

# الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Ibn Khaldoun–Tiaret  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département des Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Agronomique

Spécialité : Production Animale

Présenté par : SOUDANI KHALDIA

DARIDI HAYET

KADDOUR HOUARIA

## Thème

**Le potentiel alimentaire de l'Opuntia ficus indica :  
caractérisation physico-chimique et digestibilité in vivo.**

Soutenu publiquement le : 29 Juin 2019

**Jury:**

**Président: Dr NAIR A**

**Encadreur: Dr LOUACINI Kamel Ibrahim.**

**Examineur : Me MELAINI S**

**Grade**

**MCA**

**MCA**

**MCA**

Année universitaire 2018/2019

**DÉDICACES**

**JE DÉDIE CE TRAVAIL :**

**À MES TRÈS CHERS PARENTS**

**EN TÉMOIGNAGE DE MON AFFECTION ET RECONNAISSANCE  
POUR TOUT CE QU'ILS M'ONT DONNÉ**

**SANS VOUS JE NE SERAIS JAMAIS ARRIVÉ JUSQUE LÀ  
JE VOUS REMERCIE POUR VOTRE SOUTIEN ET VOTRE AMOUR  
INCONDITIONNEL**

**VOUS N'AVEZ JAMAIS HÉSITÉ À VOUS SACRIFIER POUR MA  
RÉUSSITE ET MON BONHEUR**

**À MES TRÈS CHERS FRÈRES SNOUCI ABDELKADER  
ABDELHADI ET RABEH**

**À MA TRÈS CHÈRES SŒURS YAMINA ALLOU FATMA ET  
ZAHRA**

**À MON FLANCÉ MOHAMMED**

**À MA FAMILLE SOUDANI**

**À TOUS MES AMIES**

**SPÉCIALEMENT SOAUD**

**À MES COLLÈGUES**

**À MES CHERS PROFESSEURS**

**KHALDIA**

## DÉDICACES

**JE DÉDIE CE MODESTE TRAVAIL À :**

**À MES CHERS PARENTS, POUR TOUS LEURS SACRIFICES, LEUR AMOUR, LEUR TENDRESSE, LEUR SOUTIEN ET LEURS PRIÈRES TOUT AU LONG DE MES ÉTUDES.**

**À MA CHÈRE SŒUR ASSALA MALEK POUR LEURS ENCOURAGEMENTS PERMANENTS, ET LEUR SOUTIEN MORAL.**

**À MES CHERS FRÈRES, MOHAMED ET AYMANE SAÏD POUR LEUR APPUI ET LEUR ENCOURAGEMENT.**

**LE PROFESSEUR DR. LOUACINI B. K. POUR LEUR SOUTIEN CONSTANT ET SES PRÉCIEUX CONSEILS.**

**À MES TRÈS CHÈRES AMIES DE TOUJOURS FATIMA. KARIMA, ZINEB. KHALDIA, HOUARIA QUI M'ONT BEAUCOUP SOUTENUE.**

**AINSI QU'À TOUS MES AMIS ET CAMARADES. MERCI D'ÊTRE TOUJOURS LÀ POUR MOI.**

**HAYET**

**DÉDICACE**

**JE DÉDIE CE MODESTE TRAVAIL À**

**À MES CHERS PARENTS QUI M'ONT TOUJOURS SOUTENUE,  
CONSEILLÉ DURANT TOUTE LA**

**DURÉE DE MES ÉTUDES.**

**À MES FRÈRES ET SŒURS : AMINE ET ABDELKADER ET  
HANANE POUR TOUT CE**

**QU'ILS ONT FAIT POUR MON BIEN ET MON BONHEUR.**

**À MA PETITE NIÈCE ADORÉE : HAMIDA.DJAHIDA ET HADJER**

**À MA COPINE ET MA SŒUR ET TOUTE SA FAMILLE.**

**À MES MEILLEURES COPINES SURTOUT : HAYET ET KHALDIA  
QUI ONT MARQUÉ MA VIE PAR DE BONS SOUVENIRS.**

**À MES AMIES**

**À MES COLLEGUES**

**DANS LE SOUCI DE N'OUBLIER PERSONNE**

**À TOUS CEUX QUI M'ONT AIDÉ DE PRÈS OU DE LOIN, ILS  
TROUVERONT DANS CES LIGNES LES**

**EXPRESSIONS DE MA GRATITUDE.**

**HOUARIA**

# REMERCIEMENT

**Au terme de notre travail nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage et la patience de le réaliser.**

**Nous tenons tous particulièrement à adresser nos remerciements les plus vifs d'abord à notre promoteur Dr LOUACINI Kamel Ibrahim., qui nous a fait l'honneur de nous inspirer ce sujet et nous guider tout au long de son élaboration, nous lui sommes très reconnaissantes, pour ses conseils, sa disponibilité, et surtout sa patience.**

**Nos sincères considérations et remerciements sont également exprimés aux membres du jury : Mr ACHIR M ., qui nous fait honneur par son présence en qualité de présidente du jury ainsi que Me MELIANI S. et Mr GUEMOUR J., qui ont accepté d'examiner ce travail et consacré de leur temps pour son évaluation.**

**Nous voudrions aussi remercier l'ensemble de personnel des laboratoires pour leurs encouragements durant notre expérimentation**

**Enfin, nos remerciements s'adressent à tous les enseignants et à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.**

## Liste des abréviations

**ADF** : Fibre au détergent acide

**CAM** : Crassulacée Acide Métabolisme

**CB** : cellulose brute

**D** : Digestibilité

**CB** : cellulose brute

**N** : normalisation

**NDF** : fibre au détergent neutre

**NT** : Azote total

**MS** : matière sèche

**MO** : matière organique

**MAT** : matière azotée totale

**CB** : cellulose brut

**PB** : protéines brut

**TE** : teneur en matière sèche

**UF** : unité fourrageur

## Liste des figures

<b>Figure n° 01 :</b> Variété d' <i>Opuntia ficus-indica</i> (épineuse) à gauche et <i>inermes</i> droite .....	03
<b>Figure n° 02 :</b> Racines d' <i>Opuntia</i> .....	04
<b>Figure n° 03 :</b> Cladode ou raquette d' <i>Opuntia</i> .....	04.
<b>Figure n°04 :</b> Fleur d' <i>Opuntia</i> .....	05.
<b>Figure n°05 :</b> Fleur en floraison.....	05.
<b>Figure n°06 :</b> Fruit d' <i>Opuntia</i> .....	06
<b>Figure n°07 :</b> Graines de la figue de barbarie.....	06
<b>Figure n°08 :</b> Cycle photosynthétique des plantes de type CAM.....	07
<b>Figure n °09 :</b> culture en intensive du figuier de barbarie (Souk Ahras avril 2013).....	09
<b>Figure n°10 :</b> Valorisation des terres marginales( HCDS, 2010).....	10
<b>Figure n°11 :</b> Alimentation de chevre à base d' <i>Opuntia</i> (Maroc).....	14
<b>Figure n°12 :</b> Alimentation de brebis à base d' <i>Opuntia</i> (Mexique).....	14
<b>Figure n°13 :</b> Total daily photosynthetic phton flux (mol /m <sup>2</sup> /day).....	18
<b>Figure n°14:</b> Localisation de la commune de Meghila dans la wilaya de Tiaret.....	21
<b>Figure n°15 :</b> Mesures physiques des cladodes .....	22.
<b>Figure n°16:</b> Lot 1 : régime 1 (paille + orge).....	25
<b>Figure n°17 :</b> Lot 2 : régime 2 (paille + <i>Opuntia</i> ).....	25
<b>Figure n°18 :</b> Lot 3 régime 3 ( <i>Opuntia</i> seulement).....	25.
<b>Figure n°19 :</b> Protocole expérimentale.....	28
<b>Figure n°20 :</b> digestibilités MS du régime et la paille.....	34
<b>Figure n°21 :</b> digestibilités MO du régime et la paille.....	35

**Figure n°22 :** digestibilités CB du régime et la paille.....35

**Figure n°23:** digestibilités MAT du régime et paille.....36



## Liste des tableaux

<b>Tableau 01</b> : composition chimique moyenne de raquettes d'Opuntia.....	12
<b>Tableau 02</b> : Effet de cactus inerme ( <i>Opuntia ficus-indic</i> var. <i>inermis</i> ) sur l'ingestion, la digestibilité la ration alimentaire totale et la consommation d'eau par des moutons nourris basé de paille (Adaptée de Ben Salem <i>et al</i> , 1996).....	14
<b>Tableau 03</b> : Effet de cactus inerme).....	15
<b>Tableau n° 04</b> : Analyses chimiques de la cladode d' <i>Opuntia ficus indicainermis</i> .....	29
<b>Tableau n° 05</b> Analyses chimiques de l'orge en grains.....	29
<b>Tableau n° :06</b> Analyses chimiques de la paille d'orge.....	29
<b>Tableau n°07</b> : Composition chimique des matières premières en (%) de MS.....	30.
<b>Tableau n°08</b> : Quantité distribuée et ingérée de MS (g/animal/ jour). ....	31
<b>Tableau n°09</b> : Résultats analyses chimiques de la matière fécale des différents régimes en %de MS.....	32
<b>Tableau 10</b> : Quantité de la matière fécale par régime en kg brut et en kg de MS .....	32
<b>Tableau 11</b> : digestibilité des régimes en %,comparée à la digestibilité de la paille seule selon les normes de l'(INRA , 1988) .....	33
<b>Tableau12</b> :Effet étudiés et nombres des auteurs.....	36
<b>Tableau13</b> :synthèse des différents effets de l'opuntia en pourcentage .....	39

## SOMMAIRE

Liste des abréviations .....	I
Liste des figures.....	II
Liste des tableaux.....	III
Résumé .....	IV
Introduction.....	V

## Chapitre I Etude bibliographique

I. La ressource vegetale .....	01
I. 1. Presentation de <i>l'Opuntia ficus indica</i> .....	01
I.2. Systématique.....	01
I. 3. Origine et description.....	02
I. 3.1. Origine.....	02
I.3.2. Description.....	03
I.3.3. Racine.....	04
I.3.4. Cladodes.....	04
I.3.5 Feuilles.....	05
I.3.6. Fleurs.....	05
I.3.7. Fruit et graines.....	06
I.4. Ecophysiologie du figuier de barbarie.....	06
I.4.1.Facteurs biotiques.....	07
I.5. Techniques culturales pour le genre <i>Opuntia</i> .....	08
I.5.1. Choix de l'espèce et du cultivar.....	08
I.5.2. Implantation.....	08.
I.5.3. Culture du figuier de barbarie en Algérie.....	09
I.5.4. Importance agro –économique du figuier de barbarie.....	10
I.5.5. Utilisation des fruits.....	11
I.6. Le potentiel alimentaire de <i>l'Opuntia ficus indica</i> .....	11
I.6.1. Utilisation zootechnique .....	11
I.6.2 Utilisation des cactus comme fourrage .....	15
I.6.3 Autre utilisation zootechnique :.....	16

- A. Ensilage.....	16
- B. Alimentation complémentaire.....	16
- C. Les raquettes source de mucilage.....	16
- D. Effet laxatif .....	17
- E . Relation à l'eau .....	17
-F. Le cladode comme un réservoir d'eau.....	19
G.Effet de l'alimentation du cactus sur la fermentation ruminale .....	19
H.Digestibilités.....	20

## Chapitre II. Partie expérimentale

II. Partie expérimentale .....	21
II.1 Objectifs .....	21
II.2. Matériels et méthodes :.....	21
II.2.1.Monographie de la région.....	21
II.2. Monographiede la région .....	21
II.2 .1. Situation géographique.....	21
II.3.Matériels.....	22
II.3.1. Matériel végétal.....	22
II.3.2. Matériel animal.....	22
II.4. Méthodes.....	22
II.4.1. Analyses végétales .....	22
II.4.1.1. Mesures physiques des cladodes.....	22
II.4.1.2. Analyses physico chimiques des échantillons.....	23
II.4.1.3. Teneur en matière sèche (MS) .....	23
II.4.1.4. Détermination des cendres (MM) et de la matière organique (MO) .....	23
II.4.1.5. Détermination de cellulose brute (CB).....	24
II.4.1.6. Détermination de la matière azotée totale (MAT).....	24
II.4.2. Déroulement de l'expérimentation.....	25
I.4.3.Lots et types de ration :.....	25

II.4.4. Conditions générales nécessaires à la validité des mesures.....	26
II.4.4.1. Période d'adaptation ou pré expérimentale :.....	26
II.4.4.2. période expérimentale .....	26
II.4.4.3 Mesure de la digestibilité .....	27
II.4.4.4. Enregistrement .....	27
I II.5 Résultats et discussion.....	29
II.5.1. Analyses chimiques des différents constituants des aliments n=2 :.....	29
II.5.2. Discussion composition chimique des aliments.....	30
II.5.2.3 Discussion ingestibilité.....	31
II.6 .Discussion digestibilité des régimes .....	32
II.6.1.Détermination de la digestibilité de la MS.....	32
II.6.2.. Détermination de la digestibilité de la MO.....	33
II.6.3 Détermination de la digestibilité de la CB.....	34
II.6.4. Détermination de la digestibilité de la MAT.....	35
II .6.5.Résultats et discussions potentiel de l'Opuntia .....	35
Conclusion.....	40
Références bibliographiques.....	42
Annexes.....	48

### Introduction

*Opuntia ficus indica* est une plante xérophyte, produisant des fruits comestibles et du fourrage pour les animaux. Les cladodes ou raquettes sont riches en eau, en fibres et en éléments nutritifs mais faible en azote total (Wolfram et al, 2002), Elles sont utilisées comme aliment de secours durant les périodes de sécheresse, sorte de rought insurance (Hernández-Ávila et al 2002). C'est l'espèce la plus propice pour le développement agricole dans les zones touchées par les deux plus grands problèmes environnementaux dans le monde à savoir: la désertification et le changement climatique (Nefzaoui et El Mourid, 2007). Les régions arides connaissent actuellement de nombreuses difficultés pour les élevages, dues essentiellement à des ressources fourragères insuffisantes, au coût excessif des concentrés, pouvant même compromettre l'alimentation humaine, à la dégradation souvent irréversible des ressources pastorales et à la sécheresse (Niar, 2001).

L'*Opuntia* fournit :

- Un fruit qui est un aliment de haute valeur énergétique (produisant jusqu'à 15 tonnes à l'hectare) se vendant 10DA pièce et pouvant faire l'objet d'exportation.
- Des raquettes ou cladode qui servent de fourrage particulièrement en période des disettes pour les ruminants.
- Source d'eau non négligeable, d'autant plus la majorité du cheptel se trouve en zone steppique loin des points d'abreuvement.
  - C'est dans ce contexte de valorisation des potentialités alimentaires qu'une étude de synthèse a été menée, il représente le premier objectif.
  - Le second objectif consiste à inventorier le maximum d'auteurs qui ont travaillé sur ce potentiel en montrant les différents effets rencontrés d'une part,
  - et parallèlement entamer une étude expérimentale menée dans les différents laboratoires de notre faculté et autres organismes pour confirmer les effets alimentaires escomptés de la cladode d'*Opuntia ficus indica inermis*.

Ceci suppose :

- une caractérisation biométrique,
- une caractérisation physicochimique de la cladode
- et en dernier nous avons achevé notre étude expérimentale par une ébauche de digestibilité in vivo réalisée à Meghila dans la ferme des parents de l'étudiante Soudani

Il faut le dire qu'en Algérie la culture ne cesse de se développer, notamment au niveau des wilayas de Tébessa et de Souk Ahras où des zones céréalières marginales ont été converties en cette culture. Son intégration dans des programmes de développement s'impose en vue d'une réflexion sur les possibilités de sa transformation et de valoriser la production en particulier pour son fruit et pour sa cladode ou raquette

## Chapitre I Etude bibliographique

### I. La ressource vegetale

#### I. 1. Presentation de *l'opuntia ficus indica*

Le nom *Opuntia* donné à cette plante, vient de l'ancien village grec de la région de Leocrid, Beocia : Opus (selon Scheinvar, 1995) et de Tuna mot caraïbe qui veut signifier « Graine ou fruit » (Oviedoy Valdez, 1535). Originnaire du Mexique, où il est nommé « Tuna », le figuier de barbarie fut tout d'abord apporté par les moines franciscains avant d'être importé en Espagne, au 16<sup>ème</sup> siècle (Monjauze et Lehouerou, 1965). Les figuiers de barbaries qui étaient encore appelés « figuiers d'inde » s'implantèrent dans tout le bassin méditerranéen, avec toute la vigueur conquérante des plantes adaptées à l'aridité, et ne craignant pas les sols pauvres (Fournier, 1954). C'est une plante robuste qui peut mesurer jusqu'à cinq mètre de hauteur et avec un tronc épais et ligneux (Habibi, 2004). Sa culture est peu exigeante en investissements et le revenu qu'elle peut générer est important. En plus, sur le plan écologique, elle est d'une grande utilité pour la lutte contre l'érosion et la stabilité des sols (Neffar, 2012).

#### I.2. Systématique

Il y'a environ 300 espèces du genre *Opuntia*, se trouvant au bresil, Chili et en Argentine, (Scheinvar, 1995). Au Mexique Bravo (1978) a enregistré 104 espèces et variétés. La taxonomie est difficile à aborder pour un certain nombre de raisons: leurs phénotypes, qui sont très variables selon les conditions écologiques, leur polyploïdie, avec un grand nombre de populations qui se reproduisent sexuellement et par voie végétative, et l'existence de nombreux hybrides, car presque toutes les espèces au cours de la même période de l'année (exemple la floraison) n'ont pas de barrières biologiques qui les sépare. Scheinvar (1995) mentionne neuf espèces sauvages de *Opuntia* (*O. hyptiacantha* Web); (*O. joconostle* Web); (*O. lindheimeri* (Griff. et Haare Bens).); (*O. matudae* Scheinvar).; (*O. robusta* Wendl, variété *robusta*); (*O. sarca* Griff.); (*O. streptacantha* Lem).; (*O. tomentosa* SD. variété. *tomentosa* et variété. *herrerae* Scheinvar.), et trois espèces cultivées (*O. albicarpa* sp. novembre; *O. ficus-indica* (L.) Mill.; *O. robusta* Wendl. var. *larreyi* (Web.) Bravo), ainsi que l'une des espèces cultivées de la sous-genre *NOPALEA* (*O. cochenillifera* (L.) Mill.), En fournissant des descriptions détaillées de chacun.

Le figuier de barbarie appartient à:

- Embranchement : Spermaphytes (Quezel et Santa, 1962)
- Sous embranchement : Angiospermes (Quezel et Santa, 1962)

- Classe : Eudicotylédones (**Mugnier, 2000**)
- Ordre : Caryophyllales (**Mugnier, 2000**)
- Famille : Cactacées (**Mugnier, 2000**)
- Sous famille : Opuntioïdées (**Shuman, 2000**)
- Genre : *Opuntia* (**Mathioli, 1570**)
- Espèce : *Opuntia ficus indica* (**Miller 1768**)

La famille des Cactacées renferme 1600 espèces avec le centre de la diversité maximale au Mexique qui abrite 669 espèces (**Neffar, 2012**). Les espèces d'*Opuntia* les plus répandues en Algérie sont : *Opuntia cylindrica*, *Opuntia mieckleyi*, *Opuntia vulgares*, *Opuntia schumanni*, *Opuntia megacantha*, *Opuntia maxima* et *Opuntia ficus indica* (**Arba, 2000**).

- Noms vernaculaires du figuier de barbarie :
- En français : Chardon d'Inde, figue de barbarie, figuier à raquette, figuier d'Inde, opunce, nopal.
- En anglais : Barbary fig, Indian fig, prickly-pear.
- En arabe : Hindia: Indienne, originaire des Indes occidentales. Karmous ennsara : figue des chrétiens, attestant son introduction via l'Europe. Aknari : signifiant les canaries. Teen-hendi amlas.

### I. 3. Origine et description

#### I. 3.1. Origine

*Opuntia ficus indica* est l'une de plusieurs espèces du cactus les plus anciennes domestiquées (**Casas et al, 1997; M. Patrick Griffith, 2004**). Le genre *Opuntia* est originaire des zones tropicales du continent Nord-Américain, en particulier du Mexique où on a retrouvé des graines fossiles datant du septième millénaire avant J-C et indiquant l'utilisation alimentaire de l'espèce à l'époque préhistorique (**Barbera et Inglesse, 1993**). A l'époque précolombienne, cette espèce et d'autres cactacées avaient une importance remarquable pour la survie des populations qui se trouvaient dans les régions comprises entre le sud des Etats-Unis d'Amérique et le Mexique (**Pimienta Barrios, 1990**). L'*Opuntia* a été introduit en Europe vers le seizième siècle par les conquistadors Espagnols, par la suite elle s'est répandue sur tous les continents. Sur le bassin de la méditerranée, elle s'est diffusée rapidement et s'y naturalisée au point de devenir un élément caractéristique de paysage où elle est utilisée comme une plante ornementale, pour la production du fourrage, et surtout la production de fruits exotiques qui sont commercialisés à travers le monde. Elle s'est répandue aussi en

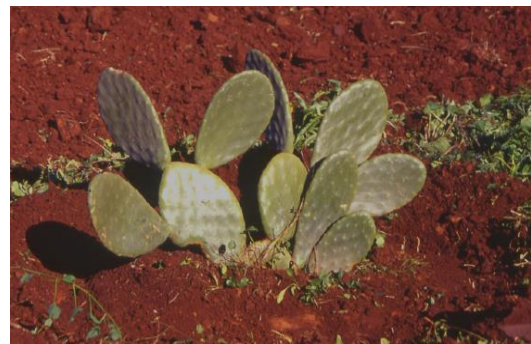


hémisphère sud, notamment en Afrique du sud, à Madagascar et en Australie où elle est considérée comme une mauvaise herbe.

En Algérie les cactus sont utilisés depuis longtemps par les fellahs comme des haies autour de leurs champs. Depuis 1961 une collection importante de cactus a été créée par le service des forêts ainsi que plusieurs places d'essais. Les premières plantations cactus inermes pour le fourrage ont été effectuées à Zériba près de Bouira. La principale collection d'*Opuntia* se trouve au petits Atlas (Bois de Boulogne), la deuxième collection se trouve à la pépinière des forêts et de la DRS à Chebli. Une petite collection se trouve aussi à la ville des bois à Alger. Quant aux places d'essais, il y a une à Ain oussera, la deuxième se trouve à l'arboretum de Benhar à quelques kilomètres d'Ain oussera. La troisième place d'essais qui appartient à l'INRA se trouve à Tadmit (Khouri, 1970).

### I. 3.2. Description

C'est une plante arborescente qui peut atteindre 3 à 5 m de hauteur, elle est toujours verte et qui subsiste un grand nombre d'année. En Algérie, comme pour les autres pays du Maghreb, les espèces de cactus les plus largement répandues sont : *Opuntia ficus indica*, *Opuntia dillenii*, *Opuntia vulgaris* et *Opuntia compress*. Il existe de nombreuses variétés de cactus qui se distinguent en deux groupes : Les cactus inermes : souvent domestiqués et cultivés sur des surfaces limitées. Les cactus épineux ou *Opuntia amyclae* : les plus répandus car ils résistent à la destruction par les animaux. Des rameaux inermes issus de mutations de bourgeons ont été observés sur des pieds épineux de cactus. Il n'est pas rare aussi de trouver des rameaux épineux sur des pieds inermes mais aiguillons plus ou moins rares. Il existe aussi tous les intermédiaires entre forme très épineuse et inermes avec des aiguillons plus ou moins longs et plus ou moins nombreux (poupon, 1975).



**Photo 1** : Variété d'*Opuntia ficus-indica amyclae*( épineuse) à gauche et *inermis* à droite

### I.3.3. Racine

Le Figuier de Barbarie est caractérisé par des racines superficielles et charnues, en expansion horizontale. Dans les milieux fortement arides, à partir des racines principales, se développent des racines secondaires charnues en mesure d'atteindre les couches de sol plus profondes, où elles trouvent plus d'humidité (Nefzaoui et BenSalem, 2002). Malgré cela, dans tous les types de sol, la masse volumineuse des racines absorbantes se retrouve dans les couches les plus superficielles à une profondeur maximum de 30 cm et avec un rayon de développement horizontal qui peut atteindre 8m (Sudzuki Hills, 1995). De courtes précipitations de quelques mm de pluie seulement peuvent être efficacement utilisées par cette plante grâce aux racines superficielles, mais très étendues, qui sont en mesure d'absorber l'eau dans sol quand les niveaux d'humidité sont bas au point d'empêcher la vie de la plupart des espèces cultivées.

Il existe trois mécanismes principaux qui permettent aux *Cactaceae* de tolérer la sécheresse (Sudzuki Hills, 1995):

- En réduisant la surface des racines et la perméabilité à l'eau;
- En absorbant rapidement la faible quantité d'eau tombée lors de pluies éphémères, grâce à la capacité de produire en très peu de temps des racines qui disparaissent une fois que le sol s'assèche;
- En négativisant davantage le potentiel hydrique. Dans ce cas, on peut parler de mécanismes de *drought-resistance*.



**Photo 2 :** Racines d'*Opuntia*



**Photo 3 :** Cladode ou raquette d'*Opuntia*

### I.3.4. Cladodes

Les cladodes ce sont des tiges modifiées en organes aplaties de forme elliptiques ou ovoïdales, charnues et de couleur verte, appelées raquettes, unies les uns les autres, elles

tendent à former des branches. Après la quatrième année de croissance les raquettes de base forment un véritable tronc, et à la place des feuilles ces raquettes assurent la fonction chlorophyllienne d'où elles sont recouvertes d'une cuticule : épiderme épais recouvert de cires, structurées de manière à limiter les pertes d'eau par transpiration. Les stomates sont enfoncés en profondeur, en cas de températures élevées et de forte insolation, ils peuvent rester fermés une grande partie de la journée.

### I.3.5 Feuilles

Elles sont rudimentaires, de formes coniques, éphémères. A l'aisselle des feuilles se trouvent les aréoles qui sont des bourgeons axillaires modifiés, typiques des cactacées. En accompagnement des aréoles se trouvent les glochides qui sont des fines épines de quelques millimètres, de couleur brunâtre, qui sont fortement implanté sur les raquettes. Elles sont toujours présentes y compris les variétés inermes.

### I.3.6 Fleurs

Généralement c'est une fleur solitaire axillaire. Elles prennent naissance en avril et se succèdent jusqu' au mois de juin elles sortent du sommet d'un calice également armé de soies et d'épines, elles sont hermaphrodites, sessiles de couleur jaune .



**Photo 4 :** Fleur d'*Opuntia*



**Photo 5 :** Fleur en floraison

Les jeunes plantations peuvent entrer en floraison à partir de la deuxième ou la troisième année. La durée et la période du cycle dépend de la variété et de la zone géographique. Elle commence au printemps par une initiation des bourgeons végétatifs qui donnent naissance à des raquettes après une année (1 an).

### I.3.7. Fruit et graines

Succède à la fleur, est une baie ovoïde assez semblable à une figue, unicellulaire, à nombreuses grains « polyspermiq ue », de couleur blanche, jaune ou rouge à la maturation.

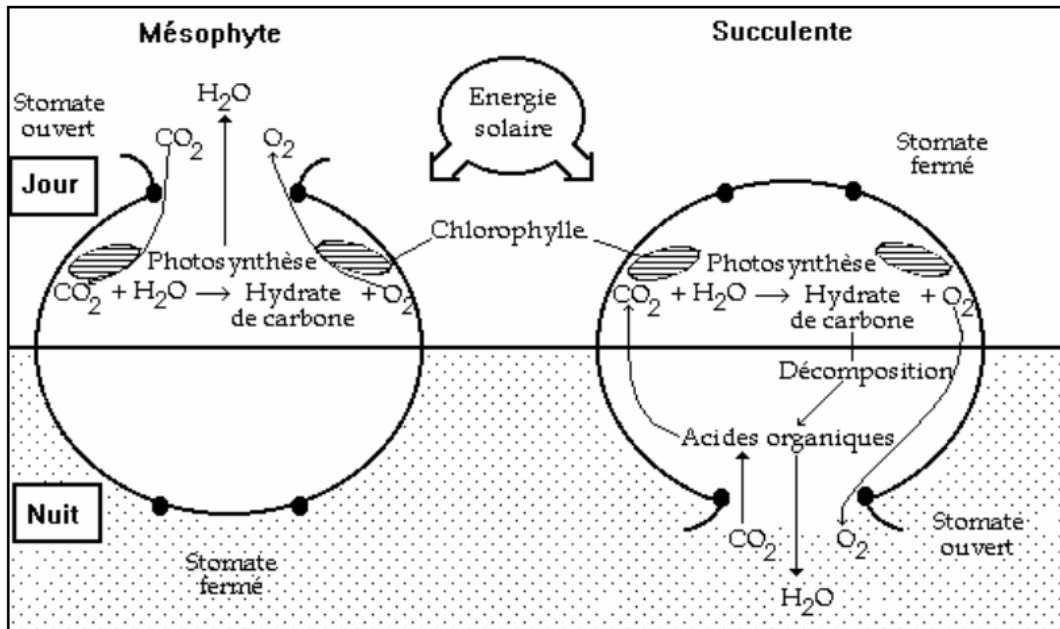


**Photo 6 :** Fruit d'*Opuntia* lenticulaires. Les graines sont revetues d'une tête recouverte d'une couche très dure qui constitue le faux arille dû au fait que le funicule enveloppe l'ovule et lignifie quand la maturation de la graine est terminée. Autour de l'hile, on reconnaît le cordon du funicule, le raphé où naît le strophiole, un tissu constitué par des cellules non lignifiées (**Gallo et Quagliotti, 1989**). La maturation des fruits est généralement estivale ou automnale. Il peut y avoir deux saisons de floraison séparées par la saison sèche, certaines espèces sont très précoces d'autres très tardives.

### I.4. Ecophysiologie du figuier de barbarie

Sur le plan physiologique, l'*Opuntia ficus indica* est une plante de type CAM (Crassulacean Acid Metabolism). Elle a la particularité de fixer le dioxyde de carbone et de libérer l'oxygène pendant la nuit et de fermer ses stomates pendant le jour. Ce dispositif permet une moindre perte d'eau par évapo-transpiration pendant les heures les plus chaudes. La pénétration de l'air par les stomates ouverts s'effectue pendant la nuit, et c'est à ce moment là, que le dioxyde de carbone est fixé dans les tissus de chloroplaste par le phosphoenolpyruvate (PEP), résultant du métabolisme des hydrates de carbone via la glycolyse, pour donner l'oxaloacétate. Cet élément est à son tour transformé en malate pour être stocké dans la vacuole. Pendant le jour, le malate se décompose en pyruvate et libère le dioxyde de carbone et l'eau directement au niveau des tissus chlorophylliens qui s'en servent pour la suite de la photosynthèse selon le cycle de Calvin. C'est une différence fondamentale avec les plantes ordinaires (mésophytes), pour qui la photosynthèse s'effectue le jour à partir du dioxyde de carbone fraîchement importé de l'atmosphère **Sutton et al.(1981) et Leuttge.(1993)**. Traditionnellement, le figuier de Barbarie est multiplié végétativement par

bouturage de raquettes. Les jeunes plantes peuvent entrer en floraison à partir de la 2<sup>ème</sup> ou de la 3<sup>ème</sup> année. La durée et la période du cycle annuel dépendent de la variété et de la zone géographique **Poupon.(1975)**.



**Figure 8 :** Cycle photosynthétique des plantes de type CAM

#### I. 4.1. Exigences écologiques du figuier de barbarie

##### I. 4.1.1. Facteurs édapho-climatiques

Le figuier de barbarie possède une grande adaptation aux conditions les plus hostiles (aridité du climat, salinité des sols, terrains de faible potentiel agricole). Son extension est limitée surtout par les basses températures hivernales, son seuil de tolérance étant de  $-10^{\circ}\text{C}$  **Nerdet al.(1991)**. Le cactus s'accommode mal des sols hydromorphes et asphyxiants. Les sols préférés sont les sols légers, sablonneux à limoneux. Il s'agit de sols légèrement pauvres en matière organique (0.1-1.8%), ayant des pH légèrement acides (5.1- 6.7). Pour plusieurs espèces *Opuntia* le pH du sol est un facteur limitant, mais l'*Opuntia ficus-indica* est rencontré même sur des sols calcaires **Nerdet al.(1991)**.

##### I.4.1.2. Facteurs biotiques

De nombreux parasites et maladies sont rencontrés dans le cactus **Helmuth et al (1997)**.

- La rouille (*Phyllostica opuntiae*): uridinée qui se manifeste par de petites taches de couleur jaune rouille, circulaires, pouvant s'étendre en plaques irrégulières d'un blanc sale ou cendré. Ce sont surtout les cladodes de deux ans qui, une fois attaquées, n'émettent que peu de



cladodes, et finissent par se dessécher : maladie des zones humides, elle est efficacement combattue par des traitements à base de cuivre et l'ablation des raquettes parasitées.

- Le mildiou des cactus (*Phytophthora cactorum* Schr., *P. omnivora* De Bary): les symptômes de la maladie se présentent sous forme de cloques soulevant l'épiderme, d'état chlorotique prononcé et de taches brunâtres qui envahissent les fruits et les raquettes. La sensibilité à la maladie est variable en fonction des variétés.

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

- Les cochenilles: bien que généralement polyphages, certaines espèces de cochenilles sont des parasites spécifiques et inféodées à l'espèce *Opuntia*. Certains cultivars inermes de cactées sont résistants aux cochenilles.

## **1.5. Techniques culturales pour le genre *Opuntia***

### **1.5.1. Choix de l'espèce et du cultivar**

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

### **1.5.2. Implantation**

Les implantations peuvent être réalisées suivant la nature et l'inclinaison du terrain; si l'objectif principal est la défense contre la dégradation et l'érosion du sol, les pratiques les plus utilisées sont ci-après:

- Sans un ordre préétabli, en plantant les boutures dans les endroits les moins sujets au lessivage et principalement dans les dépressions où l'eau de pluie est recueillie en transportant des détritiques; l'implantation, dans ce cas, doit être réalisée en creusant des trous;
- En rangs ou en bandes, le long des courbes de niveau plus ou moins rapprochées suivant la pente; les boutures seront disposées dans des tranchées de 30 cm de profondeur;
- Les rangs ou les bandes de deux ou trois rangs seront espacés en moyenne de 6 à 8 mètres ;

- Les raquettes doivent être orientées transversalement par rapport à la ligne directrice du creusement, de manière à permettre aux futurs plants de se développer librement vers l'extérieur ; on utilise généralement deux raquettes par poquet. Après avoir taillé les raquettes de façon nette au point d'insertion, en les prélevant sur des plantes adultes, après exposition à l'air pendant quelques semaines, pour que la blessure se cicatrise; on les ensevelit à moitié ou aux trois quarts et un peu en oblique pour offrir moins de résistance au vent ; au cours des premières années, il faudra défendre les implantations contre le broutage, pour éviter la destruction des jeunes plantes, car elles sont très appréciées par les animaux (**Inglese, 1995**). Si le but de la plantation est la production de fourrage, on recommande d'intensifier la densité d'implantation. Le concept de fond sur lequel se base la haute densité d'implantation consiste à maximaliser la production de biomasse et à laisser à chaque plante un minimum quantitatif de terre à exploiter.



**Photo 9** : culture en intensive du figuier de barbarie (Souk Ahras avril 2013)

### **I.5.3.** Culture du figuier de barbarie en Algérie

A l'exception des zones sahariennes, le figuier de barbarie est largement représenté dans le paysage rural algérien, en plantations plus ou moins régulières, autour des villages ou en haies limitant les parcelles de cultures ou les vergers. Sa répartition géographique est assez vaste puisqu'on le trouve aussi bien dans les régions côtières que dans les régions continentales. Les espèces *Opuntia* les plus répandues en Algérie, comme pour les autres pays du Maghreb, sont : *Opuntia dillenii*, *Opuntia vulgaris* et *Opuntia compress* *Opuntia cylindrica*, *Opuntia mieckleyi*, *Opuntia vulgaris*, *Opuntia schumanni*, *Opuntia megacantha*, et *Opuntia ficus-indica* (**Arba, 2000**). Les régions dont la culture ne cesse de progresser, notamment au niveau des wilayates de Tissemsilt , de Bordj Bou Arréridj , et plus particulièrement encore celles de Tébessa et de Souk Ahras où des zones céréalières

marginales ont été reconverties en cette culture qui rapporterait quelques 600 000 à 900 000 DA par hectare . Le figuier de barbarie fournit :

- un fruit de haute valeur énergétique, de rendement dépassant les 15 tonnes à l'hectare se vendant au détail 10DA pièce,
- des raquettes qui servent de fourrage particulièrement en période de disette.
- IL constitue aussi :
- Une haie de protection (haie traditionnelle)
- Une véritable bache d'eau autour des habitations (la protection contre les incendies)
- Un élément d'aménagement dans les régions steppiques.



**Photo 10 :**Valorisation des terres marginales( HCDS, 2010)

#### **I.5.4. Importance agro –économique du figuier de barbarie**

L'adaptation du figuier de barbarie aux conditions désertiques et semi-désertiques lui permet de constituer une culture à intérêts écologiques et socio-économiques indéniables. En effet, il constitue un bouclier contre la désertification et l'érosion des sols. Il est également cultivé pour la régénération des sols. Il ne demande pas de pratiques culturales spécialisées ni d'apport de fertilisants. Mais malgré ses attraits naturels, peu d'intérêt a été accordé à cette espèce jusqu'aux années 70. Avec le développement des marchés des fruits exotiques dans plusieurs pays, les efforts se sont multipliés pour en faire une culture industrielle, soit en tant que culture fourragère, soit en tant que culture maraichère. La production de fruits reste cependant l'aspect le plus recherché et le plus développé (**Hamdi,1997**).



### I.5.5. Utilisation des fruits

Les fruits du figuier de barbarie sont plus au moins gros (30 à 150 g), bacciformes ou piriformes (4-9 cm), verdâtres et deviennent jaune à rouge à maturité, à pulpe molle juteuse, sucrée, contenant dans un mucilage de nombreuses petites graines. Ils sont en général consommés frais, très rafraichissants et nutritifs. Ils se caractérisent par rapport aux autres fruits par un pH relativement élevé (pH. 5.6). La totalité des sucres présents dans le fruit est constituée de glucose et de fructose dans un rapport de 18:1. Ce rapport est considéré comme une spécificité de la figue de barbarie si on le compare à celui des autres fruits (rapport de 1 :18 dans les oranges par exemple). La teneur totale en acides aminés libres (257 mg/100g) est largement supérieure à la teneur moyenne des autres fruits à l'exception des raisins de table et des agrumes qui contiennent une teneur identique (Askar et al.,1981 et Stinzinger et al., 2001). Les graines du fruit donnent une huile comestible qui présente un haut degré d'insaturation, avec un taux important d'acide linoléique et un faible taux d'acide linoléique. L'huile appartient à la même catégorie que les huiles de graines de soja, de maïs et de tournesol (Sepúlveda et Sáenz, 1988), utilisé dans la filière cosmétique et pharmaceutique.

Récemment, dans certains pays (Italie, Mexique, Chili...), le fruit est conditionné industriellement et stabilisé par différentes méthodes (froid, séchage, chaleur) ou transformé en jus, miel (miel de tuna), boissons alcoolisées, confiture, colorant alimentaire (pourpre de barbarie) (Mohamed et al., 1996).

## II. Le potentiel alimentaire de *l'Opuntia ficus indica* :

### II.1. Utilisation zootechnique :

L'utilisation de *l'Opuntia ficus indica* comme fourrage présente de nombreux avantages, car elle est largement répandue; elle se développe rapidement, c'est une culture économique, appétible et elle peut également supporter de longues périodes de sécheresse (Shoop et al., 1977). Ces caractéristiques en font un fourrage important dans l'intégration de l'alimentation animale, en particulier durant la saison sèche ou quand les autres aliments sont peu disponibles. Tant les raquettes que les fruits peuvent être utilisés comme fourrage, à l'état frais ou conservés sous forme d'ensilés (Castronovo et al.,1977). Il existe depuis longtemps de vastes zones de culture d'*Opuntia* en Algérie, au Maroc, au Mexique au Brésil et en Tunisie, où elle est utilisée en tant que fourrage de réserve, durant les périodes de sécheresse prolongée.

Dans de nombreuses régions caractérisées par un climat aride ou semi-aride (Maroc, Algérie, Tunisie, Mexique, Sud du Texas et Afrique du Sud), les éleveurs utilisent largement

l'*Opuntia* comme fourrage d'urgence, en livrant au broutage tant les plantes cultivées que les plantes spontanées, de manière à contraster les périodes de sécheresse fréquentes, qui pourraient avoir des conséquences désastreuses (Le Houèrou, 1992 b; Nefzaoui *et al.*, 2000 a) et à limiter la pression sur la végétation naturelle.

L'*Opuntia* est un aliment pour les animaux incomplet et mal équilibré, mais d'autre part, il représente une source précieuse d'énergie et d'eau. Les raquettes ont un faible taux en protéines brutes, en fibres, en phosphore et en sodium (Le Houérou, 1992b; Nefzaoui, 2000), mais si cette plante est associée à d'autres fourrages, en mesure de compenser ces carences, on peut obtenir des régimes bien équilibrés. Le contenu en eau par rapport au poids frais est en moyenne autour de 90%, (Tableau. 1). Le contenu en cendres est proche de 20% du poids sec. Les protéines brutes prennent souvent des valeurs inférieures à 5%, mais dans certains cas, on peut atteindre des valeurs de 10% sur le poids sec. En effet, on a vu que les fumures à base d'azote et de phosphore peuvent augmenter le contenu en protéines brutes des raquettes d'*Opuntia* de 45 à 10% du poids sec (Gonzales, 1989 ; Gregory et Felker 1992) ont trouvé des clones d'*Opuntia* en provenance du Brésil, dont le contenu en protéines brutes, dépassait 11% du poids sec. La possibilité de déterminer, à travers la sélection et l'hybridation, un cultivar contenant plus de protéines, pourrait favoriser les régions dans lesquelles l'utilisation de fertilisants est un facteur limitant. L'insuffisance en protéines peut être résolue à travers des ajouts ou des intégrations appropriées avec d'autres fourrages (Ben Salem *et al.*, 2002).

Les animaux parviennent à ingérer de grandes quantités de raquettes. Dans le cas des bovins de la race Jersey, alimentés avec du fourrage d'*Opuntia* intégré avec 1kg/jour de concentrés, ils peuvent consommer 51 kg/jour de raquettes à l'état frais (Woodward *et al.*, 1951).

**Tableau 1 : composition chimique moyenne de raquettes D'*Opuntia***

	MS (%)	Composition chimique (en% de MS)							
		Cendres	Protéines brutes	Fibres Brutes	ENF	P	Ca	K	Na
Moyenne	13,48	27,41	3,84	8,55	58,16	0,04	8,66	1,09	0,05
Minimum	8,95	23,11	1,90	7,39	52,60	0,02	7,56	0,43	0,001
Maximum	21,48	33,70	7,51	10,60	63,79	0,07	10,62	1,92	0,17
Ecart-type	4,50	3,77	1,84	1,03	4,02	0,02	1,09	0,45	0,05

Dans d'autres cas, des bovins élevés exclusivement avec des raquettes peuvent ingérer 60 kg/j de cet aliment (Metral, 1965). Viana (1965) cite des ingestions de 77 kg/j pour des élevages bovins, tandis que Monjauze et Le Houérou. (1965) citent des niveaux d'ingestion qui vont de 2,5 à 9 kg/jour de raquettes fraîches, dans le cas des moutons. L'ingestion d'*Opuntia* est directement liée à la quantité d'eau contenue dans les raquettes, c'est à dire que plus le contenu en eau est important, plus elle est appétible. L'utilisation de raquettes dans l'alimentation des moutons a des effets laxatifs, causés par le passage trop rapide dans l'intestin. Ces effets sont plus évidents quand la quantité de raquettes présentes dans le régime représente plus de 60% du total, mais peuvent être réduits, lorsqu'on enrichit la ration alimentaire, avec de la paille et du foin, qui apportent de grandes quantités de fibres.

Les moutons élevés avec de la paille peuvent ingérer plus de 600 g (poids sec) de raquettes sans manifester aucun problème de digestion (Nefzaoui et al., 1993). On a observé qu'en mélangeant le son de céréales, un aliment pauvre, et de la mélasse, l'appétibilité des aliments augmente (Preston et Leng, 1987). Il est probable qu'on obtienne le même effet avec les raquettes, puisque leur grand contenu en hydrates de carbone exerce la même fonction que la mélasse. Le contenu énergétique des raquettes varie de 3.500 à 4.000 kcal/kg de MS et la moitié seulement de cette énergie, principalement fournie par les hydrates de carbone, est utilisée par les animaux (De Kock, 1983; Ben Thlija, 1987). En Afrique du Nord, une région caractérisée par un climat aride ou semi-aride, généralement les résidus des céréales et le pâturage naturel ne suffisent pas pour satisfaire les exigences alimentaires des petits ruminants élevés pour la production de viande. Intégrer l'alimentation avec les raquettes peut être une solution valable, durable du point de vue économique. En effet, quand le régime des moutons est enrichi avec des raquettes, le poids corporel peut augmenter jusqu'à 145g/jour (Tien et al., 1993). Dans le cas d'élevages de chèvres alimentées avec du foin de luzerne et des Figuiers de Barbarie, la production de lait peut augmenter de 436 g/jour (Azocar et al., 1991). Quand les raquettes sont associées à d'autres fourrages riches en protéines, elles peuvent remplacer de façon valable les grains de céréales (Ben Salem et al, 1998) ou l'ensilage de maïs (Metral, 1965), sans aucune incidence négative sur l'augmentation du poids journalier des ovins adultes et des agneaux. Si les moutons sont nourris suivant des régimes contenant des quantités toujours supérieures d'*Opuntia*, on a observé que leur appétibilité ainsi que la quantité ingérée de fourrage qui y est associé augmentent. Les raquettes du Figuier de Barbarie sont facilement digestibles. On a observé que leur digestibilité, dans le cas des élevages ovins, est semblable à celle des fourrages les plus communs. Quoi qu'il en soit, 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 (Ben Salem *et al.*, 1996). Au contraire, 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 .



**Photo11** ::Alimentation de chevre à base

d'Opuntia (**Maroc**)



**Photo 12** : Alimentation de brebis à

d'Opuntia (**Mexique**)

**Tableau 2:** Effet de cactus inerme (*Opuntia ficus-indica* var. *inermis*) sur l'ingestion, la digestibilité de la ration alimentaire totale et la consommation d'eau par des moutons nourris à base de paille (Adaptée de Ben Salem *et al.*, 1996).

	Taux de cactus inerme (g MS / jour) dans la ration				
	0	150	300	450	600
MS ingérée (g / jour)					
Paille	550c	574bc	523c	643ab	716e
Cactus + paille	550e	724d	823c	1093e	127e
MS ingérée (g / kg M0.75jour)					
Paille	43,6b	42,2bc	37,7c	44,8b	54,7e
Cactus + paille	43,6e	53,3d	596c	76,3b	97,6e
Digestibilité					
matière organique (MO)	0,453b	0,504ab	0,543e	0,577e	0,587e
Protéines brutes (CP)	0,495c	0,550bc	0,537bc	0,585a	0,643e
Cellulose brute (FC)	0,525	0,508	0,534	0,523	0,468
Fibres au détergent neutre (NDF)	0,5045	0,495	0,483	0,523	0,506
Fibres au détergent acide (ADF)	0,524	0,473	0,473	0,522	0,484

Digestible MO et les apports en CP (les exigences d'entretien%)					
DOMI	93	123	158	193	212
DCPI	52	52	64	93	111
La consommation quotidienne d'eau potable (litres)	2,42a	1,49b	1,49b	0,1c	0c

*a,b,c,d,e les moyennes à la même ligne avec des lettres différentes sont statistiquement différentes ( $P < 0,05$ ).*

**Tableau 3 :** Effet de cactus inerme (*Opuntia ficus-indica* var. *inermis*) sur l'ingestion, la digestibilité de la ration alimentaire totale et la consommation d'eau par des moutons nourris à base de paille (Adaptée de Ben Salem *et al.*, 1996).

Niveau de paille	300			600		
	g/jour			g/jour		
	US*	ATS*	UTS*	US*	ATS*	UTS*
Ingestion ms (g)						
Opuntia	445	447	425	432	462	439
Paille	254	242	249	494	466	486
Digestibilité des rations (%)						
Matière organique	67,9	64,0	63,3	66,5	69,8	72,6
Protéines brutes	41,1	48,0	43,3	45,9	61,0	77,1
Fibres brutes	37,5	30,5	29,2	46,5	49,2	52,7
Azote assimilé	-02	-0,2	-0,6	0,8	2,8	3,9

\*US: paille non traitée; ATS: paille traitée avec de l'ammoniaque; UTS: paille traitée avec de l'urée.

### II.1.1 Utilisation des cactus comme fourrage :

Le cactus est considéré comme une réserve fourragère sur pied ; il peut constituer un appoint alimentaire pour les périodes de transition en été et en automne et lors des années de sécheresse (Shoop *et al.*, 1977). En effet, sa production en matière sèche varie de 12 à 16 tonnes/ha en fonction des régions. En terrain irrigué, cette production peut atteindre 30 tonnes/ha ce qui fait du cactus l'espèce la plus productive des zones arides : 1,37kg/m<sup>2</sup>/an pour le cactus et 0,71kg/m<sup>2</sup>/an en moyenne pour d'autres espèces (De Cortazar *et al.*, 1992). Une fertilisation azotée et phosphorique améliore sa valeur nutritive et sa productivité en biomasse (Gonzalez, 1989). Cependant ce fourrage est pauvre en protéines et en lipides. Il présente un rapport calcium/phosphore élevé et il est riche en glucides, en eau et en vitamines.

Il a ainsi une valeur fourragère moyenne de 0.6 à 0.8 UF\*/kg de MS de raquettes (Russel, 1985).

### **I.1.2. Autre utilisation zooteknique :**

Augmentation de l'ingestion par les animaux et une meilleure utilisation peut être obtenue par hachage des raquettes.

Les raquettes de cactus peuvent être séchées sur toute surface appropriée, puis blanchi. La fourniture de la farine de cactus peut donc être stocké pour une utilisation pendant les sécheresses et / ou de compléter de nouvelles plaquettes de cactus pour augmenter l'ingestion de matière sèche.

#### **- A. Ensilage**

Un bon ensilage peut être fait de raquettes de cactus associé avec de la paille d'avoine, la luzerne ou de tout autre fourrage grossier sec. Lorsque cladodes porte ses fruits sont utilisés pour l'ensilage, l'ajout de mélasse n'est pas nécessaire. L'ensilage est alors créé et utilisé de manière conventionnelle.

Les Fruits d'*Opuntia* et raquettes - même les types épineux - peut être transformé en ensilage, et complété avec des aliments riche en protéines (comme l'urée) et un supplément minéral de phosphore et de sodium ( farine d'os, de sel et de chaux), ce qui peut soutenir la production laitière dans les zones arides et semi-arides, durant les périodes de sécheresse.

#### **- B. Alimentation complémentaire**

En cas d'urgence, où rien d'autre n'est disponible, les raquettes de cactus peuvent être nourris seul dans n'importe quelle forme, les moutons et les bovins peuvent survivre pendant plusieurs mois. Une expérience a été menée sur des moutons, alimentés pendant 500 jours avec les raquettes de cactus seul ont survécus.

Pour une utilisation optimale, les raquettes de cactus devraient être complétées par une source protéique l'urée ou l'*Atriplex*.

#### **- C. Les raquettes source de mucilage:**

La famille des cactacées est caractérisée par sa production de mucilage qui est un hydrate de carbone complexe, faisant partie de la fibre diététique. C'est un composant possédant d'excellentes perspectives comme additif pour l'industrie alimentaire, et également pour d'autres usages industriels. Le mucilage pur, obtenu à partir des raquettes est un produit intéressant pour les usages alimentaires, Le mucilage est un polysaccharide contient une structure moléculaire pouvant aller jusqu'à 30.000 sucres différents. L'analyse texturale a prouvé que le mucilage du figuier de barbarie pourrait avoir un effet protecteur



**D. Effet laxatif :**

L'ingestion de grande quantité de cactus peut avoir un effet laxatif sévère. Cette action laxative n'est pas un symptôme de la maladie et n'a aucun effet préjudiciable sur la santé de l'animal. C'est le résultat d'un passage rapide à travers le système digestif. L'effet laxatif peut être limitée par l'adjonction d'un aliment grossier de type fourrage et de paille.

**E. Relation à l'eau :** *O. ficus-indica* a d'autres adaptations qui conduisent à la conservation de l'eau. Par exemple, la cuticule circulaire est relativement épais, généralement de 5 à 30 $\mu$ m (Conde, 1975; Pimienta-Barrios et al., 1992, 1993; Nord et al., 1995). Cela permet d'éviter la perte d'eau des plantes pour l'environnement. En outre, la fréquence des stomates est faible pour opuntias, généralement de 20 à 30 par millimètre carré (Conde, 1975; Pimienta-Barrios et al., 1992). La partie de la surface de la tige vers la surface de la vapeur d'eau se déplacer stockage qui agit comme un réservoir d'eau pour le parenchyme chlorophyllien, où l'initiale de CO<sub>2</sub> Fixation de nuit via CAM et de la photosynthèse pendant la journée ont lieu. Par exemple, lors d'une sécheresse qui dure trois mois, le parenchyme chlorophyllien dans les tiges des *O. ficus-indica* diminue en épaisseur de 13%, tandis que l'eau diminue l'épaisseur du parenchyme de stockage de 50%, indiquant une plus grande perte en eau à partir du tissu derniers (Goldstein et al., 1991). Comme une autre adaptation, les racines de *O. ficus-indica* ont tendance à être peu profond, avec des profondeurs moyenne près de 15 cm, pour faciliter une réponse rapide à des pluies légères. Par exemple, il peut former de nouvelles racines dans les 24 heures de mouillage d'un sol sec (Kausch, 1965). Son eau différente stratégies de conservation et donc un besoin pour un système de petite racine: en effet, les racines composent environ 12% seulement de la biomasse végétale totale pour *O. ficus-indica* (Nobel, 1988). La sécheresse, qui commence physiologiquement lorsque les plantes ne peuvent plus prendre l'eau du sol (parce que le potentiel hydrique du sol est alors inférieur au potentiel de l'eau des plantes), conduit à une diminution de la capacité des tiges à absorber du CO<sub>2</sub> de l'atmosphère (figure 2A). Peu de changements dans nettes de CO<sub>2</sub> la capacité d'absorption se produit durant la première semaine de la sécheresse pour *O. ficus-indica*, Reflétant stockage de l'eau dans la tige et l'exigence foncièrement faible de l'eau pour CAM. Aussi, la cuticule cireuse et la fréquence stomatique faible permettre à 20% de la maximale nette de CO<sub>2</sub> l'absorption d'être présente même un mois après que les plantes sont dans des conditions de sécheresse (figure 2A). Après la première semaine de la sécheresse, les émissions nettes de CO<sub>2</sub> l'absorption sur les moyennes du mois prochain environ la moitié de la valeur maximale (figure 2A), après environ deux mois, un petit quotidien net de CO<sub>2</sub> sinistre, que la respiration

devient plus grand que la photosynthèse nette, tandis que la plupart des plantes C4 et C3 commencent à avoir une perte nette de CO<sub>2</sub> dans la semaine suivant le début de la sécheresse. Ainsi, les émissions nettes de CO<sub>2</sub> capacité d'absorption O. ficus-indica et de certaines autres plantes CAM est extrêmement bien adaptée aux zones arides et semi-arides. Néanmoins, l'eau du sol est le principal facteur limitant pour les émissions nettes de CO<sub>2</sub> absorption par les O. ficus-indica Dans ces régions, où l'irrigation mai ne pas être économiquement faisable.

Figure 2. Influence de la longueur de la sécheresse (A), nuit (température B), et de la lumière (C) sur les émissions nettes de CO<sub>2</sub> l'absorption sur des périodes de 24 heures pour les O. ficus-indica. Sauf indication contraire, les plantes ont été bien arrosés, maintenus à des températures nocturnes près de 15 ° C, et avait un PPF d'environ 25 mol / m<sup>2</sup>/ incident journée sur les surfaces cladode

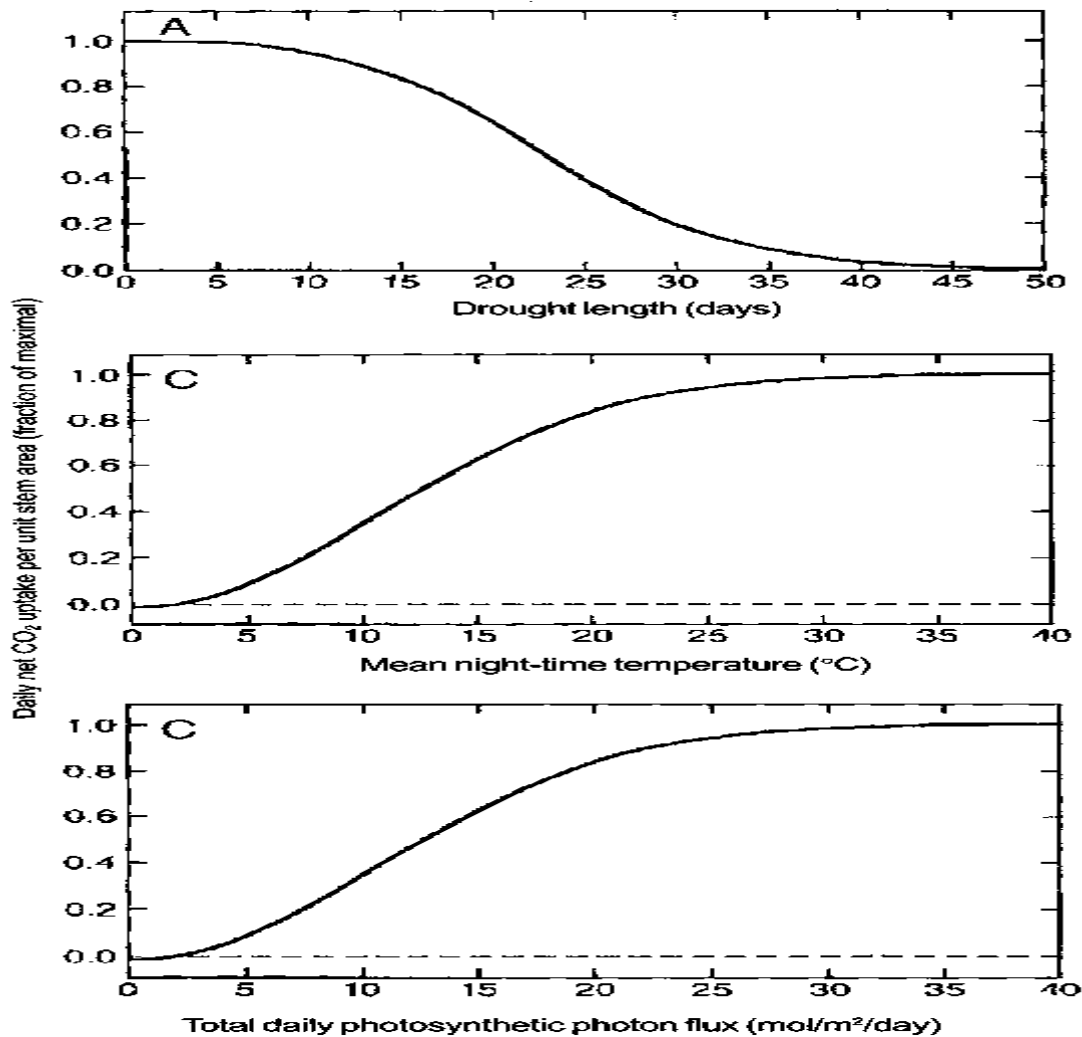


Figure13 : totale photosynthétique



**F. cladode comme un réservoir d'eau**

Anatomiquement, l'usine dispose d'un pseudo-tronc opuntia succulentes articulé, avec raquettes dont la teneur en eau en fonction de l'âge. Cladodes plus jeunes ont le plus haut taux d'humidité, avec des valeurs moyennes de 90,8, 89,1 et 83,4% pour les jeunes, matures et cladodes âgés, respectivement (Flores et al., 1995). Minéraux montrent une tendance similaire, avec N, P, K, Mn, Zn et Na diminue, et Mg augmente, en raquettes anciennes de *O. amyclaea* Tenore (Lopez et al., 1988). Cladodes jeunes sont plus acceptables en raison de leur faible teneur en fibres.

Cladode forme a évolué pour stocker le maximum d'eau avec une perte minimale (Nobel, 1994). Une coupe transversale de cet organe montre que le tissu le plus interne est spongieuse, avec de grandes cellules adaptées à stocker l'eau. Pendant la sécheresse, l'eau est préférentiellement perdu de l'eau-parenchyme de stockage plutôt que du parenchyme chlorophyllien photosynthétiques (Nerd et Nobel, 1991). Le parenchyme chlorophyllien est également protégée par une couche épidermique de cire qui limite les pertes d'eau. *Opuntia* est un Crassulacean acid metabolism (CAM) de l'usine (Gibson et Nobel, 1986), associé à des fonctionnalités intégrées pour économiser l'eau au cours du processus de photosynthèse, y compris, entre autres, nocturnes ouverture des stomates pour le CO<sub>2</sub> d'admission.

**G.Effet de l'alimentation du cactus sur la fermentation ruminale**

L'effet d'offre de cactus sans épines sur la digestion de la paille de blé a été étudié dans le rumen des moutons canulés. Animaux ont reçu la paille de blé ad libitum, avec divers degrés de cactus (0, 150, 300, 450 ou 600 g MS / jour). Lorsque le niveau de cactus dans l'alimentation des moutons a augmenté, la consommation des aliments fibreux, des acides gras volatils du rumen de concentration, nombre de protozoaires dans le rumen et de la concentration d'ammoniac dans le rumen augmenté, tandis que la consommation d'eau, de l'activité cellulolytiques rumen et de l'acide acétique dans le rumen / acide propionique diminué (Ben Salem et al., 1996).

**H.Digestibilité**

Cladodes Opuntia sont hautement digestibles. In vivo des valeurs moyennes obtenues avec des moutons varie de 60 à 65%, 60 à 70%, 35 à 70% et de 40 à 50%, pour les SM, OM, CP et des FC, respectivement. Ces coefficients sont semblables à ceux observés avec les cultures communes fourrage. Depuis opuntia ne doit pas être utilisé seul pour nourrir les animaux, la digestibilité est calculé par différence, en supposant aucune interaction entre les composants du régime alimentaire.

La principale différence entre les cactus et autres plantes fourragères sont dégradable des éléments nutritifs dans le rumen. Tandis que les cultures fourragères dégradable potentielle dans le rumen est souvent atteint après 48 heures, les éléments nutritifs cactus sont rapidement dégradés (entre 6 et 12 heures), donc on peut supposer qu'aucun d'extraction des éléments nutritifs importants fonctionne après 24 heures (Ben Thlija, 1987) .

Selon Shoop et al. (1977), 80% de la digestion totale de Grande-opuntia Plains (*O. polyacantha*) Sont survenus pendant les 16 premières heures d'une période de 48 heures d'incubation, alors que seulement 73% et 71% de la digestion totale pour les pellets de foin et du foin de luzerne, respectivement, se sont produits pendant les 16 premières heures.

## II. Partie expérimentale

### II.1 Objectifs

L'objectif principal de l'étude consiste à explorer le potentiel de l'*Opuntia* sur le plan alimentaire et zootechnique. Pour confirmer ce potentiel une caractérisation physicochimique de la cladode inerte jeune de la région de MGHILA (Wilaya de Tiaret) en vue de son incorporation dans différents régimes alimentaires a été menée afin de montrer si la cladode d'*Opuntia* permet d'améliorer la digestibilité d'un régime à base de paille : c'est le deuxième objectif.

### II.2. Matériels et méthodes :

#### II.2.1. Monographie de la région

La commune de Meghila se situe dans la wilaya de Tiaret à 60 km du chef-lieu. De coordonnées géographiques 35° 35' 47" nord, 1° 24' 49" est. Sa population est 3062 habitants. ce qui a permis à cette zone, d'être dans le passé, un grand couloir d'élevage .



Figure 14 : Localisation de la commune dans la wilaya de Tiaret.

### II.3. Matériels

#### II.3.1. Matériel végétal

Dans cette présente étude 3 matières premières ont été analysées en vue de leurs incorporations dans différentes rations de la brebis à l'entretien. Il s'agit de :

- La cladode d'*Opuntia ficus indica* inermis d'1 an d'âge.
- La paille d'orge.
- L'orge en grains.

Les cladodes d'*Opuntia ficus indica*, inermis proviennent de la région de MEGHILA (wilaya de Tiaret), prélevés le 31/01/2019 selon le schéma en Z. Les autres matières premières à savoir : orge en grain, et paille d'orge sont des produits de la ferme privée de Monsieur SOUDANI.

#### II.3.2. Matériel animal

Six brebis, de race Rumbi, d'âge moyen, compris entre 4 et 6 ans, d'un poids moyen de  $37 \text{ kg} \pm 2$ , indemne de pathologie parasitaire, d'état corporel de 2, et placées dans des stalles : c'est une salle compartimentée en box où sont logées les brebis destinées à l'expérimentation réparties en 3 lots, chaque lot comprend 2 brebis. Le précédent régime a été de la paille de blé tendre associée à un complément d'orge en grains.

### II.4. Méthodes

#### II.4.1. Analyses végétales

##### II.4.1.1. Mesures physiques des cladodes

Les cladodes prélevés aléatoirement ont été préalablement mesurés afin de connaître leurs biométries à savoir : la longueur, la largeur, l'épaisseur et le poids frais, permettant une identification de leurs caractères physiques, comme l'indique la photo 1



**Figure 15** : mesures physiques des cladodes

A : longueur

B : largeur

C : épaisseur

D : poids

### II.4.1.2. Analyses physico chimiques des échantillons

L'analyse des constituants de chaque matière première a été faite selon les méthodes conventionnelles :

La teneur en eau a été déterminée par dessiccation des échantillons, jusqu'à obtention d'un poids constant.

Le taux de fibres brutes a été déterminé selon la méthode de Weende.

L'azote total, selon la méthode de Kjeldhal.

Ces analyses ont été effectuées selon les normes (AFNOR Paris, 1985) et établies par l'INRA. Pour chaque échantillon, 2 répétitions ont été réalisées, les résultats sont rapportés par rapport à la MS en pourcentage.

### II.4.1.3. Teneur en matière sèche (MS)

La teneur en MS a été déterminée à partir d'une prise d'essai de 10 grammes, après un séjour de 24 heures à l'étuve à  $103^{\circ} \pm 2^{\circ} \text{C}$ , jusqu'à obtention d'un poids constant.

En pesant l'échantillon de matériaux frais  $P_1$  avant de le placer pendant 24 heures dans une étuve chauffée à  $103^{\circ}\text{C}$ . Par ce processus, l'eau contenue dans l'aliment s'évapore et il ne reste que la matière sèche. L'échantillon est ensuite à nouveau pesé pour obtenir le poids de la matière sèche  $P_2$ . Le degré de l'humidité est la différence entre le premier et le deuxième poids (Chesworth, Guerin, 1996).

Les résultats sont exprimés par la formule suivante :

$$TE = \frac{(P_1 - P_2)}{P_1} \times 100$$

$P_1$  : masse initiale en grammes, de la prise d'essai

$P_2$  : masse, en grammes de la prise d'essai sèche.

### II.4.1.4. Détermination des cendres (MM) et de la matière organique (MO)

La teneur en cendres, a été déterminée à partir d'une prise d'essai de 1 gramme de matière sèche, par calcination dans un four à moufle pendant 8 heures à  $550^{\circ} \text{C}$ . La teneur en matière organique est le complément à 100 de la teneur en cendres.

Expression des résultats

$$\% MM = \frac{(P_3 - P_2)}{P_2} \times 100$$

$MO = MS - MM$

$P_1$  : la tare des creusets.

$P_2$  : masse initiale en grammes, de la prise d'essai.

$P_3$  : masse, en grammes de la prise d'essai et des creusets après calcination.

#### II.4.1.5. Détermination de cellulose brute (CB)

La teneur en (CB) des aliments a été déterminée par la méthode conventionnelle de Weende. Les matières cellulosiques constituent le résidu organique obtenue après deux hydrolyses successives : l'une en milieu acide, l'autre en milieu alcalin. Le résidu est lavé, séché, pesé et calciné à 550°C. La perte de poids résultant de la calcination correspond à la cellulose brute de la prise d'essai.

Les résultats sont exprimés par la formule suivante :

$$CB(\%) = \frac{P_1 - P_2}{\text{poids sec de l'échantillon}} \times 100$$

Ou :

$P_1$  : Poids à l'étuvage correspond au poids de la cellulose brute sèche en gramme avant calcination.

$P_2$  : Poids après calcination correspond au poids des cendres de la cellulose brute.

#### II.4.1.6. Détermination de la matière azotée totale (MAT)

L'azote total est dosé par la méthode de KJELDAHL : minéralisation du produit par l'acide sulfurique en présence d'un catalyseur ; l'azote organique est transformé en azote ammoniacal ; on déplace l'ammoniac par la soude et dosage après l'avoir reçu dans une solution d'acide borique. (Lecoq, 1965) .La teneur en matière azotée totale est obtenue en multipliant la teneur en azote totale par le coefficient d'analyse qui est pour les fourrages de 6.25.

#### Expression des résultats :

$$NT : \% \text{ azote total} = \frac{mlHCl \times NHCl \times 1.4007}{p}$$

N : normalité

6,25 : coefficient de conversion de Kjeldahl

#### II.4.2. Déroulement de l'expérimentation

Un essai est mené au niveau de la bergerie de la ferme privée appartenant à Mr Soudani durant une période allant du 10 avril 2019 au 30 avril 2019.

Il s'est déroulé en deux étapes : une étape d'adaptation à l'aliment expérimental (14 jours) et une étape de mesure (6 jours).



L'expérimentation a porté sur 3 lots constitués chacun de 2 brebis, de poids moyens (37kg de poids vif), âge moyen compris entre 4 à 6 ans, et d'un état corporel de 1,5 à 2, alimentées selon 3 types de régimes prédéterminés.

- Régime 1 : (témoin) paille d'orge + orge en grains
- Régime 2 : paille + Opuntia (decoupées en petits morceaux)
- Régime 3 : Opuntia seulement

Ce schéma comprend ;

- ✓ Le calcul des quantités distribuées et ingérées aux environs de l'entretien
- ✓ La digestibilité in vivo de la matière sèche, matière organique et matière azotée totale de chaque régime

#### I.4.3.Lots et types de ration :

La consommation journalière des régimes est évaluée par mesure du distribué et du refus



Lot 1 Photo 16 : régime 1 (paille + orge)



Lot 2 photo 17 : régime 2 (paille + *Opuntia*)



Lot 3 Photo 18: régime 4 (*Opuntia* seulement)

#### **II.4.4. Conditions générales nécessaires à la validité des mesures**

##### **II.4.4.1. Période d'adaptation ou pré expérimentale :**

C'est une période d'adaptation au régime d'une durée suffisante (8 jours), mais pouvant être portée dans certains cas à 2 ou 3 semaines. Cammel. (1977) et Wainman (1977) en cas de changement important de régimes, de fourrages de mauvaises qualité, ou d'introduction d'un nouvel aliment.

Et cela pour deux raisons :

- la flore du rumen doit être adaptée à l'alimentation étudiée, bien que cette adaptation semble être très rapide (5 jours) dans le cas d'animaux alimentés au niveau de l'entretien (Potter et Dehoryti, 1973) ;
- la composition des fèces doit correspondre uniquement au régime étudié.

##### **II.4.4.2. période expérimentale**

L'excrétion fécale discontinue, responsable des erreurs dites de début et de fin de période, et les différences de capacité digestive d'un animal à l'autre, obligent à effectuer la mesure durant un minimum de jours (variant de 5 à 14 jours suivant les auteurs et le plus souvent de 10 jours). Sur un nombre minimum d'animaux (variant de 3 à 8 suivant les auteurs et le plus souvent de 4 animaux). En fait ces nombres sont différents, suivant le type d'aliment étudié, le mode d'alimentation (en quantité limité ou à volonté) et surtout la précision recherchée pour la mesure. Cette précision dépend, bien sur, à la fois du nombre de jours et du nombre d'animaux.

Les mangeoires sont remplies chaque jour avec l'aliment pesé. Le reste de la raquette gaspillée, hors de la mangeoire est remis dans la mangeoire, si elle est exempte de toute souillure.

La 1<sup>ère</sup> collecte a eu lieu le lendemain matin, la dernière, le 7<sup>ème</sup> jour le matin toujours à la même heure.

Dans notre cas les conditions générales nécessaires à la validité des mesures sont respectées. Les crottes sont introduites en totalité dans un sac en plastique identifié pour chaque lot d'animaux. Les crottes récupérées chaque jour, sont ajoutées, dans le même sac de fèces collectées les jours précédents. A la fin de la période de récolte, la totalité est pesée. La matière sèche de l'aliment et des fèces est déterminée par étuvage ; alors que celle de la matière organique se fait par calcination en utilisant un four à 550° C pendant 5 heures (voir annexe 2).



### II.4.4.3 Mesure de la digestibilité

La digestibilité est l'aptitude d'un aliment à être dégradé à travers le tube digestif d'un animal. Elle représente la quantité digérée d'un aliment donné. Elle est en fait, appréciée par différence entre la quantité de nutriment ingérée (poids total aliment ingéré x concentrations de ce nutriment dans l'aliment) et la quantité de nutriment excrétée dans les fèces qui échappe à la digestion (poids total des fèces excrété x les concentrations de ce nutriment dans les fèces) pendant une période déterminée, dans notre expérimentation : 6 jours.

Pour chaque nutriment, nous avons calculé la quantité ingérée I et excrétée E sachant que :

$E = (\text{concentration en nutriment dans les fèces en g/kg de MS}) \times (\text{quantités totales des fèces excrété en g de MS})$

$I = (\text{concentration en nutriment dans l'aliment en g/kg de MS}) \times (\text{quantités totales d'aliment ingéré en g de MS})$ .

La digestibilité apparente d'un aliment est exprimée par un coefficient :

$CUDA (\%) \text{ ou } D = (I - E) / I \times 100$

La digestibilité a été évaluée par le coefficient d'utilisation digestive apparente (CUDA), dénommé usuellement, par le terme digestibilité (D) d'un nutriment. Il correspond à la proportion de cette quantité de nutriment digérée sur la quantité ingérée. Pour réaliser cette mesure, les brebis sont placées dans des stalles soit 3 stalles .

### II.4.4.4. Enregistrement

Au niveau de chaque stalle sont notées les observations utiles journalières et individuelles à savoir :

- La date.
- La quantité d'aliment distribuée en (g) : représente la quantité d'aliment versée dans la mangeoire chaque matin.
- La consommation quotidienne (g) : distribuée – refusée
- L'entretien des animaux et l'hygiène des stalles étaient assurés par les étudiantes
- La pesée des crottes quotidiennes, par animal et par poids frais. (voir annexe 3)

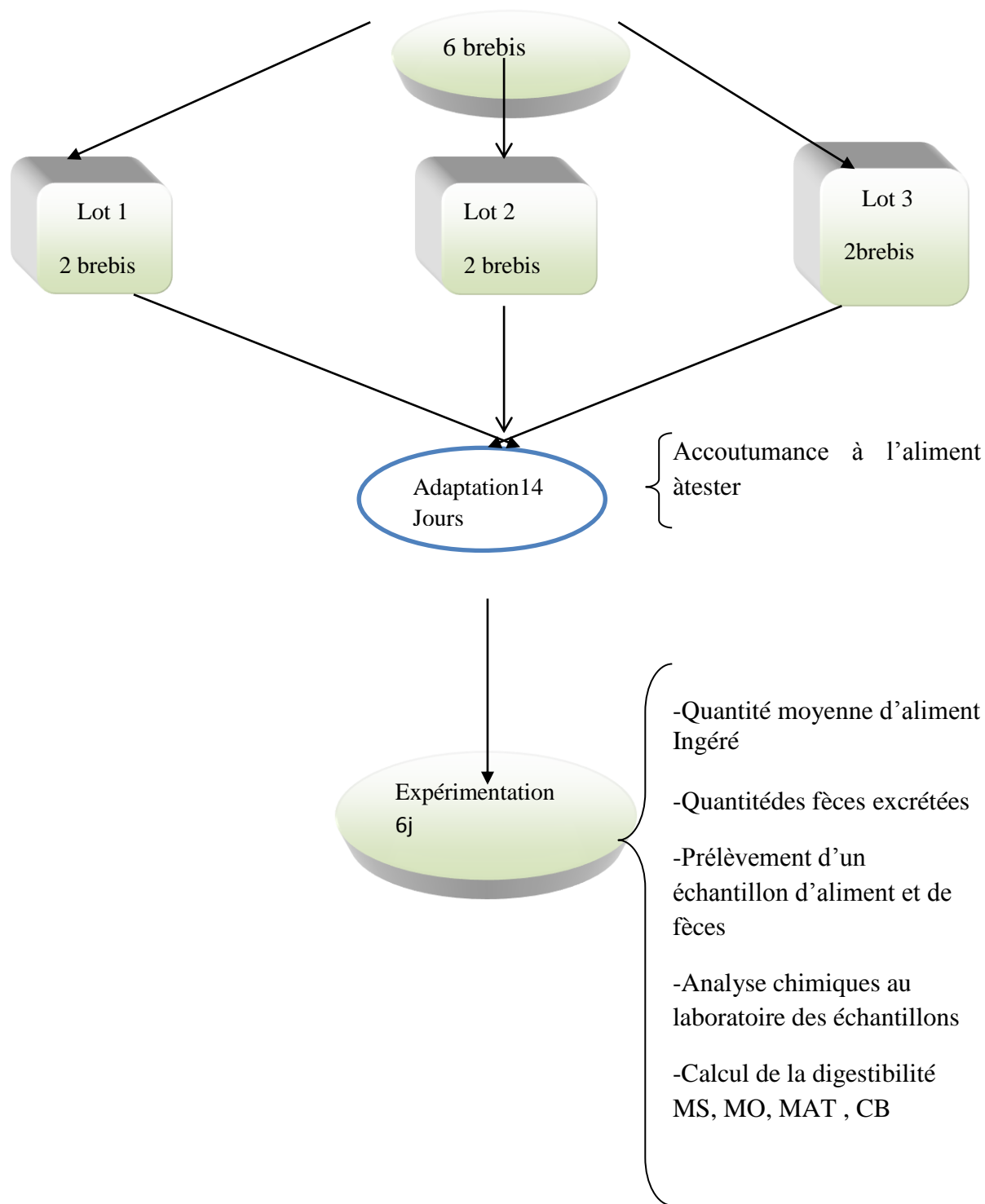


Figure 19 : Protocole expérimental

## II.5 Résultats et discussion

## II.5.1. Analyses chimiques des différents constituants des aliments n=2 :

**Tableau4:** Analyses chimiques de la cladode d'*Opuntia ficus indicainermis*

Cladode (%)	N1	N2	moyenne
MS	7,12	5.82	6.47
MAT	2.98	3.18	3.08
MO	76,32	78,08	77.2
CB	10.92	9.08	10
MM	23,68	21,92	22.8

*NB: L'analyse de la MAT s'est effectuée au laboratoire de l'INSID (KSAR CHELLALA)*

**Tableau5:** Analyses chimiques de l'orge en grains

Orge (%)	N1	N2	moyenne
MS	91,97	93,69	92.83
MAT	10,42	9,72	10.07
MO	96,31	96,28	96,29
CB	6,56	5,98	6.27
MM	3,69	3,72	3,7

**Tableau6:** Analyses chimiques de la paille d'orge

Paille d'orge (%)	N1	N2	moyenne
MS	93,75	94,05	93.9
MAT	2,48	2,71	2.59
MO	92,95	93,55	93.25
CB	43,17	47,12	45.14
MM	7,05	6,45	6.75

**Tableau7:** Composition chimique des matières premières en (%) de MS

	<i>Opuntia</i>	Paille d'orge	Orge en grains
MS	6.47	93.9	92.83
MO	77.2	93.25	96,29
CB	10	45.14	6.27
MAT	3.08	2.59	10.07

*NB : Chaque valeur est la moyenne de 2 observations*

### II.5.2. Discussion composition chimique des aliments

La composition chimique montre que le cladode d'*Opuntia* est riche en eau. Cette proportion d'eau du cactus peut atteindre les 90% (Felker, 1995), (Nefzaoui et Bensalem, 2001), (Tegege, 2001). Aussi sur le plan physiologique, l'*Opuntia ficus indica* est une plante de type CAM (*Crassulacean Acid Metabolism*). Elle a la particularité de fixer le dioxyde de carbone, de libérer l'oxygène pendant la nuit, et de fermer ses stomates pendant le jour. Ce dispositif permet une moindre perte d'eau par évapotranspiration pendant les heures les plus chaudes. D'autant plus, les constituants pariétaux, sont formés de pectines qui ont un rôle important dans les propriétés physico-chimiques de la paroi cellulaire des végétaux, notamment dans la rétention de l'eau (Cun et Lescards, 1993). Des expériences ont montré que les ovins, gardés en enclos, peuvent survivre plus de 500 jours sans eau, s'ils ont quotidiennement accès à des quantités suffisantes de cactus (Araba et al.2000). En revanche, lorsque le taux d'incorporation dépasse les 60%, l'utilisation de la raquette dans l'alimentation des moutons a un effet laxatif causé par le passage trop rapide dans l'intestin selon Nefzaoui et al(1993).

Le taux de MAT est faiblement à modérément élevé : ce taux est de l'ordre de 3 à 6%, selon (Nefzaoui et Bensalem 2001). Il peut atteindre, selon Gregory et Felker (1992), plus de 11% de teneur en protéines dans différentes classes d'âge : il s'agit du clone (1270, cv IE. Palma Redonda). Les travaux de Caballero-Mellado (1990) et Mascarua-Esparza et al. (1988), ont inoculé des racines de cactus avec les bactéries fixatrices d'azote *Azospirillum* sp ; ont observé, une augmentation du contenu en protéine des raquettes, soit une augmentation de 63% d'azote dans la racine, d'autant plus *Azospirillum* inhibe la pourriture des raquettes causés par *Erwinia* sp lors des plantations.

Ce taux est influencé par de nombreux facteurs tels que le type de sols, l'âge de la plante, la composition botanique. Il répond à la même variation d'un fourrage cultivé. La

teneur azotée varie dans le sens contraire du cycle de végétation d'une plante que ce soit pour une graminée ou pour une légumineuse. Il varie d'un stade à l'autre de la même plante, et diminue avec l'âge quand la teneur en parois augmente. (Jarrige, 1988).

La paille est riche en paroi : un taux de CB de l'ordre de 45%. C'est un aliment de lest. Les pailles, bien récoltées, peuvent remplacer une partie du foin. Elle n'apporte pas de nutriments à la population microbienne pour qu'ils aient une activité normale

D'une manière générale, les grains de céréales et de légumineuses possèdent un taux riche à moyennement riche en MAT et les légumineuses sont plus riches que les graminées. En revanche les grains de céréales sont plus riches en énergie que les légumineuses.

**Tableau 8:** Quantité distribuée et ingérée de MS (g/animal/ jour). Composition chimique par régime.

Aliment distribué	Régime 1(P+O)	Régime 2 (p+Op)	Régime 3 (Op)
Paille	939	939	-
Orge	464.15	-	-
Opuntia		258.8	325.5
Total MS distribuée	1403.15	260.29	325.5
Ration ingérée	Régime 1(P+O)	Régime 2 (p+Op)	Régime 3 (Op)
Paille	563.4	751.2	
Orge	464.15		
Opuntia		258.8	325.5
Total MS ingérée	1027.55	1010	325.5
MO	972.3	900.28	251.28
CB	283.41	364.97	32.55
MAT	61	27.42	10.02

### II.5.2.3 Discussion ingestibilité

L'ingéré de la MS entre le régime 1 témoin, et le régime 2, est sensiblement égal, suivi par l'ingéré du régime 3. L'ingéré de la paille du régime 2 est plus importante par rapport au régime 1, (Bensalem et al, 1996) indique que l'association (Opuntia- paille) augmente l'ingéré de la paille. Nos résultats sont en concordance avec ceux de Bensalem.

L'observation constatée, l'animal délaisse la paille difficilement dégradable et oriente son ingestion vers l'*Opuntia* appétible.

### II.5.3. Résultats analyses chimiques de la matière fécale des différents régimes en % de MS

Tableau 9 : Résultats analyses chimiques de la matière fécale des différents régimes en % de MS

	Régime 1	Régime 2	Régime 3
MS	35	30	20
MO	87	79	75
CB	34	29	5
MAT	2.9	1.85	1.75
MM	13	21	25

Tableau 10: Quantité de la matière fécale par régime en kg brut et en kg de MS

lot Jours	Régime 1	Régime 2	Régime 3
<b>1</b>	954	3173	1309
<b>2</b>	1395	2016	1363
<b>3</b>	1965	3994	1414
<b>4</b>	1813	2794	1388
<b>5</b>	1532	2386	1345
<b>6</b>	1450	2658	1360
<b>Total brut</b>	9109	17021	8179
<b>Total MS</b>	3188	5106	1635
<b>MoyFsec/brebis</b>	1594	2553	817.5
<b>MoyFsec/brebis/j</b>	265	425	136
<b>MoyFMO /brebis/j</b>	230	336	102
<b>Moy FCB/brebis /j</b>	90	123	6.8
<b>MoyFMAT/bbrebis/j</b>	7.6	7.8	2.3

### Détermination de la digestibilité in vivo des différents régimes

La digestibilité in vivo de la D(MS), la D(MO), D(CB), D(MAT) est calculée après la détermination de la MS des fèces (l'excrété sec) et de l'aliment (MS élevage).

**Tableau11** : digestibilité des régimes en % comparée à la digestibilité de la paille seule selon les normes de l' (INRA, 1988)

Digestibilité	Régime 1	Régime 2	Régime 3
D(MS) régime	74	58	58
D (MS paille)	51	51	51
D (MO)régime	76	62	59
D (MO paille)	45	45	45
D(CB) régime	68	66	79
D (CB paille)	54	54	54
D(MAT)régime	87	71	77
D(MAT (paille)	85	85	85

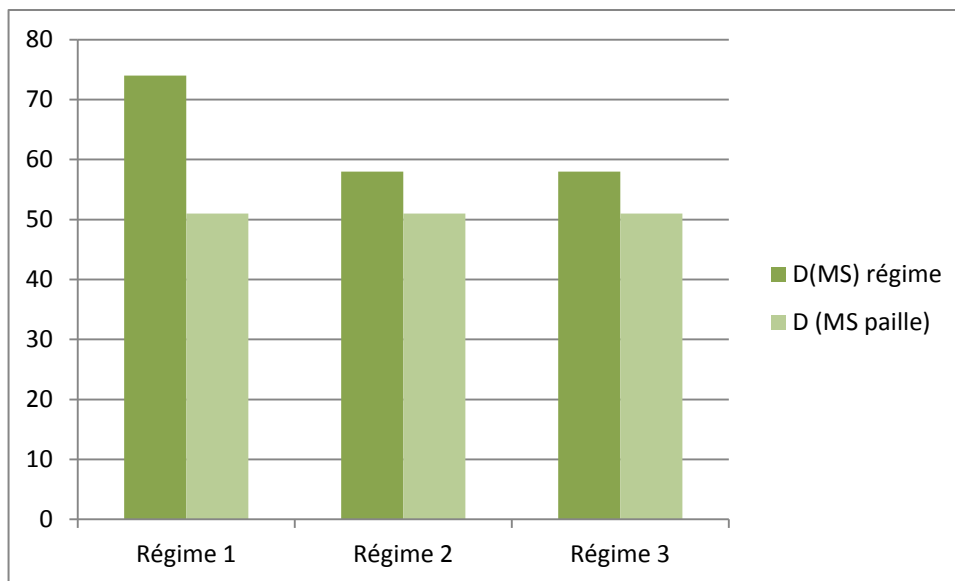
## II.6 .Discussion digestibilité des régimes

### II.6.1.Détermination de la digestibilité de la MS

D'après les résultats obtenus, nous constatons que la D (MS) des différents régimes, s'est améliorée, quelque soit le régime .Le régime1 (témoin), qui a reçu une ration classique pour l'espèce ovine, montre une D (MS),) supérieure à celle des régimes 2 et 3 (paille +Opuntia) et (Opuntia seule).

Ce régime 1, ration classique de l'espèce ovine, révèle une bonne digestibilité de ses différents constituants. En effet Jarrige (1988) rapporte, que l'adjonction d'aliments concentrés dans une ration, améliore la digestibilité de cette ration. Comparativement à des régimes à base de paille seule, la D (MS) de R1, R2 et R3, a augmenté de 23,et7 points respectivement par rapport à la digestibilité paille seule. Par conséquent, l'apport de l'Opuntia a amélioré la D (MS), notamment du régime 2. Les travaux de Degu et solomon (2009) en Ethiopie et d'Abidi et al (2009) en Tunisie ont retrouvé une digestibilité in vivo d'un régime à base d'Opuntia et de paille de céréales, de l'ordre de 60 à 65 % pour la MS. Nos résultats se rapprochent aux auteurs suscités.





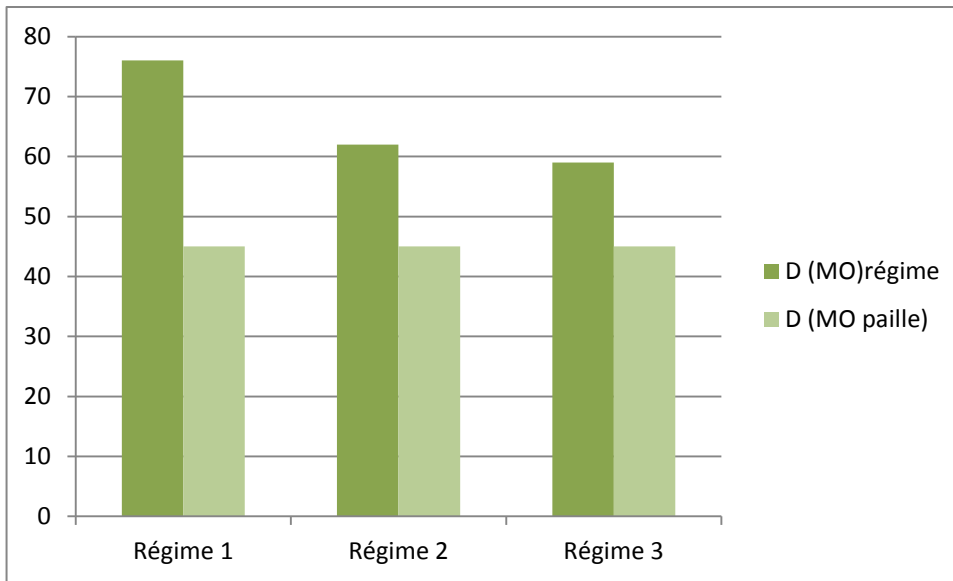
**Figure 20 : digestibilité MS du régime comparé à la paille**

### II.6.2.. Détermination de la digestibilité de la MO

De la même manière que la MS, la D(MO) du régime 2 (paille +Opuntia), s'est nettement améliorée 62 %, contre une digestibilité de la matière organique de 45% pour un régime à paille seule (INRA, 1988) soit une augmentation de 17 points.

Les travaux de Chehma et al. (2003) ont retrouvé une D(MO) in vivo de la paille d'orge de l'ordre de 53.46% soit, une augmentation de 9 points.

En revanche , les travaux de (H. Yakhlef, S. Triki, 2007) montrent que la digestibilité in vivo de la (DMO), a atteint une valeur de 54,4% et 62,4% pour la paille traitée en balles ou préalablement hachée contre 48,3% pour la paille non traitée. De même, les travaux de Degu et solomon. (2009) en Ethiopie et de Abidi et al (2009) en Tunisie ont retrouvé une digestibilité in vivo d'un régime à base d'*Opuntia* et de paille de céréales, de l'ordre de 60 à 70% pour la MO. Nos résultats sont en conformité avec les auteurs suscités.

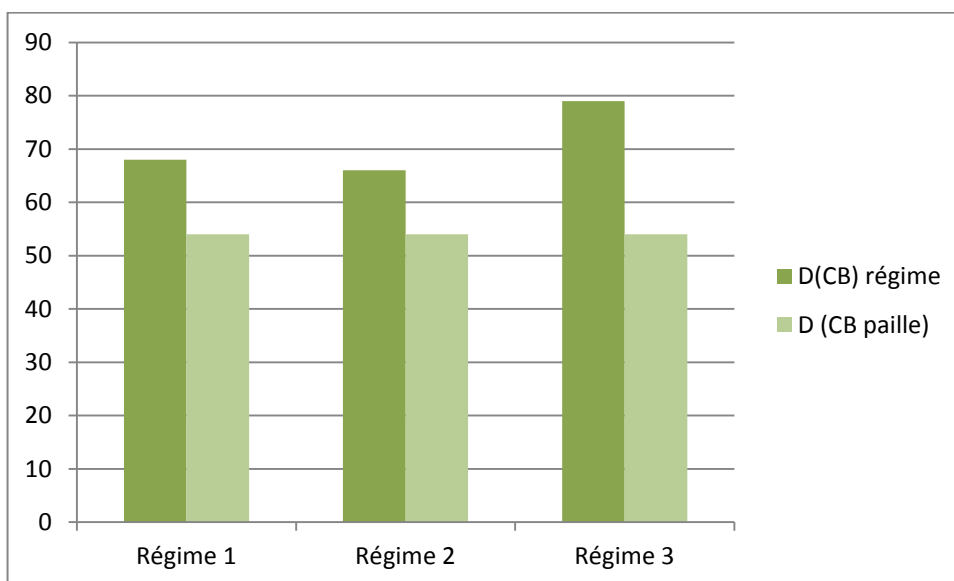


**Figure 21 : digestibilité MS du régime et de la paille**

**II.6.3 Détermination de la digestibilité de la CB**

Le taux apprécie de la D(CB) du régime 2, peut s’expliquer par l’augmentation du niveau d’ingestion de l’Opuntia. dans la ration .

Les travaux de Degu et Solomon. (2009) en Ethiopie et de Abidi et al (2009) en Tunisie ont retrouvé une digestibilité in vivo, d’un régime à base d’Opuntia et de paille de céréales, de l’ordre de 40% à 50 % pour la CB. Nos résultats sont supérieurs à ceux retrouvé par les auteurs cela est probablement dûà des protocoles expérimentaux différents et que la paille utilisée en Ethiopie est très différente à celle utilisée par les pays du Maghreb .



**Figure 22 : digestibilité CB du régime et la paille.**

### II.6.4. Détermination de la digestibilité de la MAT

La D (MAT), nous constatons, toujours que le régime 1 enregistre une D (MAT) la plus importante comparativement aux régimes 2 et 3. L'augmentation de la D(MAT) des régimes 1, et 3 peut s'expliquer par une meilleure disponibilité de l'énergie apportée par l'orge en grain pour le régime 1, et que l'orge en grain est un aliment concentré, nous connaissons que l'apport des concentrés améliore la digestibilité. D'une manière globale, Nobel. (1988) et Nefzaoui et al. (1996) ont montré, un régime à base de paille et d'Opuntia, la digestibilité in vivo est de l'ordre 35 à 70% pour la D(MAT). Nos résultats sont dans l'intervalle 70 – 87%.

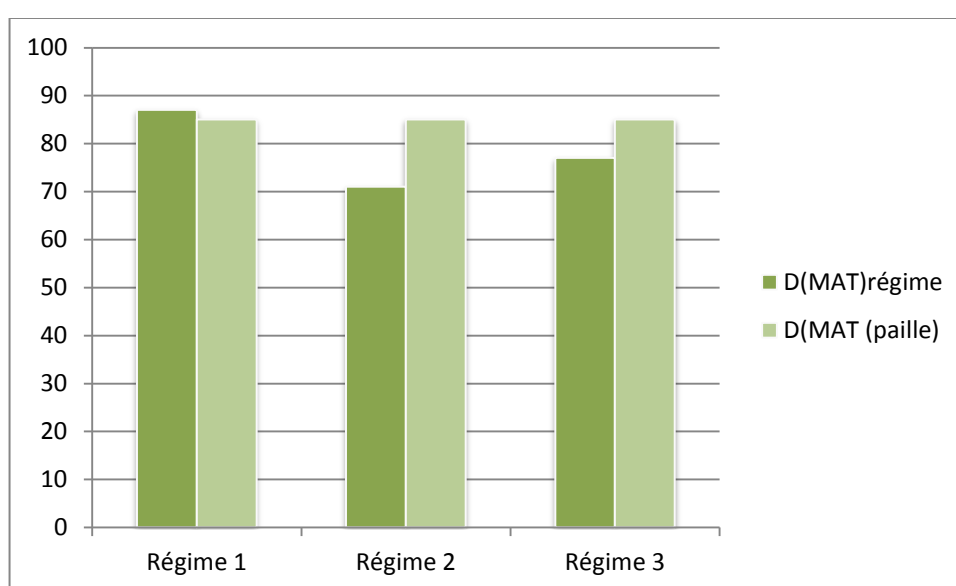


Figure 23 : digestibilités MAT du régime et paille

### II.6.5. Résultats et discussions potentiel de l'Opuntia

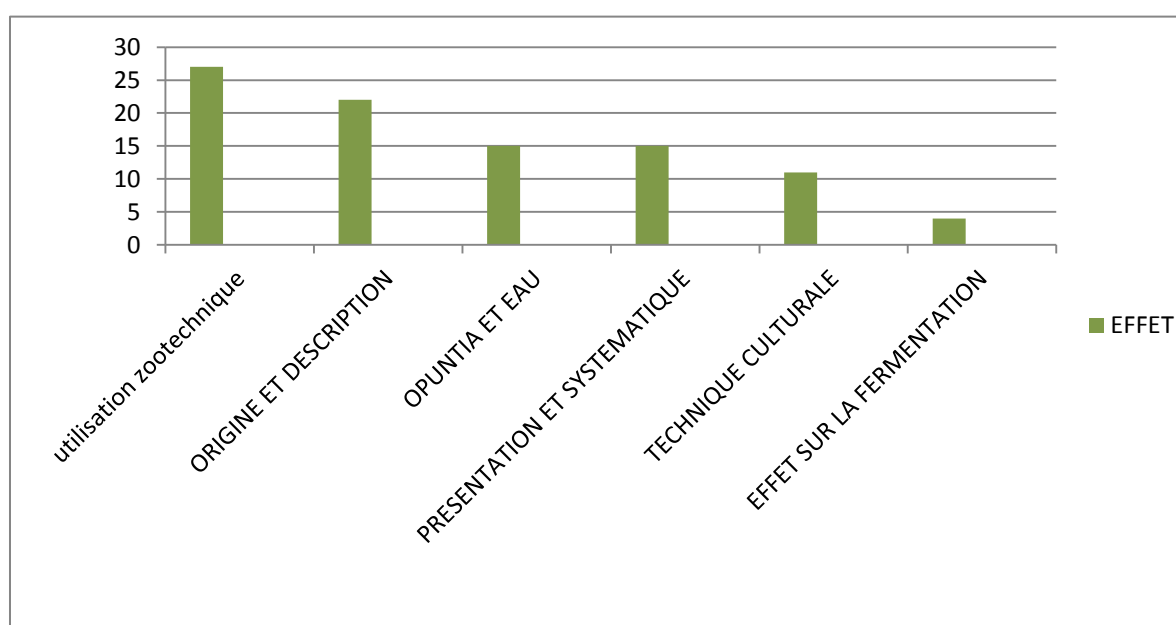
Tableau 12 : Effets étudiés et nombre d'auteurs

Effets de l' <i>Opuntia ficus indica</i>	Auteurs	nombre
Présentation de l' <i>Opuntia ficus indica</i>	(selon Scheinvar , 1995), Monjauze et Lehouerou, 1965), (Fournier, 1954). (Habibi, 2004). (Neffar, 2012).	6
Systematique	(Scheinvar, 1995). (Quezel et Santa, 1962) , (Mugnier, 2000) , (Shuman.2000) , ( Mathiole.1570) ( Miller 1768), ). (Neffar, 2012). (Arba, 2000).	9

Origine et description	(Casas et al, 1997; M. Patrick Griffith ,2004). (Barbera et Inglesse , 1993). (Pimienta Barrios ,1990). (Khoury, 1970). (poupon, 1975). (Nefzaoui et BenSalem, 2002). (Sudzuki Hills, 1995). (Gallo et Quagliotti, 1989). Sutton et al.(1981) et Leuttge.(1993),	14
Ecophysiologie du figuier de barbarie	Nerdet al.(1991). Helmuth et al (1997).	2
Techniques culturales pour le genre <i>Opuntia</i>	(Inglese, 1995). (Arba, 2000). (Hamdi,1997). (Askar et al.,1981 et Stinzing et al., 2001). (Sepúlveda et Sáenz, 1988), (Mohamed et al., 1996).	8
Utilisation zootechnique	(Shoop et al., 1977). (Castral et al.,1977). (Le Houèrou, 1992 b; Nefzaoui et al., 2000 a) (Gonzales, 1989 ; Gregory et Felker 1992) (Ben Salem et al., 2002). (Woodward et al., 1951). (Metral, 1965). (Preston et Leng, 1987). (De Kock, 1983; Ben Thlija, 1987). (Tien et al., 1993). jour (Azocar et al., 1991). (Metral, 1965), (Adaptée de Ben Salem et al.,1996). (De cortazar et al., 1992). (Russel, 1985).	20
Relation de l'eau	(Conde, 1975; Pimienta-Barrios et al., 1992, 1993; Nord et al., 1995) . (Goldstein et al., 1991). (Kausch, 1965). (Nobel, 1988).	6
Le cladode comme un réservoir d'eau	(Flores et al., 1995). (Lopez et al., 1988). (Nobel, 1994). (Nerd et Nobel, 1991). (Gibson et Nobel, 1986)	5
Effet de l'alimentation du cactus sur la fermentation ruminale	(Ben Salem et al., 1996).	1
Digestibilité	(Ben Thlija, 1987) Shoop et al. (1977),	2
Total	73	73

**Tableau 13: synthèse des différents effets de l'Opuntia en pourcentage**

Rang	Effets	%
1	Utilisation zootechnique et alimentaire	27
2	Origine et description et écophysiologie	22
3	Opuntia et l'eau	15
3	Présentation et Systématique	15
4	Technique culturale	11
6	Effets sur la fermentation ruminale et la digestibilité	4
Total		100%

**FIGURE 24** : graphe synthèse des différents effets de l'Opuntia en pourcentage

Il en ressort du tableau de synthèse 27% des auteurs cités prônent les avantages zootechniques avec l'utilisation de l'*Opuntia ficus indica* comme fourrage et présente de nombreux avantages, car il développe rapidement, c'est une culture économique, appétible et qui peut également supporter de longues périodes de sécheresse. C'est un aliment pour les animaux incomplet et mal équilibré, mais il représente une source précieuse d'énergie et d'eau. Les raquettes ont un faible taux en protéines brutes, en fibres, en phosphore et en sodium. Les ovins élevés avec de la paille peuvent ingérer plus de 600 g (poids sec) de raquettes sans manifester aucun problème de digestion. Mais l'ingestion de grande quantité de cactus peut

avoir un effet laxatif cet effet laxatif peut être limitée par l'adjonction d'un aliment grossier de type fourrage et de paille.

22% des auteurs ont étudiés l'aspect origine , description et écophysiologie en montrant que genre opuntia est originaire du Mexique puis introduit en Europe vers le seizième siècle par les conquistadors Espagnole, par la suite il s'est répandue sur tous les continents. Sur le bassin de la méditerranée, il s'est diffusée rapidement au point de devenir un élément caractéristique de paysage . Sur le plan physiologique, l'*Opuntia ficus-indica* est une plante de type CAM (Crassulacean Acid Metabolism qui permet une moindre perte d'eau par évapo-transpiration pendant les heures les plus chaudes.

15% des auteurs ce sont intéressé à la capacité de l'eau de l'Opuntia Une coupe transversale de la cladode montre que le tissu le plus interne est spongieuse, avec de grandes cellules adaptées à stocker l'eau. Pendant la sécheresse, l'eau est préférentiellement perdue de l'eau-parenchyme de stockage plutôt que du parenchyme chlorophyllien photosynthétiques et que ce e parenchyme chlorophyllien est protégée par une couche épidermique de cire qui limite les pertes d'eau.

Concernant la taxonomie et les caractéristiques généraux de l'Opuntia ; 15% des auteurs montrent la difficulté à aborder la systématique et ce pour un certain nombre de raisons: leurs phénotypes, qui sont très variables selon les conditions écologiques, leur polyploidie, avec un grand nombre de populations qui se reproduisent sexuellement et par voie végétative, et l'existence de nombreux hybrides,

Les techniques cultrurales sont simples , les implantations peuvent être réalisées suivant la nature et l'inclinaison du terrain; si l'objectif principal est la défense contre la dégradation et l'érosion du sol.

Quant à la fermentation ruminale et la digestibilité 4% des auteurs affirment lorsque le niveau de cactus dans l'alimentation des ovins augmente, la consommation des aliments fibreux, les acides gras volatils du rumen et la concentration et le nombre de protozoaires dans le rumen ainsi que la concentration d'ammoniac dans le rumen augmente, tandis que la consommation d'eau, l'activité cellulolytique rumen et le rapport acide acétique / acide propénoïque diminue. En conclusion ce n'est que cette dernière décennie que cette espèce a connu un regain d'intérêts en Algérie.





### Conclusion

Au terme de cette étude, nous pouvons affirmer que la teneur de cladode en matière sèche est faible connaît une augmentation avec l'âge de la cladode. Les jeunes cladodes sont riches en eau, avec une moyenne de 93 %. Les résultats de la composition chimique obtenus montrent une forte teneur en cendres (MM), de l'ordre de 23%. Les teneurs enregistrées en MAT des cladodes indiquent que le figuier de barbarie présente une faible teneur en MAT, elle est de 2.92 % ; ce taux est corrélé avec le taux de la matière sèche et la nature des sols où se développe le végétal. L'ingéré de la MS entre le régime 1 témoin, et le régime 2, est sensiblement égal, suivi par l'ingéré du régime 3. L'ingéré de la paille du régime 2 est plus important par rapport au régime 1. Les résultats obtenus, de la D (MS) des différents régimes, s'est améliorée, quelque soit le régime. Le régime 1 (témoin), qui a reçu une ration classique pour l'espèce ovine, montre une D (MS,) supérieure à celle des régimes 2 et 3 (paille +Opuntia) et (Opuntia seule). La D (MS) de R1, R2 et R3, a augmenté de 23, 7 et 7 points respectivement par rapport à la digestibilité paille seule. De la même manière que la MS, la D(MO) du régime 2 (paille +Opuntia), s'est nettement améliorée 62 %, contre une digestibilité de la matière organique de 45% pour un régime à paille seule soit une augmentation de 17 points. La D(CB) du régime 2, peut s'expliquer par l'augmentation du niveau d'ingestion de l'Opuntia. Dans la ration. L'augmentation de la D(MAT) des régimes 1, peut s'expliquer par une meilleure disponibilité de l'énergie apportée par l'orge en grain pour le régime 1, et que l'orge en grain aliment concentré, améliorent la digestibilité. Tous ces résultats présentés ont été menés sur stalles et non sur cages de digestibilité.

Quant aux résultats de la synthèse bibliographique 27% des auteurs consultés et cités prônent les avantages zootechniques et alimentaires avec l'utilisation de l'*Opuntia ficus indica* comme fourrage. 22% des auteurs ont étudiés l'aspect origine, et écophysiologie en montrant que genre *Opuntia* est originaire du Mexique puis il s'est répandue sur tous les continents. Sur le plan physiologique, l'*Opuntia ficus indica* est une plante de type CAM (Crassulacean Acid Metabolism qui permet une moindre perte d'eau par évapo-transpiration pendant les heures les plus chaudes.

En dernier nous proposons quelques perspectives de recherche, dans l'option de développement durable d'une région semi-aride en préconisant :

- Le développement des bios ressources phytogénétiques locales et leur vulgarisation

- La fabrication des aliments pour animaux à partir de ces bios ressources dans l'objectif de diminuer les coûts à la production et surtout pour éviter les risques en matière de santé animale et de santé publique.

## Référence bibliographique

---

- 1: Abidi S, Ben Salema H, Vastab V, Priolob A 2009.** Supplementation with barley or spineless cactus (*Opuntia ficus indica* f.inermis) cladodes on digestion, growth and intramuscular fatty acid composition in sheep and goats , in small ruminant research.
- 2: Araba A., Collado M., Boutouba A., Sahnoun A., 2009.** Nouveau aliment pour les ruminants à base de fruit de cactus. [http// : www.vulgarisation.net](http://www.vulgarisation.net).
- 3 Araba A., El aich., Sarti B., 2000.** Valorisation du figuier de barbarie en élevage. [http// : www.vulgarisation.net](http://www.vulgarisation.net).
- 4 Araba M.,2000.** Les Opuntias à fruits comestibles dans certaines régions du Maroc. Dans IIème journée nationale sur la culture du cactus. 2000. El Kelaa Des raghna - Maroc.
- 5 Askar, A., El-Samahy., S.K., 1981. Dtsch. Lebensm. - Run dsch., 1981, 77 (8), 279 - 281.**
- 6 Azocar P.C., Rojo H.C., 1991.** Uso de cladodios de tuna (*Opuntia ficus-indica*) como suplemento forrageros estival de cabras en lactancia en reemplazo de heno de alfalfa. Avances en Produccion Animal, 16: 173-182.
- 7 Ben Salem H., Nefzaoui H. et Abdouli Orskov ER., 1996.** Effet de l'augmentation du niveau de cactus (*Opuntia ficus indica* var. Inermis) sur l'ingestion et la digestion par les moutons donné les régimes à base de paille. Anim. Sci., 62: 293-299.
- 8 Ben Salem H., Nefzaoui A., Ben Salem L., 1998.** Fodder shrubs as supplements to poor quality roughages fed to sheep. In: Gintzburger G., M. Bounejmate and A.Nefzaoui (eds.). Fodder Shrub Development in Arid and Semi-arid Zones.Proceedings of the Workshop on Native and Exotic Fodder Shrubs in Arid and Semi-arid Zones, 27 October-2 November 1996, Hammamet, Tunisia. ICARDA,Aleppo (Syria). Vol. I: 197-202.
- 9 Ben Thlija A., 1987.** Valeur nutritive de quelques *Opuntia* espèces. M.Sc. thesis.84 p.
- 10 Mellado J. 1990.** Potentiel de valorisation des *Azospirillum* en association avec les figuiers de Barbarie. p.14-21, en: Proceedings of the First Annual Texas Prickly Pear Conseil, Kingsville, TX.
- 11 Cammell S.B., 1977.** Equipment and technique used for research into the intake and digestion of forages by sheep and calves. Grassland Research Institute, report n°24.
- Carle B., Dulphy J.-P., 1980. Comportement alimentaire comparé des ovins et des bovins. Relation avec la digestion des aliments. Reprod. Nutr. Dévelop., 20 (5B), 1633-163
- 12 CASAS, E., FREKING, B.A., LEYMASTER, K.A., 2005.** Evaluation of Dorset, Finnsheep, Romanov, Texel, and Montadale breeds of sheep: V. Reproduction of F1 ewes in spring mating season. J Anim Sci 83, 2743–2751.
- Arevoir dans biblio
- 13 Castra J., Pérez S., Riquelme E., 1977.** Evaluation of thornless prickly pear silages as a feedstuff for ruminants. Proceedings Western Section American Society of Animal Science, 28: 127-128.
- 14 Chehma A., Longo H.F., BELBEY A., 2003.** Utilisation digestive de régimes à base de rebuts de dattes chez le dromadaire et le mouton. Courrier du Savoir – N°03, janvier 2003, pp. 17-21
- 15 Combs 1990**
- 16 Cun et Lescards.1993**
- 17 De cortazar V. G., Nobel PS., 1992.** J.Am. Sci.1992 ,117 (4) 558 -562.
- 18 De Kock G.C., 1983.** Drought resistance of fodder crops (crops in South Africa). In: Browse in Africa: The Current State of Knowledge (H. N. Le Houérou, ed.). International Livestock Center for Africa, Addis-Abeba, Ethiopia: 1-30.
- 19 Degu A., and M.B. Solomon., 2010.** Supplementation. Cinnamaldehyde-A potential antidiabetic agent. of isonitrogenous oil seed cakes in cactus (*Opuntia J. Phytomedecine, 14: 15-22. ficus indica*) tef straw (*Eragrostis tef* based feeding of 42. Frati Munari, A.C., O. Vera

## Référence bibliographique

---

Lastra and C.R. Ariza Tigray highland sheep cactus. 7 th International Andraca, 1992.

Evaluation of nopal capsules in Congress in Morocco, (Agadir), pp: 17 -22.

**20 Degu A, and Solomon M. B 2009.** Supplementation of isonitrogenous oil seed cakes in cactus (*Opuntia ficus indica*) tef straw (*Eragrostis tef* based feeding of Tigray highland sheep cactus. International congress in Morocco October 2010.

**21 FAO 1989** /AGP/AGPC/doc/publicat/cactus Snt/cactus 2.htm.

**22 Felker P., 1995.** Forage and fodder production and utilization. In Barbera G., P. Inglese and E. FLORET, C., LE FLOC'H, E., PONTANIER, R., 1992. Perturbation anthropique et aridification en zone présaharienne in : l'aridité une contrainte de développement, caractérisation, réponses biologiques et stratégie de sociétés. Eds LE Floch E., Grouzis

M., Cornet A. & Bille J.C., Ed. OROSTOM- Paris, pp. 449-463

**23 Fournier P., 1954.** Les cactacées et les plantes grasses. Le chevalier P. Edition. Paris. 330 p.

**24 Gallo L., Quagliotti L., 1989.** La germinazione dei semi delle piante succulente. L'Informatore Agrario, (1): 63-69.

**25 Gonzales C.L., 1989.** Potential of fertilization to improve nutritive value of prickly pear cactus (*Opuntia lindheimeri* Engelm.). Journal of Arid Environments, 16: 87-94.

**26 Hamdi, M., 1997.** Prickly pear cladodes and fruits as a potential raw material for the industries. Bioprocess Engineering, 17, 387–391.

27 Hadj Sadok T., Aid F., Della M., Abdul Hussain M., 2008. Composition chimique des jeunes cladodes d'*Opuntia ficus indica* et possibilité de valorisation alimentaire. Agricultura – StiinŃă si practică nr. 1-2 ( 65-66)/ 2008.

**28 Habibi, Y., Heyraud, A., Mahrouz, M. & Vignon, M.R.** 2004. Structural features of pectic polysaccharides from the skin of *Opuntia ficus-indica* prickly pear fruits. Carbohydr. Res., 339: 1119–1127.

**29 Inglese P., 1995.** Orchard planting and management. In: Barbera G., P. Inglese and E. Pimienta-Barrios (eds.). Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear. FAO. Rome (Italy): 78-91.

**30 INRA 1978.** Alimentation des ruminants. Edition INRA -France. 621pp

**31 INRA 1978.** Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants .Ouvrage collectif coordonné par C.Demarquilly. Edition INRA publications .Route de St -cyr, 78000 versailles .pp 237-258,279-296.

**32 INRA 1981.** Prévision de la valeur nutritive des aliments des ruminants –Tableau de la valeur alimentaire des fourrages – Ouvrage collectif dirigé par C. Demarquilly.

**33 INRA 1988.** Alimentation des bovins, ovins et caprins. Ouvrage collectif dirigé par Jarrige R. Edition INRA publications-France. 476 pages. pp420-431.

**34 Isogai, A., 1994.** Cellul. Polym., Blends Compos., 1994, 1 - 24.

**35 ITEB-INRAP., 1984.** Alimentation des bovins. Ed. ITEB –Paris

## Référence bibliographique

---

- 36 Jarrige R., 1980.** Chemical methods for predicting the energy and protein value of forages. *Ann. Zootech.*, 29 (hors serie), 299 -323.
- 37 Jarrige R., 1988.** Ingestion et digestion des aliments .In *INRA 1988: Alimentation des bovins, ovins et des caprins* 29-54.
- 38 Jarrige R., Grenet E., Demarquilly C., Besle J.M., 1995.** Les constituants de l'appareil végétatif des plantes fourragères. In *Nutrition des ruminants domestiques*, pp 25-81 Ed, INRA., 1995.
- 39 Khouri M ., 1970.** Opuntias, bilan écologique en Algérie
- 40 Le Houèrou H. N., 1992.** The role of *Opuntia* cacti in the agricultural development of Mediterranean arid zones. Proceeding 2nd International Congress of Prickly Pear and Cochineal, Santiago, Chile. Cité par Mulas M; Mulas G ; 2004 .
- 41 Le Coq R., 1965.** Manuel d'analyses alimentaire et d'expertises usuelles. Edition Doin. Deren et Cie. Tome II. Paris, 241-251.
- 42 LeHouérou H.N 1996.** The role of cacti (*Opuntia* spp.) in erosion control, land reclamation, rehabilitation and agricultural development in the Mediterranean Basin. *Journal. Arid. Environnement*, 33, 135–159.
- 43 Mathiole 1570. In : Fournier P., 1954.** Les cactacées et les plantes grasses. Le chevalier P. Edition. Paris. 330 p.
- 44 Metral J.J., 1965.** Les cactacées fourragères dans le Nord Est du Brésil plus particulièrement dans l'état du Ceara. *Agronomie Tropicale*, 20: 248-261.
- 45 Miettinen T. A., and Tarpila S., 1977.** Effect of pectin on serum cholesterol, fecal bile acids and biliary lipids in normolipidemic and hyperlipidemic individuals. *Clinical. Chemical . Acta* 79: 471-477.
- 46 Miller. In : Fournier P., 1954.** Les cactacées et les plantes grasses. Le chevalier P. Edition. Paris. 330 p.
- 47 Monjauze A. et Lehouerou NH. In Araba A., El Aich A., Sarti B., 2000.** Figuier de barbarie. Bulletin de transfert de technologie en agriculture, IAV Hassan II Rabat, 68 : 1- 4.
- 48 Monjauze A., Le Houerou H.N., 1965.** Le rôle des *Opuntia* dans l'économie agricole africaine. Bulletin de l'Ecole Supérieure Agricole de Tunis, (8/9): 85-164. cité par Mulas M ; Mulas G ; 2004
- 49 More T ., et Sahni K.L., 1981.** Effect of water intake on feed digestibility. *World Rev. Anim. Prod.*, 17, 33 -40.
- 50 Nefzaoui A., Ben Salem H., Ben Salem L., 1996.** La complémentation azotée du cactus inerme pour les ovins. Effet de la source d'azote. *An. Zootech.*, 45 (Suppl 1): 120.
- 51 Nefzaoui A., et Ben Salem H., 1998.** Spineless cacti: a strategic fodder for West Asia and North Africa arid zones. p.58-76, *in: Proc. Int. Symp. Cactus Pear and Nopalitos Processing and Use. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales/FAO, Santiago, Chile.*
- 52 Nefzaoui A., Ben Salem H., 2000.** *Opuntia*: a strategic fodder and efficient tool to combat desertification in the WANA Region. *CACTUSNET Newsletter*: 2-24.

## Référence bibliographique

---

- 53 Nobel, P.S. & Israel, A.A. 1994.** Cladode development, environmental responses of CO<sub>2</sub> uptake, and productivity for *Opuntia ficus-indica* under elevated CO<sub>2</sub>. *J. Exp. Bot.*, 45: 295–303.
- 54 Nobel, P.S. 1988.** Environmental biology of agaves and cacti. Cambridge, NY, USA, Cambridge University Press. 270 pp.
- 55 Nefzaoui A., Ben Salem H., 2002.** Cacti: efficient tool for rangeland rehabilitation, drought mitigation and to combat desertification. Proceedings of the fourth international congress on Cactus pear and Cochineal. Hamamet, Tunisia, 22-28 October 2000. *Acta Horticulturae*, 581. cité par Mulas M ; Mulas G ; 2004.
- 56 Nefzaoui A., Chermiti A., 1991.** Place et rôles des arbustes fourragers dans les parcours de zones arides et semi-arides de la Tunisie. *Options méditerranéennes. CIHEAM .Montpellier. Série séminaires n° 16* : 119-125.
- 57 Nefzaoui A., Chermiti A., Ben Salem H., 1993.** Spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* var. *inermis*) as a supplement for treated straw. 7<sup>th</sup> Meeting of the FAO Sub- Network on Mediterranean Pastures and Fodder Crops. April, 21-23, Chania (Greece): 130-133.
- 58 Nefzaoui, A., Ben Salem, H., 2001.** Forage, fodder and animal nutrition. In: Nobel Park, S. (Ed.), *Cacti Biology and Uses*. pp. 199–210.
- 59 Nerd, A., Karady, A. & Mizrahi, Y. 1991a.** Out of season prickly pear: fruit characteristics and effect of fertilization and short droughts on productivity. *HortScience*, 26: 337–342.
- 60 Nerd, A., Karadi, A. & Mizrahi, Y. 1991b.** Outof- season prickly pear: fruit characteristics and effect of fertilisation and short droughts on productivity. *J. Hortic. Sci.*, 26: 527–529.
- 61 Nerd, A., Karadi, A. & Mizrahi, Y. 1991c.** Salt tolerance of prickly pear cactus (*Opuntia ficus-indica*). *Plant Soil (Netherlands)*, 137: 201–207.
- 62 Pimienta-Barrios E., L. Méndez-Moran and B. Ramírez., 1994.** Effect of the ingestion of xoconostle fruit (*Opuntia joconostle* Web.) on glycemia and serum lipids. In: Felker P, Moss JR (Eds.) *Proc Fifth An Texas Prickly Pear Council*. Texas, USA, pp: 51-60
- 63 Pimienta-Barrios E., Loera-Quezada M., et López-Amezcuca, L.L. 1993.** Estudio anatómico comparativo en colectas del subgénero *Opuntia*. *Agrociencia, series Fitociencia*, 4: 7-14.
- 64 Pimienta-Barrios E., 1990.** El nopal tunero. Edizioni dell'Università di Guadalajara, Mexico: pp. 246. cité par Mulas M ; Mulas G ; 2004.
- 65 Potter E.L., and Dehority B.A., 1973.** Effects of Changes in Feed Level, Starvation, and Level of Feed After Starvation Upon the Concentration of Rumen Protozoa in the Ovine. *Applied and environment microbiology*, Nov. p. 692-698.
- 66 Poupon J.E., 1975.** Cactus et ressources fourragères. Note technique n°2. Projet PNUD/FAO MOR 73-016. Amélioration et aménagement des parcours forestiers. WANA.
- 67 Preston T.R., and Leng R.A., .1987.** Matching ruminant production systems with available resources in the tropics and subtropics . 245 p .Penambul Books Armidale –Australia.

## Référence bibliographique

---

- 68 Saidi M., Ayad A., Boukaboul A., Benbarek, H., 2009.** Etude prospective du parasitisme interne des ovins dans une région steppique : cas de la région de Ain D'hab, Algérie. *Méd. Vét.*, 2009, 153, 224-230.
- 69 Santana P., 1992.** Tunas Forrageras (*Opuntia ficus indica* y *Nopalea Cochellinifera*) en el nordeste brasileno. Actas del II . Congreso Internacional de Tunay cochenille. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago. Chile.
- 70 Sarmi- Manchado P. et Cleynier V. 2006.** Les polyphenols en agroalimentaire. (Eds), Technique & Documentation, Paris, pp. 3-11.
- 71 Sauvant D., Morand - Fehr P. 1978.** In Haddad 1981 ., Facteurs de variation du risque de toxémie de gestation et de cétose chez la chèvre laitière. INRA- ITOVIC .Quatrièmes journées de la recherche ovine et caprine .6-7-Déc.1978.
- 72 Sauvant D., Morand - Fehr P.(1978) :** Facteurs de variation du risque de toxémie de gestation et de cétose chez la chèvre laitière. INRA- ITOVIC .Quatrièmes journées de la recherche ovine et caprine .6-7-Déc.1978.
- 73 Scheinvar L., 1995.** Taxonomy of utilized opuntias. Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear. Barbera G, Inglese P and Pimienta-Barrios E (eds). FAO, Rome, p 20-27.
- 74 Scott D., 1986.** Control of phosphorus balance .In « aspects of digestive physiology in ruminants. Proceedings of a satellite symposium of the 30th International congress of the international union of physiological sciences . Edited by Dobson A et Dobson M .J.
- 75 Selvendran, R.R., O'Neill, M.A., 1987.** *Methods Biochem. Anal.*, 1987, 32, 153 - 155.
- Sepúlveda E., Sáenz C. H., 1988. Industrializacion de la tuna (*Opuntia ficus-indica*). I. Aceite de la semilla. *Alimentos*, 13(1): 35-38.
- 76 Sepúlveda E., Sáenz C. H., 1988.** Industrializacion de la tuna (*Opuntia ficus-indica*). I. Aceite de la semilla. *Alimentos*, 13(1): 35-38.
- 77 Shoop M.C., Alford E.J., et Mayland H.F., 1977.** Plains prickly pear is good for cattle. *Journal of Range Management*, 30: 12-17.
- 78 Shuman , 2000. In : Fournier P., 1954.** Les cactacées et les plantes grasses. Le chevalier P. Edition. Paris. 330 p.
- 79 Sommer H., 1984 .** *Inst.f.Physiol.u.Hygiene d.Haustiere d.Univ.Bonn. Der Prakt.Tierarzt* 4 , 297-306 .in Schmid et al., (1985)-: Laboratory testing in veterinary medicine diagnosis and clinical monitoring . Boehringer Edition Mannheim. Germany.
- 80 Steel J. W., Leng. R.A.,1973.** *Brit.J.Nutr.*,30,451-473.
- 81 Stintzing F.C., Schieber A.,Carle R., 2001.** *Eur. Food Res. Technol.*, 2001, 212 (4), 396 - 407.
- 82 Suash-au p, prauseennivasan S, Ignacimuthu S ., 2007.** Cinnamaldehyde-A potential antidiabetic agent. *j.Phytomed.*, 14:15-22.



## Référence bibliographique

---

**83 Sudzuki Hills, F., 1995.** Anatomy and morphology. In: Barbera G., P. Inglese and E. Pimienta-Barrios (eds.). Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear. FAO. Rome (Italy): 28-35. cite par Mulas M ; Mulas G ; 2004.

**84 Sutton B.G., Ting I.P., Sutton R., 1981.** Plant Physiol., 1981, 68 (3), 784 - 787.

**85 Suuton 1992**

**86 Sylvie et al**

**87 Takahisa, H., 1989.** Annuelle Revue. Plant. Physiol. Plant Mol. Biol, 1989, 40, 136 - 168.

**88 Tegegne F., Peters K.J., and Kijora C., 2005.** Effects of increasing levels of cactus pear *Opuntia ficus indica*. International congress in Morocco October 2010.

**89 Tegegne F., 2001.** Nutritional value of *Opuntia ficus-indica* as a ruminant feeding in Ethiopia. In: Cactus (*Opuntia* spp.) as Forage. Mondragon-Jacobo and Perez-Gonzalez Ed., FAO Plant production and protection papers N°169: 161p. FAO, Rome.

**90 Tegegne F., Kijora C., Peters K.J., 2006.** Study on the optimal level of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) supplementation to sheep and its contribution as source of water, in Small Ruminant Research 72 (2007) 157–164, [http:// www.elsevier.com/locate/smallrumres](http://www.elsevier.com/locate/smallrumres), science

**91 Terblanche I.L., Mulder A.M., and Rossow J.W., 1971.** The influence of moisture content on the dry matter intake and digestibility of spineless cactus. *Agro-animalia*, pp 73-77.

**92 Tien V.D., Ly L.V., Duong N.K., Ogle B., 1993.** The prickly pear cactus (*Opuntia elator*) as supplement for sheep in the Phanrang semi-arid area of central region of Vietnam. National Seminar Workshop on sustainable Livestock Production on Local Feed Resources, Hanoi, Vietnam: 71-74.

**93 Tirilly Y et Bourgeois., 1999 .** Répertoire générale des aliments. 1996.

**94 Toussaint G., 2001.** L'élevage des moutons. Vecchi, Paris.

**95 Van Bennekum A., Nguyen DV., Schulthess G., Hauser Hand Phillips MC., 2005.** Mechanisms of cholesterol-lowering effects of dietary insoluble fibers: relation ship with intestinal and hepatic cholesterol parameters. *British Journal Nutrition* 94, pp 331-337.

**96 Vermorel M., 1981.** Quelques aspects du métabolisme intermédiaire chez les ruminants. *Bull.Tech.CRZV Theix, INRA*,(46) 73- 79.

**97 Viana S.P., 1965.** El uso del nopal sin espinas en la alimentación del ganado. p.1461, *in:* Vol. 2 of Anales 9° Congreso Internacional de Pasturas. São Paulo, Brasil.

## Référence bibliographique

---

## Résumé

L'objectif de cette étude consiste à explorer le potentiel de l'*Opuntia ficus indica*, En premier lieu une étude de synthèse a été réalisée. Pour confirmer ce potentiel une caractérisation physicochimique de la cladode inerme jeune de la région de Meghila (Wilaya de Tiaret) a eu lieu, en vue de son incorporation dans différents régimes alimentaires afin de montrer si la cladode d'*Opuntia* permet d'améliorer la digestibilité d'un régime à base de paille. Une expérimentation a été menée, sur 6 brebis, réparties en 3lots et mis en place dans des stalles.

L'ingéré de la MS entre le régime 1 témoin, et le régime 2, est sensiblement égal. Les résultats de la digestibilité ont montré que l'*Opuntia* améliore la digestibilité de tous les constituants étudiés. La digestibilité du régime 2 (paille +*Opuntia*), s'est nettement améliorée 62 %, contre une digestibilité de la paille seule de l'ordre de 42%. Les résultats de la synthèse bibliographique 27% des auteurs consultés et cités prônent les avantages zootechniques et alimentaires avec l'utilisation de l'*Opuntia ficus indica* comme fourrage. En dernier nous insistons à ce que les bios ressources phylogénétiques locales et leur vulgarisation soient développés en Algérie.

**Mots clé :** Opuntia, incorporation, ingéré, digestibilité, paille

## ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو استكشاف إمكانات *Opuntia ficus indica* ، أولاً ، أجريت دراسة توليفية. لتأكيد هذه الإمكانيات ، تم إجراء توصيف فيزيائي-كيميائي للكسوة الملساء الفتية لمنطقة مغيلة (ولاية ولاية تيارت) ، بهدف دمجها في وجبات مختلفة من أجل إظهار ما إذا كان cladode *Opuntia* يحسن الهضم. اتباع نظام غذائي قائم على القش. تم إجراء تجربة على 6 نعاج مقسمة إلى 3 وحدات ووضعها في الأكتشاك.

ابتلاع مرض التصلب العصبي المتعدد بين نظام التحكم الغذائي 1 والنظام الغذائي 2 يساوي إلى حد كبير. أظهرت نتائج الهضم أن التبن الشوكي يحسن هضم جميع المكونات التي تمت دراستها. تحسنت هضم النظام الغذائي 2 (تبن +تبن شوكي) ، بشكل ملحوظ 62 % ، مقابل هضم التبن وحدها من أجل 42 % . نتائج التوليف الببليوغرافي 27 % من المؤلفين استشاروا واستشهدوا بالفوائد المناهضة للتغذية الحيوانية والغذائية مع استخدام اللبخ *Opuntia indica* كعلف. أخيراً ، نحن نصر على تطوير موارد phylogénétique المحلية وتوسيعها في الجزائر.

الكلمات المفتاحية: التبن شوكي ، التأسيس ، الابتلاع ، الهضم ، التبن

Summary :

The objective of this study is to explore the potential of *Opuntia ficus indica*. First, a synthesis study was conducted. To confirm this potential, a physicochemical characterization of the young smooth cladode of the Meghila region (Wilaya de Tiaret) took place, with a view to its incorporation into different diets in order to show if the *Opuntia* cladode improves digestibility. a straw-based diet. An experiment was conducted on 6 ewes divided into 3lots and placed in stalls.

The ingestion of the MS between the control diet 1 and the diet 2 is substantially equal. The results of digestibility showed that *Opuntia* improves the digestibility of all constituents studied. The digestibility of diet 2 (straw + *Opuntia*), has improved significantly 62%, against a digestibility of straw alone of the order of 42%. The results of the bibliographical synthesis 27% of the authors consulted and cited advocate zootechnical and nutritional benefits with the use of *Opuntia ficus indica* as fodder. Lastly we insist that the local phylogenetic resources and their extension are developed in Algeria.

Key words: Opuntia, incorporation, ingested, digestibility, straw