5 ml de l'extrait des jeunes cladodes avec 10ml d'acide oxalique (1%)

1ml de mélange(echantillon+acide oxalique) est mélangé avec 9ml de DIP à 0,2 mm

Bien mélangé pendant 15 seconds, puis l'absorbance est mesurée à 515 nm

- **La gamme étalon :**

La courbe d'étalonnage est réalisée en utilisant une gamme de concentration allant de 0 à 500 µg de vitamine C.

### **III.2.2- Dosage des composés phénoliques soluble totaux : Singleton et Ross (en 1965)**

Les composés phénoliques solubles totaux sont déterminés par la méthode colorimétrique basée sur l'utilisation du réactif de folin ciocalteu.

#### **principe :**

Le principe est basé sur l'oxydation de l'ensemble des composés phénoliques de l'extrait par le réactif de folin ciocalteu. Ce dernier est constitué par un mélange d'acide phosphotungstique ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et d'acide phosphomolybdique ( $H_3PM_{12}O_{40}$ ) est réduit en oxydes bleus de tungstène ( $W_8O_{23}$ ) et de molybdine ( $Mo_8O_{23}$ ). La coloration bleue produite possède une absorption maximum à 760nm, elle est proportionnelle aux taux des composés phénoliques.

## Matériel et Méthode

---

### - **Mode opératoire :**

Une quantité de 0,5ml de l'extrait est introduite dans une tube à essais, l'addition de 0,5ml du réactif de Folin- Ciocalteu (10 fois dilué dans l'eau), après 2 minutes, on ajoute 2 ml de carbonate de sodium  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  à 20% (m/v) afin de favoriser un milieu alcalin pour démarrer la réaction d'oxydoreduction, par la suite l'extrait est maintenu à l'obscurité pendant 30 minutes à température ambiante. l'absorbance est mesurée à 760 nm

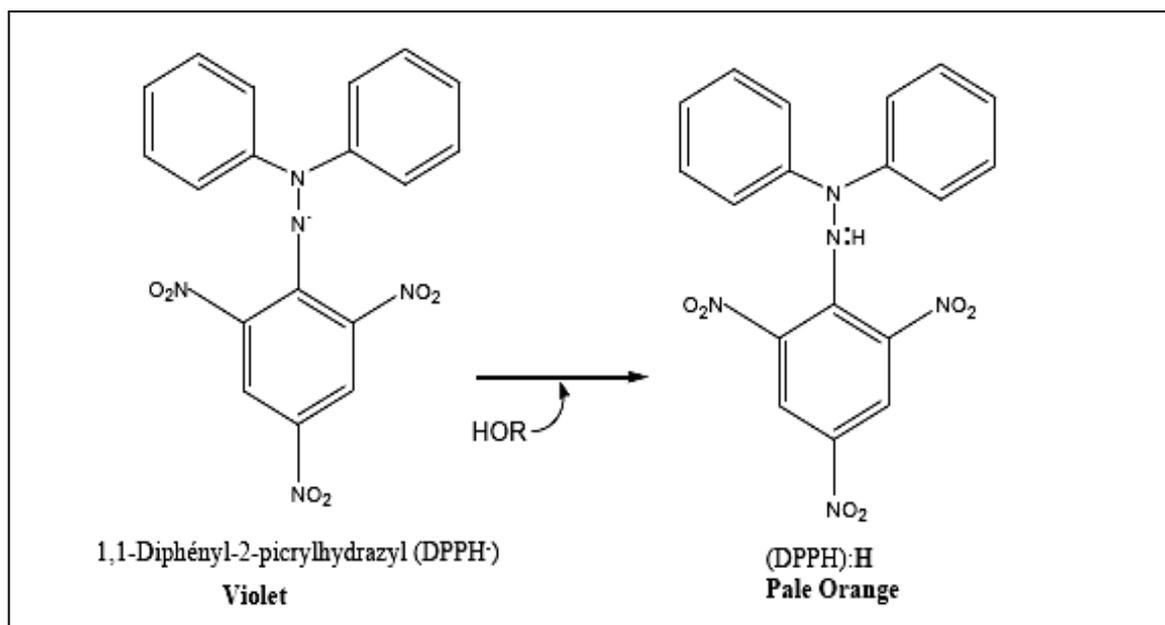
### - **préparation de la gamme d'étalonnage :**

- La courbe d'étalonnage est réalisée à partir d'une solution mère aqueuse préparée de l'acide gallique de concentration massique 0.5 mg/ml, des solutions filles sont ainsi préparées de concentration allant de 0.06 mg/ml jusqu'à 0.28 mg/ml.

### **III-2-3- Détermination du pouvoir antioxydant (Leitao, 2002).**

#### • **Principe**

Le DPPH· (1,1-Diphényl-2-picrylhydrazyl) est un radical libre stable de couleur violacée qui absorbe à 517 nm. En présence de composés anti-radicalaires, le DPPH· est réduit et change de couleur en virant au jaune. Les absorbances mesurées à 517nm servent à calculer le pourcentage d'inhibition du radical DPPH·, qui est proportionnel au pouvoir anti-radicalaire de l'extraits.



**Figure N 10:** réduction du DPPH·

- **Mode opératoire**

L'activité antioxydante a été déterminée par la méthode décrite par **Leitao et al (2002)**, résumée dans le tableau ci-après:

**Tableau N° 04:** Mode opératoire de détermination du pouvoir antioxydant.

	Solution de DPPH (ml)	Echantillon (ml)	Methanol (ml)
<b>Control</b>	1ml	-	2.5ml
<b>Echantillon</b>	1ml	0,3ml	03ml
<b>Incubation pendant 30mn à l'obscurité</b>			

L'absorbance est lue à la longueur d'onde de 518nm après étalonnage du spectrophotomètre à l'aide du Methanol.

Le pouvoir antioxydant de l'échantillon est donné par la formule suivante:

$$AA\% = \frac{A_{CONTROL} - A_{ECHANTILLON}}{A_{CONTROL}} \times 100$$

## Matériel et Méthode

---

Sachant que:

**AA%**: L'activité antioxydante de l'échantillon (%).

**A<sub>CONTROL</sub>**: Absorbance du control à 518nm.

**A<sub>ECHANTILLON</sub>**: Absorbance de l'échantillon à 518nm.

### Remarque:

La solution de DPPH est préparée par dissout de 0.001g de DPPH dans 25ml du Methanol.

### IV- suivi de l'évolution quantitative des polyphénols, vitamine C et pouvoir antioxydant au cours du traitement thermique.

- **Principe**

Le principe consiste à suivre l'évolution des polyphénols, vitamine C et pouvoir antioxydant avant et après la pasteurisation.

- **Mode opératoire:**

- Dosage des différents composés par les méthodes décrites au paravent avant de passer au traitement thermique.
- Exposition des échantillons à un traitement thermique par chauffage au Bain Marie à une température de 85-90°C pendant des durées différentes (0mn, 15mn et 30mn).

### V- suivi de l'évolution quantitative des vitamines C au cours du traitement thermique :

- **Principe**

Le principe consiste à suivre l'évolution de vitamine C ; après une traitement thermique de trois(03) heures.

## Matériel et Méthode

---

### Mode opératoire:

- On calcule le dosage de l'acide ascorbique de jus des jeunes cladodes et le jus d'orange par la méthode de 2,6 dichloroindophénol (DIP) décrite par **Klein et Rerry (1982)**.
- On ajoute dans le jus des raquettes et dans le jus d'orange le double quantité de l'acide ascorbique que l'on trouve
- Exposition des échantillons à un traitement thermique par chauffage au Bain Marie à une température de 85-90°C pendant des durées différentes (0mn jusqu'à 03 heures).
- Chaque 15min on calcule le dosage de vitamine C par la méthode de 2,6 dichloroindophénol (DIP) décrite par **Klein et Rerry (1982)**.

**CHAPITRE II**  
**RÉSULTATS ET DISCUSSION**

## Résultats et discussion

---

### Résultats et discussion :

Ce chapitre présente tous les résultats obtenus au cours des expériences effectuées ainsi que leurs interprétations et discussions.

#### I-Résultats des analyses physico-chimiques de jus de figuier :

**Tableau 05** :Résultats des analyses physico-chimiques

Paramètre	pH	Acidité (%)	La matière sèche(%)	Les cendres(%)	Degré brix(%)	L'eau (%)
	3,6	0,66	6,48	15,65	3,76	93,51

#### II-Discussion :

##### ➤ L'acidité titrable :

L'acidité titrable obtenue pour le jus extrait à partir des jeunes cladodes d'opuntia ficus indica récolté est à la moyenne de (0,66%).

Ces résultats reflète en réalité la richesse de ce jus en acides organiques notamment l'acide malique qui représente l'élément majeur ;par contre dans le jus d'orange c'est surtout l'acide citrique qui est le plus représenté et a un degré moindre que l'acide malique ce qui correspond a une acidité titrable moyenne comprise entre 5 et 16 g /l (AFNOR ,1986 ; le codex alimentaire,1990 )

**Teles et al en 1994**, ont rapporté que l'acide malique et l'acide citrique contenus dans les jeunes cladodes est de 36 mg/100ml et 178 mg/100ml du poids frais respectivement. En revanche, l'acide malique des cladodes âgés d'Opuntia ficus-indica se réduits en acide citrique.

##### ➤ Le potentiel d'hydrogène (pH) :

L'extrait des jeunes cladodes se caractérise par un pH moyen de (4,6) On peut signaler que le pH n'est pas affecté ni par le chauffage (pasteurisation), ni par les différents traitements pratiqués ,ni par les conditions de stockages .

**KANANE et FADALI (2000)** ont obtenus des valeurs moyennes de 6.31 et 6.76 pour des cultivars marocains. Alors **SAENZ et al (1998)**, ont observé un pH beaucoup plus bas de l'ordre de 4.31 pour des cultivars du chili (fruits).

## Résultats et discussion

---

Ainsi le jus des jeunes cladodes peuvent être classés dans la catégorie des denrées alimentaires acide en raison de leur pH bas et de leur acidité élevée .

### ➤ L'eau et la matière sèche :

Une forte teneur en humidité atteint 93,51%, cependant certains auteurs ont constaté qu'elle varie également selon le climat, la période de récolte et les techniques culturels (**Poudevigne, 1988**).

Cette teneur en eau est semblable à celle des autres jus des légumes telle que la laitue et les épinards, les céleris dont la teneur varie entre 92% et 95% (**Trilly et Bourgeois, 1999**).

La teneur en eau du jus des jeunes cladodes est plus élevé par rapport aux jus d'agrumes telle que le jus d'orange qui est de l'ordre de 88.3% selon **KHIOUIA (2002)**.

Donc, l'eau constitue l'élément majeur de l'extrait des jeunes cladodes, ce qui est un apport important pour couvrir les besoins journaliers en eau.

La matière sèche, représente l'ensemble de substances nutritives qui peuvent apprécier la valeur nutritionnelle des jus.

Nos résultats montrent une teneur en matière sèche de **6,48%**, cette teneur reste toujours plus faible par rapport à celle obtenue par **SAENZ ,2006 (12-15%)**.

Alors le jus extrait à partir des jeunes cladodes d'*Opuntia ficus indica* se caractérisé par une faible teneur en matière sèche par rapport aux autres jus des agrumes tels que le jus d'orange et le jus de citron (**KHELOUIA, 2002**).

### ➤ Les cendres :

Comme pour les autres végétaux, la teneur en matière minérale augmente pendant la croissance et la consolidation des raquettes.

Les résultats montrent que l'extrait des jeunes cladodes est riche en minéraux avec une teneur de **15,65%** .

la teneur du jus en matière minérale se rapproche sensiblement de celle de la carotte ordinaire et de la betterave fourragère (**Piedallu ,1940**)

Concernant les cladodes entières la teneur en cendres brutes peut atteindre 20% de la matière sèche de l'opuntia. Elle est riche en matière minérale qui de l'ordre du tiers par rapport à la matière sèche. (**Nefzaoui et chermitti ,1991**)

## Résultats et discussion

---

### ➤ °Brix :

Le °Brix indique la qualité du produit représentant en général la matière sèche soluble, il est proportionnel à la teneur en sucres et aux différents sels.

Notre résultats montrent que les valeurs du Brix atteignent 3,76%. Selon **BETTIRA et BENACHOUR (2006)** le Brix de la pulpe de fruit (figuier de Barbarie) varie de 11,24% à 16,24%. On le compare avec nos résultats (3,76%) on déduit qu'il est assez faible.

Le jus d'orange peut être considéré comme un jus à forte teneur en matière sèche qui varie entre 11 et 13% (**Khelouia, 2002**), c'est on le compare avec le jus des jeunes cladodes qui a une valeur de 3,76%.

## II-Résultats des analyses biochimiques :

### II-1-Jus des jeunes cladodes :

Paramètre	Valeur
Pouvoir antioxydant (%)	36,26±0,008
Vitamine C (mg/100ml)	13,22±0,0001
Polyphénols (mg/100ml)	38,74±0,0001

**Tableau 06 :** Résultats des analyses des molécules bioactifs dans le jus des jeunes cladodes

### Discussion :

#### ❖ Polyphénols

L'importance des composés phénoliques réside dans le fait qu'ils contribuent à la qualité des jus dans l'alimentation humaine, vu leurs rôles antioxydant et lui confère une bonne saveur (**Maataoui et al, 2002**). Mais leur absence dans l'alimentation ne provoque pas de maladie carencielle (**Lecerf, 1999**).

Le dosage des polyphénols totaux, en équivalent acide gallique, des extraits de Jeunes cladodes d'*Opuntia ficus indica* a été estimé par la méthode de Folin-Ciocalteu. Montre

## Résultats et discussion

---

que L'extrait de jeunes cladodes s'avère une source importante de polyphénols totaux (**38,47mg/ 100 ml**)

Cette teneur en polyphénols reste plus élevée par rapport à celle du jus de pomme(0,2 -1,6 mg/100ml) et du jus d'orange (37 mg/100ml) (**Lecerf, 1999**).

### ❖ Vitamine C

Notre résultats montrent une teneur en vitamine C (acide ascorbique) très importante qui dépasse **13.08 mg/100ml**

Cette teneur reste dans l'intervalle de 7 à 22 mg/ 100ml de vitamine C des cladodes d'opuntia décrit par différents auteurs (**Pimienta-Barrio et al, 1993 ; Teles, Fet al, 1994 ; Park, et al, 2001**). Ces valeur reste faible en la comparant à la teneur de la vitamine C dans le fruits(figier de barbarie)avec 26 à45 mg/100g (**Sawaya et al,1983 ;Joseph O.kuti,2004**).

L'acide ascorbique est un puissant antioxydant, il joue un rôle essentiel dans nombreux processus vitaux. Elle peut prévenir et même souvent, guérir un grand nombre de maladies, courantes ou rares, mortelle ou pas, notamment la grippe et les maladies coronariennes (**Rathm et Pauling, 1990**).

Dans l'industrie ; l'acide ascorbique est utilisé comme antioxydant dans les jus et nectars de fruits (**Kolb, 1997**).

Donc, le jus de l'opuntia peut être considéré comme un aliment de bonne valeur nutritionnelle en vitamine C comparable aux autres jus des fruits (**Judy Hangetal, 2003**).

### ❖ Pouvoir antioxydant

Les cladode du figuier de Barbarie se sont révélés contenir plusieurs composés fonctionnels à activités anti-radicalaires. En effet les composés phénoliques, flavonoïdes la vitamine C, caroténoïdes et les pigments

Les jus des nopalitots d'*Opuntia ficus-indica* présentent une activité anti-oxydante de 36,26%. Cette valeur reste presque similaires à ceux déjà décrit par **Loo et al, 2007** ;en comparant avec celle de l'acide ascorbique pur (39.04%).

**Maataoui et al (2006)**, ont justifié cette capacité par l'effet synergique entre les constituants du jus. Ils ont constaté également que les polyphénols ont une activité anti-

## Résultats et discussion

---

radicalaire 1,2 fois plus élevée que celle de l'acide ascorbique; alors que les pigments en présentent une activité de 1,5 plus.

### II-2- Jus d'orange :

Paramètre	Valeur
Pouvoir antioxydant (%)	100
Vitamine C (mg/100ml)	37,44 ± 0,0001
Polyphénols (mg/100ml)	28,42 ± 0,0001

**Tableau 07** : Résultats des analyses des molécules bioactifs dans le jus d'orange

### Discussion :

Le jus d'orange est une source importante de composés caractérisés par une activité antioxydante par sa grande richesse en vitamine C; qui est considérée comme un puissant antioxydant peut couvrir une grande partie des apports journaliers recommandés en cette vitamine. Il permet aussi de lutter contre certaines maladies infectieuses et allergiques, et contre les maladies de carence (scorbut).

La teneur en acide ascorbique dans le jus reste très importante 37,44 mg/100ml. Ces résultats sont similaires à ceux déjà décrit par **Park et al., 1983** ont montré que le jus d'orange contient une quantité assez importante de l'acide ascorbique comprise entre 44,5-68,8mg/100ml. L'acide ascorbique représentait 100 %del'activité anti-oxydante globale. Ce résultat a été confirmé par **Gil- Izquierdo et al. (2002)**

Le jus d'orange à une valeur de polyphénole de 28,42% ;cette teneur reste faible par rapport a celle de jus de figuier de barbarie.

## Résultats et discussion

### III. Résultats de suivi de l'évolution des composés bioactifs et de l'activité antioxydante du jus des jeunes cladodes et de jus d'orange au cours du traitement thermique

**Tableau 08** : Evolution des composés bioactifs du jus des jeunes cladodes et du jus d'orange au cours du traitement thermique.

		T=0	T=15min	T=30min
Polyphénols (mg/100ml)	Jus des jeunes cladodes	38,74±0,0001	37,21±0,0002	36,13±0,0002
	Jus d'orange	28,42±0,001	26,88±0,0001	25,4±0,0001
Vitamine C (mg/100ml)	Jus des jeunes cladodes	13,22±0,0001	13,06±0,002	12,9±0,004
	Jus d'orange	37,44±0,0001	37,35±0,0002	34,27±0,0001
Pouvoir Antioxydant (%)	Jus des jeunes cladodes	36,26±0,008	52,08±0,008	52,84±0,003
	Jus d'orange	100	-	-

- : analyse non effectué

#### ❖ Evolution de la teneur en vitamine C, polyphénole et le pouvoir antioxydant dans le jus des nopalitos et jus d'orange au cours de traitement thermique.

Après un traitement thermique de jus des jeunes cladodes et de jus d'orange à 85<sup>0</sup>C pendant 15 et 30 min ; le suivi de l'évolution de la teneur en vitamine C, polyphénole et le pouvoir antioxydant

Le traitement thermique de jus d'orange et des raquettes affecte légèrement la teneur en vitamine C, la perte est due à l'oxydation de l'acide ascorbique en déhydroascorbique qui est accélérée par la température (Nichabouri et Chabouri et al, 1993).

Le dosage de vitamine C diminue légèrement au cours de la pasteurisation ; dans le jus des jeunes cladodes par contre dans le jus d'orange, La cinétique de perte en acide ascorbique est

## Résultats et discussion

---

rapide pendant la durée de traitement thermique à une température assez élevée de 85<sup>0</sup>C, elle passe de 13,22 mg/100ml avant le traitement thermique à 12,9/100ml a la fin de traitement thermique.

Cette dégradation brutale de la vitamine C observée s'explique que cette dernière est très sensible à la température élevée par rapport aux autres composants, ce qui est en accord avec les travaux de **(Biljana R. et Marija R ; 2009)**, **(Blasco et al ; 2004)**, **(Eskin ; 1990)** qui ont montré la sensibilité de la vit C a la chaleur.

**(Naim et al.1997)**, à l'échelle pilote, observe une dégradation d'acide L-ascorbique de 11 % après une pasteurisation à 90-92°C pendant 30s. Cette dégradation de l'acide ascorbique est favorisée par la température **(Kennedy et al. 1992)**

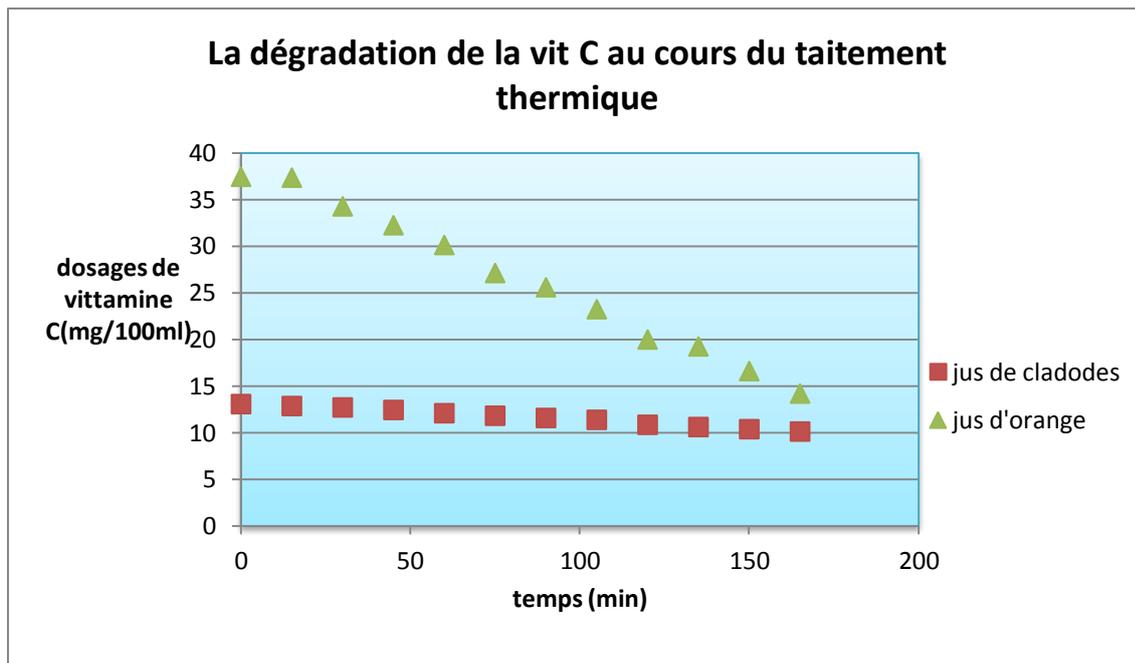
C'est pareille pour les polyphénols on a observé après un traitement thermique une diminution de la teneur de polyphénols mais par contre au pouvoir antioxydant sa teneur augmente après un traitement thermique .Cette dégradation est plus élevée dans le jus d'orange par rapport au jus de nopalitos

Ce qui montre que la dégradation des antioxydants (les polyphénols, la vitamine C) est favorisée par la température.

### **IV. Résultats de suivi de l'évolution quantitative des vitamine C au cours du traitement thermique**

Après un traitement thermique de jus des jeunes cladodes et de jus d'orange à 85<sup>0</sup> C pendant 03 heures ; le suivi de L'évolution de la teneur en vitamine C donne les Courbes suivantes:

## Résultats et discussion



La vitamine C est une vitamine hydrosoluble au fort pouvoir réducteur mais très sensible à la lumière et à la chaleur.

le jus d'orange contient une quantité assez importante de l'acide ascorbique 37,44 mg/100ml avant le traitement thermique ; cette teneur se diminue progressivement avec le temps jusque ce qu'elle atteint la valeur 14,21 mg/100ml a la fin de traitement thermique ;donc L'oxydation de l'acide ascorbique est favorisée par la température (**Kennedy et al., 1992**)

La teneur de vitamine C de jus de cladodes diminue de 13,08 mg/100ml avant le traitement thermique jusqu'à 10,14 mg/100ml ;mais cette dégradation de l'acide ascorbique reste faible par rapport au jus d'orange qui à une dégradation rapide de vitamine C ce qu'explique que cette dernière est très sensible à la température élevée par rapport aux autres composants .

C'est on compare les résultats du jus des cladodes et le jus d'orange ;on observe que la diminution de dosage de l'acide ascorbique dans le jus d'orange est plus rapide. . La différence de dégradation entre les deux jus est de 20,29%.

## CONCLUSION

### Conclusion

L'analyse des constituants de l'extrait des jeunes raquettes de l'opuntia ficus-indica montre que l'extrait est un aliment intéressant au point de vue nutritionnel, par sa forte teneur en vitamine C, en polyphénols et en pouvoir antioxydant.

Cependant la composition en polyphénols dans un jus des cladodes est de 38,47mg /100ml, cette teneur est plus élevée par rapport au jus d'orange (la valeur de polyphénols 28,42 mg/100ml)

L'extrait apporte aussi une valeur intéressante en pouvoir antioxydant et vitamine C, cette valeur est à l'ordre suivant 36,26% et 13,08 mg /100ml, mais elle est faible par rapport au jus d'orange qui a des valeurs de 100% de pouvoir antioxydant, 52,02 mg/100 ml de vitamine C.

Après un traitement thermique, la cinétique de dégradation de l'acide ascorbique est plus stable dans le jus des nopalitas par rapport au jus d'orange, malgré que la teneur en vitamine C dans ce dernier est plus élevée, ce qui montre qu'il y'a une différence dans la composition.

L'extrait des jeunes cladodes contient de mucilage ce qui peut expliquer plus de stabilité de l'acide ascorbique après un traitement thermique, malgré sa grande sensibilité à la chaleur par rapport aux autres vitamines.

Donc, le jus des jeunes cladodes permet de stabiliser la vitamine C à cause de sa composition en mucilage qui lui permet de protéger la valeur de l'acide ascorbique.

Alors l'addition de ce jus avec d'autres jus aide à la conservation de la vitamine C pendant une longue durée.

## LES ANNEXES

Photos des appareils utilisés :



Agitateur



pH mètre(HANNA)



spectrophotométrie



Balance de précision



Dessiccateur



Four à moufle



Etuve



Centrifugeuse(SIGMA)

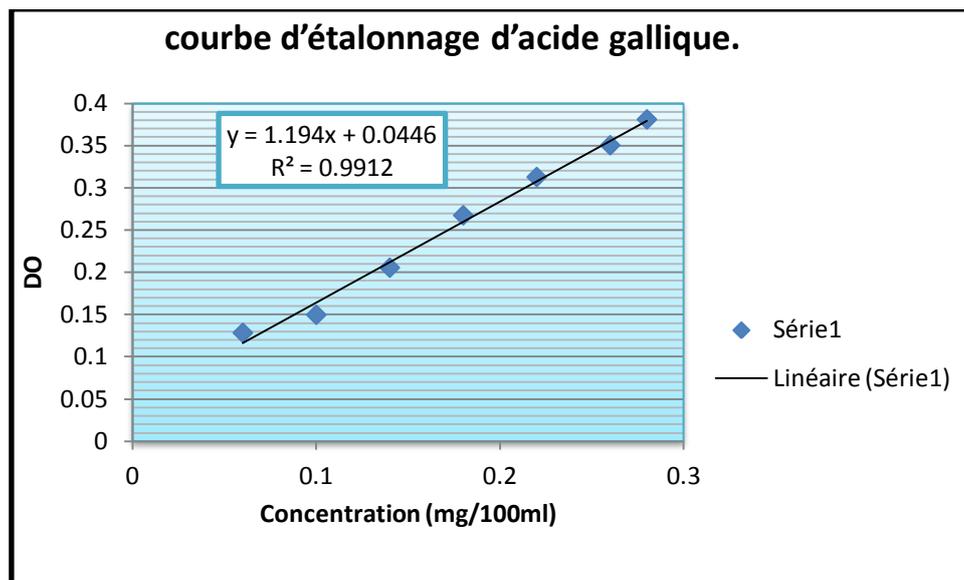


Figure N°11: courbe d'étalonnage d'acide gallique.

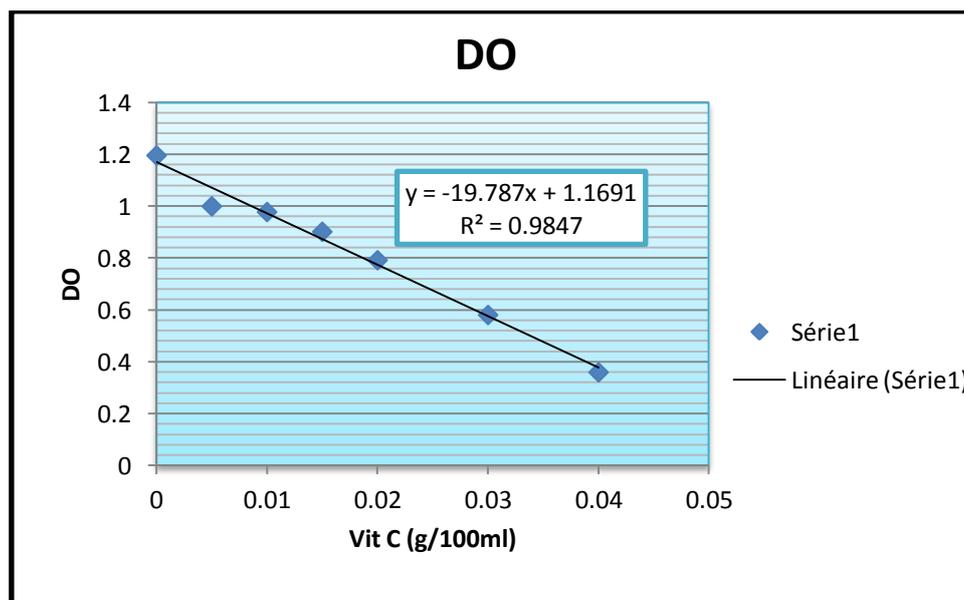


Figure N° 12: courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique

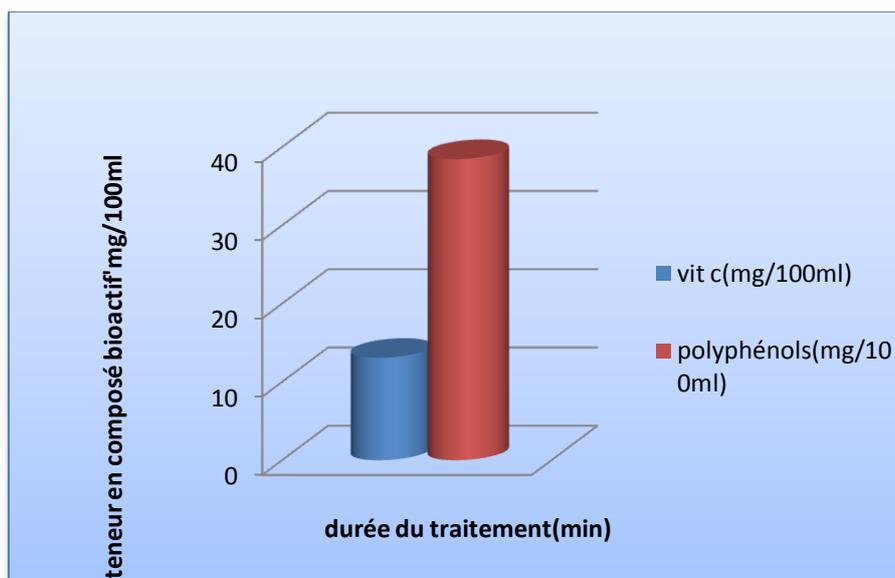


Figure N<sup>o</sup> 14 : composition biochimique de jus des jeunes cladodes

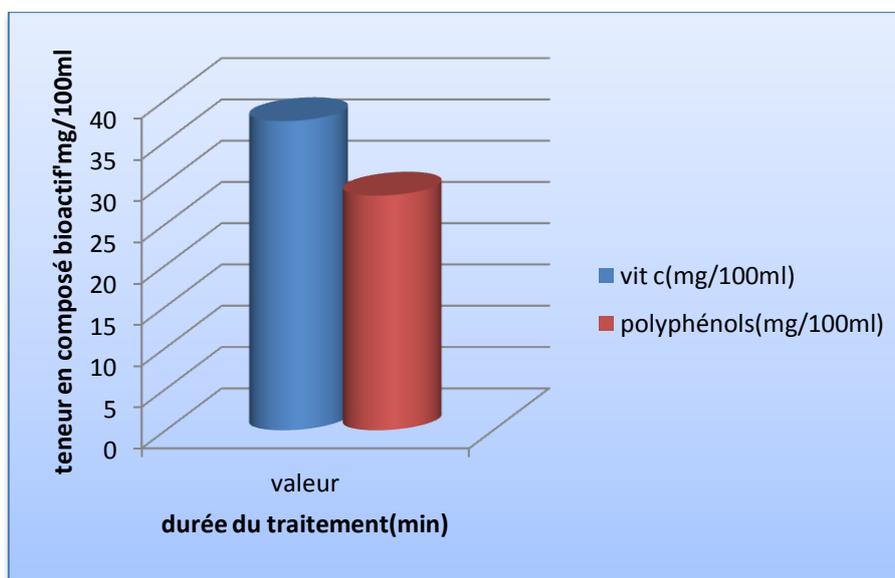
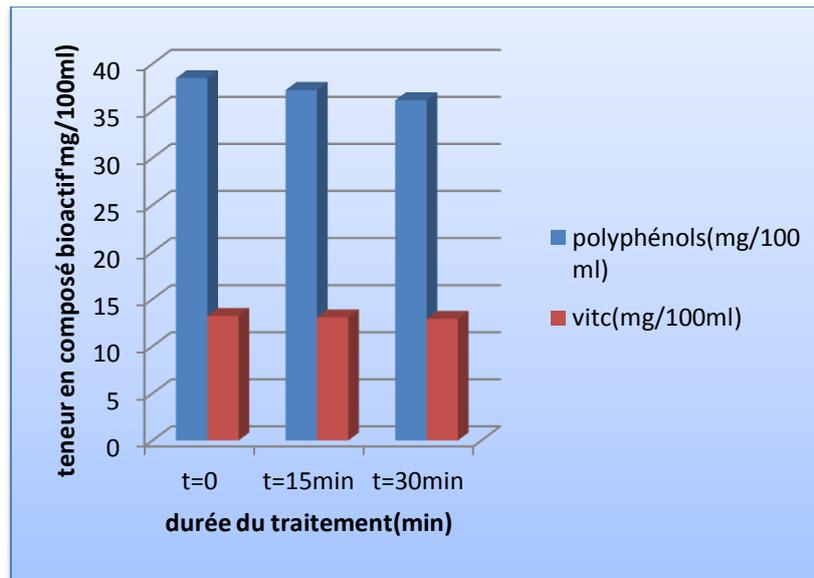
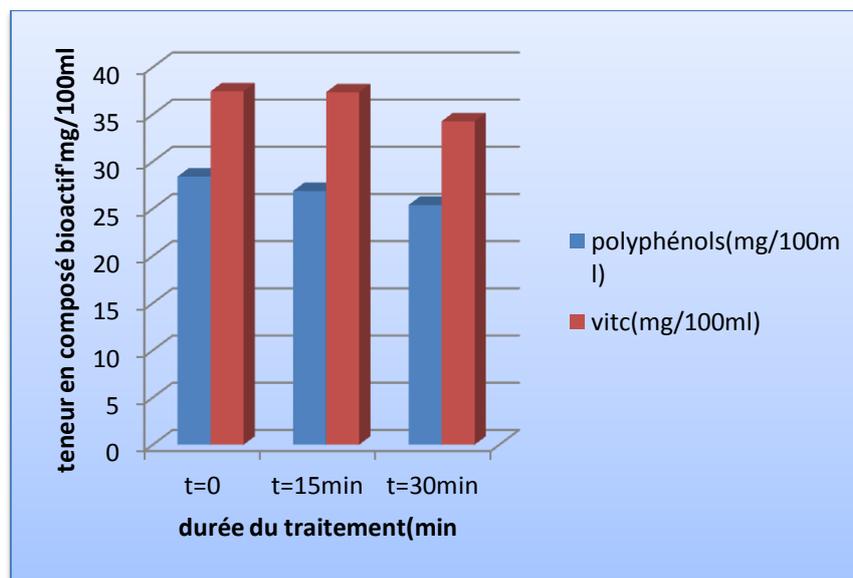


Figure N<sup>o</sup> 15 : composition biochimique de jus d'orange



**Figure N° 16:** évolution des composants bioactifs de jus des jeunes cladodes au cours de  
Traitement thermique



**Figure N° 17:** évolution des composants bioactifs de jus d'orange au cours de  
Traitement thermique

## REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

## Références bibliographiques

1. **ALDO P., 1982.** Fleurs et plantes médicinales. Edition Nature. 2<sup>ème</sup> Edition Paris, 132p.
2. **ANONYME ., 1998.** plante médicinales. Revue bimensuel spécialisé indépendant ric 5 Alger.
3. **ANONYME .,2000 .**Le cactus(l'opuntia à fruits comestible) appelé communément Figuier de Barbarie(Actes de la deuxième journée nationale sur la culture du cactus) EL KELAA DES SRAGHNA Le 30 mai 2000 .
4. **AOAC. , 1990.** In k .Helrich,Editor,Official methodes of analysis of AOAC :food composition ;additives ;natural contaminants Vol.2,AOAC,Arlington.
5. **Araba M., 2009.** Le cactus *Opuntia*, une espèce fruitière et fourragère pour une agriculture durable au Maroc. *Suposium international « AGDUMED »*, Rabat, Maroc. PP : 215-223
6. **Araba M., El Aich A., Sarti B., Belbahri LL. , Boubkraoui A., Ait Hammou A., Zemmouri A. Et Sbaa H., 2000.** Valorisation du figuier de barbarie en élevage. Bull. Mens. Inf. Et de liaison du PNTTA.
7. **BARBARA G.D., 1995.** History, economic and agro-ecological importance of Cactus. In ( Agro-ecology, cultivations and uses of cactus pear).Eds FAO plant production and protection, 132p.
8. **BARRINGER S., YASSEN M.Y et SPLIT STOESSERS W.E., 1996.** «A note on the uses of *Opuntia sp*», In central/ north America. *Journal of aride environnements*, pp 347 - 353.
9. **Benamara S., Agougou A., 2003.** Production des jus alimentaires. Technologie des industries agro-alimentaires. Ed Office des Publications Universitaires, Ben-Aknoun, Algérie.162p.
10. **Ben Salem H., Nefzaoui A., Messaoudi A., Ben Arif T., 1996.** A traditional technique alternative to plastic sheet for covering urea-treated straw digestibility and growth trials. In Ann Zootech N°45, Suppl, 119. Ed Elsevier/INRA. Tunisie.
11. **Boujghagh M., 2007.** L'amélioration génétique du cactus; une alternative au développement durable des zones arides et semi-arides marocaines. In revue Terre et Vie N°101. Ed INRA Agadir, Inezgane. Maroc. PP : 1-16.

12. **Bruneston J., 1999.** pharmacognosie :phytochimie plantes médicinales 3<sup>e</sup> édition, édition Médicales internationales, édition Tec et Doc 1999. Paris cedex 08.
13. **CANTWELL M., 1991.** Quality and postharvest physiology of Nopalitos and tunas. Proc. Second annual Texas prickly pear conferences Mc Allen. Texas; 50- 66p.
14. **CHEFTEL J. c ., 1977.** Introduction a la biochimie et la technologie des aliments Ed. Paris. Vois 2; 230-238.
15. **CHRIYAA. A, MAZHAR. M et ARIA. A.** «Cactus pear protects soil and livestock in the Rhamna region», In : IVth International Congress on Cactus and Cochineal and IVth meeting of Cactus Net. FAO. October 2000. Hammamet, Tunisie, 2000, p.8.
16. **DEKOK.,G C .,1995 .**Manejo y utilizaction del nopal sin espina .En :Congresso internacional de pasturas ,Anales Sao Paulo ,Brazil ; 2 :147p
17. **Dominguez Lopez A., 2002.** Caractérisation et optimisation de la flaveur du jus d'orange non fait de concentré. Thèse, Doct, département des Sci Alimt et Nut, Univ Laval. 177p.
18. **ELAHOUL. A, YEKHLEF. N et OULED KOUIDER. A.** «Caractérisation de l'*Opuntia ficus-indica* en vue d'une utilisation et valorisation alimentaire», Mémoire d'Ing. Dprt. de Biologie. Blida, 2004, p.69.
19. **Felker B. ; 1995,** Résultats d'un essai sur l'alimentation du mouton en période e disette fourragère au centre d'Oussetta .Tunis .FAO .projet TUN/176P.
20. **Fernandez M L.; Lin E C K.; Trejo A. et McNamara D J 1994:** Prickly Pear (*Opuntia sp.*) pectin alters hepatic cholesterol metabolism without affecting cholesterol absorption in guinea pigs fed a hypercholesterolemic diet. (Biochemical and Molecular Roles of Nutrients). Journal of Nutrition. 124, (6), 817-823
21. **FLEURENTIN. J :** «Plantes médicinales». Edition : Tec et Doc, 1990.
22. **Galati E.M., Tripodo M.M., Trovato A., Aquino A., Monforte M.T., 2003.** Biological activity of *Opuntia ficus-indica* cladodes II : Effect on experimental hypercholesterolemia in rats. Pharm Biology 41 (3): PP :175-179.
23. **GUEVERA, J. C., YAHIA , E. M., BRITO de la Fuente, E.** Modified atmosphere packaging of prickly pear cactus stems (*Opuntia spp.*). Lebensm.Wiss. Technol. 2001, 34, 445–451.

24. **GUINARD. J.L 2000.** Biochimie végétale. Ed, paris, 175-192.
25. **HADJ SADOK.T. ,2010.** Composition chimique des jeunes cladodes D'*Opuntia Ficus Indica* et possibilité de valorisation alimentaire. INA. Thèse de doctorat.
26. **H.C.D.S. ,1994.**Haut Commissariat Au Développement De La Steppe, L'*Opuntia* ; technique de mise en place et d'exploitation.INA.
27. **HCDS. , 2005.** «La situation actuelle des parcours», Document de l'HCDS de Djelfa .
28. **I.F.A.D., 2000 .**«*Opuntia spp. Efficient Tool to Combat Desertification*», *Agricultural technologies for Rural Poverty Alleviation. Technical Advisory Notes. Prepared by the Mashreq/Maghreb Project, Rome Italy.* pp 1 - 3.
29. **KAANANE A.,2000.** Technique de valorisation des figues de barbarie. Deuxième journée nationale sur la culture des cactus. El Kelaa de Sraghna-Maroc.
30. **Kaanane A et Fadili M. ; 2000 .**Etudes des caractéristiques physico-chimiques des figues de barbarie de la variété Moussa et clone Rahamna
31. **KADIK.B ., 1974 .**Les plantations semi forestières et leur possibilité dans l'aménagement pastoral .In revue de la recherche agronomique (INRA).
32. **KARTEZ R.1996.** Nature. Le livre de paris Hachette imprimé en Italie par G. GANA.
33. **KENNY L, 1998.** bulletin de liaison du programme national de transfert de technologie en agriculture (PNTTA), institut agronomique et vétérinaire Hassan2 agadir, Maroc.60p.
34. **Khouri MS ., 1970 .***Opuntia* ,bilan écologique en Algérie MARA CARET Alger
35. **Kutti J.O&Galloway C.M ,1994.**Sugar composition and invertase activity in preakly pear fruit.j.Food Sci 59 (2) :387 -393
36. **Lehouerou HN.; 1996 .**le role de cactacée (*Opuntia* )dans le développement agricole de zones arides méditerranéennes .Proc .2ième congrés international sur poire épineuse et cochenille 22-25 septembre ,1992 Santiago ,chili .
37. **Le Houérou H N 2002:** Cacti (*Opuntia spp.*) as a fodder crop for marginal land in th Mediterranean Basin. Acta Horticulturae, 581, 21-46.
38. **LEE J. C., HWANG, K. H., HAN, D. H., KIM , S. D.,1999.** Compositions of *Opuntia ficus-indica*. Kor. J. Food Sci. Technol., 29, 847–853.
39. **LEE J.-C., KIM, H. R., KIM, J., JANG, Y.-S., 2002.** Antioxidant property of an ethanol extract of the stem of *Opuntia ficus indica* var. saboten.J. Agric. Food Chem., 50, 6490– 6496.

- 40. LOPEZ, P.O ET BURGOS, R, R., 1973 .** Camed Prickly Pear Juice .Technologie des aliments .237p.
- 41. MAHMOUDI F., 2000.** détermination de la composition chimique et mesure de la digestibilité des raquettes terminales et sub-terminales de l'opuntia ficus indica dans l'alimentation des ruminants. Thèse. Ing. Int d'agro. Mostaganem. Dépt. Zootechnie 65p.
- 42. Mezzour . ;2000.**le cactus (opuntia à fruit Comestible) appelé communément Figuier de Barbarie (actes de la deuxième journée nationale sur la culture de cactus )EL KELAA DES SRAGHNA LE 30 MAIS 2000.2eme session :les DEBOUCHES AGRO-INDUSTRIELS .PRODUCTION INDUSTRIELLE .MEZZOUR MAHAMMED ingénieur pastoralisme à la direction provinciale de l'agriculture de khouribga.
- 43. Mimouni A., Ait lhaj A., Wifaya A., Boujghagh M., Sedki M., 2009.** Produit du terroir. L'INRA Leader national de la recherche sur le cactus. *In* revue Agriculture du Maghreb N°35. PP:50-50.
- 44. Monjouze E. A et Lehouerou H. N., 1965.** Le rôle des Opuntia dans l'économie agricole Nord Africaine, Bulletin Ecole National Supérieur d'Agriculture de Tunisie, 77p.
- 45. MONDJAUSE A. et LEHOUEIROU H.N. 1966.** le rôle de l'opuntia dans l'économie agricole Nord Africaine. Extrait de bulletin de l'école nationale supérieure d'agriculture de Tunis. N°8-9, Septembre- Décembre 1965 .PP85-164.
- 46. Mulas M., Mulas G., 2004.** Potentialités d'utilisation stratégique des plantes de genre Atriplex et Opuntia dans la lutte contre la désertification. Université des études de Sassari, groupe de recherche sur la désertification. PP:1-112.
- 47. Nefzaoui A & Charemiti A. ; 1991 .**place et role des arbustes fourragers dans les zones semi-arides de la Tunisie .in option méditerranéenne .série A. séminaire N° 16 .Edition CEIHAM ,p119-125
- 48. Nefzaoui A et Ben Salem H 1996:** Nutritive value of diets based on spineless cactus (Opuntia ficus indica var inermis) and Atriplex (*Atriplex numularia*). In Native and exotic fodder shrubs in arid and semi arid zones, Regional training workshop, 27 october-2 november 1996.
- 49. Nefzaoui A et Ben Salem H 2000:** *Opuntiae*: A strategic fodder and efficient tool to combat desertification in the Wana region. Cactusnet FZAO International

Cooperation Network on Cactus Pear News Letter, p. 2-24.

50. **NEFZAOUI Ali, NAZARENO Monica , and M. El Mourid, 2008** : *Review Of Medicinal Uses Of Cactus. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas/ North Africa Program Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.*
51. **Nobel P S, Russel C E, Felker P, Medina J G et Acuna E., 1987**: *Nutrient relations and productivity of prickly cacti. Agro. J., 79, 550-555.*
52. **Peter N., Campbell . ; Smith AD . ; 2002** *Biochimie illustrée, édition Maloine 2002 Paris .*
53. **Pimienta E. ;1990** .El nopal tuner .université de Guadalajara ,Mexico
54. **Pimienta-Barrios E ., 1993**: *Vegetable cactus (Opuntia)*. In *Underutilized Crops: Pulses and Vegetables*, p. 177–191. Ed J. Williams. London, UK.
55. **Pimienta Barrios, E; Barbera G et Inglese P., 1993**: *Cactus pear (Opuntia spp, Cactacea)* International Network an effort for productivity. *Succulent journal (US)*, 65, 225-229.
56. **Résémy C.,2001**. Polyphénols : effets biologiques et biodisponibilité
57. **Retaniel N. ,Duran MA et Fernandez J.,1968**. Seasonal variation of the composition in prickly pear (opuntia ficus –indica),*journal of the science and agriculture* ,pp 303-311
58. **Riebreau –gayan P., 1968**.les composés phénoliques des végétaux .le Dunod ,paris ,254.
59. **Rigo A., Vianello F., Clementi G ., Rossetto M., Scarpa M., Vrhovsek U., Mattivi F ., 2000** .contribution of the proanthocyanidins to the peroxy radical scavenging capacity of some Italian red wines .*J.Agric .food Chem* ,48,6,1996-2002
60. **Rodriguez felix A et Cantwell M .,1988**: Developmental changes in composition and quality of prickly pear cactus cladodes (*Cactus pearitos*). *Plant Food Human Nutrition*, 38, 83-93.
61. **ROSE., 1958**. cactacea. Carnegie inst of washington pbt N° 248.
62. **Russel C. E., 1986**: *Cactus, ecology and range management during drought. Proceeding of the symposium on livestock and wild life management during*

drought (R D Brown ed).Caesar Kleberg wildlife researches Institute, Univ. Kingsville, Texas, p. 59-69.

63. **Russel C.E. et Felker P 1987**: The prickly pears (*Opuntia spp, Cactaceae*): A source of Human and Animal food in semiarid regions. *Economic botany*, 41 (3), 433-445.
64. **SAENZ CARMEN.,2000**. Processing technologies: an alternative for cactus pear (*Opuntia spp.*) fruits and cladodes *Journal of Arid Environments* (2000) **46**: 209–225.
65. **SAENZ C., 2006**. Utilizacin agro industrial del nopal. Bulletin des services agricoles de la FAO N°162.pp 51-69
66. **Saenz C., Sepulveda E., Matsuhira B., 2004**. *Opuntia spp* mucilage's: a functional component with industrial perspectives. *J Arid Environ* 57, PP: 275-290.
67. **Sarni–MACHADO P. ,Véronique Cheynier** .les polyphénols en en agroalimentaire,édition Tech et Doc Lavoisier
  
68. **Scalbert A ., 2001**.contribution des polyphénols aux effets santé des fruits et légumes frais
69. **Schweizer M., 1997** : Docteur NOPAL, le médecin Du Bon Dieu. Ed. APB (Aloe Plantes et Beauté). F-75008, Paris, France. PP: 1-81.
70. **Sepulveda E et Saenz C., 1990**: Chemical and physical characteristics of prickly pear (*Opuntia ficus indica*) pulp. *Revta Agroquim Tecnol Aliment*, 30, 551-555.
71. **STINTZING F.C., & R. CARLE.,2005**. Cactus stems (*Opuntia spp.*): A review on their chemistry, technology, and uses. *Mol Nutr Food Res* 49, 175-194 (2005).
72. **STINTZING F.C.,K.M. HERBACH, M.R. MOSSHAMMER, R. CARLE, W.G. Yi, S. SELLAPPAN, C.C. AKOH, R. BUNCH & P. FELKER.;2005**. Color, betalain pattern, and antioxidant properties of cactus pear (*Opuntia spp.*) clones. *J Agric Food Chem* 53, 442-451 (2005).
73. **Yousfi S ., 2000** . Rapport bibliographique sur les Opuntias et bilan de quelques études effectuées en Algérie. INRAA. Alger. 16p.
74. **Zou D. M. ; Brewer M. ; Garcia F. ; Feugang J. M. Wang J. ; Zang J. ; Liu H. ; et Zou C. P., 2005**. Cactus pear, A Natural Product *In* Cancer Chemoprevention. *Nutr J4*. PP:132-133.
- 75.