

UNIVERSITÉ SAAD DAHLEB DE BLIDA

Faculté des Sciences Agronomiques et Vétérinaires
Département des Sciences Agronomiques

MÉMOIRE DE MAGISTER

Spécialité : Amélioration des productions végétales

**APPROCHE DE CARACTERISATION ET
D'IDENTIFICATION DES ESPECES DU GENRE *Opuntia*
(SOUS GENRE *Platyopuntia*) DANS LES ZONES
STEPPIQUES ET PERSPECTIVES D'AMELIORATION**

Par

HADJKOUIDER Boubakr

Devant le jury composé de :

M. BENMOUSSA	Professeur, USD Blida	Président
M. BOUDJENIBA	Maître de conférences, E.N.S. Kouba	Examineur
F. Z. CHAOUCH	Chargé de cours USD Blida	Examineur
A. BOUTEKRABT	Professeur, USD Blida	Rapporteur

Blida, juillet 2008

RESUME

Le genre *Opuntia* appartient à la famille des Cactacées. Cette dernière se différencie par des caractéristiques physiologiques et morphologiques permettant à celle-ci de résister contre la sécheresse et donc à s'adapter et se développer dans les steppes (zones arides et semi-arides). L'*Opuntia* constitue une source écologique et économique très importante (lutte contre la désertification, source fourragère, intérêt médicinal, industriel et alimentaire..), ce qui nous a poussé à étudier ce genre sur le plan botanique et systématique. Les résultats obtenus nous ont permis de recenser cinq espèces (*O. ficus indica* Mill, *O. streptacantha* Lem, *O. engelmannii*, *O. robusta*, *O. scheerii*) génétiquement très différentes. Cette différence explique la variation phénologique entre les espèces au niveau des paramètres qualitatifs et quantitatifs du pied de cladode, fleur, fruit et graine. Nous remarquons ainsi quelques ressemblances entre quelques espèces concernant la couleur des cladodes, fleurs et le port du pied. Ainsi, nous notons des variations au sein de la même espèce (*O. ficus indica* Mill) qui nous permettent de distinguer deux formes : il s'agit de l'*O. ficus indica* Mill .f. *inermis* weber et *O. ficus indica* Mill .f. *amyctea* weber. Tandis que les mêmes espèces et les mêmes formes de provenance différentes (*O. streptacantha* Lem de Choucha et Zaâfrane et *O. ficus indica* Mill .f. *inermis* weber de Kissa et Belaiba) ne présentent pas une grande différence sauf celle existant au niveau de quelques paramètres quantitatifs facilement influencés par les conditions édapho-climatiques et conduites culturales.

Mots clés :

Cactaceae, Genre *Opuntia*, espèce, systématique, richesse génétique.

SUMMARY

The kind *Opuntia* belongs to the family of cactaceae these latter is characterized by characteristics physiological and morphological allowing this one to thus resist against the dryness has adapted and developed in the steppes (arid zone and semi-arid). *Opuntia* consists of an ecological and economic source very significant (fight against the turnings into a desert, sources fodder, interest medicinal, industrialist and food.), what supported us to study this kind on the botanical and systematic level. As a result that we obtained a licence of listed five species (*O. ficus indica* Mill, *O. streptacantha* Lem, *O. engelmannii*, *O. robusta*, *O. scheerii*) genetically are very different these differences explaining the phenologic variation between the species on the level of the qualitative and quantitative parameters of the cladode, flower, fruits and seed. Our remark that obtained is some resemblance between some species concerning the color of the cladodes, flowers and the part of the foot are thus noticed. It is added that the variations within the same species (*O. ficus indica* Mill) we with licence of distinguished two forms are acts: *O. ficus indica* Mill f. *inermis* weber and *O. ficus indica* Mill f. *amyntea* weber. While same the species and same forms of different source are (*O. streptacantha* Lem de Choucha and Zaâfrane and *O. ficus indica* Mill f. *inermis* weber of Kissa and Bel aiba) does not present a great difference except that which exist on level of the some quantitative parameters easily influenced by the édapho-climatic conditions and cultural conduits.

Key words:

Cactaceae, *Opuntia kind*, species, systematic, genetic richness.

المخلص

ينتمي التين الشوكي إلى عائلة الصباريات هذه الأخيرة تتميز بخصائص شكلية و فيزيولوجية مما يسمح لها بمقاومة الجفاف و بالتالي التأقلم و النمو في المناطق السهبية الشبه جافة و الجافة مكونة بذلك مصدرا بيئيا و اقتصاديا هاما (مكافحة التصحر، مصدر للعلف، مصدر للغذاء و الصناعة الغذائية ، مصدرا للطب التقليدي) الأمر الذي حفزنا على دراسة و إحصاء الأنواع المتواجدة داخل جنس التين الشوكي حيث أسفرت النتائج المحصل عليها خلال هذه الدراسة عما يلي:

إحصاء خمسة أنواع مختلفة وراثيا في الخصائص النوعية والكمية وذلك على مستوى الجذع، الظلف، الأزهار، الثمار و البذور. كما أننا لاحظنا بعض التشابه بين الأنواع خاصة على مستوى الخصائص النوعية كاللون وشكل الجذع. و يتعلق الأمر بالأنواع التالية: *O. engelmannii* ، *O. streptacantha* Lem ، *O. ficus indica* Mill ، *O. robust* ، *O. scheerii* إضافة إلى هذا لاحظنا بعض الاختلاف على مستوى الخصائص الكمية لدى *O.ficus indica* Mill حيث أحصينا شكلين و يتعلق الأمر بكل من *O.ficus indica* Mill f. *inermis* web و *f.amyctlea* web . أما فيما يخص نفس الأنواع و الأشكال المتواجدة في مناطق مختلفة فلا يوجد هناك اختلاف كبير عدا ذلك المسجل على مستوى بعض الخصائص الكمية المتأثرة بالعوامل المناخية، الأرض و تقنيات الزراعة المستخدمة ونخص بالذكر *opuntia streptacantha* Lem الموجودة في منطقة شوشة با الأ غواط و منطقة الزعفران بالجلفة، و *O .ficus indica* Mill .f. *inermis* المتواجدة في منطقتي بلعبية با لمسيلة ، و كيسا بتبسة .

الكلمات المفتاح :

الصباريات، جنس التين الشوكي، نوع، تنوع وراثي، إحصاء وراثي.

REMERCIEMENTS

Avant tout, je remercie **Dieu** le tout puissant qui nous a donné le courage ; la volonté et la patience pour faire ce travail.

Au terme de cette étude, je tiens à adresser ma profonde reconnaissance à toutes les personnes qui m'ont soutenu, aidé et encouragé tout au long de ce travail, en particulier.

- Mon promoteur P^r BOUTEKRABT. A., le responsable de l'axe de recherche sur l'Opuntia., qui malgré ses lourdes taches n'a cessé de m'encourager par sa précieuse caution et son autorité scientifique.
- P^r BENMOUSSA. M., qui me fait l'honneur de présider le jury.
- Mes remerciements vont également à M^r. BOUDJNIBA Maître de conférence à l'E. N. S Kouba d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.
- Que M^m CHAOUACH, Docteur en biologie végétale trouvé ici ma profonde gratitude et me remerciements pour tout ce qu'elle a fait pour moi, de la période de graduation à la post-graduation.
- Le personnel du département d'Agronomie de l'Université Saâd Dahlab, Blida.
- Le personnel de la station de l'I.N.R.F. de Djelfa, pour leur aide, en particulier Mr BRAGUE Ahmed le responsable de cette station.
- Le personnel de l'H. C. D. S. de la région de Djelfa, M'sila et Tébessa, surtout les ingénieurs et les gardiens qu'on a rencontré sur terrain.
- Je ne saurais oublier, M^{elle} Souad LALLOUCHE. B, mon binôme, ma collègue et ma confidente, qui grâce à elle, le travail et le parcours ont été faciles. Je tiens également à remercier les gens des cités universitaires de Djelfa, M'sila et Tébessa.
- Un remerciement particulier s'adresse à mes parents, mes frères et mes sœurs, mes collègues de post-graduation et mes amis.

Enfin, je tiens à remercier toute personne ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

HADJ KOUIDER. B

TABLE DES MATIERES

RESUME.....	
REMERCIEMENTS.....	
TABLE DES MATIERES.....	
LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHYQUES ET TABLEAUX.....	
INTRODUCTION.....	10
1. ORIGINE D'OPUNTIA ET ENCADREMENT GEOGRAPHIQUE.....	12
1.1 Introduction.....	12
1.2 Origine.....	12
1.3 Encadrement géographique de l' <i>Opuntia</i>	14
2. CLASSIFICATION BOTANIQUE ET PRESENTATION DE L'ESPECE...	21
2.1 Introduction.....	21
2.2 Classification botanique.....	21
2.3 Ressources génétiques d' <i>Opuntia</i> disponibles.....	25
2.4 Structures végétatives d' <i>Opuntia</i>	28
3. ECOPHYSIOLOGIE, CULTURE ET MALADIES D'OPUNTIA.....	39
3.1 Introduction.....	39
3.2 Ecophysiologie.....	39
3.3 Culture de l' <i>Opuntia</i>	45
3.4 Maladies et parasites des <i>Opuntias</i>	55
4. IMPORTANCE ET EXPLOITATION D'OPUNTIA.....	59
4.1 Introduction.....	59
4.2 Importance écologique.....	59
4.3 Importance alimentaire et agro-industriel.....	61
4.4 Importances médicinales.....	64
4.5 Apiculture.....	66
4.6 Bois.....	66
4.7 Importance fourragère.....	67
4.8 Importance économique.....	70
5. MATÉRIELS ET MÉTHODES.....	71
5.1 Matériel végétal et zones d'étude.....	71
5.2 Etude du milieu physique des zones d'étude.....	77

5.3 Matériel de travail.....	85
5.4 Méthode d'étude.....	85
6. RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	95
6.1 Caractères phénologiques.....	95
6.2 Caractères biométriques et morphologiques.....	98
6.3 Fiches descriptives des différentes espèces.....	137
6.4 Perspectives d'améliorations.....	154
CONCLUSION.....	156
REFERENCES	
APPENDICES.....	

LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHYQUES ET TABLEAUX

Tableau 1.1	Réalisation des plantations d' <i>Opuntia</i> et superficie endommagées par les gelées dans certaines wilayas	20
Tableau 1.2	Adhésion des populations (agro-éleveurs) au programme de l'HCDS durant deux campagne de plantations d' <i>Opuntia</i> (1994/1995) et (95/96)	20
Tableau 2.1	Récapitulatifs des différents cultivars d' <i>Opuntia</i> disponibles dans le monde	27
Tableau 2.2	Nombre de chromosomes de quelques espèces d' <i>Opuntia</i> sauvages et cultivées	28
Tableau 3.1	Quelques données concernant l'économie de l'eau et du carbone au cours de la photosynthèse chez les plantes en C3, en C4 et CAM	45
Tableau 4.1	La composition chimique de la pulpe et de graine de fruit d' <i>Opuntia ficus indica</i>	63
Tableau 4.2	Influence de l'ingestion d' <i>Opuntia</i> sur l'ingestion de paille	67
Tableau 4.3	Contribution de la consommation d' <i>Opuntia</i> dans la résolution de problème de l'abreuvement	68
Tableau 4.4	Variation de la composition chimique des raquettes d' <i>Opuntia ficus indica</i>	69
Tableau 4.5	Teneur en protéines digestibles des cladodes de quelques espèces d' <i>Opuntia</i>	70
Tableau 5.1	Type d'effervescence en fonction de la teneur en CaCO ₃	84
Tableau 6.1	Date du début floraison et début de maturation des fruits des différentes espèces étudiées	96
Tableau 6.2	Port des pieds et caractères qualitatifs des cladodes des différentes espèces étudiées	100

Tableau 6.3	Caractères qualitatifs des fleurs des différentes espèces étudiées	103
Tableau 6.4	Caractères qualitatifs des fruits des différentes espèces étudiées	106
Tableau 6.5	Hauteur des pieds et caractères quantitatifs des cladodes des différentes espèces étudiées	113
Tableau 6.6	Caractères quantitatifs des fleurs des différentes espèces étudiées	118
Tableau 6.7	Caractères quantitatifs des fruits des différentes espèces étudiées	125
Tableau 6.8	Caractères quantitatifs des graines des différentes espèces étudiées	134
Figure 2.1	Aspect général d' <i>Opuntia</i>	29
Figure 2.2	Coupe longitudinale d'une fleur d' <i>Opuntia ficus indica</i>	35
Figure 2.3	Fruits d' <i>Opuntia</i> (de gauche à droite: <i>O.ficus indica</i> ; <i>O.robusta</i> ; <i>O.streptacantha</i> <i>O.engelmannii</i>)	36
Figure 3.1	Cycle photosynthétique des plantes de type CAM	43
Figure 3.2	Germination d'une graine d' <i>Opuntia</i>	47
Figure 3.3	Plantation d' <i>Opuntia robusta</i> dans la zone de Mesrane Djelfa par INRF en 2003	52
Figure 4.1	Fixation du sable par l' <i>Opuntia ficus indica</i> dans la région de Khoubna (Tébessa)	60
Figure 5.1	Carte de localisation des zones d'étude	75
Figure 5.2	Différents périmètres expérimentaux	76
Figure 5.3	Les différentes formes du pied chez l' <i>Opuntia</i>	87
Figure 5.4	Les différentes formes des cladodes d' <i>Opuntia</i>	88
Figure 5.5	Les différents ports d'aiguillon central d' <i>Opuntia</i>	89
Figure 5.6	Les différentes courbures de l'aiguillon central d' <i>Opuntia</i>	89
Figure 5.7	Torsion d'aiguillon central d' <i>Opuntia</i>	89

Figure 5.8	Les différentes formes des fruits d' <i>Opuntia</i>	91
Figure 5.9	Longueur du pédoncule d' <i>Opuntia</i>	91
Figure 5.10	Dépression de la cicatrice du réceptacle florale d' <i>Opuntia</i>	92
Figure 6.1	Influence du diamètre géométrique sur le poids des fruits	127
Figure 6.2	Pourcentage des poids : de la pulpe, de la peau et des graines par fruit des différentes espèces	130
Figure 6.3	Variation des poids de mille graines (PMG) en fonction du diamètre des graines	136
Figure 6.4	<i>Opuntia ficus indica</i> Mill .f. <i>amyctlea</i> weber (provenance de Doukkara, Wilaya de Tebessa)	139
Figure 6.5	<i>Opuntia ficus indica</i> Mill .f. <i>inermis</i> weber (provenance de Belaiba, wilaya de M'sila)	142
Figure 6.6	<i>Opuntia streptacantha</i> Lem (provenance de Choucha, wilaya de Lagouat)	145
Figure 6.7	<i>Opuntia engelmannii</i> var <i>longuiformis</i> (provenance de Mesrane, wilaya de Djelfa)	148
Figure 6.8	<i>Opuntia robusta</i> var <i>robusta</i> (provenance de Mesrane, wilaya de Djelfa)	151
Figure 6.9	<i>Opuntia scheerii</i> Web (provenance de Mesrane, wilaya de Djelfa)	153

INTRODUCTION

Parmi les espèces possédant une grande capacité d'adaptation aux conditions pédoclimatiques sévères (aridité du climat, chaleur, terrains pauvres, manque d'eau), l'*Opuntia*, est l'une des espèces qui a des caractéristiques morphologiques et physiologiques particulières : absence des feuilles, présence d'épines, plante à métabolisme CAM (Crassulcean Acide Métabolisme), ce qui lui permet d'être cultivée avec succès dans les régions arides et semis arides.

Il s'agit d'une plante xérophyte qui comprend environ 1600 espèces, 180 du genre *Opuntia* [1], ce sont des plantes herbacées, arbustes et arbres généralement à formes végétatives très particulières avec la fonction chlorophyllienne transférée aux tiges.

Actuellement, ces espèces d'origine mexicaine sont présentes dans tous les continents. La culture d'*Opuntia*, au Mexique, s'étend sur une superficie de plus de 5 millions ha [2]. Elle a été introduite en Afrique du nord vers le 16^{ème} siècle [3].

En Algérie, la culture de l'*Opuntia* est très connue dans le milieu rural où elle joue un rôle multiple : économique, écologique, alimentaire, médicinal et fourrager. Malheureusement, sa culture reste très limitée, du fait que la superficie soit encore très réduite (27051 ha). La présence de quelques zones plantées vers les années 1969 à 1974 par les services publics en matière de recherche. Ces dernières années et à partir de l'an 2000, le Haut Commissariat au Développement de la Steppe (HCDS), donné à l'*Opuntia* une grande priorité surtout dans les wilayas de l'Est qui sont constituées des zones de production par excellence. Le HCDS joue un rôle important dans la plantation et la préservation de ces espèces grâce à ses réalisations de plusieurs projets dans le cadre de grands travaux [4]; témoignent de la possibilité de cultiver l'*Opuntia* dans notre pays [5,4].

Vu le nombre considérable des espèces, variétés, formes et clones...de genre *Opuntia* existant dans les zones steppiques, il est devenu nécessaire de les identifier, caractériser et classer de façon plus pratique, afin de contribuer à enrichir les informations sur ce genre en Algérie, concernant le domaine de la diversité. Nous allons donc inventorier les différentes espèces et étudier les traits de distinction (phénotypiques et phénologiques) entre eux et ce dans les régions de Tébessa, M'sila, Djelfa et Laghouat.

A ce titre, nous essayons de cibler les objectifs suivants:

- l'identification des espèces d'*Opuntia* qui se trouvent dans les zones d'étude a pour but de déterminer leur richesse phytogénétique dans notre pays,
- étudier les traits, de distinction, qualitatifs et quantitatifs (phénotypiques, phénologiques) entre les espèces et formes identifiées,
- étudier les potentialités agronomiques des espèces et formes identifiées (l'adaptabilité aux environnements arides et semi-arides) dans le but d'exploiter ces ressources génétiques dans les programmes d'amélioration des plantes,
- créer une fiche descriptive des différentes espèces et formes d'*Opuntia* identifiés.

CHAPITRE 1

ORIGINE D'OPUNTIA ET ENCADREMENT GEOGRAPHIQUE

1.1 Introduction

Le genre *Opuntia* est le plus intéressant de toutes les Cactaceae ; ce genre est originaire de Mexique, il a été introduit en Andalousie à la fin du 15^{ème} siècle, en Afrique du Nord vers le 16^{ème} siècle et en 17^{ème} siècle vers les autres régions du Bassin Méditerranéen. Actuellement, les espèces de ce genre sont présentes dans tous les continents.

1.2 Origine

Le nom *Opuntia* ou Oponce est dérivé du mot latin *Opuntius* de la ville grecque d'Oponthe [6]. Selon les botanistes, toutes les Cactées seraient originaires d'Amérique. Ils affirment qu'avant Christophe Colomb, on n'en connaissait aucune dans l'ancien monde mais que ces singuliers végétaux aux formes bizarres furent parmi les toutes premières plantes que les exploiters rapportèrent du nouveau monde [7]. Toutes les Cactées sont originaires du nouveau monde (Mexique et sud des Etats-Unis). Elles ont été introduites en Andalousie à la fin du 15^{ème} siècle par Christophe Colomb après sa première expédition [8]. Le cactus est une plante originaire du Mexique où elle a été cultivée par l'homme depuis 6500 ans avant J.C et fût l'une des bases de l'alimentation des populations indigènes. Il a été introduit au 16^{ème} siècle au Nord et au Sud de l'Afrique et tout au long du bassin méditerranéen [9,10].

La ville de Mexico fait figurer depuis 1724 dans ses armes une plante de Nopal, sur laquelle se dresse un aigle aux ailes déployées tenant dans son bec un serpent corail. En 1822, l'empereur Iturbide (descendant aztèque) fit de cet

emblème le symbole de l'Empire mexicain tout entier et il est resté jusqu'à nos jours [7].

Les musulmans d'Espagne reprirent sa culture et l'appellent « figue de chrétiens » ; ils adoptèrent ensuite la dénomination « figuier des Indes » ou « Hendi » [11].

C'est au 16^{ème} siècle et 17^{ème} siècle, qu'il fut introduit dans les autres régions du bassin méditerranéen. Il Gagna, l'Italie, la Dalmatie, la Grèce, les archipels méditerranéens et avait pris une extension considérable en Sicile au 18^{ème} siècle [12].

Il a été introduit au Nord et Sud de l'Afrique et de là à tout le bassin méditerranéen vers le 16^{ème} siècle par les Conquistadores. A cette époque, les navigateurs consommaient les jeunes raquettes pour se préserver du scorbut (carence en vitamine C) et pour la prophylaxie obtenue à partir des nopals à cochenilles [11].

Au 19^{ème} siècle, aux îles Canaries, on faisait d'importantes plantations de l'*Opuntia*, non pas pour ses fruits mais pour son parasite ; la cochenille, avec laquelle nous obtenons le colorant rouge carmin, ces cultures ont été abandonnées vers 1870, avec l'arrivée sur le marché des colorants chimiques [10].

Puisque l'arrivée de l'homme au Mexique dans les déserts et les zones semis désertiques, il y a environ 20000 ans, des *Opuntias* ont été importés comme sources de nourriture, aussi bien que pour la boisson que pour la médecine. Longtemps avant que la gestion horticole de l'*Opuntia* ait été connue, le mexicain antique la consommait abondamment sauvage [13].

Au Mexique, plusieurs espèces du genre *Opuntia* de la famille de Cactacées s'appellent le "figuier de Barbarie". Tous sont endémiques en

Amérique et des 377 espèces identifiées, 104 sont trouvées sauvage au Mexique et 60 de ces derniers sont endémiques au Mexique [13].

C'est seulement au début des années 1920-1930, que cette culture a été établie pour la production du fourrage, essentiellement basée sur *O. ficus indica* *F. inermis* [14]. On pense que cette pratique a contribué considérablement à la gamme naturalisée actuelle de l'*Opuntia ficus indica* dans tous les habitats arides et semi-arides du monde [15,16].

1.3 Encadrement géographique de l'*Opuntia*

L'*Opuntia* se trouve actuellement dans tous les continents. Il existe, généralement, dans les régions à climat tropicale et sub-tropicale, à faible pluviométrie.

1.3.1 En Amérique

Dans son pays d'origine, l'*Opuntia* est répandu sur la plus grande partie du sol américain [8].

Au Mexique, le cactus est connu de tout temps et semble avoir joué un grand rôle dans le développement de la civilisation mexicaine. La culture de l'*Opuntia* est pratiquée à des fins fruitières et fourragères depuis les époques précolombiennes [9]. Actuellement, sa culture s'étend sur une superficie de plus de 5 millions ha [2].

Aux Etats-Unis (Texas et Arizona et même en Californie du sud), les *Opuntia* sont surtout cultivés à des fins fourragères et les formes cultivés sont inermes [17].

Au Brésil, les *Opuntia* occupent environ 300 000 hectares. Cette culture constitue la deuxième grande utilisation du cactus pour l'alimentation du bétail comme fourrage [17].

1.3.2 En Asie

L'introduction du figuier de barbarie en Asie, date de la fin du 17^{ème} et le début 18^{ème} siècle. En 1695, il a été signalé aux Philippines et aussitôt en Chine en 1700 et en Inde vers 1780 [18].

En Palestine occupée, la culture de l'*Opuntia* est pratiquée de façon intensive et moderne avec des programmes de recherche et de développement pour la production fruitière et fourragère, ainsi que pour l'usage industriel [10]. Le cactus inerme prospère avec une grande vigueur quand il se trouve transporté dans un milieu identique à celui de son pays d'origine [19]. C'est ce qui fait qu'il abonde dans certaines régions de l'Australie au point de paraître originaire de ce pays.

L'utilisation d'*Opuntia* comme fourrage en Jordanie a commencé vers les années 1999 ; de même, au Pakistan, l'*Opuntia* a récemment été introduit avec succès dans les zones les plus arides [20].

1.3.3 En Europe

La culture de l'*Opuntia* s'est développée dans toute la partie occidentale de la Mer Méditerranéen, notamment de l'Espagne, au sud du Portugal, en Sicile et au Calabre [17].

En Sicile, la culture d'*Opuntia* occupe environ 100 000 hectares et plus de 20 000 hectares en Calabre et 6000 hectares en Sardaigne (Italie). Cette culture est destinée à la production fourragère, plus que la production fruitière car les récoltes fourragères empêchent la floraison, la production fourragère est estimée entre 50 à 60 tonnes de raquettes / hectare en culture semi intensive [17].

1.3.4 En Afrique

1.3.4.1 En Afrique du Sud

En Afrique du Sud, l'*Opuntia* épineux couvrait en 1942 une superficie importante avec près de 860.000 ha. Il a été éliminé par l'introduction délibérée de cochenilles *Cactoblatis cactorum* et *Dactylopus opuntias* alors que l'*Opuntia* inerme résistant aux cochenilles, était sélectionné et multiplié dans les zones arides à des fins fourragères [9]. Actuellement la superficie occupée en Afrique du sud est de 1000 ha seulement [21].

1.3.4.2 En Ethiopie

L'*Opuntia*, présent en Ethiopie à la fin du 19^{ème} siècle, est largement distribué dans les régions arides et semi-arides nordiques de l'Ethiopie [22]. ABAY, (2005), rapporte que la culture du cactus (*Opuntia ficus indica*) est très répandu dans le Tigré (Ethiopie du Nord).

1.3.4.3 En Afrique du Nord

En Afrique du nord, l'*Opuntia amyaclea* et *O. ficus indica*, sont plantés depuis des siècles par le secteur traditionnel [17]. La plantation de l'*Opuntia ficus indica* couvre dans son ensemble approximativement 300 000 ha en Afrique du Nord [2].

1.3.4.3.1 En Tunisie

Les tunisiens semblent avoir connu le Cactus au 17^{ème} siècle [11]. En Tunisie depuis une vingtaine d'années, la plantation de la variété inerme est en pleine extension. On la trouve un peu partout, depuis les régions d'Extrême Nord jusqu'à l'Extrême Sud, il se trouve aussi dans presque tous les jardins [14]. En 1960, plus de 10 000 ha ont été plantés avec l'aide de diverses organisations internationales dont la FAO (Food and Agriculture Organisation). Cependant la

forme épineuse occupe environ 80% de la surface totale. Les nouvelles plantations sont constituées par les variétés inermes [17]. Le même auteur ajoute que, la Tunisie dispose de 60 000 à 80 000 ha de cactus dont environ 35.000 ha sont plantés en zone steppique. Entre les années 1970 et 1975, une superficie de 50.000 ha est plantée en Tunisie centrale, avec le support de W.F.P (World Food Programme) et F.A.O. Au cours du temps, cette superficie a évolué et a atteint environ 300.000 ha en 1996 [14].

1.3.4.3.2 Au Maroc

L'*Opuntia* a été introduit au Maroc vers le 16^{ème} siècle par les Espagnols. Sa culture s'est alors propagée sur différentes aires écologiques du royaume, allant des rives de la méditerranée jusqu'à la vallée de Draa [24].

La majorité de la culture d'*Opuntia ficus indica* soit 85% se trouve localisée au niveau de cinq grandes zones : Taounate (22230 ha) ; Chefchaouen (7050 ha) ; Al Hoceima (5000 ha) ; Ouzzane (3150 ha) ; Tétouan (2000 ha). Les autres plantations sont réparties entre Taza, Nador, Eljadida, Safi et d'autres régions [24].

1.3.4.3.3 En Libye

La Libye a commencé d'utiliser l'*Opuntia* dès 1999. Son utilisation a eu une très forte impulsion et actuellement la superficie occupée par cette culture est très vaste [20].

1.3.4.3.4 En Algérie

En Algérie, outre les collections pratiques de certains spécialistes, aucun effort sérieux n'a été fait par les services publics jusqu'en 1946, date à la quelle ont commencé les premières réalisations dans les périmètres de DRS (Défense et Restauration des Sols) dans la région de Nedroma (Telemcen) [11].

En 1961, des collections intéressantes ont été réalisées par les services de forêt dans la région rurale de Zerbia (Grande Kabylie), une autre a été installée à Chebli (Blida) ainsi qu'à El Mergueb (commune de Sidi Hadjerès) Wilaya de Djelfa à une altitude de 640 mètres et 250 mm/an de précipitations. D'autres essais ont été installés à Benhar kef Lafaa (Djelfa) à une altitude de 720 mètres, sur un versant à pente faible et dont le sol à carapace calcaire, la pluviométrie est de 250 mm/an dans la steppe à alfa, à armoise et à pistachier de l'Atlas [17].

L'*Opuntia* a été introduit à titre expérimental en zones steppiques vers 1940 et surtout utilisé dans la collections de Taadmit et de M'sila, créés par la FAO en 1969 [11].

Un important programme a été lancé par l'INRF (Institut National de la Recherche Forestière) vers les années 1960-70 sur un périmètre d'expérimentation au lieu dit « Mesrane » dans les environs de Djelfa. Ce programme qui touche près de 400.000 ha vise la mise en œuvre des méthodes de fixation des dunes et la reconstitution des zones de parcours [25].

Quelques années plus tard, dans le but de la restauration de la steppe et de la lutte contre la désertification, des plantations de plusieurs espèces d'*Opuntia* ont été réalisées dans différentes régions du pays.

Les observations qui ont été faites en 1974 à Djelfa, montrent :

- La supériorité des espèces suivantes : *O. Mesacanta*, *O. Scheerii*, *O. Tomentosa*, *O. Robusta* ;
- La résistance des espèces suivantes: *O. ficus indica* F. Tunzana, *O. Streptacantha* ;
- Les espèces qui souffrent notablement sont *O. Koddem*, *O. Maxima*, *O. Mojavensis* [11].

Les études menées en septembre 1967 à la station de recherche de Taadmit (Djelfa) montre que certaines espèces telles ont montré une très grande

résistance au froid; telles : *Opuntia compressa*, *Opuntia lendheimri*, *Opuntia linguiformis*, *Opuntia robusta* et *Opuntia winteriana* [14].

Durant les dernières décennies, plusieurs études ont été réalisées sur les écosystèmes steppiques et sahariens (écosystèmes fragiles) en vue de la fixation et de la régénération du couvert végétal. L'introduction de ces espèces dans les steppes algériennes, par le biais des grands travaux en 1994 par le Haut Commissariat au Développement de la Steppe (H.C.D.S), a permis la valorisation de l'intérêt porté à cette culture dans la région Est et son introduction très encourageante au niveau des wilayates du Centre et de l'Ouest [26].

En vue de l'extension de l'*Opuntia* dans les zones steppiques, le HCDS a mis en oeuvre un programme qui consiste à :

- Encourager les plantations individuelles dans les régions où la plantation des *Opuntia* est une tradition pour les populations,
- Introduire l'*Opuntia* dans les périmètres communaux au niveau des régions où l'espèce est ignorée par les populations,
- Etablir des campagnes de vulgarisation et de sensibilisation, pour que les populations prennent conscience de l'importance de la protection nécessaire, protection des espaces pastoraux par les plantations d'*Opuntia* [26].

Le HCDS a entamé également une coopération avec les pays méditerranéens (Italie, Espagne) où cette espèce connaît un développement grâce à l'application des techniques modernes : conduites culturales, système de plantation, conservation, conditionnement et transformation.

En 2004, des pertes très importants ont été enregistrées et ce est dû à la période de neige suivie par une période inhabituelle de gelée débutant en novembre 2004 et qui s'est prolongé jusqu' à février 2005 (tableau 1.1) [4].

Tableau 1.1: Réalisation des plantation d'*Opuntia* et superficies endommagées par les gelées dans certaines wilayas [4].

Wilaya	Superficies réalisées (ha)	Superficies endommagées par les gelées (ha)
Djelfa	64	-
Laghouat	116	-
Médéa ¹	7180	5810,77
M'sila ¹	10076,57	1825,35
Bordj Bou argeridj	1047	-
Bouira	36	-
Tébessa	4560	-
Souk ahras	3617	-
Khenchela	213	-
Oum el bouaki	59	-
Batna	83	-
Total	27051,57	7636,12

D'après les spécialistes de l'H.C.D.S., l'analyse des deux campagnes de plantation d'*Opuntia* (1994/1995) et (1995/1996) montre que pour la région Est (Tébessa, Souk Ahras), l'enregistrement d'une grande adhésion des populations à la plantation d'*Opuntia* (tableau 2.2) [26].

Tableau 1.2: Adhésion des populations (agro-éleveurs) au programme de l'HCDS durant deux campagnes de plantations d'*Opuntia* (1994/1995) et (1995/1996) [27].

Wilayats	Nombre de fellahs	Superficies réalisées (ha)	Utilisation
Tébessa et Souk Ahras	1460	4371	Production fruitière et fourragère
Bourdj Bou Argeridj	210	1023	Production fruitière
M'sila	30	60	Production fruitière et fourragère

CHAPITRE 2 CLASSIFICATION BOTANIQUE ET PRESENTATION DE L'ESPECE

2.1 Introduction

Le genre *Opuntia* appartient à la famille de Cactaceae qui est des végétaux phanérogames Angiospermes, dicotylédones, dialypétales, caliciflores. Ce sont des espèces à tige formée d'articles ovales, charnus, de couleur verte, dont la surface est parsemée d'alvéoles. Protégées par des poils barbelés regroupés en touffes et armés de redoutables épines, elles constituent chacune un "point végétatif dormant et polyvalent". L'*Opuntia* porte des fleurs et des fruits en abondance.

2.2 Classification botanique

Les Cactaceae ont été par le passé classées près de la famille de carotte (*Apiaceae*), mais maintenant et après la découverte de bétalaine dans les cactacées aide les taxonomistes à placer cette famille dans l'ordre de Caryophyllales, avec d'autres familles d'Angiosperme productrices de bétalaine [28]. Sur la base de la morphologie florale, quatre sous familles principales sont décrites dans la famille de Cactaceae : *Perskioideae*, *Cactoideae*, *Maihuenioideae*, *Opuntioideae* [29]. Les sous familles des *Opuntioideae* comprennent la tribu d'*Opuntieae* qui comprend à son tour le genre *Opuntia* [17].

2.2.1 Clé simplifiée de classification du genre *Opuntia* adaptée de FOURNIER, (1954)

Fleurs rayonnantes à pétales étalés.

Articles cylindriques ou ovoïdes.

Articles dépourvus de véritables côtes ; seulement renflés ou diversement bosselés.

Tige et rameaux cylindriques mais terminées par un ou plusieurs articles aplatis se détachant facilement, minces. (En culture, n'existent souvent que les articles aplatis).....sous-genre *Brasiliopuntia*, P.

Pas d'articles aplatis.

Rameaux grêles et allongés, articles très nombreux ; plantes grimpantes.....sous-genre *Cylindropuntia*, p.

Rameaux très courts, soudés en crête ou en main atrophiée.....*Opuntia Clavarioides*, p.

Tiges très courtes d'un seul article ou articles très nombreux, ovoïdes, couchées ou dressées , groupées en touffes.....sous-genre *Tephrocactus*, p.

Articles pourvus de véritables côtes, comme on en trouve chez les *Echinocactus**Grusonia*, p.

Articles aplatis en forme de raquettes.....sous-genre *Platyopuntia*.

Fleur à pétales dressé en forme d'entonnoirs.....*Noplea*, p.

A partir des premières classifications morphologiques élaborées par les populations indigènes du Mexique, essentiellement basées sur l'attribution de dénominations différenciées mais avec une racine étymologique commune à différents types d'*Opuntia* [30], de nombreux auteurs ont élaboré des classifications de genre *Opuntia*.

La classification considérée comme la plus valable à ce jour est sans doute celle que rapportent BRITTON et ROSE (1963). Le genre *Opuntia* y est intégré à la famille des Cactaceae, ordre caryophyllales, sous classe caryophyllidae. Aux cactaceae appartiennent des espèces succulentes caulinaires subdivisées dans les tribus des Perskieae, Opuntieae et Cereae. La tribu des Opuntiaeeae comprend le genre *Opuntia*, subdivisé à son tour en quatre sous-genres : *Platyopuntia*, *Cylindropuntia*, *Tephrocactus* et *Brasiliopuntia*. Le sous genre *Platyopuntia* comprend 150 à 300 espèces décrites, dont la série des *Ficus indiciae* qui comprend l'*Opuntia ficus indica* Mill [8].

La classification des espèces et des variétés se base sur la taille, le port, les caractères des cladodes et leurs épines, la couleur des fleurs et les caractères des fruits [17].

2.2.2 Classification des platyopuntia

Clé d'identification des espèces de platyopuntia décrite par FOURINER, (1954).

Rameaux opposés et disposés en croix.....*O. rubscens, p.*

Rameaux disposés très irrégulièrement :

Rameaux veloutés par revêtement de poils courts.....*O. decumbens, p;*
O. basilaris, p; O. puberula, p; O. microdasys, p; O. rufida, p; O. tomentosa, p.

Rameaux garnis de très longs poils ou de longues soies*O. scheeri, p ; O.erinacea, p; O.leucotricha, p; O.crinifera, p.*

Rameaux ni veloutés ni laineux :

Aréoles poilues :

Plantes sans aiguillons ou presque sans aiguillons.....*O. inermis, p; O.vulgaris, p; O.rafinesquei ,p.*

Plantes a aréoles portant des aiguillons nombreux :

Plantes assez élevées rameaux :

Aiguillons droits*O. bergeriana, p; O. robusta, p; O. gosseliniana, p; O. phoeacantha, p; O. myriacantha, p.*

Aiguillons rabattus , tortillés.....*O. totispina,p.*

Plantes basses, croissant en touffes.....*O. rhodantha, p;*
O. polycantha, p; O. erinacea, p.

Aréoles a poils très courts, paraissant glabres :

Plantes sans aiguillons ou presque sans aiguillons.....*O. ficus indica, p; O. mickeyi, p.*

Un aiguillon par aréole, dans les jeunes pousses.....*O. monocantha, p.*

plusieurs aiguillons par aréole, blancs, rabattus et tortillés.....*O. strepacantha, p.*

2.2.3 Systématique de genre *Opuntia*

Embranchement : Phanérogames [32]
 Sous embranchement : Angiospermes [32]
 Classe : Dicotylédones [32]
 Sous classe : Polypétales [7]
 Ordre : Caryphyllales [33]
 Famille : Cactaceae [8]
 Sous famille : Opuntioideae [8]
 Tribu : Opuntieae [32]
 Genre : *Opuntia* [32]
 Sous genre : *Consolea*, *Austrocylindropuntia*, *Brasiliopuntia*,
Coryopuntia, *Grusonia*, *Cylindropuntia*, *Mareopuntia*,
Nopalea, *Stenopuntia*, *Tephrocactus*, *Platyopuntia* [34]
 Espèces de sous genre du *platyopuntia* : *O. puberula*, *O. depressa*, *O. tuna*, *O. basilaris*, *O. microdesys*, *O. vulgaris*, *O. helvetica*, *O. tortispina*, *O. compressa*, *O. Engelmännii*, *O. phacantha*, *O. rostra*, *O. occidentalis*, *O. mojaviensis*, *O. camauchica*, *O. bergeriana*, *O. élatior*, *O. schemani*, *O. vulgaris*, *O. Banaerensis*, *O. cardiosperma*, *O. elata*, *O. monacantha*, *O. scheerii*, *O. flavescens*, *O. lindheimeri*, *O. linguiformis*, *O. laevis*, *O. strictis*, *O. cantabrigiensis*, *O. Dellenii*, *O. Tomentosa*, *O. Tomentella*, *O. leucotricha*, *O. ficus indica*, *Opuntia maxima*, *O. lanceola*, *O. undulata*, *O. decumana*, *O. elongata*, *O. amyaclea*, *O. Topona*, *O. streptacantha*, *O. robusta*, *O. demissa*, *O. camusea* [17].

2.3 Ressources génétiques d'*Opuntia* disponibles

La diversité génétique est essentielle, aussi bien pour le rendement de la récolte actuelle que pour l'amélioration des récoltes futures. Les collections de semences conservées dans les banques de gènes évoluent différemment de celles qui continuent d'être cultivées dans les champs des agricultures. La conservation souligne donc la nécessité de conserver les matériels génétiques *in situ*. Dans le cas d'espèces cultivées, il est facile de souligner l'importance de la conservation dynamique des ressources phylogénétiques assurées par les agriculteurs [22].

La variété inerme peut devenir épineuse lorsqu'elle est transportée brusquement dans un autre environnement [3]. Comme ce fut le cas en 1964, lorsque l'*Opuntia* était transféré de la Tunisie au Togo. Il a été observé le même phénomène dans les zones désertiques ; la variété inerme qui se comporte bien dans ces zones devient épineuse dès la deuxième année [35].

2.3.1 Les variétés fruitières

D'après PIMIENTA et MUNOZ (1995), les espèces les plus importantes qui produisent des fruits comestibles dans les populations cultivées et même sauvages sont : *Opuntia ficus indica*, *O. albicarpa*, *O. streptocantha* et *Opuntia robusta* et les hybrides naturels entre *O. ficus indica* et *Opuntia streptocantha* et *Opuntia ficus indica* et *Opuntia robusta*.

2.3.2 Cultivars fourragers

Plusieurs espèces d'*Opuntia* sont utilisées comme fourrage dans le Nord du Mexique. On compte 10 à 18 espèces dont 15 espèces sont des *Platyopuntia* (*Opuntia streptocantha*, *O. megacantha*, *O. leucotricha*, *O. robusta*, *O. rastrera*, *O. lindhemeri*, *O. engelmannii*, *O. cantabrigiensis*, *O. macrocentra* et *O. phaeacantha*. Ces espèces sont les plus importantes du point de vue abondance, distribution et

leur préférence par les paysans. Les plus fréquemment utilisées sont *O. engelmannii* et *O. lindheimeri* [37].

Malgré l'homogénéité des ressources génétiques en Europe, il y a des diversités dans les caractéristiques botaniques. Des études récentes sur ces ressources représentent la variabilité génétique dans le gène détecté à l'intérieur de la population européenne en faisant des prélèvements des deux environnements : cultivés et naturels [38]. L'évolution d'*Opuntia* dans les environnements arides et semi-arides a mené au développement des traits anatomiques, morphologiques et physiologiques adaptatifs et des structures d'usines particulières [39]. Leur phénotype, qui change considérablement selon des conditions écologiques, leur polyploïdie avec un grand nombre de populations qui se reproduisent végétativement et sexuellement et l'existence de nombreux hybrides, en tant que presque toutes les espèces fleurissant pendant la même période de l'année [34]. La variabilité des populations sauvages et domestiques des cactacées augmente à travers l'hybridation naturelle associée avec la polyploïdie et l'isolation géographique [36]. La réduction des populations d'*Opuntia* a obligé le ministère de l'agriculture au Mexique à installer un programme pour l'amélioration génétique de la figue de barbarie en 1961 à l'université graduée de l'école nationale de l'agriculture. Le but était d'augmenter la production de fruit et d'améliorer l'alimentation des bétails dans les zones semi-arides du pays qui dépendent en grande partie de l'*Opuntia* pendant les sécheresses. L'objectif principal était d'obtenir les variétés améliorées, qui, sans compter que produire des fruits de haute qualité, être inerme afin d'utiliser les raquettes pour alimenter leur bétail [7].

La multiplication de l'*Opuntia* commencée au Brésil en 1985 avec 85 copies obtenues à partir des graines dérivées de la pollinisation ouverte de cultivar Palma Redonda (cultivar Brésilien), plus 17 autres copies de plusieurs endroits Brésiliens. L'introduction continue du matériel génétique d'Algérie, du Mexique d'Afrique du Sud et des Etats-Unis a augmenté le nombre d'entrées à 1400 copies chez l'Instituto Pernambucano Font Pesquisa Agropecuaria (Mexique). Une productivité plus élevée et une meilleure valeur nutritive, aussi bien que l'adaptation à des environnements plus humides et plus chauds, sont les buts de ce programme [40].

La sélection des cultivars à haute productivité a été mise en œuvre dans plusieurs pays, après des études ethnobotaniques, au Mexique. Les espèces les plus utilisées sont: *Opuntia amarilla*, *Opuntia albicarpao*, *Opuntia ficus indica*, *Opuntia hypthiacantha*, *Opuntia lasiacantha*, *Opuntia robusta* et *Opuntia streptacantha* [41]. Plusieurs cultivars ont été développés, généralement ils sont nommés d'après la coloration des fruits à maturité (tableau 2.1) [42].

Tableau 2.1 : Récapitulatif des différents cultivars d'*Opuntia* disponibles dans le monde.

Cultivars	Cultivars
Pays	
Mexique	<ul style="list-style-type: none"> • Pabellan; CPF1, Tapon Hembra, RSR, RDR, ≠ 75, ≠ 70 [37]. • CPV1; Roja Lisa; ANF1; ANV1, Cardona; Naranjona; Reyna; Cristalina Chapeada; Amarilla Redonda; Amarilla Montesa; Fafayuco; Burrona; Charola; Esmeralda; Copena C1; Copena C2; Copena V2 [37]. • Roja Pelona [42]. • Alfajagucan, Blanca de castilla, Papanton, Amarilla huesona [36].
Brésil	<ul style="list-style-type: none"> • Giganta ; Redonda ; Miüda [43]. • Cochenillifera de nopalea [22]. • IPA- Clone 20' [37].
Palestine occupée	<ul style="list-style-type: none"> • Ofer [10]. • BS1 [10].
Espagne	<ul style="list-style-type: none"> • Verdales; Blancos [42].
Italie	<ul style="list-style-type: none"> • Gialla ; Rossa ; Bianca [10].
Afrique du sud	<ul style="list-style-type: none"> • Algerian; Malta; Morado [3]. • Robusta ; Monterey ; Chico, [37]. • Fresno, Algerian-Bakenslip, BlueMottoCastillo, Corfu, Direkteur, Fusicaulus, Fusicaulis O.P, Guaua quil, Gymno Carpo-Hardy Bred, Mexican, Morado, Nudosa, Oos kaap, Santa Rosa signal [36].
Ethiopie du nord	<ul style="list-style-type: none"> • Gera'o; Gargera; Layele; Ado'beles; Moderate Dilaledikh; Sulhuna; [23].
Chili	<ul style="list-style-type: none"> •
Argentine	<ul style="list-style-type: none"> • Amarilla sin espinas ; Rosada ; Naranja [10].
Maroc	<ul style="list-style-type: none"> • Achefri; Moussa; Aissa; Delahia

2.3.3 Caryologie

Dans la famille des cactaceae, les nombres chromosomiques de base sont $x=11$, tandis que le nombre de chromosomes somatiques est principalement égal à 22. Pour ce qui concerne *O.ficus indica*, de nombreuses sources indiquent que tant la forme épineuse que la forme inerme à $2n=88$, c'est-à-dire qu'elles sont toutes deux octoploïdes. D'autres auteurs considèrent en revanche cette espèce comme une diploïde, $2n=22$ (tableau 2.2) [44,45].

Tableau 2.2: Nombre de chromosomes de quelques espèces d'*Opuntia* sauvages et cultivées [46].

Espèces	Nombre de chromosome
<i>Opuntia microdasis</i>	$2n = 2x = 22$ (sauvage diploïde)
<i>Opuntia robusta</i>	$2n = 2x = 22$ (sauvage diploïde) $2n = 4x = 44$ (sauvage tétraploïde)
<i>Opuntia polyacantha</i>	$2n = 2x = 22$ (sauvage diploïde) $2n = 4x = 44$ (sauvage tétraploïde) $2n = 6x = 66$ (sauvage hexaploïde)
<i>Opuntia streptacantha</i>	$2n = 2x = 22$ (sauvage diploïde) $2n = 4x = 44$ (sauvage tétraploïde) $2n = 8x = 88$ (sauvage octoploïde)
<i>Opuntia lindheimeri</i>	$2n = 4x = 44$ (sauvage tétraploïde)
<i>Opuntia phaeacantha</i>	$2n = 4x = 44$ (sauvage tétraploïde) $2n = 6x = 66$ (sauvage hexaploïde)
<i>Opuntia dillenii</i>	$2n = 6x = 66$ (sauvage hexaploïde)
<i>Opuntia amyacleae</i>	$2n = 8x = 88$ (cultivée octoploïde)
<i>Opuntia megacantha</i>	$2n = 8x = 88$ (cultivée octoploïde)
<i>Opuntia ficus indica</i>	$2n = 8x = 88$ (cultivée octoploïde)

2.4 Structures végétatives d'*Opuntia*

Les Cactacées se distinguent par la présence des aréoles qui sont considérées comme des bourgeons axillaires. Ces aréoles produisent des feuilles modifiées en épines de deux sortes ; les unes permanentes, se détachant difficilement et les autres petites, barbelées, et facilement détachables; ce sont les glochides [47]. Les *Opuntia* sont des espèces qui ont des formes très variées depuis le plus petit arbuste jusqu'à l'arbre et même peut atteindre 15 m (mètre) de hauteur [17]. Le figuier de Barbarie est une plante grasse succulente caractérisée par

l'absence des feuilles, un épais épiderme, un revêtement cireux et poilu, une tige riche en tissus aquifères permettant d'emmagasiner l'eau de pluie et de se préserver dans les conditions des régions désertiques [48].

2.4.1 Aspect général

La tige de l'*Opuntia* est formée d'articles ovales, charnus et aplatis, de couleurs vertes, communément appelées "raquettes" dont la surface est parsemée d'alvéoles. Protégées par des poils barbelés regroupés en touffes et armés de redoutables épines (sétules), elles constituent chacune un "*point végétatif dormant et polyvalent*". C'est dans ces alvéoles que naissent, sur les articles en formation, les feuilles fragiles, éphémères, caduques. Les bourgeons apparaissent également au creux de ces "cryptes" au sommet des raquettes. L'*Opuntia* porte des fleurs et des fruits en abondance. C'est sur le dessus des raquettes qu'apparaissent de belles et grandes corolles latérales jaunes, oranges ou rouges, aux nombreux pétales soudés à leur base. Ces fleurs donnent naissance au fruit, une grosse baie ovoïde et charnue, elle aussi ornée de piquants. Selon l'espèce (figure 2.1) [7].

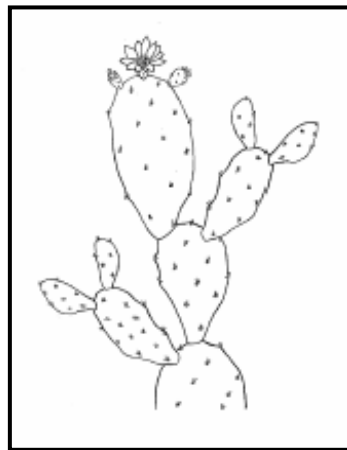


Figure 2.1: Aspect général d'*Opuntia* [7].

2.4.2 Système racinaire

L'*Opuntia* est caractérisé par des racines superficielles et charnues, en expansion horizontale, latérale et fasciculées. Dans les milieux fortement arides, à partir des racines principales, se développent des racines secondaires charnues en

mesure d'atteindre les couches de sol les plus profondes, où elles trouvent plus d'humidité [49]. Les racines se trouvent sur une profondeur de 30 cm (centimètre) et avec rayon de développement horizontal qui peut atteindre 8 m [39]. Une étude a montré que le système racinaire chez l'*Opuntia ficus indica* représente seulement 11% de leur biomasse totale [50].

Des études au Mexique ont montré que les racines de plusieurs espèces d'*Opuntia* sont colonisées par des mycorhizes [51]. Des associations mycorhiziennes ont été trouvées chez les cactacées des forêts tropicales, qui comprennent *Opuntia excelsa* et *Opuntia Puberula*. Pour les bactéries fixatrices de l'azote, il a été trouvé que l'espèce *Azospirillum lipoferum* s'associe généralement avec les racines de plusieurs espèces d'*Opuntia* en Inde. Une autre espèce se développe dans la rhizosphère de l'*Opuntia ficus indica* c'est *Azospirillum brasilens* [52]. La symbiose avec mycorhize contribue à l'optimisation de la recherche d'eau de la part des racines et à sa conservation dans les tissus de réserves [53].

2.4.3 Cladodes

Les cladodes sont des articulations charnues de formes et de couleurs variables [54]. Les cladodes ayant une longueur de 30 à 50 cm et une largeur de 15 à 30 cm, les cladodes ne sont que des tiges aplaties [3]. Le même auteur ajoute que les cladodes ont une grande capacité d'emmagasiner l'eau surtout aux niveaux des tissus parenchymateux, qui peuvent accumuler à eux seuls 82% de l'eau retenue par la plante.

Anatomiquement, la cladode dans une section transversale est formée par : une peau un cortex, un réseau de tissus vasculaires, séparé par un tissu du parenchyme et une moelle qui est le tissu succulent majeur.

La peau est constituée d'une couche de cellules épidermiques de 6 à 7 couches de cellules hypodermiques avec des murs fondamentaux épais qui

ressemblent au tissu laminaire du collenchyme. Les cellules épidermiques sont plates, sveltes et façonnées.

La peau reste intacte longtemps et est remplacée finalement par le périderme (écorce) celui-ci formé de cellules épidermiques [39].

2.4.3.1 Epiderme

L'épiderme constitue la couche la plus extérieure de cellules du corps du cactus ; il est constitué par une couche continue de cellules protectrices qui montre des stomates [39].

L'épiderme des cladodes contient des stomates en nombre réduit et enfoncés dans ces tissus [11].

Le suc cellulaire du cladode concentré et mucilagineux permet à la plante de limiter la transpiration et donc résister à la sécheresse [17].

L'épiderme a trois fonctions majeures:

١. Régler le mouvement de l'entrée du dioxyde du carbone et de sortie de l'oxygène,
٢. Retenir l'eau dans la plante,
٣. Protéger la plante contre les attaques fongiques, les attaques d'insectes et la lumière intense [39].

2.4.3.2 Stomates

Les cactus, en général, ont peu de stomates par unité de superficie que la plupart des autres espèces ; les stomates sont distribués également sur les deux côtés de la surface des cladodes. Ils sont distribués aléatoirement avec une densité faible. *Opuntia ficus indica* présente habituellement 15 à 35 stomates/mm² [39].

Pendant la déficience grave de l'eau, le stomate de cactus peut rester fermé tout au long de jour et de nuit. La fermeture de stomate élimine non seulement la perte d'eau mais également l'échange de CO₂ [55,56].

2.4.4 Aréoles

Les bourgeons axillaires du cactus sont représentés par les aréoles ovales, situés à 2 mm au dessous de la peau. Ils sont disposés régulièrement sur toute la surface de la raquette et qui porte des épines et des glochides [33].

Beaucoup d'études ont été réalisées sur les aréoles et toutes les structures qui peuvent résulter de ce méristème. L'aréole est une dérive du bourgeon formé dans l'axial de la feuille, ou au-dessus de la position normale d'une feuille sur une tige [57]. Ce bourgeon axillaire modifié peut produire n'importe quoi à partir d'une longue ou courte pousse, à une fleur, racine, nouvelle cladode, selon les facteurs affectant le méristème [58]. Elles développent plutôt des épines que des feuilles [39].

Il y a deux théories qui déterminent comment les aréoles peuvent produire de telles structures diverses, comme épine, racine, ou fleur :

- La première théorie est que le méristème des bourgeons axillaires est initialement indifférencié, le développement des primordia est basé sur les messages chimiques qu'il reçoit. Le problème posé par cette théorie est que le méristème qui produit les épines diffère de celui qui produit les fleurs.
- La deuxième théorie est que ce sont les hormones qui déterminent, si un méristème de pousse courte ou longue se développe initialement et quels sont les primordia produits, ceci dépend entièrement de la forme du méristème déjà différencié [59].

2.4.5 Epines et glochides

La présence des épines est la caractéristique spéciale de l'aréole. Leur morphologie a une signification taxonomique potentielle [59]. Le même auteur distingue deux types : les épines et les glochides. Les glochides et les épines sont morphologiquement comparables aux feuilles et les différences entre eux sont quantitatives. Les deux types sont dérivés à partir de la tunica et du corpus, comme le cas des primordia foliaires.

2.4.5.1 Epines

Les épines sont attachées à la base par le liège, qui rend leur enlèvement très difficile. Ce liège empêche les épines d'être enfoncées aisément dans le parenchyme sous-jacent, quand un objet solide entre en contact avec elles [59].

Les épines sont présentes dans la première phase de croissance des cladodes et la plupart d'entre-elles tombent avec l'augmentation de l'âge et de la température [39].

Pour l'*Opuntia ficus indica*, les épines ont une surface rude, la couleur des épines est différente, pour les cactacées en général, la couleur des épines jeunes, varie du blanc ou presque translucide à jaune, brun, rose, orange, gris ou presque noire. Avec la couleur passe habituellement vers une nuance sombre. Les épines individuellement peuvent être multicolores [59].

2.4.5.2 Glochides

Elles sont caduques et s'enlèvent facilement quand elles sont touchées ou soufflées par le vent. Alors que les glochides présentent une surface lisse et sont arrangés en groupe de 7 à 12 dans les cavités des aréoles [39].

Il est possible de trouver des formes de transition entre les glochides et les épines, sur le coté dorsale de l'apex de l'aréole. Cette forme de transition ; glochide-épines sont plus larges que les glochides typiques et peuvent paraître comme de petites épines mais elles se détachent facilement comme les glochides [39].

Les épines et les glochides ont des fonctions multiples : protection de l'épiderme contre les ardeurs du soleil, protection contre le froid, protection contre les animaux, la protection contre le vent desséchant et diminue l'interception de la lumière par la cladode [39].

2.4.6 Fleurs

On peut distinguer les fleurs entre les bourgeons végétatifs et reproducteurs selon son volume spatial. Le bourgeon reproducteur est plus sphérique, alors que le végétatif est plus plat. Les deux genres de bourgeons peuvent se développer sur la surface la plus éclairée de la cladode [39]. Les fleurs des cactus sont tout à fait variables mais il y a quelques dispositifs généraux qui sont partagés par la famille entière [47].

Dans les zones arides et chaudes, certaines plantes du genre *Opuntia* fleurissent et portent des fruits deux fois dans l'année [7]. Les fleurs de l'*Opuntia* sont hermaphrodites et actinomorphes (figure 2.2); elles se développent sur une cladode âgée, d'un ou deux ans et parfois sur une cladode de trois ans [39]. Généralement grandes et belles, avec un style unique à stigmaté digité entouré d'un nombre défini de sépales et indéfini de pétales de couleur brillantes, le plus souvent jaunes, oranges ou rougeâtres [9], et parfois rose [60]. Ces fleurs sont disposées en spirale sur les côtés dorsaux et ventraux et en périphérie de la raquette, donnent naissance à de gros fruits ovoïdes [60]. Elles s'ouvrent au maximum la nuit, lorsque la température est clémente. Elles ont cependant une vie très courte [48]. Les fleurs de couleur jaunes changent à orange ou au rose après la fécondation.

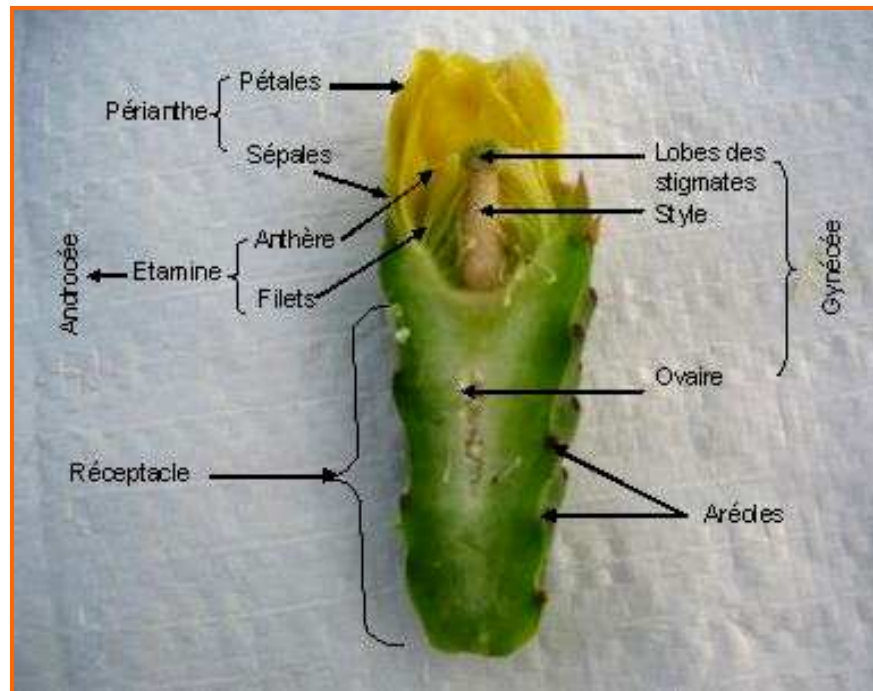


Figure 2.2 : Coupe longitudinale d'une fleur d'*Opuntia ficus indica*.

Les différenciations florales se produisent sur une période courte, de 50 à 60 jours après que le méristème commence à être actif jusqu'à la floraison. Les sépales sont peu apparents, mais les pétales sont bien visibles de couleur jaune orangé [17] ; le pistil est surmonté d'un stigmate multiple. Les étamines sont très nombreuses. A plusieurs verticilles, se développent d'une façon centrifuge, de telle façon que le verticille intérieur est au-dessous du pistil et le supérieur est au dessus de stigmate [39]. Le même auteur rapporte que les anthères produisent une grande quantité de grains de pollen sec, qui mûrit avant la maturité des ovules « protandrie ». L'ovaire est uniloculaire (une loge), forme de cinq carpelles et a une placentation pariétale [39]. L'ovaire est infère et inclus profondément à l'intérieur de réceptacle, à une seule loge renfermant de nombreux ovules. Après la fécondation, le périanthé et l'androcée se fanent et se détachent [61].

Le grain de pollen a une couche épaisse, « l'exine », dont la fécondation est protectrice. La couche interne est l'intine, elle est mince et peut s'adapter facilement aux changements en dimension [39]. La quantité de nectaires change selon les espèces et quelques espèces d'*Opuntia* ne produisent pas le nectaire [62]. Au début de la floraison, les étamines sont serrées au style et les anthères sont en

contact avec la base du pistil. Les protandries expliquent le processus d'autogamie (Cléistogamie). La pollinisation est entomophile, quand la fleur est ouverte, le stigmate est supérieur aux étamines [39].

2.4.7 Fruits

Le fruit est une baie charnue simple [39,42]. Les mêmes auteurs précisent qu'il devrait être considéré comme une fausse baie, puisque le fruit est formé par un ovaire inférieur coulé sur le tissu du réceptacle.

Le fruit est une baie de forme variable, sphérique, ovoïde, pyriforme, juteuse jusqu'à maturité, la couleur de la pulpe peut être verdâtre, jaune orange et même rouge [17]. La taille des fruits est très variable, leur poids varie de 30 à 60 g (gramme) et peut atteindre 250 g (figure 2.3) [63].



Figure 2.3: Fruits d'opuntia (de gauche à droite: *O.ficus indica* ; *O.robusta*; *O.Streptacantha*; *O.engelmannii*).

Le poids de fruit chez l'*Opuntia ficus indica* est affecté par l'ordre de la production du bourgeon floral et du nombre de fruits sur le cladode. Ainsi, les bourgeons floraux qui poussent plutôt deviennent habituellement des fruits plus lourds. En outre, les fruits les plus lourds sont obtenus à partir des cladodes avec seulement six fruits [64]. Chez l'*Opuntia ficus indica*, les fruits se développent vigoureusement en termes de longueur, largeur, poids et volume, pendant les 20 à 30 premiers jours après l'anthèse et arrêtent la croissance approximativement 59 à 90 jours après l'anthèse [65,66]. La croissance du fruit en dimensions et poids nous

a permis d'obtenir trois phases consécutives : (1) croissance initiale rapide ; (2) croissance intermédiaire lente ; et (3) croissance finale rapide [64]. La peau se développe à la vitesse la plus rapide pendant la phase 1, la graine montre que la croissance maximum et dans la phase 2 et la croissance maximum de pulpe se produit pendant les phases 2 et 3 [67].

Le fruit est entouré d'une enveloppe souvent répulsive et non comestible ; il se conserve longtemps sur la plante et même après la cueillette. Il contient de nombreuses graines, réniformes lenticulaires adhérentes et non à la pulpe semi liquide ou se forme de gel [11]. La présence d'épines et des graines épaisses et dures constitue la contrainte la plus sérieuse à la consommation de figue de barbarie [23].

La maturité des fruits est généralement estivale ou automnale. Il peut y avoir deux saisons de floraison, séparées par la saison sèche. Certaines variétés sont très précoces d'autres très tardives [17].

2.4.8 Graines

Les graines sont nombreuses, dures, osseuses et plates plus ou moins réniforme ou lenticulaires [17]. Elles sont libres ou adhérentes à la pulpe, les graines de cactées sont de forme et de taille variables : plate discoïdales, arrondies ou bombées sur les côtés [26]. Les cultivars de l'*O ficus-indica* italiens présentent un moyen de 273 graines par fruit, duquel 146 sont normaux et 127 stériles [68] ; Les cultivars de l'*O ficus-indica* Palestiniens ont un moyen de 268 graines normales par fruit (140 à 430) [67] ; Les cultivars de l'*O. ficus-indica* mexicains ont un moyen de 203 graines normales par fruit (10 à 448) [69] ; Le nombre moyen de graines par fruit est de 157 chez l'*Opuntia engelmannii* [70].

La graine constitue la forme la plus commune de reproduction chez les cactacées, elle ne peut pas germer dans les fruits à cause de la présence des inhibiteurs de germination, comme c'est le cas de la tomate et du melon [59]. Les

graines d'*Opuntia* peuvent garder leur aptitude à la germination pendant environ 20 ans [8,59]. La polyembryonie d'origine nucellaire est commune dans le genre *Opuntia*, cela explique le développement de deux ou trois plantules à partir d'une seule graine. La polyembryonie d'origine nucellaire et le développement d'endosperme sans fécondation, se produisent chez l'*Opuntia vulgaris*, *Opuntia ficus indica* et chez d'autres espèces de cactus, à l'exception d'*Opuntia aurantica*, où il n'a ni la formation de l'endosperme ni la fécondation [39].

CHAPITRE 3

ECOPHYSIOLOGIE, CULTURE ET MALADIES D'OPUNTIA

3.1 Introduction

Les *Opuntias* sont des espèces très résistantes aux conditions pédoclimatiques défavorables telles que les hautes températures et les sols pauvres, elles peuvent se développer dans les régions arides, semi-arides et même les zones sahariennes grâce à leur structures morphologiques et physiologiques.

3.2 Ecophysiologie

3.2.1 Exigences écologiques de l'*Opuntia*

L'*Opuntia* a des exigences culturelles réduites. En effet, elle ne nécessite que des travaux peu profonds et une taille peu importante, pas besoin d'apports importants en eau ni de traitements antiparasitaires et par conséquent, elle présente de faibles coûts énergétiques pour la culture en implantations spécialisées [71,72, 18].

Nous avons déjà souligné que les espèces du genre *Opuntia* présentent des caractéristiques morphologiques, physiologiques et biochimiques, leurs permettant de végéter dans les milieux difficiles, caractérisés par une faible pluviosité et une faible fertilité du sol [73].

3.2.1.1 Exigences climatiques

Les cactus aiment les pluies en toutes saisons mais ils peuvent pousser dans les régions à précipitations annuelles ne dépassent pas 250 mm [74].

Le développement de l'*Opuntia ficus indica* dans le bassin méditerranéen est limité par les températures froides de l'hiver. La limite inférieure où le développement est possible est de + 1,5 à 2 °C de la moyenne journalière des températures minimales du mois le plus froid (Janvier) ou (m) qui correspond approximativement à une température moyenne mensuelle de 7 à 9 °C pour ce mois mais la moyenne des maximas doit être égale ou supérieure à 12°C [14].

Le cactus craint le froid humides (minimum absolu supérieur à -10 °c), puisque le froids favorise une pourriture d'origine bactérienne [75]. Le même auteur trouve que certaines espèces adaptées aux régions méditerranéennes arriveraient à résister à des températures comprises entre -5 et -10°C. Il s'agit de:

- *Opuntia ficus indica* qui résisterait à des froids de -8°C ;
- *Opuntia dillenii* qui résisterait à -5°C seulement ;
- *Opuntia compressa var helvetica* résisterait jusqu'à -10°C.

3.2.1.2 Exigences édaphiques

Du point de vue pédologique, le figuier de barbarie s'adapte aux terrains sableux ou à l'empattage moyen, pauvres en substances organiques et superficielles [76]. Les capacités d'adaptation de l'espèce lui permettent de coloniser les sols stériles des pentes, déterminant la formation d'un terreau indiqué pour des cultures plus rentables [77,76]. Par contre, LE-HOUEROU, (1996), trouve que la croissance de l'*Opuntia* est contrôlée par la nature et le drainage du sol. Les cactus s'accroissent mal à des sols hydromorphes, asphyxiants et trop compacts [17, 78, 75, 3].

Les *Opuntia* n'ont aucune exigence vis-à-vis de la nature chimique du sol et peuvent supporter sans dommage les sols gypseux ou les sols légèrement salins à condition qu'ils soient bien drainés [17,75].

3.2.2 Caractères d'adaptation d'*Opuntia* à la sécheresse

Lorsqu'une plante se maintient dans un biotope donné, on dit qu'elle y est adaptée. L'adaptation est la propriété héréditaire, physiologique, anatomique ou morphologique permettant à une espèce de se maintenir et de se développer dans des conditions écologiques particulières. Les espèces les plus adaptées à un milieu seront les plus compétitives [79]. Les espèces du genre *Opuntia* ont développé des adaptations phénologiques, physiologiques et structurales favorables à leur développement dans les environnements arides et semi-arides, dans lesquels l'eau est un facteur limitant le développement de la plupart des espèces [34].

D'une manière générale, les caractères d'adaptation à la sécheresse se traduisent par :

- Une réduction de la surface foliaire,
- Une protection des stomates et le développement de la cuticule et cutinisation de l'épiderme,
- Une réduction de la surface d'évapotranspiration par la formation de coussinets, boules, formes cylindriques... ;
- Un développement du système racinaire (vertical et superficiel).

Ainsi, les racines contribuent à la résistance de la sécheresse selon trois voies :

- Soit par restriction de la surface des racines en diminuant leur perméabilité d'eau ;

- Soit par une absorption rapide de faibles quantités d'eau provenant de la rosée du matin à partir des « racines pluie » qui ont la possibilité de se développer juste après une averse et de disparaître par la suite,
- Par diminution de la transpiration en raison du haut potentiel négatif des racines [18].
 - succulence (mise en réserve de l'eau dans le parenchyme aquifère),
 - réduction de la durée du cycle de développement,
 - présence des cellules bulliformes permettant la modification de la surface foliaire [79].

3.2.3 Réactions biochimiques d'*Opuntia* vis-à-vis les conditions arides et semis arides

Toutes les plantes font l'essentiel de leurs échanges gazeux avec l'extérieur par l'intermédiaire de structures épidermiques particulières des feuilles ou des tiges : les stomates. Ces stomates peuvent régler leur ouverture laquelle permet l'entrée de CO₂ dans la plante selon un gradient. L'ennui c'est que l'ouverture des stomates permet aussi à l'eau de s'échapper de l'intérieur de la plante : à l'intérieur de la plante, il y a saturation en vapeur d'eau, à l'extérieur la pression partielle de vapeur d'eau est faible, on a donc un gradient très fort [80]. Le même auteur ajoute que, un certain nombre de plantes se sont adaptées à la vie en milieu très chaud et très sec. Dans ces conditions, une plante de type C3, perd beaucoup d'eau si elle fait de la photosynthèse afin d'assurer sa croissance. Comment donc s'en sortir? Pouvoir se développer grâce à la photosynthèse, sans perdre beaucoup d'eau, si on ne peut pas en trouver à proximité ? C'est là qu'est apparu le métabolisme C.A.M (Crassulacean Acide Metabolism) [80].

Le genre *Opuntia* a un mécanisme photosynthétique spécialisé connu sous le nom de métabolisme acide de crassulacean (CAM) [81]. Les jeunes raquettes, étant donné qu'elles ont un métabolisme photosynthétique de type C3, maintiennent les stomates ouverts le jour et rappellent l'eau dont elles ont besoin

à travers les raquettes situées en-dessous, constituant une perte d'eau très remarquable pour toute la plante [82]. Le même auteur a observé sur des jeunes raquettes âgées de deux semaines et sur les bourgeons de fleurs, l'ouverture des stomates durant le jour; dans ce cas, la photosynthèse suit le cycle normal de Calvin c'est un type de C3 [82].

3.2.3.1 Le métabolisme CAM

Les plantes CAM, fonctionnent donc en réalisant deux réactions de carboxylation très séparées dans le temps : l'une le jour et l'autre la nuit (figure 3.1).

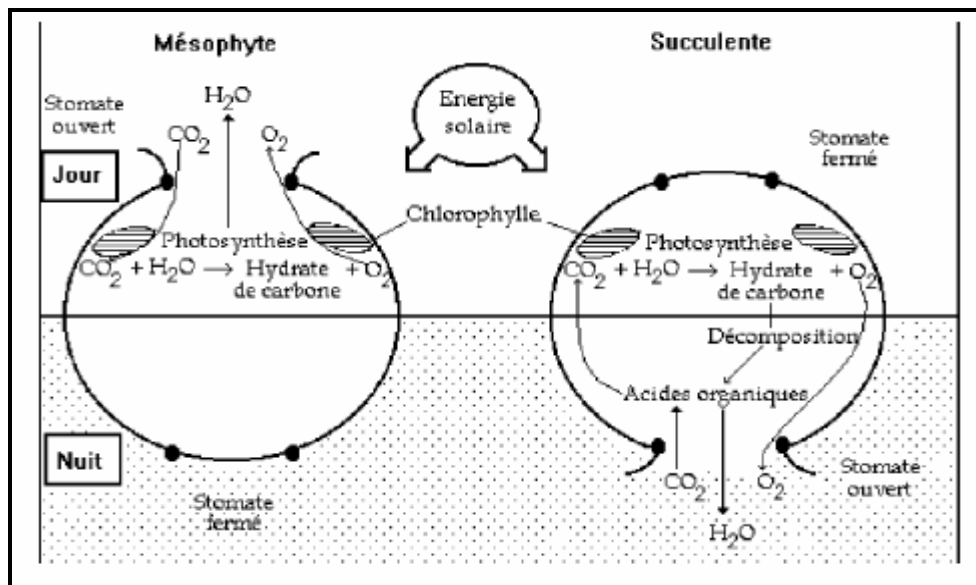


Figure 3.1: Cycle photosynthétique des plantes de type CAM (Gordon Rowley. D ,1985) in (Habibi. Y, 2004).

Pendant le jour, la plante ferme ses stomates et ne les ouvre que la nuit. La nuit étant en milieu désertique assez fraîche, la plante, qui est une « plante grasse » : Agavacée, Cactacée, Euphorbiacée le plus souvent, perd donc assez peu d'eau et peut fixer du CO₂. On a vu que la ribulose 1,5 biphosphate carboxylase oxygénase ou Rubisco avait assez peu d'affinité pour le CO₂ : la concentration interne en CO₂ est donc assez forte et le gradient assez faible, l'entrée du CO₂ est lente. De plus, cette fixation de CO₂ se fait sur un sucre

phosphaté, avec formation de PGA ; donc de molécule phosphatée, si on voulait accumuler du PGA, il faudrait énormément de phosphate [80].

La nuit, c'est donc une autre enzyme que le rubisco qui est utilisé : la phosphoénolpyruvate carboxylase ou PEPcase. La PEPcase a deux avantages : d'abord, elle a une grande affinité pour le CO_2 ; dès qu'on a ne serait ce que quelques ppm de CO_2 , l'enzyme est saturée, on a donc un gradient fort et une fixation rapide ; le second avantage est l'obtention d'un produit de carboxylation qui est un acide dicarboxylique : l'acide oxaloacétique, qui peut être transformé en acide malique [80].

L'acide malique peut être accumulé en grande quantité dans les vacuoles des cellules de la plante grasse. Lorsque le jour se lève, la plante va faire un peu de photosynthèse grâce à sa RUBISCO seul mais très vite elle doit fermer ses stomates. Tout se passe alors en situation fermée, à l'intérieur de la plante : l'acide malique va ressortir des vacuoles et être lysé par l'enzyme malique, il va se dégager du CO_2 , à l'intérieur de la plante, et donc à forte concentration [80]. Ce CO_2 peu être efficacement fixé par le RUBISCO ; et le cycle de calvin synthétise les sucres, grâce à l'apport d'ATP issu de la photophosphorylation, et à l'apport de NADH^+ issu des transferts d'électrons de la photosynthèse. Le pyruvate produit par l'enzyme malique sera stocké et transformé en phosphoénolpyruvate qui sera utilisé la nuit suivante (tableau 3.1) [80].

Tableau 3.1 : Quelques données concernant l'économie de l'eau et du carbone au cours de la photosynthèse chez les plantes en C3 et CAM (LUTTGE, 1993) *in* (Leclerc. JC, 1999).

	C3	C4	CAM
Quotient transpiratoire en g H ₂ O. g ⁻¹ carbone	450-950	250-350	18-100 (pour la fixation nocturne de CO ₂) 150-600 (pour la fixation diurne de CO ₂ , qui n'existe que pendant peu de temps)
Vitesse maximale de la photosynthèse nette, en mg CO ₂ /m ² surface foliaire.s ⁻¹	0,41-1,10	1,1-2,2	0,027-0,360
Vitesse maximale de croissance, /g matière sèche/m ² surface foliaire.jour ⁻¹	50-200	400-500	1,5-1,8

Le quotient de transpiration indique la masse d'eau (en g) perdue par transpiration lorsque un g de carbone est absorbé par le photosynthèse.

3.3 Culture de l'*Opuntia*

3.3.1 Modes de multiplications de l'*Opuntia*

3.3.1.1 Multiplication par graine (sexuelle)

La propagation à partir de graine demeure cependant un outil spécialisé pour multiplier les aréoles et la propagation de l'espèce ornementale en danger, particulièrement dans ces pays qui imposent des restrictions fortes de quarantaine [83].

La technique passe par les étapes suivantes :

3.3.1.1.1 Ramassage

Les graines doivent être obtenues à partir des fruits entiers, sains, mûrs ou sénescents, qui sont bien lavés et tamisés. Les graines sont ensuite séchées pendant deux jours afin de réduire l'humidité extérieure. On élimine alors à la main des résidus additionnels de la chair attachée à la graine [64].

3.3.1.1.2 Traitement

Il est souhaitable de traiter les graines contre les organismes surtout les organismes responsables de la micro putréfaction des racines par l'application des insecticides et des fongicides [64].

3.3.1.1.3 Scarification

Plusieurs méthodes ont été employées pour éliminer la couche externe de la graine qui empêche leur germination [84,86]:

- rupture mécanique,
- rupture mécanique, plus, l'immersion dans l'acide gibbérellique,
- immersion dans l'eau à une température de près de 100 °C durant 5 à 20 minutes,
- immersion dans l'acide sulfurique concentré, ensuite rincée et imbibée d'acide gibbérellique,
- Refroidissement.

3.3.1.1.4 Stockage

Les graines sont stockées dans des sacs en papier ou dans des récipients en plastique, dans des conditions fraîches et sèches [84]. L'entreposage à long terme réduit lentement le taux de germination [86].

3.3.1.1.5 Germination

La température optimum pour la germination est généralement comprise entre 25 °C et 35 °C. La radicule peut percer l'enveloppe de la graine en trois à quatre jours (figure 3.2) [87].

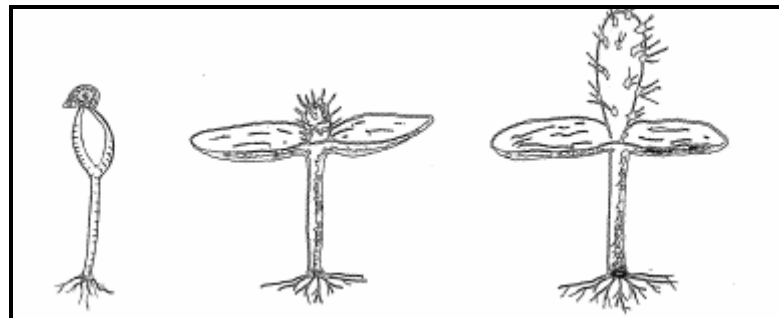


Figure 3.2: Germination d'une graine d'*Opuntia* [7].

Les études de germination des graines, effectuées aux Etats Occidentaux du Texas montrent que les graines, ayant traversé les tubes digestifs des bétails, ont montré des pourcentages de germination de 1,5 fois plus grands que celui des graines enlevées des fruits par déchirure, aussi la scarification avec de l'acide sulfurique augmente le taux de germination [87]. BELTRAN (1984), a obtenu des taux de germination de graines de 71% et de 42% pour l'*Opuntia streptacantha* et l'*Opuntia Robusta*, respectivement, au moment où elles ont été placées dans des chambres de culture à une température constante du 35±3 °C.

En conclusion, la multiplication à partir des graines n'est pas courante; puisqu'elle présente plusieurs inconvénients :

- la germination est lente,
- les plantules ne sont pas uniformes du point de vue génétique et phénotypique,
- elles traversent une phase juvénile très longue [82].

3.3.1.2 Multiplication végétative (asexuée)

La multiplication asexuée pour le figuier de barbarie est assurée par les aréoles qui sont des tissus méristématiques capables de produire de nouvelles pousses, fleurs ou racines, dépendant de leur position. Les cladodes, les fleurs et même les jeunes fruits sont capables de se différencier. Cependant, les cladodes sont les éléments typiques de propagation [89]. Les cladodes qui tombent de la plante mère, constituent le mécanisme principal de la dispersion dans les populations sauvages [90].

3.3.1.2.1 Bouturage

Les boutures les plus communes sont : une cladode simple et un propagule multiple de cladode [64].

Une fois les cladodes collectées, elles devraient être stockées pendant quatre à six semaines dans un endroit sec et ombragé, afin de favoriser la cicatrisation de la partie blessée où la coupe a été faite. Le séchage au soleil devrait être évité car il favorise le recourbement du cladode. Généralement les cladodes employées sont les cladodes de deux ans [18] ou bien une raquette de deux ans avec deux ou trois raquettes d'un an [82].

Il est possible d'utiliser les rejets des racines ou les fleurs puisque chez ces dernières, les aréoles du réceptacle, qui est un thalle modifié, ont la capacité de différencier les racines et les pousses végétatives [30]. Les fruits ont la capacité de différencier des racines et donner des nouvelles plantes, si elles se détachent de la cladode et tombent par terre [91, 92, 57].

3.3.1.2.2 Greffage

Le greffage de l'*Opuntia* est actuellement employé pour des espèces exotiques et ornementales. La compatibilité inter spécifique est rapportée [83]. On pratique la greffe pour obtenir des formes curieuses ou décoratives [93]. Le greffage des plantes adultes est utile pour des études phytopathologiques telles que des essais de transmission de virus ou de mycoplasme [30].

3.3.1.2.3 Micro propagation

A cause des problèmes pratiques présentés par la propagation traditionnelle, telle que l'exigence de grand matériel végétal, c'est pour ces raisons, que les techniques de culture de tissus sont pratiquées, la micro propagation permet d'obtenir un taux élevé de multiplication, une uniformité génétique et un volume et un poids réduits [94].

ESCOBAR et al, (1986), ont développé une méthode très efficace de micro propagation pour une variété d'*Opuntia "l'amyckae"*, par laquelle une moyenne de 25000 plants pourrait être obtenue en 100 jours, à partir d'une cladode simple d'environ 5 cm. Pour obtenir ce taux élevé de multiplication, on a analysé différentes concentrations d'adénine benzylique (BA) dans des explants de cladode contenant les bourgeons différenciés. La « BA » a permis le développement des pousses, d'avoir lieu approximativement 25 jours après la mise en culture. Des sections longitudinales des pousses nouvellement formées, ont été exposées à des concentrations plus élevées de BA, permettant, ainsi le développement des pousses de pré-existence des bourgeons axillaires.

3.3.1.2.4 Embryogenèse somatique

L'embryogenèse somatique est une forme asexuée de propagation d'usine en nature qui limite beaucoup d'événements de reproduction sexuelle. En outre, ce processus peut être reproduit artificiellement par la culture *in vitro* des tissus et des cellules. Certains des facteurs les plus importants pour une régénération

réussie d'usine sont le milieu de culture et les conditions environnementaux d'incubation. L'embryogenèse somatique *in vitro* est un préalable important à l'utilisation de beaucoup d'outils biotechnologiques pour l'amélioration génétique, comme puits quant à la propagation de masse [96].

3.3.2 Conduites et techniques culturales

3.3.2.1 Choix de l'espèce et de cultivar

Le choix de la variété prend une certaine importance :

- Ou cas où l'implantation serait destinée à la production de fruits, les espèces ou les variétés sélectionnées sont qu'elles aient à de gros fruits, contiennent moins de grains et de bonne qualité gustative.
- Mais si le but de l'implantation est l'utilisation fourragère, on choisit des variétés inermes [82].

On cultive dans les zones arides et semis arides, les biotypes déjà acclimatés et se développant bien dans ces milieux.

Il existe, cependant, des facteurs importants qui sont pris en considération au moment du choix de la variété:

- Productivité élevée et de bonne qualité,
- Adaptation au climat et au sol,
- Grande rusticité,
- Résistance à l'agression des parasites et des insectes [82].

3.3.2.2 Implantation

3.3.2.2.1 Préparation du sol

Il faut labourer le sol (60 à 80 cm de profondeur) et apporter des fertilisants au sol tout en veillant d'avoir un sol ameubli pour assurer un bon drainage. La profondeur des trous de plantation est de 10 à 20 cm et de 50cm de diamètre, il est préconisé d'épierrer le sol avant la plantation [97]. Le labour se fait sur la totalité de la surface, ou bien sur la ligne de plantation avec scarification sur l'interligne [98].

3.3.2.2.2 Epoque de plantation

L'époque de plantation varie d'une région à une autre. Dans les conditions du sud de l'Italie, l'automne est considérée comme la meilleure saison de plantation [10].

Au Maroc, les plantations sont effectuées à partir de Février- Mars dans le Sud et en fin de printemps dans les autres régions [3].

En Algérie, particulièrement dans la région de Tébessa, les plantations sont effectuées durant deux époques :

- 20 Février à Mai, dans le Sud de la région,
- 20 Mars à Mai, dans les régions du Nord [4].

3.3.2.2.3 Densité et modes de plantation

Les implantions peuvent être réalisées suivant la nature et l'inclinaison du terrain et aussi en fonction de l'objectif principal. Les modes de plantation sont en

quinconce dans la plaine et en lignes (rangs) dans les montagnes. L'orientation Nord-Sud des lignes est importante pour assurer l'ensoleillement des plantes [82].

Les méthodes les plus utilisées sont les suivantes :

- Plantation en trous :
 - Raquette unique,
 - Raquette double,
 - Trois raquettes (en bouquet).
- Plantation en rangs [4].

L'espacement et la densité de peuplement dépendent des conditions édapho-climatiques et les conditions de la culture. Les écartements varient de 0,55 × 2 m à 4 × 4 m [51]. Au Brésil, les densités de plantation sont de l'ordre de 5000 à 150 000 pieds / ha [17]. En Algérie, la densité dans les zones arides et semi-arides varie de 1000 à 4000 raquettes par ha et arrive jusqu'à 5500 raquettes par ha [4]. Les plantations modernes, sont établies à des densités variant de 500 à 2000 plantes par ha et d'écartement de 5 à 7 m entre les rangées et 1 à 2 m entre les pieds (figure 3.3)[14].

Si le but de plantation est la production de fourrage, on recommande d'intensifier la densité de plantation (40 × 80 cm) [82].



Figure 3.3 : Plantation d'*Opuntia robusta* dans la zone de Mesrane (Djelfa) par INRF en 2003.

3.3.2.2.4 Entretien de la culture

Les pratiques culturales chez l'*Opuntia* sont donc limitées à des apports complémentaires en irrigation, à des rares traitements phytosanitaires et à des techniques d'entretien classiques (travaux superficiels du sol, taille...) [10].

3.3.2.2.4.1 Fertilisation

Aux pays de Maghreb, il n'y a pratiquement aucun apport d'éléments fertilisants pour le figuier de barbarie en culture traditionnelle. Certains agriculteurs ont commencé à apporter du fumier à leurs plantations de figuier à raison de 1 à 5 kg par pied. Cela engendre une augmentation de 20 à 30 % dans la productivité [3]. La fertilisation porte non seulement à une augmentation de la production mais aussi à une augmentation de pourcentage de protéines. En effet, les essais de fertilisation azotée réalisés sur l'*O. lindheimeri* montrent que de niveaux croissants d'azote de : 67, 124 et 135 kg N/ ha, déterminent respectivement une augmentation du niveau protéique de 3,1 ; 4,2 et 4,4 point de pourcentage [99]. Pour les plantations modernes, dans les zones à 300 mm de pluviomètre, il semble que l'on puisse recommander les fumures suivantes :

- Fumure de fond : 20 à 30 tonnes de fumier d'azote par hectare plus 100 unités de P_2O_5 .
- Fumure de couverture : 50 à 100 unités d'azote par hectare par an et 50 unités de P_2O_5 après la 3^{ème} année [17].

3.3.2.2.4.2 Irrigation

L'*Opuntia* est une plante très peu exigeante en eau, 2 à 3 irrigations de 60 à 100 mm, durant le grossissement du fruit augmente le volume de fruit et le pourcentage de la chaire [18]. Les essais menés en Palestine occupée, dans des conditions similaires aux zones arides marocaines, ont montré qu'avec 230 mm par an, la production de fruits est améliorée de façon significative par l'irrigation

[3]. Le figuier de barbarie a deux périodes critiques durant lesquelles, il est recommandé de faire des apports d'eau : la floraison et la grossissement de fruits.

3.3.3 Récolte et rendement

3.3.3.1 Cas des cladodes

On peut effectuer une première récolte en moyenne 3 ans après plantation [100]. Il ajoute qu'on peut récolter tous les ans, en se limitant, à cueillir les raquettes de l'année.

De nombreux travaux ont été consacrés à l'étude de la production fourragère d'*Opuntia* inermis, le rendement varie selon les régions, pays et notamment la pluviométrie [9].

- Italie : 60 tonnes de raquettes par hectare par an,
- Afrique du sud : 100 à 300 tonnes de raquettes par hectare par an,
- Brésil : 140 tonnes en moyenne par hectare par an dans les zones à 300 mm de pluviométrie moyenne annuelle,
- Algérie :

- Relizane : 200 tonnes de raquettes par hectare par an (325 mm) ;
- Bouira : 50 tonnes de raquettes par hectare par an (400 mm) [9]. Le rendement à la zone de Zeriba est de 50 T/ha/an (pluviométrie de 400 mm) et 120 T/ha/an (pluviométrie de 800 mm) [11].

3.3.3.2 Cas des fruits

La différenciation de bourgeon de fleur est faisable, durant la première ou la deuxième année. Cependant, le premier rendement est bas, vu la présence de quelques cladodes seulement, capables de produire ces bourgeons [64].

La cueillette s'effectue en automne. Au Mexique, elle commence en juin pour les variétés précoces jusqu'au mois de décembre pour les variétés tardives, la croissance et le développement du fruit durent de 70 à 150 jours en fonction des variétés et des conditions de production [63]. On se base souvent sur la couleur de la peau ou sur les concentrations en sucres totaux solubles (STS), pour commencer la cueillette quand la peau du fruit présente une couleur tournante. Le taux de sucres est de 12 à 15%.

Les rendements dépendent de la variété, du climat, de la richesse du sol et des conduites culturales. En Maroc, il varie de 12 à 30 t/ha, dans les exploitations spécialisées dans la culture d'*Opuntia* [3].

3.4 Maladies et parasites des *Opuntias*

3.4.1 Maladies cryptogamiques

3.4.1.1 Dessèchement des *Opuntias*

Causé par un champignon, *Hendersonia opuntia*, cette maladie est généralement propre aux oponces. Elle se caractérise par des lésions au centre brun gris et craquelé, d'abord bien délimitées, elles en arrivent à couvrir des articles entiers qui tournent au brun rouge avant que la plante ne meurt [101].

3.4.1.2 Rouille

Causée par *Phyllosticta opuntiae*, uridinée qui se manifeste par des petites tâches de couleur jaune-rouille, circulaires, pouvant s'étendre en plaques irrégulières d'un blanc sale ou cendre. Ce sont surtout les raquettes de deux ans qui, une fois attaquées, n'émettent que peu de cladodes et finissant par se dessécher. La gale causée par cette espèce qui est probablement l'ennemi le plus

redoutable des *Opuntias*, est efficacement combattue par des traitements à base de cuivre et l'ablation des raquettes parasitées [102].

3.4.1.3 Mildiou et pourriture

Elle est produite par un champignon (*Phytophthora cactorum*) qui met en fermentation le suc cellulaire et propage avec une rapidité déconcertante. Les symptômes de mildiou se présentent sous forme de cloques soulevant l'épiderme, d'état chlorotique prononcé et de tâches brunâtres qui envahissent les fruits et les raquettes en fonction des variétés [101]. Une lutte préventive consiste à couper et à incinérer les parties atteintes de la plante [102].

3.4.2 Parasites et prédateurs

3.4.2.1 Cochenilles et poux des racines

Bien que généralement polyphages, certaines espèces de cochenilles sont des parasites spécifiques et inféodées à une seule espèce de cactées. *Cactoblastis cacterum* a éliminé la culture de *l'Opuntia dillenii* au sud de Madagascar. Les poux des racines parents de la cochenille. *Rhizoecus falcifer* s'établit sur les racines et sur le collet des cactus qu'ils piquent et dont ils sucent la sève [24]. La lutte contre les cochenilles nécessite des traitements aux huiles blanches ou au parathion [102].

3.4.2.4 La cératite

Causée par *Ceratitis capitata* Wied, c'est la mouche méditerranéenne des fruits qui peut occasionner des dégâts importants certaines années dans les plantations mal entretenues. Un insecticide de synthèse permet de se débarrasser facilement de cet insecte [102].

3.4.2.5 Limaces et d'autres

On repérera leur passage aux traces brillantes qu'elles laissent derrière elles et aux parties dévorées. On utilisera un insecticide spécifique. Les lapins et d'autres rongeurs, les bétails et d'autres animaux domestiques et sauvages sont des prédateurs de l'*Opuntia*, inerme. Il ajoute que les perroquets causent de vrais dommages à l'*Opuntia inerme* par la consommation des extrémités des raquettes [103].

3.4.3 Les anomalies de culture

A la différence des autres maladies, aucun agent vivant extérieur n'intervient. Les causes tiennent à un déséquilibre physiologique.

3.4.3.1 Allongement et plissement des articles

Les cactus filent lorsqu'ils manquent de lumière. On modifiera progressivement leur exposition en les rapprochant d'une zone plus lumineuse [101].

3.4.3.2 Tâches rougeâtres

Les tâches rougeâtres visibles sur les espèces exposées à une température trop basses [103].

3.4.3.3 Gelée et grêle

La gelée est un facteur abiotique dangereux, qui a provoqué des graves blessures sur les arbustes d'*Opuntia* au Mexique. En Algérie, durant l'hiver 2004

environ 7636 ha d'*Opuntia* a été endommagés par la gelée, suivie de la neige dans les wilaya de Médéa et M'sila [4].

La grêle cause des dégâts importants par la blessure des fruits et des cladodes d'*Opuntia*, ces derniers constituent des terrains poreux pour la pénétration et le développement des agents responsables des plusieurs maladies tel que le *Botrytis cinerea* [101].

CHAPITRE 4

IMPORTANCE ET EXPLOITATION D'OPUNTIA

4.1 Introduction

Les cactacées jouent un rôle notable dans le développement de la civilisation mexicaine ; ces plantes fournissent :

Des produits alimentaires, des clôtures impénétrables et défensives, des fibres lamineuses, du bois tant de construction que de chauffage, des fourrages permanents, le matériel nécessaire pour l'élevage de la cochenille, des produits pharmaceutiques [8].

4.2 Importance écologique

L'*Opuntia* a le pouvoir d'arrêter l'avancement du désert et protéger la faune [104]. La culture d'*Opuntia* offre aux terres qu'elle colonise un couvert puissant, ombrageant la surface du sol [9]. Les cactus peuvent être utilisés pour lutter contre l'érosion hydrique et éolienne. Le figuier de barbarie est très souvent utilisé comme haies défensives dans sa région d'origine et même à usage ornemental dans les jardins d'ornement [105].

Le cactus inerme *Opuntia Ficus indica*, qui tolère la sécheresse et protège les sols contre l'érosion, est encore utilisé en Tunisie, en Algérie et au Maroc pour ralentir et diriger le mouvement des sables, augmenter le couvert végétal, et éviter la destruction des terrasses construites pour réduire l'effet de ruissellement [106].

Les racines superficielles, laissent aussi, après leurs morts des débris favorisant le changement de la couleur des horizons superficiels [107]. La colonisation des places vides par les *Opuntia* et d'autres plantations provoque une remontée biologique dans les sol dégradés, par une amélioration des conditions édaphiques (feutrage racinaire, rôle des animaux fouisseurs, microclimat) [11].

En Algérie la culture d'*Opuntia* dans les zones arides et semis arides, a permis de préserver les écosystèmes steppiques fragiles (figure 4.1) [5]. La plantation d'*Opuntia* dans la wilaya de Djelfa a permis :

- Une augmentation de la litière,
- Une augmentation de la matière organique,
- Une augmentation du recouvrement végétal,
- Une augmentation de la richesse floristique.



Figure 4.1: Fixation du sable par l'*Opuntia ficus indica* dans la région de Khoubna (Tébessa).

L'intérêt accordé par le HCDS à cette culture s'explique par les avantages que procure cette plante :

- Les racines mortes de l'*Opuntia* et celles de l'année, produisent d'importantes quantités de la matière organique pour améliorer les sols, par

l'augmentation de leur aération, leur perméabilité et leur capacité de rétention en eau.

- En constituant, des peuplements vivaces et durables [5].

Au Maghreb, les vieilles raquettes d'*Opuntia* desséchées utilisées comme fumure des vergers et la dispersion d'articulation d'*Opuntia* broyés autour du pied de certaines plantes, éloigne les parasites et empêche la prolifération des mauvaises herbes [108]. Pour détruire les larves de moustiques, on utilise des raquettes de ce figuier, coupées en morceaux et jetées dans les eaux stagnantes, laissent exsuder un mucilage qui forme à la surface une couche isolante amenant la destruction des larves de moustiques [5]. L'*Opuntia* résiste au feu et peut être utilisé comme obstacle à la propagation des incendies [10].

4.3 Importance alimentaire et agro-industriel

4.3.1 Raquettes

4.3.1.1 Production de Nopals

Les jeunes raquettes de 10 à 15 cm de longueur surtout chez les cultivars inermes sont consommées, en tant que légumes appelés "Nopals". D'autres espèces sont utilisées pour la même fin comme: *O. robusta*, *O. streptacantha* et *O. leucotricha* DC, *O. huptiacanta* Weber, et *O. chavena*. La production annuelle de nopals en Mexique est de l'ordre de 230 000 tonnes dont 2000 à 3000 tonnes sont exportées vers le Sud des Etats-Unis, où vit une large population Mexicaine [10]. La valeur nutritive des Nopals est similaire à celle de la laitue et des épinards [21]. En Algérie, dans la région de Tébessa, l'*Opuntia* fait l'objet d'une utilisation maraîchère appréciée par les populations rurales [5].

4.3.1.2 Production de confitures et autres produits alimentaires

Badillo (1987), a obtenu une confiture à base de cladodes de bonne qualité, en ajoutant le sucre et l'acide citrique dans les proportions suivantes : 1 - 0,6 - 0,01. Cette confiture ne présente pas de différences avec les confitures des fruits, de figues et d'oranges et se caractérise par une bonne qualité sensorielle et une stabilité microbiologiques pendant 40 jours de stockage. Les comprimés, les biscuits et d'autres formes de fibres dérivées des cladodes de cactus sont actuellement lancés sur le marché dans plusieurs pays américains [110]. On peut utiliser les raquettes comme matière première pour la production de biogaz, par fermentation naturelle [3].

Au Mexique les Nopalitos sont utilisés comme additif dans la fabrication de shampoing, savon humectant, anti-transpirant, assouplissant de cheveux...etc. [18]. Les Nopalitos sont utilisées aussi pour la fabrication des crèmes et de laits hydratants pour le visage [30].

4.3.2 Fruits

Les fruit de l'*Opuntia* peuvent être consommés en frais ou bouillis dans l'eau ou séchés pour être conservés et consommés durant la période hivernale [111]. Les fruits sont consommés sous formes : Congelés, confits ou transformés en jus concentré, en boisson alcoolisée, en confiture ou en huile alimentaire à partir de la graine [10]. Les fruits d'*Opuntia* considérés comme une bonne source de vitamine C, avec un apport énergétique important, la teneur en sucre de la plupart des variétés est relativement élevée (12 à 17 %) [10]. Il favorisent et activent grâce à leurs effets galactogènes et fortifiants la production de lait chez les femmes allaitant [7]. Ils sont aussi nutritifs, 25 à 30 fruits suffisent à l'alimentation journalière d'un homme [75].

L'industrialisation du figuier de barbarie représente un grand déficit technologique et les sous produits de figuier de barbarie peuvent constituer une matière première pour l'agro-industrie [12].

Au Mexique et en Afrique du sud, on a intensifié l'élevage des cochenilles *Dactylopius coccus costa* ou *Dactylopius opuntiae cockerell*, Cette teinte est très demandée en industrie alimentaire, médicinale et cosmétique comme colorant naturel (E 120), autorisé dans certaines préparations de charcuterie, de boisson et de confiserie [10]. Les colorants obtenus à partir de poire de fruits pourpre fraîche avec un rendement de 16 mg/100 g sont identiques à ceux obtenus à partir de betterave [112]. Ses colorants sont employées pour clarifier et fixer la couleur du vin en lieu et place du traditionnel sang de bœuf, ce qui semble beaucoup plus hygiénique [7].

Au Chili, les figues de barbaries sont utilisées pour l'extraction d'un sirop dont les caractéristiques nutritionnelles sont similaires à celles du raisin et de maïs (tableau 4.1) [3].

Tableau 4.1: Composition chimique de la pulpe et de graine de fruit d'*Opuntia ficus indica* 100 g de fruit [113].

Constituants	Pulpe	Graine
Eau %	85,60	5,3
Protéine (%)	0,21	16,6
Matière grasse (%)	0,12	17,2
Fibres (%)	0,02	49,6
Vitamine C (mg/100 g)	26,0	/
Matière minérale (cendre) (%)	0,44	3,0
Ca (mg/100 g)	20,0	16,2
Mg (mg/100 g)	28,0	74,8
K (mg/100 g)	161	163
Na (mg/100 g)	0,8	67,6
P (mg/100 g)	15,4	152
Fe (mg/100 g)	1,5	9,45

4.3.3 Graines

En Amérique, on extrait une farine blanche des graines, qui une fois bouillie, est façonnée en une sorte de pain [114]. Les graines obtenues à partir des fruits frais ou secs sont lavées, séchées, et rôties pour préparer les sauces traditionnelles [111,82]. Les graines et la pulpe du fruit contiennent un pourcentage considérable d'huile, dont on trouve 87 % chez les graines et 52,9 % des lipides totaux chez la pulpe. Les acides gras contenus dans la pulpe et la graine sont; l'acide linoléique (dominant), suivi, par l'acide palmitique et l'acide oléique. Cette propriété sert à valoriser le fruit et les graines en même temps, dans le domaine industriel [111].

Les graines d'*Opuntia* peuvent être exploitées dans la fabrication et l'extraction des huiles pour des usages alimentaires, pharmaceutiques, médicaux et cosmétiques. Cette huile pourrait être une excellente source potentielle d'huile de table pour la consommation humaine et/ou animale avec un rendement variant de 5,8 à 13,6 % [113]. En Palestine occupée, les graines sont écrasées pour en extraire une crème pour la peau [10].

4.4 Importances médicinales

Les parties à utiliser sont : les fleurs, les fruits et le suc des cladodes. La récolte se fait en printemps pour les cladodes, en été pour les fleurs et enfin d'été pour les fruits. Selon des études cliniques récentes, le Nopal élimine l'excès d'ammoniac accumulé dans certains organes, combat avec succès les radicaux libres, neutralise les toxines qui affaiblissent notre système immunitaire suite à une surconsommation d'alcool ou de tabac. Par son action tout à fait remarquable sur le système nerveux, le Nopal apporte calme et sérénité à l'organisme stressé [7].

4.4.1 Cladodes

L'*Opuntia vulgaris* est utilisé à des fins thérapeutiques essentiellement grâce à sa teneur en mucilage et ce surtout en Afrique du nord. On les préconise pour soigner les abcès, cors, durillons [115]. Egalement, la poudre de nopal déshydratée est rentrée dans les régimes amaigrissants. Le mucilage isolé des raquettes permet de réduire aussi le cholestérol total dans le sang [18].

Au Yémen, les raquettes coupées longitudinalement sont appliquées en cataplasme pour soigner les blessures [116]. En Australie et en Afrique du Sud, les Nopalitos l'ont utilisé dans le traitement des diabètes non dépendants de l'insuline. Ils sont utilisés aussi pour traiter les inflammations [10].

4.4.2 Fruits

Le fruit ramolli sur un feu doux est utilisé pour soigner la jaunisse, aussi les fruits sont connus au Maroc par le fait qu'ils arrêtent les colliques [107]. Ils possèdent des propriétés anti-hémorroïdaires, anti-diarrhéiques et augmentent aussi la fonction rénale [26].

4.4.3 Fleurs

En Sicile, le thé préparé par les fleurs d'*Opuntia ficus indica* est utilisé comme traitement contre les maux des reins [18]. En Palestine occupée, les capsules des corolles des fleurs séchées sont utilisées comme remède au dysfonctionnement de prostate et aussi comme régulant [3]. Il est conseillé pour le traitement du foie mais il est aussi efficace pour le traitement de diverses maladies dont les maladies de reins et les maladies rhumatismales. De même, des préparations de fleurs sont utilisées comme substance antidiurétique et vermifuge [3]. Les stigmates des fleurs sont réputés anti-hémorroïdaires [18].

4.4.4 Racines

La racine de l'*Opuntia ficus indica* est considérée comme un puissant diurétique [115].

4.5 Apiculture

Les fleurs du cactus constituent une source nutritive très appréciée par les abeilles, d'où la possibilité de développer l'apiculture en parallèle. Au Maroc, l'activité des abeilles a lieu sur les fleurs de l'*Opuntia ficus indica* pendant 3 mois (Avril à Juin). Les rendements des ruches dans la région de Tiznit (Maroc) est de 1 à 4 litres de miel [3].

4.6 Bois

Les *Opuntia* fournissent un excellent bois de chauffage. Les troncs des *Opuntia* sont des cylindres creux qui donnent des tubes de bois utiles pour la construction, la charpente et la menuiserie [8].

4.7 Importance fourragère

L'utilisation de l'*Opuntia*, comme plante fourragère, est très connue depuis l'antiquité dans les pays du Maghreb (Tunisie, Algérie, Maroc) [9]. En général, on peut affirmer que l'*Opuntia* est très appétible. Le mouton nourri avec des raquettes d'*Opuntia*, pouvaient ingérer jusqu'à 9 Kg/jour de ce fourrage [9].

La consommation d'*Opuntia* mène à une augmentation de l'ingestion de paille, un effet très positif, si l'on considère le fait que, dans les zones arides de WANA (Ouest Asiatique et Afrique du Nord), la paille représente la principale source de nutrition du bétail [117]. On peut expliquer cet effet positif en supposant que l'ingestion d'*Opuntia* améliore les conditions de fermentation du rumen [118].

Tableau 4.2: Influence de l'ingestion d'*Opuntia* sur l'ingestion de paille [118].

Ingestion d' <i>Opuntia ficus indica</i> forme inerme (g de Ms/jour)	0	150	300	450	600
Ingestion de paille (g de Ms/jour)	550	547	523	643	716

De nombreuses espèces d'*Opuntia* représentent une source alternative de fourrage, valable en particulier durant les périodes de sécheresse quand les autres espèces fourragères sont faibles. Pour permettre la consommation des raquettes de la part des bétails, on élimine les épines :

- par l'action directe du feu,
- l'immersion dans l'eau,
- l'utilisation de la vapeur, lavage avec de la soude [82].

Les espèces d'*Opuntia* épineuses sont caractérisées par une valeur nutritive supérieure aux espèces inermes [119].

Au Brésil, les peles (écorce des raquette) d'*Opuntia* sont, avec le tourteau de coton, la base de l'alimentation du cheptel bovin, notamment les vaches laitières [17]. Dans le Nord Est de Brésil, les éleveurs préfèrent que les animaux broutent directement le figuier de barbarie [120].

Les lapins sont des prédateurs de l'*Opuntia*, donc il est fort possible d'établir des régimes alimentaires en utilisant le cactus inerme pour cette espèce et d'autres rongeurs [103].

L'*Opuntia* peut être utile dans la résolution des problèmes de l'abreuvement dans les zones arides du WANA [82]. Dans ces conditions, le contenu élevé de l'eau présente dans les tissus de l'*Opuntia* représente une source valable de liquides pour les animaux. Chez les moutons nourris sous un régime qui contient

environ 300 g de Ms d'*Opuntia* la consommation en eau de la part des animaux est pratiquement nulle [118].

Tableau 4.3: Contribution de la consommation d'*Opuntia* dans la résolution de problème de l'abreuvement [121].

Consommation d' <i>Opuntia ficus indica</i> forme inerte (g de Ms/jour)	0	200	400	600
Consommation d'eau (l/j)	2,5	1	0,75	00

Les raquettes d'*Opuntia sp.* Présentent un taux élevé en eau (90 %), en cendres (20 % de la Ms), en Ca (1,4 % de la Ms), en hydrate de carbone solubles et en vitamines A, en revanche, elle possèdent un faible taux de protéines brutes (4% de la Ms), des fibres brutes (10 % de la Ms) et de phosphore (0,2 % de la Ms) [121].

Ces valeurs nutritives de l'*Opuntia* varient en fonction de l'espèce et de la variété considérée, elle est influencée par l'âge des raquettes, par l'évolution thermo-pluviométrique au cours de l'année et par de nombreux facteurs agronomiques comme le type de sol et les conditions de croissance et de développement de la plante [82]. Le contenu en substances nutritives varie suivant l'âge des raquettes, le pourcentage des protéines brutes diminue (de 5 à 3 % de la Ms) tandis que le contenu en fibres augmente (de 9 à 20 % de la Ms), quand les raquettes passent de 1 à 5 ans [118]. La valeur énergétique des raquettes diminue avec l'âge comme suit :

- 0,6 UF/kg de MS pour les raquettes de 1 an,
- 0,4 UF/kg de MS pour les raquettes de 2 ans,
- 0,2 UF/kg de MS pour les raquettes de 4 ans [14].

Tableau 4.4: variation de la composition chimique des raquettes d'*Opuntia ficus indica* (100 g de MF) [18].

Composition chimique	Quantité
Eau %	85-90
Protéines brutes %	5-12
Digestibilité de MS in vitro %	75
Digestibilité des Protéines in vivo %	72
Matière sèche %	62
Fibres brutes %	43
Matière organique %	67
Calcium %	4,2
Magnésium %	1,4
Phosphore %	0,08-0,18
Potassium %	2,3
Energie (M cal/kg)	2,61
Caroténoïdes (µg/100 g)	29
Acide ascorbique (vitamine C, mg/100 g)	13

La valeur nutritive de l'*Opuntia* n'est pas très élevée, en particulier en terme de pourcentage de protéines. Dans le cas où l'*Opuntia* est l'aliment principal du bétail, on a observé une perte de poids chez les animaux, due à une insuffisance nutritionnelle évidente, probablement due à un rapport inadéquat en protéines/énergie [120].

Tableau 4.5: Teneur en protéines digestibles des cladodes de quelques espèces d'*Opuntia* [9].

Espèces	Raquette de l'année		Raquette de l'année précédente	
	Mf (%)	Ms (%)	Mf (%)	Ms (%)
<i>O. ficus indica</i>	0,42	5,31	0,44	7,46
<i>O. amycea</i>	0,63	5,56	0,66	6,24
<i>O. tomentosa</i>	0,26	3,32	0,29	4,84
<i>O. vulgaris</i>	0,35	3,21	0,41	3,60
<i>O. phoeacantha</i>	0,16	1,70	0,49	3,47

C'est la raison pour laquelle, on recommande d'intégrer le régime des animaux avec des concentrés ou des ensilés caractérisés par un contenu protéique élevé, équilibrant ainsi le rapport protéines/énergie.

4.8 Importance économique

Le revenu moyen annuel par hectare est de 2000 à 3000 \$ en Italie, 2000 \$ en Palestine occupée [21]. Au Maroc, le revenu moyen annuel est de 3000 \$ [28]. Au Mexique, le revenu est de 27 millions de \$ /an, pour l'usage alimentaire et 20 millions de \$ /an pendant la période de 1990 à 1998. Et en fin, l'usage fourrager constitue 1 million \$ [122].

CHAPITRE 5

MATÉRIELS ET MÉTHODES

5.1 Matériel végétal et zones d'étude

5.1.1 Matériel végétal

Notre étude porte sur un genre de la famille des Cactaceae à savoir l'*Opuntia* sous genre de *Platyopuntia*. Cette dernière présente des rôles : écologique, fourragère, alimentaire et médicinale. Elle se caractérise par une adaptation remarquable à la sécheresse ; elle se développe dans les sols calcaires et les climats semi-arides avec des températures de 18 à 30 °C, entre 100 et 400 mm. En Algérie, ces zones occupent une superficie plus de 29 millions d'hectares [123].

5.1.2 Présentation des zones d'étude

Dans ce travail, nos zones d'étude se trouvent dans les steppes sud algérois et sud constantinois. Après les prospections réalisées sur terrain, nous avons choisi cinq périmètres aux quatre zones différentes (Figure 5.1), ils s'agit des périmètres suivants : Kissa, Doukkara (Tébessa), Belaiba (M'sila), Mesrane et Zaâfrane (Djelfa) et Choucha (Laghouat).

5.1.2.1 Zone de Tébessa

Dans la zone de Tébessa, l'expérimentation a été réalisée au niveau des périmètres de Doukkara et Kissa :

➤ Périmètre de Doukkara, sur ce périmètre, on trouve l'espèce d'*Opuntia ficus indica* Mill .f. *amyaclea weber* (Figure 5.2). Ce périmètre a été réalisé par

l'HCDS, en 1995, il s'étend sur une surface de 7 hectares. La plantation est en ligne avec une distance entre les lignes de 3 mètres.

Sur le plan administratif, la zone de Doukkara appartient à la commune de Safsaf El Ouesra. Elle est limitée au Nord par les communes El Malabiod et Oum Ali, au Sud par Bir El Ater, à l'Est par la Tunisie et à l'Ouest par El-Ogla EIMalha. La zone se situe sur la latitude 35° 58' Nord, la longitude 8° 14' Est et une altitude de 878 m.

➤ Périmètres de Kissa, sur ce périmètre, on trouve l'espèce d'*Opuntia ficus indica* Mill .f. *inermis* weber (Figure 5.2). Ce périmètre a été réalisé par l'HCDS, en 1996 et il s'étend sur une surface de 10 Hectares. Comme pour la zone de Doukkara, la plantation est en ligne, avec une distance entre les lignes de 3 mètres.

Administrativement, la région de Kissa appartient à la commune de Boulhaf Dyr. Elle se situe sur la latitude 35° 34' Nord, la longitude 8° 5' est et une altitude de 789 m. Géographiquement, elle est limitée au Nord par les communes Morsot et Ain Zerga, au Sud par Tébessa et Bekkaria, à l'Est par El-Kouif et à l'Ouest par Bir Dheheb.

5.1.2.2 Zone de M'sila

Dans la zone de M'sila, l'expérimentation a été réalisée au niveau du périmètre de Belaiba, qui est un périmètre représentatif de l'*Opuntia ficus indica* Mill .f. *inermis* weber (Figure 5.2). Ce périmètre a été réalisé par l'HCDS, en 2001 et s'étend sur une surface de 15 hectares. Le Mode de plantation est généralement en bouquet et parfois avec une seule raquette, avec un écartement entre les raquettes plantées de 3 mètres sur 3 mètres, ce qui nous donne une densité de 1111 pieds par hectare.

La zone de Belaiba appartient administrativement à la commune de Belaiba. Celle-ci est limitée au Nord par les communes de Boutaleb et Hamma, au

Sud par Ouled Ammar et Metkaouak, à l'Est par Djeddar et à l'Ouest par Magra. Elle se situe sur la latitude 35° 36' Nord, la longitude 05° 17' Est et une altitude de 585 m.

5.1.2.3 Zone de Djelfa

Dans la zone de Djelfa, l'expérimentation a été réalisée au niveau de deux périmètres Mesrane et Zaâfrane.

➤ Périmètre de Mesrane, ce périmètre regroupe plusieurs espèces (Figure 5.2). Ce périmètre a été réalisé par l'INRF, en 1986; il s'étend sur une surface de 5 hectares. La plantation se fait généralement en une seule raquette et parfois en bouquet, avec un écartement entre les raquettes plantées de 3 mètres sur 3 mètres, soit une densité de 1111 pieds par hectare.

La zone de Mesrane appartient à la commune de Ain Maâbed, elle est limitée au Nord par Hassi El-Euch et Hassi Bahbah, au Sud par Djelfa à l'Est par Sidi Baïzid et Dar Chioukh et à l'Ouest par Zaâfrane. Elle se situe sur la latitude 34°, 36' Nord, la longitude 3° 03' Est, une Altitude 879 m.

➤ Périmètre de Zaâfrane, sur ce périmètre, on trouve l'espèce d'*Opuntia streptacantha* Lem (Figure 5.2). Ce périmètre est une propriété privée et a été réalisée vers les années 1968. Il a subi des opérations de rajeunissement (taille) et il s'étend sur une surface de 2 hectares. Le mode de plantation est en ligne, avec une distance entre les lignes de 3 mètres.

La région de Zaâfrane appartient à la commune de Zaâfrane et se situe sur la latitude 34° 54' Nord, la longitude 2° 62' Est et une altitude de 950 m. Cette commune est limitée au Nord par les communes Guernini, Hassi Bahbah et Kser Chellala au Sud par Charef, à l'Est par Ain Maâbed et Hassi Bahbeh et à l'Ouest par El Guedid.

5.1.2.4 Zone de Laghouat

Dans la zone de Laghouat, l'expérimentation a été réalisée au niveau du périmètre de Choucha, ce périmètre est représentatif de l'*Opuntia streptacantha* Lem (Figure 5.2). Il a été réalisé par l'HCDS, en 1994 et s'étend sur une surface de 6 hectares. Le mode de plantation est généralement en bouquet et parfois une seule raquette, avec un écartement entre les raquettes plantées de 3 mètre sur 3 mètre, soit une densité de 1111 pieds par hectare.

La zone de Choucha appartient administrativement à la commune de Sidi Makhlouf. Celle-ci se situe sur la latitude 34° 8' Nord, la longitude 3° 01' Est et une altitude de 916 m. Elle est limitée au Nord par les communes Taâdmit, Douis et Ain Chouhada, au Sud par Laghouat et El-Assafia, à l'Est par Taâdmit et Deldoul à l'Ouest par Tajemout.

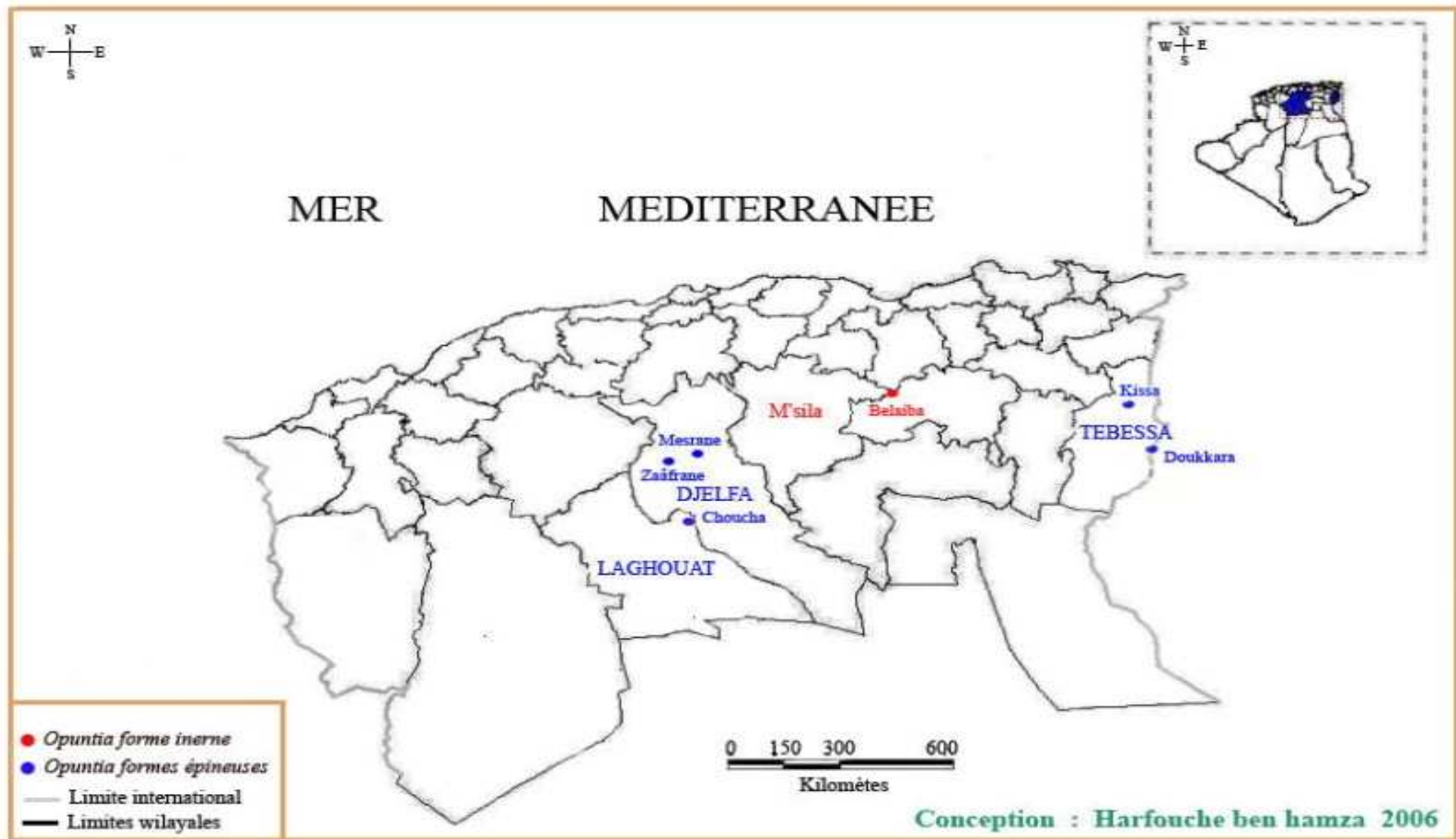


Figure 5.1 : Carte de localisation des zones d'étude



Périmètre de Doukkara (Tébessa)



Périmètre de Kissa (Tébessa)



Périmètre de Belaiba (M'sila)



Périmètre de Mesrane (Djelfa)



Périmètre de Zaâfrane (Djelfa)



Périmètre de Choucha (Laghouat)

Figure 5.2 : Différents périmètres expérimentaux.

5.2 Etude du milieu physique des zones d'étude

5.2.1 Climat

Le climat est l'ensemble des actions de l'atmosphère, l'humidité, la pluie, la température, le vent, etc. C'est l'élément naturel sur lequel l'homme n'a aucune influence directe à l'exception de cas particuliers tels que les irrigations par exemple. C'est un facteur déterminant pour le développement des plantes, de la formation et de l'évolution des sols [124].

Les zones d'étude se caractérisent sur le plan climatique à partir de série des données météorologiques fournies par l'O.N.M (Office National de la Météorologie) des différentes stations météorologiques de référence : Tébessa, M'sila et Djelfa. L'absence d'obstacles géomorphologiques nous a permis de procéder à des corrections climatiques selon le gradient pluviométrique de DJEBAILI (1984), pour les steppes sud algérois. Le gradient pluviométrique est 20 mm/100 m d'élévation concernant la moyenne annuelle, et gradient thermique de DJELLOULI (1981), la température varie de 0,3 °C pour la température minima du mois le plus froid (m), et de 0,8 °C pour la température maxima du mois le plus chaud (M) par 100 m d'altitude.

5.2.1.1 Pluviométrie

La pluviométrie constitue la principale forme des précipitations et la plus importante, est le premier facteur du climat influence sur la croissance des végétaux. Ainsi la quantité d'eau reçue annuellement est un élément essentiel pour la vie végétale [126]. Le minimum nécessaire pour le développement de l'*Opuntia* est de 200 mm/an, à condition que les sols soient sablonneux et profonds, et de 300 à 400 mm /an pour les sols argileux et limoneux [14].

L'examen de cumuls annuel moyen de la précipitation durant la période 1996-2005, nous a permis de classer les différentes zones d'étude par ordre

décroissant : Doukkara (406,7 mm), Kissa (388,9 mm), Zaâfrane (243,2 mm), Belaiba (238,2 mm), Choucha (236,4 mm) et Mesrane (229 mm). La répartition des précipitations mensuelles moyennes montre que le mois la plus pluvieux est le mois de Novembre pour les zones de Doukkara (49,28 mm) et Kissa (47,12 mm), et le mois de Septembre pour les zones de : Belaiba, Zaâfrane, Choucha, et Mesrane avec les valeurs de : 38,44 mm, 31,87 mm, 30,98 mm, 30,01 mm respectivement. Alors que le mois le plus sec est le mois de Juillet pour toutes les zones d'étude (Tableau.1 ; Appendice B).

5.2.1.2 Régimes saisonniers

Pour la végétation, la répartition des pluies est plus importante que la quantité annuelle des précipitations. L'eau utile est celle qui est disponible durant le cycle de développement de la plante [127]. L'étude du régime saisonnier donne une indication sur la répartition des pluies suivant les quatre saisons de l'année. Ceci est en rapport direct avec la croissance de la végétation [126].

L'analyse de la période de 1996-2005, montre que la répartition saisonnière des pluies est marquée par la prédominance des pluies d'automne et de printemps pour les zones de Kissa, Doukkara et Belaiba. Par contre, nous remarquons une prédominance des pluies d'hivers et d'automne pour les zones de Mesrane, Zaâfrane et Choucha. En outre, nous observons une baisse nette des pluies estivales pour les zones de Belaiba, Mesrane, Zaâfrane et Choucha. Le régime saisonnier de la précipitation des zones d'étude de Kissa, Doukkara et Belaiba est du type : APHE (Automne, Printemps, Hiver, Été). Au niveau des zones de Mesrane, Zaâfrane et Choucha est du type : HAPE (Hiver, Automne, Printemps, Été). (Tableau.2 ; Appendice B).

5.2.1.3 Températures

La température, second facteur constitutif du climat, influe sur le développement de la végétation. Ce sont les températures extrêmes plus que les

moyennes qui ont une influence sur la végétation, sauf si elles sont exceptionnelles et de courte durée [124]. Seules les valeurs ayant une signification biologique sont prises en considération : Températures moyennes mensuelles, moyennes des maxima du mois le plus chaud (M), moyennes des minima du mois le plus froid (m) et l'amplitude thermique (M - m).

L'analyse des valeurs de la température sur la période 1996-2005, montre que les températures maxima sont enregistrées durant le mois le plus chaud (Juillet) avec les valeurs de : 34,95 °C (Doukkara), 35,65 °C (Kissa), 37,55 °C (Belaiba), 36,04 °C (Zaâfrane), 36,31 °C (Choucha), 36,6 °C (Mesrane). Les températures minima pour le mois le plus froid (Janvier) avec les valeurs : 2,02 °C (Doukkara), 2,29 °C (Kissa), 2,97 °C (Belaiba), 0,89 °C (Zaâfrane), 0,99 °C (Choucha), 1,1 °C (Mesrane), (Tableau. 3 ; Appendice B).

5.2.1.4 Gelée

La gelée est un phénomène ordinaire mais qui n'en est pas moins préjudiciable, selon le moment où elle se produit. Elles peuvent avoir des conséquences plus ou moins importantes. Les gelées blanches sont celles qui font les dégâts par leur effet de congélation des cellules des plantes [128].

La plus grande valeur a été enregistrée durant le mois de Janvier au niveau des régions de Djelfa (15 j), M'sila (4 j) et pendant le mois de Décembre pour la région de Tébessa (6 j). Concernant le nombre de jours moyens annuels durant la période de 1996 à 2005, survient en premier lieu, la région de Djelfa avec 49 j/an ; ensuite Tébessa avec 20 j/an puis M'sila avec 10 j/an (Tableau.4 ; Appendice B).

5.2.1.5 Vent

Le vent est un paramètre climatique qui permet la reproduction anémogame et la dispersion des graines. Selon la vitesse et sa direction, il peut

causer des dégâts en blessant, en cassant et en arrachant les plantes ; il favorise aussi l'érosion et la désertification [128].

La vitesse moyenne du vent le plus élevé a été enregistrée au niveau du mois d'Avril pour toutes les stations. Elle est de l'ordre de 5,4 m/s à M'sila, 4,2 m/s à Djelfa et 4 m/s à Tébessa (tableau. 5, Appendice B).

5.2.1.6 Indice écologique et climatogramme

Pour mieux caractériser le climat dans lequel se situent nos zones d'étude, nous nous aiderons de quelques indices et climagrammes. Les indices les plus utilisés utilisent la température et la pluviosité qui sont les facteurs les plus importants et les mieux connus.

5.2.1.6.1 Climagramme d'Emberger

Celui ci permet de situer la zone d'étude dans son étage bioclimatique en fonction de son « m » et de son « Q_2 ».

5.2.1.6.2 Quotient pluviothermique d'Emberger (Q_2)

$$Q_2 = 2000 P / (M^2 - m^2).$$

Où :

P= pluviosité moyenne annuelle.

M= moyenne des maximum du mois le plus chaud.

m= moyenne des minimum du mois le plus froid.

M et m sont exprimés en degrés Kelvin (Kelvin = Celsius+273).

Cette formule plus élaborée, a été utilisée pour les climats méditerranéens, elle tient compte de la variation annuelle de la température. On reportant les valeurs de Q_2 et de m sur le climagramme d'Emberger pour classer les zones d'études.

Nos zones d'études sont localisées dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver frais (Doukkara, Kissa et Belaiba), aride moyen à hiver frais (Mesrane, Zaâfrane et Choucha) et aride moyen à hiver tempéré (Belaiba) (Tableau n° 6, et figure n° 1, appendice B).

5.2.1.6.3 Diagramme ombrothermiques de BAGNOULS et GAUSSEN

Les diagrammes ombrothermiques de BAGNOULS et GAUSSEN permettent de comparer l'évolution des températures et des précipitations [129]. La saison sèche (durée et intensité) joue un rôle capital dans la distribution de la végétation [130]. Pour définir la période sèche, BAGNOULS et GAUSSEN (1953), considèrent qu'un mois est sec, quand le total mensuel des précipitations est égal ou inférieur au double de la température moyenne mensuelle.

$$P \leq 2T \rightarrow P/T \leq 2.$$

P : précipitation totale mensuelle.

T : température moyenne mensuelle.

A partir de cette hypothèse, il est possible de tracer les diagrammes ombrothermiques (ou pluviométriques), en portant les mois en abscisse et en ordonnée les températures moyennes et la pluviosité avec une échelle double pour la température.

L'examen des diagrammes ombrothermiques, fait apparaître clairement la période sèche pour toutes les zones d'étude. Pratiquement ; le climat est monoxérique pour les zones de : Kissa, Doukkara, Belaiba, Zaâfrane et Choucha avec une période sèche étalée sur presque 4 mois (Kissa et Doukkara) et 9 mois (Belaiba, Zaâfrane et Choucha). Alors que la zone de Mesrane se caractérise par le climat bi-xérique, avec presque 9 mois de période sèche (Figures. 2, 3, 4, 5, 6, 7 ; Appendice B).

5.2.2 Sol

Le sol constitue les facteurs qui interviennent directement de manière prépondérante sur le développement et la croissance des plantes, le sol joue un rôle essentiel sur le rendement, en particulier par sa réserve en eau utile qui est en fonction de sa texture, sa structure et de la profondeur explorée par les racines.

Afin de préciser les caractéristiques du sol de nos zones d'étude, nous avons effectué quelques analyses physico-chimiques.

L'analyse a porté sur 3 échantillons pour chaque zone d'étude. Les prélèvements des échantillons du sol ont été effectués sur les zones d'étude et réalisés à l'aide d'une tarière. La profondeur de prélèvement est de 20 à 45 cm en fonction de la profondeur du profil pédologique du sol.

5.2.2.1 Caractéristiques physiques

Il est essentiel de connaître le type de sol de nos périmètres expérimentaux. D'abord, il faut savoir qu'il existe trois grandes tendances de sol (argileux, limoneux, sableux). Tous les sols ne sont pas qu'argileux ou limoneux mais plutôt un mélange d'argile, de limon et de sable, et seule une analyse granulométrique peut donner les pourcentages exacts de ce mélange. Ensuite, grâce à ces pourcentages, il est possible d'en déduire la désignation du sol grâce au triangle de textures de HENIN (1969) [131] (Figure.8 ; Appendice B).

L'analyse granulométrique a montré une certaine prédominance des limons et des sables dans les sols de nos périmètres expérimentaux. La référence au triangle textural nous indique qu'il s'agit d'un sol à texture :

- Limono-sableuse pour les périmètres de Belaiba et Kissa,
- Limoneuse pour le périmètre de Doukkara,

- Sableuse pour les périmètres de Mesrane et Choucha,
- Sablo-limoneuse pour le périmètre de Zaâfrane (Tableau. 7 ; Appendice B).

L'Opuntia préfère les sols légers, sablonneux et limoneux. Donc d'après nos résultats ce type de sol pourrait convenir à cette culture [3].

5.2.2.2 Caractéristiques chimiques

Le pourcentage des différentes fractions constituantes, le sol des zones d'étude (Tableau. 8 ; Appendice B), comparé avec les proportions mentionnées au SOLTNER, (1988), nous permet de classer notre sol comme suit:

Potentiel hydrogène (pH)

L'analyse chimique montre que la réaction du sol est presque neutre, avec une tendance légèrement basique, pour les périmètres de Doukkara, Choucha, Zaâfrane, Belaiba et Kissa avec les valeurs de 7.52 ; 7.53 ; 7,96 ; 7.69 ; et de 7.95 respectivement. Alors que le sol du périmètre de Mesrane, il présente une réaction basique (pH = 8.55) (Tableau.8, Appendice B).

Matière organique (MO)

Le sol est moyennement pourvu en matière organique pour tous les périmètres d'étude (Tableau.8 ; Appendice B).

Le figuier de barbarie peut se développer dans les sols pauvres en matières organiques [3]. Les cactus améliorent considérablement la fertilité organique du sol (M.O = 4,8% ; T= 0,1%) et la richesse minérale du complexe absorbant (C.E.C = 70 meq/100 g ; T = 11 meq/100 g). Ils fabriquent relativement assez vite, un horizon humifère qui, crée un complexe organo-minéral suffisamment épais pour donner naissance à un sol dynamique [132].

Calcaire total (CaCO₃)

Un sol calcaire est un sol contenant du CaCO₃ libre en quantité suffisante pour présenter une effervescence visible sous l'action d'HCl dilué à froid. Le CaCO₃ est souvent accompagné de MgCO₃ [133] (Tableau 5.1).

Tableau 5.1: Type d'effervescence en fonction de la teneur en CaCO₃ adapter par [134].

Teneur	Réaction a l'HCl	CaCO ₃ %
Faible	Moyenne	2-10
Forte	Vive	25-50

L'analyse nous a permis de tirer deux classes de sol au niveau des zones d'étude:

Classe 1 : Sol faiblement calcaire avec un taux de CaCO₃ pour les périmètres de Mesrane (2.34%), Choucha (3.77 %) et Zaâfrane (7,94 %).

Classe 2 : Sol fortement calcaire avec un taux de CaCO₃ de 38.73% ; 32.91% ; 45.76% pour les périmètres de Doukkara ; Belaiba et Kissa respectivement (Tableau n°8, appendice B).

Le figuier de barbarie peut se rencontrer sur des sols calcaires [3].

Conductivité électrique (CE)

L'examen des valeurs de la CE montre que le sol de nos périmètres expérimentaux n'est pas salé car leur CE est inférieure à 4 mmhos/cm². Mesrane (0,346 mmhos/cm²), Zaâfrane (0.42 mmhos/cm²), Choucha (0,322 mmhos/cm²), Doukkara (0,710 mmhos/cm²), Belaiba (0,598 mmhos/cm²) et Kissa (0.33 mmhos/cm²) (Tableau n°8, appendice B).

5.3 Matériel de travail

Appareil photo numérique, règle ordinaire, ruban mètre, pied à coulisse, couteau et scalpel, sachets en papier, agrafeuse, gants, microscope optique G (100X), loupe binoculaire, balance de précision (0,01 g), boîtes de Pétri.

5.4 Méthode d'étude

Les caractères qui font l'objet de notre étude sont ceux trouvés dans les principaux directeurs pour la conduite de l'examen de la distinction, de l'homogénéité et de la stabilité des caractères d'*Opuntia*, groupes 1 et 2 (figuier de barbarie et xoconostles) et admis par l'UPOV 2004 (Union internationale pour la Protection des Obtentions Végétales). Dans ce travail, nous avons étudiés les caractères qualitatifs et quantitatifs de la plante : cladode, fleur, fruit et graine. Ils sont choisis dans le but de refléter la variabilité entre les espèces étudiées.

Pour l'identification des espèces, nous avons utilisées les clés de classification des Cactacées et de *Platyopuntia* adopté par FOURNIER en (1954) et celle de SCHEINVAR, (1995) ; INESSE. C et GLASS. Ch (1992) ; bilan d'étude des ressources naturelles et expérimentation et démonstration agricoles dans la région du Hodna du FAO en (1974); courriers électroniques de Joe Marcus du centre "the Lady Bird Johnson Wildflower Center " du département de l'agriculture des Etats Unies Américaines (jmarcus@wildflower.org) ; Tela botanica (www.tela-botanica.org).

5.4.1 Echantillonnage

Le matériel végétal qui fait l'objet de notre étude, doit être manifestement sain, indemne de tout parasite ou maladies importantes et ne doit pas avoir subi de traitement susceptible d'influer l'expression des caractères de l'espèce et de la variété.

Toutes les observations et mesures se font sur les dix (10) pieds repérés lors de la prospection des sites. Les dix (10) sujets sont choisis d'une manière aléatoire dans une superficie d'un hectare, afin de se rapprocher de la réalité agricole et aux quatre (4) points cardinaux (Nord, Sud, Est, Ouest). Pour chaque pied, nous avons choisi une (1) raquette, une (1) fleur et un (1) fruit, soit quarante (40) raquettes, quarante (40) fleurs et quarante (40) fruits au total, à l'exception de l'*Opuntia robusta*. Les observations et les mesures se portent sur dix (10) fleurs, et dix (10) fruits, à cause du nombre très réduit en fleur.

Pour les graines, les observations et mensurations se portent sur 50 graines.

5.4.2 Les paramètres à étudiés

5.4.2.1 Caractères phénologiques

- Epoque du début floraison.
- Epoque du début maturation des fruits.

Le début floraison est remarqué lorsque 10 % des fleurs sont épanouies et le début de la maturation des fruits est noté lorsque 10 % des fruits sont mûres [138].

5.4.2.2 Caractères biométriques et morphologiques

5.4.2.2.1 Pied

- Forme:

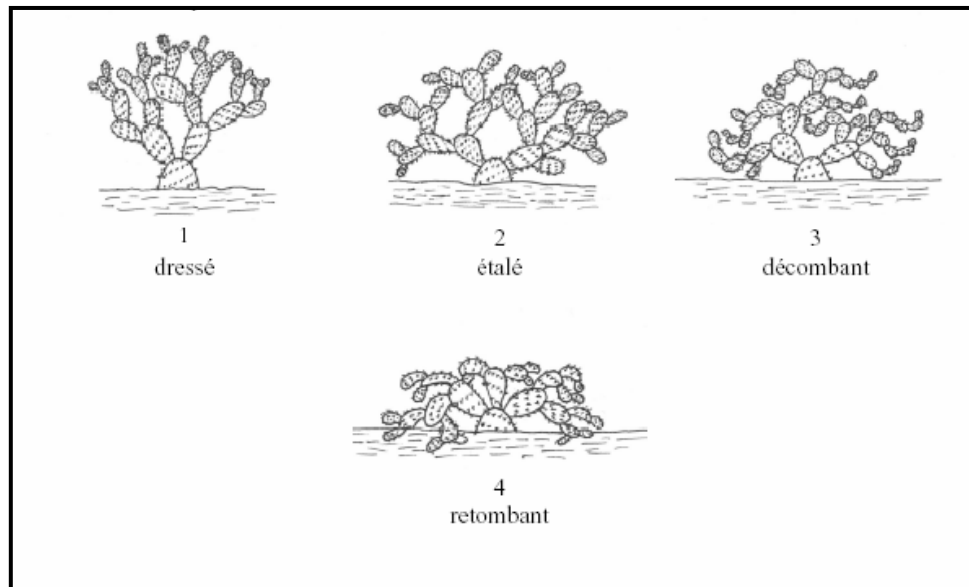


Figure 5.3: Différentes formes du pied chez l'*Opuntia* [134].

- Hauteur des pieds : La hauteur des pieds (cm) est mesurée par un ruban-mètre du sommet du pied jusqu'au ras du sol.

5.4.2.2.2 Cladodes

Toutes les observations portant sur la cladode doivent être effectuées sur des cladodes arrivées à maturité et âgées d'un à deux ans [134].

- Forme :

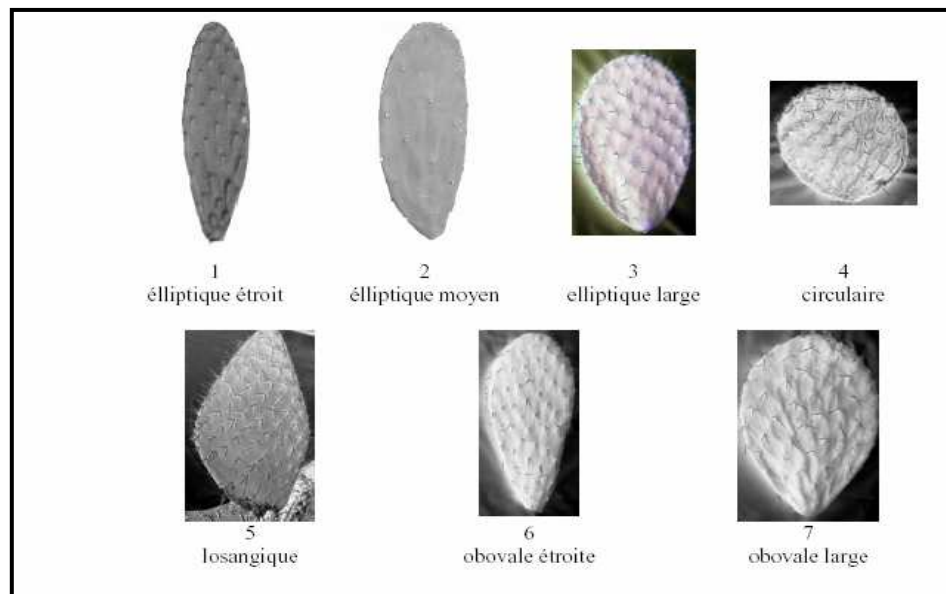


Figure 5.4: Différentes formes des cladodes d'*Opuntia* [134].

- Couleur.
- Longueur ; largeur : Mesurées en cm directement sur le pied avec une règle ordinaire.
- Epaisseur : Mesuré en cm directement sur le pied avec un pied à coulisse.
- Rapport longueur/ largeur : Calculé afin d'être utilisée pour déterminer la forme de la cladode.

a / Aréoles

Toutes les observations sur l'aréole doivent être effectuées selon les caractères sur des cladodes ou des fruits intacts [134].

- Couleur des aréoles.
- Nombre des séries d'hélices d'aréole.
- Nombre d'épines par aréole.

b / Epines et glochides

Toutes les observations sur les épines et les glochides doivent être effectuées selon les caractères sur des cladodes ou des fruits intacts.

- Couleur des glochides sur cladode.
- Couleur principale des épines.
- Port de l'aiguillon central :



Figure 5.5: Différents ports d'aiguillon central d'*Opuntia* [134].

- Courbure de l'aiguillon central (sauf la base) :

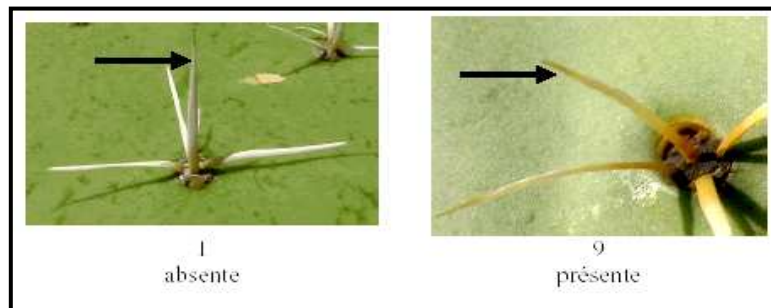


Figure 5.6: Différentes courbures de l'aiguillon central d'*Opuntia* [134].

- Aiguillon central torsion :



Figure 5.7: Torsion d'aiguillon central d'*Opuntia* [134].

- Nombre de couleurs des épines.
- Longueur de l'épine la plus longue : Mesurée en cm directement sur la cladode avec une règle ordinaire.

5.4.2.2.3 Fleurs

Toutes les observations et mensurations portant sur la fleur doivent être effectuées le premier jour de l'éclosion [134].

- Couleur du périanthe.
- Couleur du style.
- Couleur du lobe du stigmate.
- Nombre de fleurs par raquette : Nous avons compté même les boutons floraux non épanouis qui on peut les distinguées aux bourgeons végétatifs facilement par leur forme arrondie par contre les bourgeons végétatifs a une forme plus ou moins aplatie [39].
- Longueur : Mesurée en cm de début du réceptacle jusqu'à la fin du périanthe.
- Nombre de lobes du stigmate.

5.4.2.2.4 Fruits

Toutes les observations des caractères qualitatifs portant sur le fruit doivent être effectuées sur des fruits intacts arrivés à pleine maturité [134]. Les autres paramètres de mesure se font au laboratoire.

- Forme :

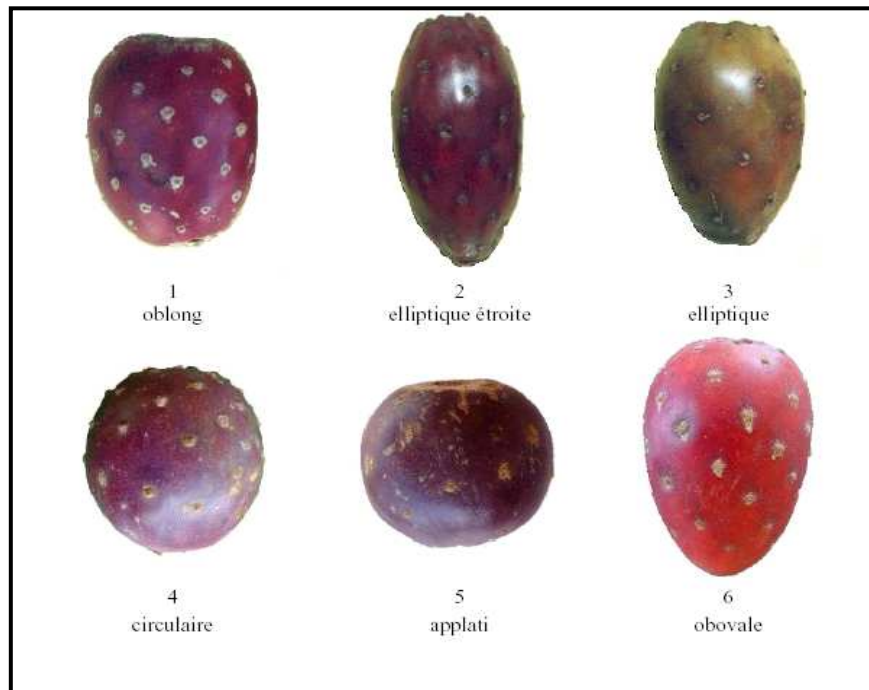


Figure 5.8: Les différentes formes des fruits d'*Opuntia* [134].

- Couleur des glochides sur fruit.

- Longueur du pédoncule :

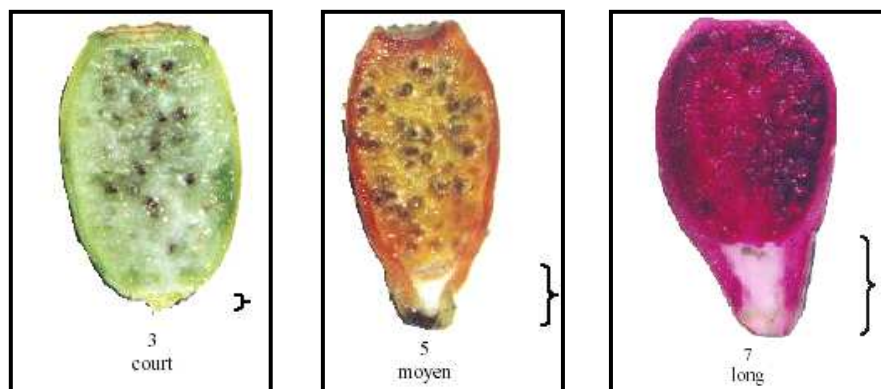


Figure 5.9: Longueur du pédoncule d'*Opuntia* [134].

- Dépression de cicatrice du réceptacle :

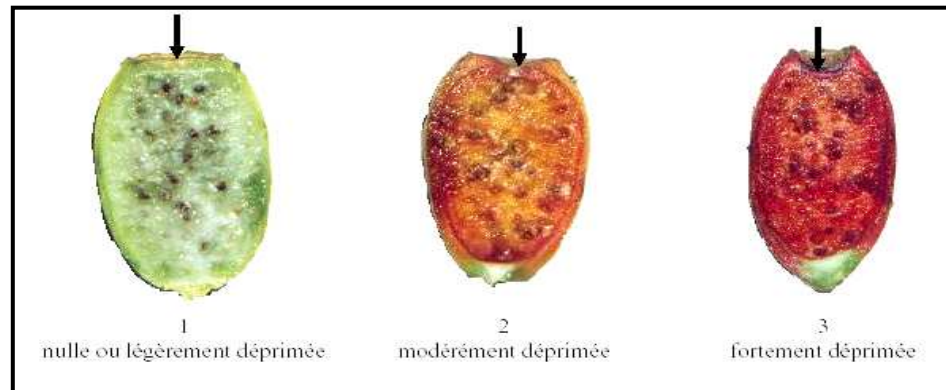


Figure 5.10 : Dépression de la cicatrice du réceptacle florale d'*Opuntia* [134].

- Couleur principale de la surface.
- Uniformité de la couleur de la surface.
- Couleur de la chair.
- Longueur (L), largeur (l) et l'épaisseur (E) : Mesurées en cm avec un pied à coulisse.
- Diamètre maximum (Dg) : Calculée et exprimée en cm en utilisant l'équation suivante :

$$Dg = (L \times l \times E)^{1/3}; \text{ avec } L: \text{ longueur, } l: \text{ largeur, } E: \text{ épaisseur.}$$

- Sphéricité (\emptyset): calculée et exprimée en cm² en utilisant l'équation suivante :

$$\emptyset = Dg/L; \text{ avec } L: \text{ longueur, } l: \text{ largeur, } E: \text{ épaisseur.}$$

- Surface de la peau (S) : Calculée et exprimée en cm² en utilise l'équation suivant :

$$S = \emptyset \times D^2 g; \text{ avec } L: \text{ longueur, } l: \text{ largeur, } E: \text{ épaisseur.}$$

Ces équations ont été utilisées dans les travaux de MOHSENIN (1980), SITKEI (1986), BARYEH (2001), DEMIR et al (2002) [139]. Pour déterminer par des calculs : le diamètre géométrique, la sphéricité et la surface de la peau du fruit. En effet, le diamètre géométrique, la sphéricité, nous permettent de confirmer la forme observée des fruits, par le biais des calculs.

- Poids du fruit : Le fruit est pesé avec une balance de précision avec une sensibilité de 0.01 g.

- Poids de la pulpe : Nous avons pesé la chaire (pulpe et graines) après l'enlèvement de la peau à l'aide d'un couteau. Par la suite, on calcule le poids de la pulpe qui est égal au poids de la chaire moins le poids des graines.
- Poids de la peau.
- Poids de la pulpe par fruit en % : Calculé en utilisant l'équation suivante :

$$\text{Poids de la pulpe en \%} = (\text{poids pulpe/poids fruit total}) \times 100.$$
- Poids de la peau par fruit en % : Calculé en utilisant l'équation suivante :

$$\text{Poids de la peau en \%} = (\text{poids peau/poids fruit total}) \times 100.$$
- Epaisseur de la peau : Mesurée à l'aide d'un pied à coulisse et exprimée en mm.
- Nombre d'aréoles par fruit.

5.4.2.2.5 Graine

L'extraction des graines se fait au laboratoire après séchage du fruit à l'air. Des travaux récents montrent que la comparaison des variétés par le biais du nombre de graines par gramme de pulpe et non pas par gramme du fruit entier risque d'éliminer certains détails du fruit; par exemple le pourcentage des graines par rapport au poids de la pulpe et de la pelure du fruit [103].

- Nombre de graines par fruit.
- Nombre de graines complètement développées et nombre des graines avortées par fruit : Pour la distinction entre les graines normales et les graines avortées, on se base sur l'observation visuelle, les graines normales présentent un léger renflement à cause de la présence d'embryon, par contre les graines avortées sont plus ou moins aplaties. Les graines normales ont des dimensions supérieures à 1,7 mm, alors que les graines avortées présentent des dimensions de 1 à 1,7 mm.
- Poids des graines par fruit : Pesé avec une balance de précision avec une sensibilité de 0.01 g.
- Poids des graines par fruit en % : Calculé en utilisant l'équation suivante :

$$\text{Poids des graines en \%} = (\text{poids des graines/poids fruit total}) \times 100.$$
- Diamètre : Le diamètre des graines exprimées en mm est mesuré en utilisant le pied à coulisse sur 50 graines.

- Poids de mille graines (PMG): Pesé par une balance de précision avec une sensibilité de 0.01g.

5.4.3 Analyse statistique

Le logiciel STATITCF a été utilisé pour le traitement de l'ensemble des données. Nous avons effectué l'analyse de la variance à un seul facteur (espèce ou variété). Lorsque le test F est significatif, les différentes moyennes sont classées en groupes homogènes après le calcul de la ppds (plus petite différence significative), avec un risque d'erreur de 5 %.

CHAPITRE 6

RESULTATS ET DISCUSSIONS

6.1 Caractères phénologiques

L'examen des résultats montre une différence au niveau de l'époque du début floraison chez les espèces étudiées. Le début floraison pour l'*Opuntia ficus indica* Mill .f. *amyaclea* et .f. *inermis* a au lieu le 08 Mai, l'*Opuntia robusta* var. *robusta* le 14 Mai, l'*Opuntia streptacantha* Lem et l'*Opuntia scheerii* Web le 22 Mai et enfin l'*Opuntia engelmannii* var. *languiformis* le 01 Juin (Tableau 6.1).

L'intervalle entre la variété la plus précoce et la plus tardive est de 14 jours. Cette différence est jugée très importante et par rapport aux conséquences attendues notamment la conduite culturale.

En effet, l'*Opuntia ficus indica* Mill quelle que soit la forme *inermis* ou *amyaclea*, est très précoce par rapport à l'*Opuntia engelmannii* var. *languiformis*.

Le début de maturation des fruits varie du 26 Juillet chez l'*Opuntia ficus indica* Mill au 05 Août pour l'*Opuntia streptacantha* Lem, le 10 Août chez l'*Opuntia robusta* var. *robusta* et le 25 Septembre pour l'*Opuntia engelmannii* var. *languiformis* (Tableau 6.1).

Tableau 6.1 : Date du début de floraison et début de maturation des fruits des différentes espèces étudiées.

Espèces	<i>O.ficus indica</i> Mill			<i>O.streptacantha</i> Lem		<i>O.engelmanii</i> var. <i>longuiformis</i>	<i>O. robusta</i> var. <i>robusta</i>	<i>O.scheerii</i> web
	f. <i>inermis</i> web		f. <i>amyctlea</i> web	Choucha	Zaâfrane	Mesrane	Mesrane	
	Kissa	Belaiba	Doukkara					
Début de floraison	08 Mai	08 Mai	08 Mai	22 Mai	22 Mai	01 Juin	14 Mai	22 Mai
Début de maturation des fruits	26 Juillet	26 Juillet	26 Juillet	05 Août	05 Août	25 Septembre	10 Août	//

D'après les résultats obtenus au cours de cette étude nous remarquons une variabilité au niveau de l'époque du début floraison et au début de maturation des fruits chez les différentes espèces. Cette variabilité est probablement d'origine génétique. Les résultats concordent avec ceux obtenus par WALLALI (1998), dans la région de Tiznit (Maroc). Ainsi la floraison de la variété Aissa commence au mois de Mars alors que pour la variété Moussa, au mois de Mai. TAFASCA (2007), ajoute que la variété Aissa est précoce, cela est dû au caractère variétal de ce cultivar. Concernant le début de maturation des fruits, KHOURI (1970), note que la maturité est généralement estivale ou automnale. Certaines variétés sont très précoces alors que d'autres très tardives.

En effet, les stades phénologiques (début floraison, début de maturation des fruits), varient en fonction de l'espèce, des conditions pédoclimatiques et l'exposition au soleil, donc ils varient d'une année à autre et d'une région à l'autre.

SUDZUKI (1995), trouve que les bourgeons floraux se développent rapidement sur la surface la plus éclairée de la cladode. L'intervalle entre les espèces précoces et tardives est de l'ordre de 2 mois. Cette longue différence pourrait ouvrir de large possibilité pour une meilleure gestion de ces variétés quand à l'extension et à la commercialisation.

6.2 Caractères biométriques et morphologiques

6.2.1 Caractères morphologiques

6.2.1.1 Pied et cladode

6.2.1.1.1 Résultats

6.2.1.1.2 Discussion

Le port de toutes les espèces étudiées est dressé, à l'exception de l'*Opuntia scheerii* web qui est décombant, ce qui explique que la forme de port est liée à un caractère génétique de l'espèce (Tableau 6.2).

La forme de la cladode varie d'une espèce à l'autre, elle est elliptique, large pour l'*Opuntia ficus indica* Mill, obovale large pour l'*Opuntia streptacantha* Lem et l'*Opuntia scheerii* web, losangique pour l'*Opuntia engelmannii* var. *languiformis* et circulaire pour l'*Opuntia robusta* var. *robusta* (Tableau 6.2).

La couleur de la cladode change du vert bleuâtre chez l'*Opuntia robusta* var. *robusta* à vert jaunâtre chez l'*Opuntia scheerii* web et l'*Opuntia engelmannii* var. *languiformis* (Tableau 6.2). BOUSSARD (1978), rapporte que les cladodes sont des articulations charnues de formes et de couleurs variables.

La couleur des glochides est marron chez l'*Opuntia ficus indica* Mill .f. *amyctlea* et jaune pour les autres espèces (*Opuntia engelmannii* var. *languiformis*, *Opuntia robusta* var. *robusta*, *Opuntia scheerii* web), sauf que chez l'*Opuntia ficus indica* Mill .f. *inermis* qui ne présente pas des glochides (Tableau 6.2).

La couleur des aréoles est marron chez l'*Opuntia ficus indica* Mill, noire chez l'*Opuntia robusta* var. *robusta* et grise chez les autres espèces (Tableau 6.2).

La couleur principale des épines est soit jaune pour les espèces suivantes : *Opuntia scheerii*, *Opuntia engelmannii* var. *languiformis*, soit blanche pour l'*Opuntia ficus indica* Mill .f. *amyckea*, *Opuntia streptacantha* Lem et l'*Opuntia robusta* var. *robusta* (Tableau 6.2).

Le port de l'aiguillon central est horizontal, présente une courbure mais pas de torsion chez l'*Opuntia streptacantha* Lem et demi-érigé chez l'*Opuntia scheerii* web et ne présente ni courbure ni torsion, tandis qu'il est érigé et ne présente ni courbure ni torsion chez les autres espèces, à l'exception de l'*Opuntia ficus indica* Mill .f. *amyckea* qui présente une torsion au niveau de son aiguillon central (Tableau 6.2).

KENNY (1998), trouve que la variété inerme peut devenir épineuse lorsqu'elle est transportée brusquement dans un autre environnement, comme ce fut le cas en 1964, lorsque l'*Opuntia* a été transféré de la Tunisie au Togo. Il a été observé le même phénomène dans les zones désertiques ; la variété inerme qui se comporte bien dans ces zones devient épineuse dès la deuxième année [35].

Tableau 6.2 : Port des pieds et caractères qualitatifs des cladodes des différentes espèces étudiées.

Espèces Paramètres	<i>O. ficus indica</i> Mill			<i>O. streptacantha</i> Lem		<i>O. engelmannii</i> var. <i>longuiformis</i>	<i>O. robusta</i> var. <i>robusta</i>	<i>O. scheerii</i> web
	<i>f. inermis</i> web		<i>f. amyclea</i> web	Choucha	Zaâfrane	Mesrane	Mesrane	Mesrane
	Kissa	Belaiba	Doukkara					
Port	Dressé	Dressé	Dressé	Dressé	Dressé	Dressé	Dressé	Décombant
Forme	Elliptique large	Elliptique large	Elliptique large	Obovale large	Obovale large	Losangique	Circulaire	Obovale large
Couleur	Verte moyen	Verte moyen	Verte glauque	Verte claire	Verte claire	Verte jaunâtre	Verte bleuâtre	Verte jaunâtre
Couleur des glochides sur cladode	Absente	Absente	Marron	Jaune	Jaune	Jaune	jaune	Jaune
Couleur des aréoles	Marron	Marron	Marron	Grise	Grise	Grise	Noire	Grise
Couleur principale des épines	Absente	Absente	Blanche	Blanche	Blanche	Jaune	Blanche	Jaune
Port de l'aiguillon central	//	//	Erigé	Horizontal	Horizontal	Erigé	Erigé	Demi- érigé
Courbure de l'aiguillon central (sauf la base)	//	//	Absente	Présente	Présente	Absente	Absente	Absente
Aiguillon central torsion	//	//	Présente	Absente	Absente	Absente	Absente	Absente

Ces résultats mettent en évidence l'influence de génotype. La couleur des cladodes peut être influencée par des conditions externes telle que : la fertilité du sol, la température, la pluviométrie et le facteur temps, puisque nous avons remarqué que la couleur des cladodes change d'une saison à l'autre et devient très claire chez toutes les espèces pendant l'été.

La persistance de la couleur claire au moment de la maturation des fruits, est due au manque de pluviométrie et à l'épuisement des réserves des cladodes vers les fruits.

D'après STEPHAN et al (2001), le phénotype, change considérablement selon les conditions écologiques et la polyploïdie de l'espèce.

Nous pouvons conclure que l'interaction génotype-environnement joue un rôle fondamental dans la détermination des caractères morphologiques de chaque espèce.

6.2.1.2 Fleurs

6.2.1.2.1 Résultats

6.2.1.2.2 Discussion

L'examen des résultats nous montre que la couleur du périanthe des espèces étudiées varie de l'orange chez l'*Opuntia streptacantha* Lem au jaune pour les autres espèces (Tableau 6.3).

La couleur du style est rose blanchâtre pour l'*Opuntia ficus indica* Mill .f. *inermis* rose pour l'*Opuntia ficus indica* Mill .f. *amyaclea*, *Opuntia scheerii* web. Elle

est rouge pour l'*Opuntia streptacantha* Lem, verte pour l'*Opuntia engelmannii* var. *languiformis* et blanche pour l'*Opuntia robusta* var *robusta* (Tableau 6.3).

La couleur du lobe de stigmates varie de blanche chez l'*Opuntia engelmannii* var. *languiformis*, à jaune pour l'*Opuntia robusta* var *robusta* et verte pour les autres espèces (Tableau 6.3).

Nous observons qu'il existe des différences entre les espèces et même au sein de la même espèce au niveau de la couleur de style.

En effet, la variation des caractères morphologiques de la fleur est liée au caractère génétique. REBMANI et PINKAVA (2001), trouvent que les fleurs des cactus sont tout à fait variables et qu'il a quelques dispositifs généraux qui sont partagés par la famille entière. MONJAUZE et LE-HEROU (1965), notent que généralement de couleurs brillantes, le plus souvent jaunes, orange ou rougeâtres. WESSELS et SWART (1989), ajoutent que parfois la couleur est rose.

Durant cette étude, nous avons remarqué que la couleur du périanthe change vers l'orange après la fécondation chez toutes les espèces étudiées. Ces résultats sont conformes avec ceux de KARTEZ (1996) et qui trouve que les fleurs de couleur jaunes changent à l'orange ou au rose après la fécondation.

Tableau 6.3 : Caractères qualitatifs des fleurs des différentes espèces étudiées.

Espèces Paramètres	<i>O. ficus indica</i> Mill			<i>O. streptacantha</i> Lem		<i>O. engelmannii</i> var. <i>longuiformis</i>	<i>O. robusta</i> var. <i>robusta</i>	<i>O. scheerii</i> web
	f. <i>inermis</i> web		f. <i>amyclea</i> web	Choucha	Zaâfrane	Mesrane		
	Kissa	Belaiba	Doukkara					
Couleur du périanthe	Jaune	Jaune	Jaune	Orange	Orange	Jaune	Jaune- verdâtre	Jaune
Couleur du style	Rose- blanchâtre	Rose- blanchâtre	Rose	Rouge	Rouge	Verte	Blanche	Rose
Couleur du lobe du stigmate	Verte- clair	Verte- clair	Verte-claire	Verte- clair	Verte- clair	Blanche	Jaune	Verte

6.2.1.3 Fruits

6.2.1.3.1 Résultats

6.2.1.3.2 Discussion

D'après les résultats obtenus, nous pouvons tirer les observations suivantes :

La couleur des glochides est marron chez l'*Opuntia streptacantha* Lem, et de couleur jaune chez les autres espèces (Tableau 6.4).

La forme des fruits est elliptique pour l'*Opuntia ficus indica* Mill, de forme circulaire pour l'*Opuntia streptacantha* Lem, elliptique étroite pour l'*Opuntia engelmannii* var. *languiformis* et aplati pour l'*Opuntia robusta* var. *robusta* (Tableau 6.4). Ces résultats sont en conformité avec celle rapportées par KHOURI (1970), les fruits présentent des formes variables, sphériques, ovoïde, pyriforme.

La longueur du pédoncule est courte chez toutes les espèces sauf que chez l'*Opuntia engelmannii* var. *languiformis* qui est longue (Tableau 6.4).

La dépression de la cicatrice de réceptacle est fortement déprimée chez l'*Opuntia streptacantha* Lem et l'*Opuntia robusta* var. *robusta*, modérément déprimée chez l'*Opuntia ficus indica* Mill et légèrement déprimée chez l'*Opuntia engelmannii* var. *languiformis* (Tableau 6.4).

La couleur de la surface varie du jaune à orange irrégulière pour l'*Opuntia ficus indica* Mill, de couleur rouge irrégulière chez l'*Opuntia streptacantha* Lem et de couleur rouge uniforme chez l'*Opuntia robusta* var. *robusta* et l'*Opuntia engelmannii* var. *languiformis* (Tableau 6.4).

La couleur de la chair est jaune chez l'*Opuntia ficus indica* Mill, rouge jaunâtre chez l'*Opuntia streptacantha* Lem, rouge foncé chez l'*Opuntia engelmannii* var. *languiformis* et de couleur violette chez l'*Opuntia robusta* var. *robusta* (Tableau 6.4). KHOURI (1970), trouve que la couleur de la chair peut être verdâtre, jaune orange et même rouge.

D'après les résultats obtenus nous constatons, qu'il y a une différence entre les espèces au niveau de quelques caractères morphologiques alors que certaines espèces montrent une ressemblance au niveau des autres caractères (longueur du pédoncule). En outre, les caractères morphologiques du fruit sont déterminés par le génotype et aucune autre influence des conditions externes n'a été enregistrée sur la détermination des différents caractères qualitatifs à l'exception de la couleur des fruits qui varie en fonction de temps, plus les fruits sont murs plus leur couleur devient foncée.

L'*Opuntia scheerii* web ne produit pas de fruits, c'est pour cette raison qu'il n'est pas traité dans l'analyse statistique.

Tableau 6.4: Caractères qualitatifs des fruits des différentes espèces étudiées.

Espèces Paramètres	<i>O. ficus indica</i> Mill			<i>O. streptacantha</i> Lem		<i>O. engelmannii</i> var. <i>longuiformis</i>	<i>O. robusta</i> var. <i>robusta</i>
	<i>f. inermis</i> web		<i>f. amyctlea</i> web	Choucha	Zaâfrane	Mesrane	
	Kissa	Belaiba	Doukkara				
Couleur des glochides sur fruit	Jaune	Jaune	Jaune	Marron	Marron	Jaune	Jaune
Forme	Elliptique	Elliptique	Elliptique	Circulaire	Circulaire	Elliptique étroite	Aplati
Longueur du pédoncule	Courte	Courte	Courte	Courte	Courte	Longue	Courte
Dépression de cicatrice de du réceptacle	Modérément déprimée	Modérément déprimée	Modérément déprimée	Fortement déprimée	Fortement déprimée	Nulle ou légèrement déprimée	Fortement déprimée
Couleur principale de la surface	Jaune à orange	Jaune à orange	Jaune à orange	Rouge	Rouge	Rouge	Rouge
Uniformité de la couleur de la surface	Irrégulière	Irrégulière	Irrégulière	Irrégulière	Irrégulière	Uniforme	Uniforme
Couleur de la chair	Jaune	Jaune	Jaune	Rouge jaunâtre	Rouge jaunâtre	Rouge foncé	Violette

6.2.2 Caractères biométriques

6.2.2.1 Pied et cladode

6.2.2.1.1 Résultats

6.2.2.1.1.1 Hauteur des pieds

D'après l'analyse de la variance, il existe une très grande différence significative entre les différentes espèces d'*Opuntia* étudiées (Tableau 1, appendice C).

Le test de NEWMEN-KEULS montre que les espèces sont individualisées dans 6 groupes homogènes sauf celles se trouvant dans le même groupe (Tableau 6.5) :

Groupe A : Regroupe l'*O. ficus indica* Mill .f. *amyclea* avec 213.50 cm de la hauteur, et l'*O. streptacantha* Lem provenance de Zaâfrane avec 211.50 cm.

Groupe B : Comprend l'*O. ficus indica* Mill .f. *inermis* provenance de Kissa avec 193.25 cm de hauteur.

Groupe C : Regroupe l'*O. engelmannii* var. *languiformis* avec 1.83 cm de hauteur suivi par l'*O. ficus indica* Mill .f. *inermis* provenance de Belaiba avec 179.75 cm.

Groupe D : Correspond à l'*O. robusta* var. *robusta* avec 152.25 cm de hauteur.

Groupe E : Comprend l'*O. streptacantha* Lem provenance de Choucha avec 142,00 cm.

Groupe F : Comprend l'*O. scheerii* web avec une hauteur de 85.00 cm.

6.2.2.1.1.2 Longueur du cladodes

Le test de NEWMEN-KEULS nous permet de distinguer les groupes homogènes suivants :

- Groupe A : Comprend l'*O. engelmannii* var. *languiformis* provenance de Mesrane (Djelfa) avec une moyenne de 44.13 cm;
- Groupe B : Comprend l'*O. ficus indica* Mill .f. *amyctlea* weber, provenance de la région de Doukkara (Tébessa) avec une moyenne de 37.5 cm;
- Groupe BC : Regroupe l'*O.ficus indica* Mill .f. *inermis* weber provenance de la région de Belaiba (M'sila) avec une valeur de 37.2 cm;
- Groupe C : Correspond à l'*O. ficus indica* Mill .f. *inermis* weber provenance de la région de Tébessa; périmètre de Kissa avec une valeur de 37 cm;
- Groupe D : Comprend l'*O. robusta* var. *robusta*, provenance de la région de Djelfa périmètre de Mesrane avec une valeur moyenne de 29 cm;
- Groupe E : Regroupe l'*O. streptacantha* Lem provenance de Zaâfrane (Djelfa) avec une moyenne de 27.41cm suivi de Choucha (Laghouat) avec une valeur moyenne de 27.10cm;
- Groupe F : Correspond à l'*O. scheerii* web provenance de la région de Mesrane (Djelfa) avec une moyenne de 22.8 cm (Tableau 6.5).

D'après nos résultats nous avons enregistré une gamme de longueur des raquettes pour les différentes espèces examinées (22 - 44 cm) qui est plus importante comparativement aux données rapportées par KHOURI (1970). Ce dernier note que la longueur des raquettes chez l'*Opuntia polyacantha* varie de 5 à 10 cm de long, alors que les raquettes l'*Opuntia humifosa*, ont une longueur variant de 5 à 12 cm.

6.2.2.1.1.3 Largeur des cladodes

Le test de NEWMEN-KEULS classe les espèces en 6 groupes homogènes; la plus grande valeur a été enregistré chez l'*O. robusta* var. *robusta* (28,90 cm),

alors que l'*O. engelmannii* var. *languiformis* montre la valeur la plus faible (13,50 cm) (Tableau 6.5).

6.2.2.1.1.4 Epaisseur des cladodes

Selon l'analyse de la variance il existe une différence très hautement significative entre les espèces (Tableau 2, appendices C).

Le test de NEWMEN-KEULS classe les espèces en ordre décroissant en 6 groupes homogènes :

Groupe A : *Opuntia robusta* var. *robusta* (1.38 cm).

Groupe B : *Opuntia ficus indica* Mill .f. *amyctlea* weber provenance de Doukkara (Tébessa) avec une moyenne de 1.26 suivi de l'*O. ficus indica* Mill .f. *inermis* weber provenance de Kissa (Tébessa) avec une valeur moyenne de 1.25 cm et l'*O. ficus indica* Mill .f. *inermis* weber provenance de Belaiba (M'sila) avec une moyenne de 1.23 cm.

Groupe C : *Opuntia streptacantha* Lem provenance de Choucha avec une valeur moyenne de 1.04 cm.

Groupe CD : *Opuntia streptacantha* Lem provenance de Zaâfrane avec une valeur moyenne de 1cm.

Groupe DE : *Opuntia engelmannii* var. *languiformis* avec une moyenne de 0.94.

Groupe E : *Opuntia scheerii* web qui correspond au groupe E présente une valeur moyenne de 0.91cm (Tableau 6.5).

6.2.2.1.1.5 Rapport longueur/ largeur des cladodes

Il ressort de l'analyse du rapport longueur/largeur des cladodes (Tableau. 2 ; Appendices C) une différence très hautement significative entre les différentes espèces.

Le plus grand rapport a été enregistré chez l'*O. engelmannii* var. *languiformis* (3,25 cm), et le rapport le plus faible chez l'*O. streptacantha* Lem provenance de Zaâfrane et l'*O. scheerii* web provenance de Mesrane (Djelfa) avec une valeur moyenne de 1,29 cm (Tableau 6.5).

6.2.2.1.1.6 Nombre des séries d'aréoles dans la cladode

L'analyse de la variance fait ressortir une différence significative entre les espèces (Tableau 2, appendices C). Les espèces sont classées individuellement sauf celles qui se trouvent dans le même groupe, où cinq groupes ont été établis :

Groupe A : Correspond à l'*O. engelmannii* var. *languiformis* ;

Groupe B : Comprend l'*O. ficus indica* Mill .f. *amyctlea* weber ;

Groupe BC : Regroupe l'*O. ficus indica* Mill .f. *inermis* weber provenance de Kissa et Belaiba, l'*O. scheerii* ;

Groupe CD : Comprend l'*O. streptacantha* Lem provenance de Zaâfrane et Choucha ;

Groupe E : Comprend l'*O. robusta* var. *robusta* (Tableau 6.5).

6.2.2.1.1.7 Nombre d'épines par aréole

Les espèces se différencient significativement et le test de NEWMEN-KEULS permet de classer les espèces en deux groupes homogènes :

Groupe A : Regroupe l'*O. ficus indica* Mill .f. *amyctlea* weber, l'*O. engelmannii* var. *languiformis*, l'*O. robusta* var. *robusta* et enfin l'*O. scheerii* ;

Groupe B : Regroupe l'*O. ficus indica* Mill .f. *inermis* weber provenance de Kissa et Belaiba qui se caractérisent par l'absence des épines (Tableau 6.5).

KENNY (1998), note que la variété marocaine Achfri est caractérisée par des épines longues et une densité de 3 épines par aréole. Ces résultats confirment a nos résultats chez l'*Opuntia scheerii* web (3 épines /aréole).

6.2.2.1.1.8 Longueur de l'épine la plus longue

L'analyse de la variance montre une très grande différence significative entre les espèces (Tableau 2, appendices C).

Le test de NEWMEN-KEULS donne trois groupes homogènes :

Groupe A : Comprend l'*O. engelmannii* var. *languiformis* avec une valeur de 4.60 cm ;

Groupe B : Regroupe l'*O. robusta* var. *robusta* (2.5 cm), l'*O. ficus indica* Mill .f. *amyctlea* weber (2.4 cm);

Groupe C : Regroupe l'*O. streptacantha* Lem provenance de Zaâfrane avec une valeur de 1.8 cm et provenance de Choucha avec une valeur de 1.7 cm et l'*O. scheerii* web avec une moyenne de 1.55 cm (Tableau 6.5).

Ces résultats confirment ceux de KENNY (1998), qui note que chez l'*Opuntia humifosa* les épines mesurent de 2 à 3 cm de long. Comparativement à l'*Opuntia polyacantha*, où les épines sont de longueurs variables et atteignent jusqu'à 5,5 cm.

6.2.2.1.1.9 Nombre des couleurs d'épines

D'après les résultats on constate que la différence est très significative, concernant la couleur des épines (Tableau 2, appendices C).

Les espèces d'*O. streptacantha* Lem provenance de Zaâfrane et Choucha, l'*O. robusta* var. *robusta* se caractérisent par deux couleurs sur l'épine, à l'inverse des autres espèces qui présentent une seule couleur . Toutefois, l'espèce d'*O.*

ficus indica Mill .*f. inermis* weber provenance de Kissa et Belaiba, se caractérise par l'absence des épines (Tableau 6.5).

Tableau 6.5: Hauteur des pieds et caractères quantitatifs des cladodes des différentes espèces étudiées.

Espèces Paramètres	<i>O. ficus indica</i> Mill			<i>O. streptacantha</i> Lem		<i>O. engelmannii</i> var. <i>longuiformis</i>	<i>O. robusta</i> var. <i>robusta</i>	<i>O. scheerii</i> web	signification
	<i>f. inermis</i> web		<i>f. amyctlea</i> web	Choucha	Zaâfrane	Mesrane			
	Kissa	Belaiba	Doukkara						
Hauteur des pieds	193.25±3.30 B	179.75±1.71 C	213.50±2.65 A	142.00±4.32 E	211.50±3.11 A	183.00±0.82 C	152.25±5.9 1 D	85.00±1.83 F	***
Longueur	37±0.16 C	37.2±0.27 BC	37.5±0.08 B	27.10±0.04 E	27.41±0.02 E	44.13±0.45 A	29±0.08 D	22.8±0.41 F	***
Largeur	19.9±0.08 D	20±0.14 D	22.10±0.37 B	20.70±0.08 CD	21.33±0.27 C	13.50±0.85 F	28.90±0.82 A	17.60±0.29 E	***
Épaisseur	1.25±0.04 B	1.23±0.02 B	1.26±0.03 B	1.04±0.08 C1	1±0.02 CD	0.94±0.03 DE	1.38±0.05 A	0.91±0.05 E	***
Long/Lar	1.85±0.00 C	1.86±0.00 B	1.65±0.00 D	1.30±0.00 E	1.29±0.00 F	3.25±0.00 A	1.05±0.00 G	1.29±0.00 F	***
Nombre des spirales d'aréole	9.75±0.50 BC	10±0.00 BC	10.25±0.50 B	9±0.00 CD	8.75±0.50 D	15.50±0.58 A	6±0.82 E	10±0.82 BC	***
Nombre d'épines par aréole	Absente B	Absente B	2.50±1.29 A	2.00±1.41 A	2±0.82 A	2.75±0.96 A	1.75±0.96 A	3±0.82 A	***
Longueur de l'épine la plus longue	//	//	2.40±0.18 B	1.70±0.08 C	1.80±0.19 C	4.60±0.18 A	2.5±0.08 B	1.5±0.49 C	***
Nombre de couleurs d'épine	//	//	1.00±0.00 B	2.00±0.00 A	2.00±0.00 A	1.00±0.00 B	2.00±0.00 A	1.00±0.00 B	***

P>0.05 ne sont pas significatifs (ns); P≤ 0.05 significatif (*); P≤0.01 hautement significatif (**); P≤0.001 très hautement significatif (***).

6.2.2.1.2 Discussion

La grande variation enregistrée au niveau de la hauteur des pieds des différentes espèces étudiées est liée essentiellement au facteur génétique de chaque espèce et variété, tandis que cette variation au sein de la même espèce ou de la même variété provenant des régions différentes est due à l'influence des facteurs externes multiples tels que : le climat, le sol, l'âge et les conduites culturales. En effet, chez l'*O. ficus indica* Mill .f. *inermis*, la hauteur des pieds chez la provenance de Kissa est plus grande que celle de Belaiba, ceci est dû probablement aux différences existant au niveau des deux régions : pluviométrie moyenne annuelle Kissa est à l'ordre de 388,9 mm, son âge de 12 ans et la plantation en ligne. Inversement à celle de Belaiba qui reçoit une pluviométrie annuelle moyenne très faible (238,2 mm) comparativement à la région de Kissa et leur âge qui est moins grand (7 ans) et planté en bouquet.

Chez l'*O. streptacantha* Lem provenance de Zaâfrane, la hauteur des pieds est très grande par rapport à celle de Choucha, ceci est dû probablement à l'âge et au type de sol de chaque provenance. En effet la provenance de Zaâfrane a un âge de 40 ans et à une texture sablo-limeuse, alors que la provenance de Choucha présente un âge de 14 ans et une texture sableuse.

MONDRAGON et PÉREZ (1996), montrent que dans le Texas (USD) chez l'*O. engelmannii*, une application d'azote plus élevée de 100 à 160 kg/ha a augmenté le nombre de nouveaux cladodes ce qui explique l'augmentation de la hauteur des pieds.

Les paramètres biométriques des cladodes varient d'une espèce à autre d'un part et d'une forme à autre d'autre part, cette variabilité serait due à l'interaction de génotype-environnement.

La longueur de la raquette des différentes espèces étudiées a varié de 22,8 à 44.13 cm et de 13,5 à 28,90 cm de largeur. Avec un rapport de longueur sur largeur variant de 1.05 à 3.25 cm. Ces raquettes sont soit absolument inermes, à aiguillons plus ou moins rares, épineuses ou très épineuses dont le nombre d'aréoles dans la rangée centrale du cladode. Le nombre des épines/aréole et la longueur des épines varient respectivement de 6 à 10.25, de 1.75 à 3 et de 1.50 à 4.60 cm. Ces épines ont un nombre de couleur variant de 1 à 2.

D'après l'exploitation de nos résultats, nous enregistrons que chez toutes les espèces examinées, les paramètres des cladodes sont influencés par le génotype de chaque espèce et les conditions édapho-climatiques.

Ce qui nous laissons supposer que les paramètres des cladodes examinées sont affectés par l'interaction génotype-environnement.

6.2.2.2 Fleurs

6.2.2.2.1 Résultats

6.2.2.2.1.1 Nombre des fleurs par raquette

L'analyse de la variance révèle une différence hautement significative entre les espèces (Tableau 3, appendices C).

Le nombre des fleurs par raquette le plus élevé a été enregistré au niveau de l'*O. streptacantha* Lem provenance de Zaâfrane avec un moyen de 13.5 fleurs/raquette. Alors que l'*Opuntia robusta* var. *robusta* présente le nombre des fleurs par raquette le plus faible avec une moyenne de 2.5 fleurs/raquette (Tableau 6.6).

6.2.2.2.1.2 Longueur de la fleur

D'après l'analyse de la variance, les espèces sont significativement très différentes (Tableau 3, appendices C)

La longueur des fleurs est classée d'après le test de NEWMEN-KEULS dans un ordre décroissant comme suit :

L'*O. engelmannii* var. *languiformis* (groupe A), suivi de l'*O. streptacantha* Lem provenance de Zaâfrane et Choucha, *O. ficus indica* Mill .f. *amyctlea* weber, *O. ficus indica* Mill .f. *inermis* weber provenance de Kissa et Belaiba, *O. robusta* var *robusta* (groupe C) et enfin l'*O. scheerii* web (groupe D) (Tableau 6.6).

6.2.2.2.1.3 Nombre de lobes des stigmates

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence très hautement significative entre les espèces étudiées qui se classent d'après le test de NEWMEN-KEULS en cinq groupes homogènes :

Groupe A : Comprend l'*O. streptacantha* Lem provenance de Zaâfrane et Choucha ;

Groupe B : L'*O. robusta* var. *robusta* ;

Groupe C : Comprend l'*O. ficus indica* Mill .f. *amyctlea* weber et l'*O. ficus indica* Mill .f. *inermis* weber provenance de Kissa et Belaiba ;

Groupe D : Correspond à l'*O. scheerii* web ;

Groupe E : Comprend l'*O engelmannii* var. *languiformis* (Tableau 6.6).

6.2.2.2.2 Discussion

Les résultats obtenus mettent en évidence la variabilité nettement visible entre les espèces et variétés. Cette variabilité est à l'origine de l'interaction des facteurs génotype environnement.

En effet, le nombre des fleurs par raquette varie selon l'aptitude génétique de l'espèce à la floraison. Aussi, leur fertilité est influencée par l'âge de la plante, ce qui explique la différence entre l'*O. streptacantha* Lem provenance de Zaâfrane et provenance de Choucha qui se trouvent dans des conditions climatiques et édaphiques presque égales (avec une petite différence au niveau de la pluviométrie moyenne annuelle qui est de 243,2 mm pour Zaâfrane et 236,4 mm pour Choucha. Au niveau du sol qui est de type sablo-limoneux pour Zaâfrane et de type sableux pour Choucha. Par contre, l'âge de ces deux provenances est très différent, la provenance de Zaâfrane est plus âgé (40 ans) que la provenance de Choucha (14 ans). BOWERS (1996 a) montre que la plupart des espèces d'*Opuntia* produisent des fleurs que des nouvelles cladodes après les 10 premières années.

Concernant la longueur de la fleur et le nombre des lobes du stigmate, la variabilité est due probablement au facteur génétique et aucune variabilité n'a été enregistrée à l'intérieur de la même espèce bien qu'elle se trouve dans deux environnements différents.

Tableau 6.6: Caractères quantitatifs des fleurs des différentes espèces étudiées.

Espèces Paramètres	<i>O. ficus indica</i> Mill			<i>O. streptacantha</i> Lem		<i>O. engelmannii</i> var. <i>longuiformis</i>	<i>O. robusta</i> var. <i>robusta</i>	<i>O. scheerii</i> web	signification
	<i>f. inermis</i> web		<i>f. amyctlea</i> web	Choucha	Zaâfrane	Mesrane			
	Kissa	Belaiba	Doukkara						
Nombre de fleurs par raquette	10.50±1.29 AB	11±1.83 AB	9.50±2.38 BC	9.25±1.71 BC	13.50±2.38 A	6.50±1.29 C	2.50±1.29 D	6.50±1.2 9 C	***
Longueur des fleurs	7.60±0.05 C	7.58±0.02 C	8.50±0.03 B	8.50±0.01 B	8.50±0.03 B	9.35±0.06 A	7.52±0.03 C	7.40±0.0 8 D	***
Nombre des lobes du stigmate	8±0.00 C	8±0.00 C	8.0±0.00 C	10.00±0.00 A	10±0.00 A	6±0.00 E	9±0.00 B	7±0.00 D	***

P>0.05 ne sont pas significatifs (ns); P≤ 0.05 significatif (*); P≤0.01 hautement significatif (**); P≤0.001 très hautement significatif (***).

6.2.2.3 Fruits

6.2.2.3.1 Résultats

6.2.2.3.1.1 Longueur du fruit

L'analyse de la variance révèle une différence très hautement significative entre les espèces (Tableau 4, appendices C) quant à la longueur du fruit.

Le test de NEWMEN-KEULS nous a permis de dire que l'*O. ficus indica* Mill *f. inermis* provenance de Kissa présente la longueur du fruit la plus élevée avec une moyenne de 6,77 cm, par contre l'*O. streptacantha* Lem provenance de Zaâfrane présente la valeur la plus faible avec une moyenne de 4,13 cm (Tableau 6.7).

6.2.2.3.1.2 Largeur du fruit

L'analyse de la variance de la largeur du fruit faire ressortir, une différence très hautement significative (Tableau 4, appendices C).

D'après le test de NEWME-KEULS, la largeur la plus élevée est enregistrée chez l'*O. robusta* var. *robusta* avec une valeur de 6,33 cm, alors que la largeur la plus faible est chez l'*O. engelmannii* var. *languiformis* avec une valeur de 2,55 cm (Tableau 6.7).

6.2.2.3.1.3 Epaisseur du fruit

L'analyse de la variance fait ressortir une différence très hautement significative entre les espèces étudiées (Tableau. 4 ; Appendices C).

Le test de NEWMEN-KEULS met en évidence quatre groupes homogènes :

Groupe A : *Opuntia robusta* var. *robusta* montre la plus grande épaisseur du fruit avec une moyenne de 5,41cm,

Groupe B : *Opuntia ficus indica* Mill .f. *amyaclea* (4.03 cm) et forme *inermis* provenance de Kissa (3.95 cm).

Groupe C : *Opuntia ficus indica* Mill .f. *inermis* provenance de Belaiba (3.65 cm).

Groupe D : *Opuntia engelmannii* var. *languiformis* qui présente une faible épaisseur avec une moyenne de 2,47 cm (Tableau 6.7).

6.2.2.3.1.4 Poids du fruit

L'analyse de la variance nous montre que les résultats sont significativement très différentes (Tableau 4, appendices C).

Le test de NEWMEN-KEULS classifie les espèces individuellement en sept groupes homogènes :

Groupe A : *O. robusta* var. *robusta*.

Groupe B : *O. ficus indica* Mill .f. *amyaclea*.

Groupe C : *O. ficus indica* Mill .f. *inermis* provenance de Kissa.

Groupe D : *O. ficus indica* Mill .f. *inermis* provenance de Belaiba.

Groupe E : *O. streptacantha* Lem provenance de Choucha.

Groupe F : *O. streptacantha* Lem provenance de Zaâfrane.

Groupe G : *O. engelmannii* var. *languiformis* (Tableau 6.7).

6.2.2.3.1.5 Poids de la pulpe

L'analyse de la variance nous permet de constater une différence très hautement significative entre les espèces (Tableau.4 ; Appendice C).

Le test de NEWMEN-KEULS met l'*O. robusta* var. *robusta* en premier groupe avec une valeur moyenne de 68,52 g et en dernier groupe se trouve l'*O. engelmannii* var. *languiformis* avec une moyenne de 6,75 g (Tableau 6.7).

6.2.2.3.1.6 Diamètre géométrique

L'analyse de la variance révèle une différence très hautement significative entre les espèces et variétés (Tableau 4, appendices C).

Le test de NEWMEN-KEULS nous a permis de distinguer six groupes différents :

Groupe A : *Opuntia robusta* var. *robusta* (5.75 cm).

Groupe B : *Opuntia ficus indica* Mill .f. *amyaclea* (5.02 cm) et forme *inermis* provenance de Kissa (4.91 cm).

Groupe C : *Opuntia ficus indica* Mill .f. *inermis* provenance de Belaiba (4.45 cm).

Groupe D : *Opuntia streptacantha* Lem provenance de Choucha (3.96 cm).

Groupe E : *Opuntia streptacantha* Lem provenance de Zaâfrane (3.61 cm).

Groupe F : *Opuntia engelmannii* var. *languiformis* avec une moyenne de 3,14 cm.

6.2.2.3.1.7 Poids de la peau

L'analyse de la variance relative au poids de la peau nous révèle que les résultats sont très hautement significatif (Tableau.4 ; Appendices C).

Le test de NEWMEN-KEULS met en évidence deux groupes homogènes :

Groupe A : Comprend l'*O. robusta* var. *robusta* .

Groupe B : Regroupe l'*O. ficus indica* Mill .f. *inermis*, l'*O. ficus indica* Mill .f. *amyaclea*, l'*O. streptacantha* Lem et l'*O. engelmannii* var. *languiformis* (Tableau 6.7).

6.2.2.3.1.8 Poids de la pulpe en %

Il ressort de l'analyse de la variance sur le poids de la pulpe qu'il y'a une différence très hautement significative (Tableau. 4, appendice C).

Selon le test NEWMEN-KEULS, le pourcentage du poids de la pulpe la plus élevée a été enregistrée au niveau du groupe A, qui regroupe les espèces suivantes : *O. ficus indica* Mill .f. *amyaclea* avec une moyenne de 66.61% suivi de l'*O. ficus indica* Mill .f. *inermis* provenance de Kissa (64.94%) puis l'*O. ficus indica* Mill .f. *inermis* provenance de Belaiba (63.24%); par contre l'*O. engelmannii* var. *languiformis* présentée la valeur la plus faible 23.74% représenté par le groupe E (Tableau 6.7).

6.2.2.3.1.9 Poids de la peau en %

D'après l'analyse de la variance du poids de la peau nous constatons qu'il existe une différence très hautement significative (Tableau. 4 ; Appendices C).

Le test de NEWMEN-KEULS montre que l'*Opuntia engelmannii* var. *languiformis* présente le pourcentage de la peau le plus élevé (70.73 %), tandis que le pourcentage du poids de la peau la plus faible a été enregistrée chez l'*Opuntia ficus indica* Mill .f. *amyaclea* (Tableau 6.7).

6.2.2.3.1.10 Epaisseur de la peau

L'analyse de la variance montre une différence très hautement significatives entre les espèces (Tableau 4, appendices C).

Les espèces sont classées selon le test de NEWMEN-KEULS en trois groupes homogènes :

Groupe A : Regroupe l'*O. robusta* var. *robusta* et l'*O. engelmannii* var. *languiformis*.

Groupe B : Comprend l'*O. streptacantha* Lem.

Groupe AB : Regroupe l'*O. ficus indica* Mill .f. *amyaclea* et l'*O. ficus indica* Mill .f. *inermis* (Tableau 6.7).

6.2.2.3.1.11 Densité des aréoles

L'analyse de la variance fait ressortir une différence très hautement significative entre les espèces (Tableau 4, appendices C).

D'après le test de NEWMEN-KEULS toutes les espèces sont classées individuellement et cinq groupes ont été établis (Tableau 6.7).

Groupe A : Comprend l'*O ficus indica* Mill .f. *amyaclea*.

Groupe B : Regroupe l'*O ficus indica* Mill .f. *inermis* provenance de Kissa et Belaiba.

Groupe C : Comprend l'*O. streptacantha* Lem provenance de Zaâfrane et Choucha.

Groupe D : Comprend l'*O. robusta* var. *robusta*.

Groupe E : Correspond à l'*O. engelmannii* var. *languiformis*.

6.2.2.3.1.12 Sphéricité des fruits

Il existe une différence très hautement significative entre les espèces selon l'analyse de la variance (Tableau. 4, appendice C).

Le test de NEWMEN-KEULS nous a permis de classer les espèces en quatre groupes homogènes. En effet, l'*O. robusta* var. *robusta* présente la valeur la plus élevée (1.10), contrairement à l'*O. ficus indica* Mill .f. *amyaclea* et *inermis* provenance de Kissa et Belaiba avec les moyennes respectives de 0,73, 0,72, 0,72 (Tableau 6.7).

6.2.2.3.1.13 Surface de la peau

Les espèces sont significativement très hautement différentes (Tableau 4, appendices C).

Le test de NEWMEN-KEULS placé l'*O. robusta* var. *robusta* dans le groupe A avec une surface de peau moyenne de l'ordre de 97,32, tandis que l'*O. engelmannii* var. *languiformis* se trouve dans le groupe F avec une moyenne de 30,68 (Tableau 6.7).

L'*Opuntia scheerii* ne produit pas des fruits, raison pour laquelle nous l'avons pas traité dans l'analyse statistique.

6.2.2.4.2 Discussion

L'examen des différentes mesures, dimensions et poids des fruits nous montre une très grande variabilité entre les espèces et les variétés étudiées. Cette variabilité est liée au facteur génétique alors que la différence qui existe au sein de la même espèce provient des environnements différents sont dus probablement aux conditions édapho-climatiques, conduites culturales et à la fertilité des cladodes.

Nous constatons que la zone de Kissa est différente de celle de Belaiba, par la pluviométrie (Tableau 1, appendice B), par les modes de plantations qui sont en ligne pour Kissa et en bouquet pour Belaiba, ce qui influe directement sur les mesures et les dimensions des fruits.

Tableau 6.7: Caractères quantitatifs des fruits des différentes espèces étudiées.

Espèces Paramètres	<i>O.ficus indica</i> Mill			<i>O.streptacantha</i> Lem		<i>O.engelmanii</i> var. <i>longuiformis</i>	<i>O.robusta</i> var. <i>robusta</i>	signification
	<i>f.inermis</i> web		<i>f.amyctlea</i> web	Choucha	Zaâfrane	Mesrane		
	Kissa	Belaiba	Doukkara					
Longueur	6.77±0.10 A	6.15±0.13 B	6.85±0.06 A	4.50±0.36 D	4.13±0.42 E	4.94±0.12 C	5.04±0.15 C	***
Largeur	4.43±0.10 B	3.93±0.22 C	4.60±0.08 B	3.85±0.13 C	3.40±0.14 D	2.55±0.10 E	6.33±0.23 A	***
Épaisseur	3.95±0.30 B	3.65±0.10 C	4.03±0.26 B	3.60±0.08 C	3.39±0.19 C	2.47±0.10 D	5.41±0.13 A	***
Diamètre géométrique	4.91±0.14 B	4.45±0.15 C	5.02±0.09 B	3.96±0.11 D	3.61±0.17 E	3.14±0.06 F	5.57±0.13 A	***
Sphéricité des fruits	0.72± 0.02 C	0.72±0.01 C	0.73±0.02 C	0.88±0.05 B	0.88±0.06 B	0.63±0.03 D	1.10±0.02 A	***
Surface de la peau	75.63±4.44 B	62.12±4.20 C	79.10±2.76 B	49.29±2.65 D	41.00±3.85 E	30.68±1.54 F	97.32±4.44 A	***
Poids du fruit	80.10±1.52 C	71.59±2.10 D	86.45±0.85 B	47.33±0.90 E	40.48±1.49 F	28.20±1.80 G	138.17±6.01 A	***
Poids de la pulpe	51.53±1.17 C	45.30±2.49 C	59.92±5.77 B	20.76±0.63 D	13.21±1.14 E	6.75±2.40 F	68.52±8.80 A	***
Poids de la peau	25.39±0.85 B	24.07±0.77 B	26.31±0.63 B	25.10±0.73 B	25.41±0.88 B	19.90±1.61 B	46.51±23.28 A	***
poids de la pulpe (%)	64.94±0.90 A	63.24±1.81 A	66.61±0.78 A	43.86±0.54 C	32.60±1.97 D	23.74±7.23 E	49.47±4.50 B	***
poids de la peau (%)	31.99±0.86 E	33.64±1.67 E	30.53±0.82 E	53.04±1.24 C	62.79±1.94 B	70.73±6.60 A	46.79±3.89 D	***
Épaisseur de la peau	0.55±0.06 AB	0.55±0.06 AB	0.55±0.06 AB	0.47±0.04 B	0.47±0.05 B	0.60±0.00 A	0.60±0.00 A	***
Densité des aréoles	68.75±1.26 B	68.00±1.41 B	71.75±1.71 A	44.50±1.29 C	46.13±3.17 C	20.25±0.96 E	24.75±2.87 D	***

P>0.05 ne sont pas significatifs (ns); P≤ 0.05 significatif (*); P≤0.01 hautement significatif (**); P≤0.001 très hautement significatif (***).

En effet, l'*O. streptacantha* Lem se trouve dans deux environnements très proches du point de vue climat et sol (Tableau 5.), le mode de plantation est en ligne pour Zaâfrane et en bouquet pour Choucha mais la fertilité des cladode est très importante dans la provenance de Zaâfrane (13 fruits/raquette) que la provenance de Choucha (9 fruits/raquette) ; ce qui influe sur les dimensions et les mesures du fruit.

BARBERA et al (1994), montrent que la dimension de fruit de poire de cactus est affectée par le nombre de graines. WESSELS (1988), ajoute que la dimension de fruit de poire de cactus est influencée par la charge de cladode. INGLESE et al (1994), ajoutent que le poids de fruit chez l'*Opuntia ficus indica* est affecté par l'ordre de la production du bourgeon floral et du nombre de fruits sur le cladode. Ainsi, les bourgeons floraux qui poussent plutôt deviennent habituellement des fruits plus lourds. En outre, les fruits les plus lourds sont obtenus à partir des cladodes avec seulement six fruits.

A travers ces résultats, nous remarquons qu'il existe une corrélation entre la largeur, l'épaisseur des fruits et leur diamètre géométrique, en observant qu'une augmentation en largeur ou bien en épaisseur impliquant une augmentation en diamètre, ce dernier influe directement sur le poids du fruit (Figure 6.1).

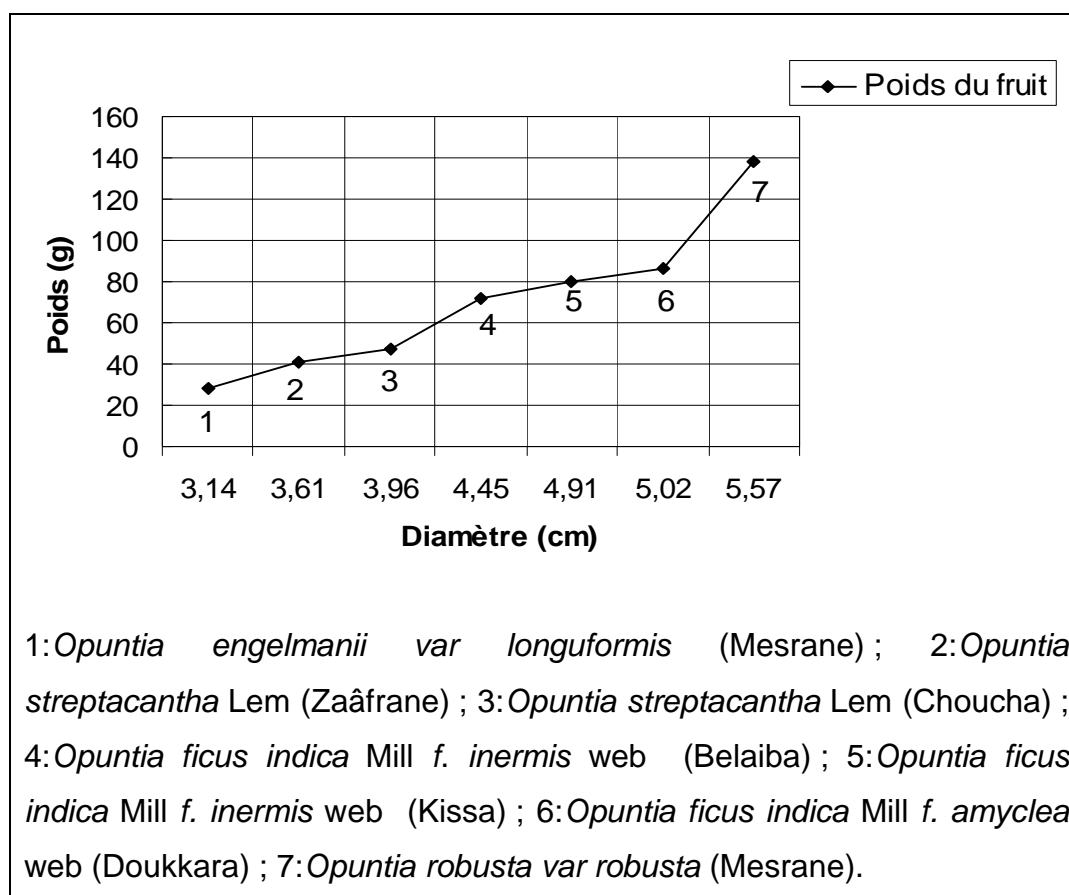


Figure 6.1: Influence du diamètre géométrique sur le poids des fruits (g).

La longueur du fruit des différentes espèces étudiées varie de 4,13 cm à 6,85 cm, de 2,55 cm à 6,33 cm en largeur.

Ces résultats sont concordants avec ceux donnés par MONDRAGON et PEREZ (1996), chez des cultivars mexicains et dans des conditions édapho-climatiques et culturale différentes. Ils ont obtenu une gamme de longueur et de largeur respectivement de 5,5 cm à 9,5 cm et de 4,4 cm à 6,5 cm.

La gamme du poids moyen des fruits des espèces examinées est de 28.20 à 138 g. Tandis que WESSELS (1988), rapporte qu'en Afrique du Sud, les fruits destinés pour le marché d'exportation doivent excéder 120 g,

FELKER et al (2002), notent que d'après les observations sur terrain, les précipitations plus élevées, en particulier aux deux derniers mois de maturation des fruits, cause une augmentation de la dimension des fruits. WANG et al (1995), ajoutent que le poids de fruit était considérablement plus petit pour une année de sécheresse (109 g) que pour une année de forte précipitation. De plus NERD et MIZRAHI (1995), ont énoncé que les fermiers palestiniens irriguent habituellement les espèces vers la fin de l'été à la dernière étape de développement de fruit afin de produire de plus grands fruits sans affecter négativement la qualité des fruits. POTGIETER et MKHARI (2002), rapportent que l'apport de l'azote augmente le poids du fruit du cactus mais ne précise pas le stade.

De même, les chercheurs de poire de cactus rapportent que la dimension de fruit n'est pas exclusivement déterminée par des facteurs environnementaux ou édaphiques et ces facteurs génétiques sont les causes déterminantes et importantes de la dimension de fruit. Ce qui explique brièvement la variabilité entre les deux espèces d'*Opuntia engelmannii* var. *languiformis* (28 g) et *Opuntia robusta* var. *robusta* (138 g) qui se localise dans un même environnement (climat et sol).

MONDRAGON et PEREZ (1996), la dimension réelle de fruit est génétiquement déterminée par l'interaction Génotype-Environnement.

Concernant l'épaisseur de la peau ; GIBSON et NOBEL (1986b), rapportent que la peau du fruit de poire de cactus se développe à partir du réceptacle qui entoure l'ovaire.

POTGIETER et MKHARI (2002) ont recommandé une épaisseur de peau de moins de 6 millimètres pour le fruit de poire de cactus. Toutes les espèces évaluées ont une épaisseur de peau moins de 6 millimètres. Ces résultats sont en conformité avec les données rapportées par MONDRAGON et PEREZ (1996), où le cultivar mexicain *Cristalina* a une épaisseur de peau de 6 millimètres.

BARBARA (2007), montre que les basses températures pendant la période de développement du fruit favorisent l'augmentation de l'épaisseur de la peau.

Pratiquement, les espèces d'*Opuntia ficus indica* Mill .f. *amyclae* weber et *Opuntia ficus indica* Mill .f. *inermis* weber étaient les espèces dont l'enlèvement de la peau est difficile. Alors que les espèces qui ont permis le déplacement facile de la peau sont (*O. robusta* var. *robusta*, *O. engelmannii* var. *languiformice*, *O. streptacantha* Lem).

Ces résultats sont en accord avec les données rapportées par BARBARA (2007), qui note que les variétés Zastron (1.85 mm) et Nudosal (1,55 mm) sont les variétés dans l'enlèvement de la peau est difficile comparativement aux variétés Roedtan (4,85 mm) et Van As (4,65 mm) dont l'enlèvement de la peau est facile.

D'après ces résultats, on peut dire que plus l'épaisseur de la peau est importante plus son enlèvement est facile.

Concernant le pourcentage de la pulpe, INGLESE (1995), indique que le pourcentage de la pulpe ne devrait pas être inférieure à 55 - 60 % par fruit destinés au marché d'exportation.

Parmi les espèces examinées qui ont un pourcentage de la pulpe supérieur à 55 % sont : *O. ficus indica* Mill .f. *inermis* weber et *O. ficus indica* Mill .f. *amyclae* weber avec respectivement (63,24 % et 66,61 %), alors que nous avons enregistré des valeurs inférieures à 55 % pour les autres espèces. La gamme de pourcentage de la pulpe chez toutes les espèces étudiées est de 32,60 à 66,61 % qui est plus haute que celles rapportées précédemment par WESSELS (1988), chez les variétés sud africaines (30 à 60 %). INGLESE (1995), trouvent que les basses températures diminuent le pourcentage de la pulpe. D'après BARBARA (2007) rapporté des résultats semblables en Afrique du sud, et ajoute que chez les poires de cactus, le pourcentage de la pulpe augmente quand les espèces sont irriguées (Figure 6. 2).

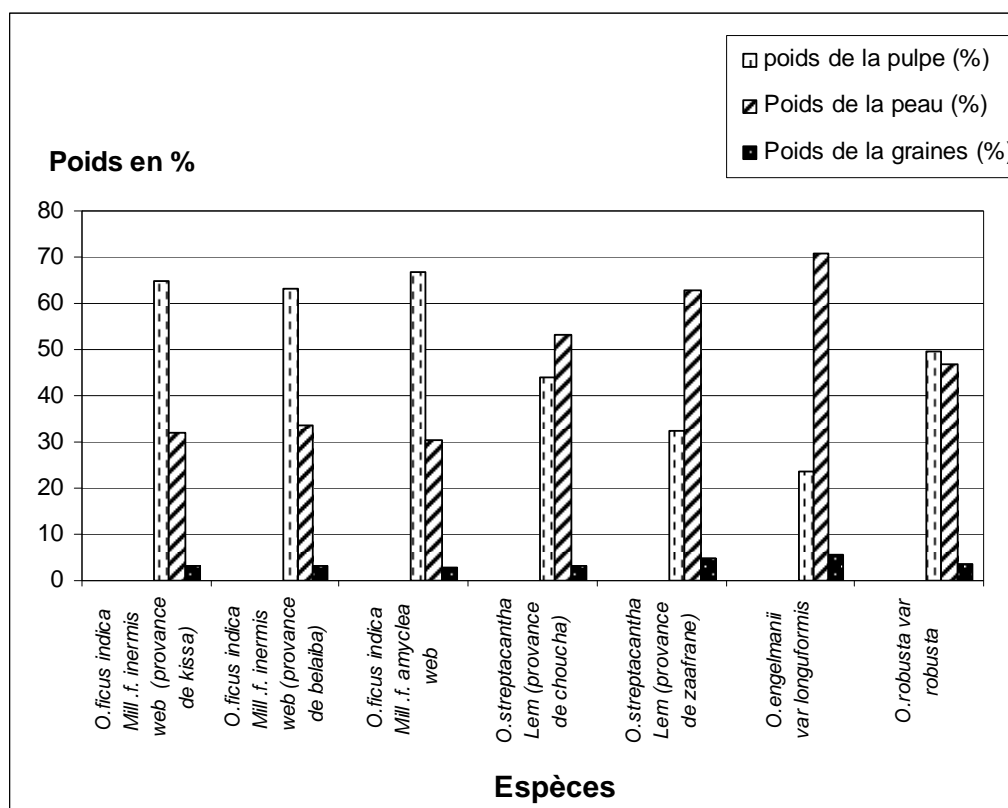


Figure 6,2: Pourcentage des poids: de la pulpe, de la peau et des graines par fruit des différentes espèces.

En conclusion on peut dire que les paramètres des fruits étudiés des différentes espèces examinées sont influencés par l'interaction de génotype environnement.

6.2.2.4 Graine

6.2.2.4.1 Résultats

6.2.2.4.1.1 Poids des graines par fruit

L'analyse de la variance relative au poids de graines par fruit montre une différence très hautement significative entre les espèces étudiées (Tableau.5 ; Appendice C).

Le poids le plus élevé est enregistré chez l'*Opuntia robusta* var. *robusta* (5.15 g), alors que le faible poids est enregistré chez l'*Opuntia engelmannii* var. *languiformis* (1,55 g) (Tableau 6.8).

6.2.2.4.1.2 Poids des graines par fruit en %

Nous remarquons d'après l'analyse de la variance qu'il y'a une différence très hautement significative entre les espèces (Tableau 5 ; Appendice C).

Les espèces sont classées en trois groupes selon le test de NEWMEN-KEULS :

Groupe A : Comprend l'*O. engelmannii* var. *languiformis*.

Groupe B : Correspond à l'*O. streptacantha* Lem provenance de Zaâfrane.

Groupe C : Regroupe l'*O. robusta* var. *robusta*, l'*O. ficus indica* Mill .f. *inermis* weber provenance de Belaiba et Kissa, l'*O. ficus indica* Mill .f. *amyaclea* weber et l'*O. streptacantha* Lem provenance de Choucha (Tableau 6.8).

6.2.2.4.1.3 Poids de Mille graines

Les résultats du poids de mille graines obtenus sont significativement très différentes (Tableau 5 ; Appendice C).

Le test de NEWMEN-KEULS, nous a permis de distinguer les groupes homogènes suivants :

Groupe A : Comprend l'*Opuntia engelmannii* var. *languiformis*.

Groupe B : Regroupe l'*Opuntia ficus indica* Mill et l'*Opuntia robusta* var. *robusta*.

Groupe C : Correspond à l'*Opuntia streptacantha* Lem (Tableau 6.8).

6.2.2.4.1.4 Diamètre des graines

L'analyse de la variance du diamètre des graines révèle une différence très hautement significative entre les espèces étudiées (Tableau 5 ; Appendice C).

Le test de NEWMEN-KEULS nous a permis de classer les espèces individuellement dans quatre groupes :

Groupe A : Comprend l'*O. engelmannii* var. *languiformis*.

Groupe B : Correspond à l'*O. robusta* var. *robusta* .

Groupe C : Regroupe l'*O. ficus indica* Mill .f. *amyctlea* weber et l'*O. ficus indica* Mill .f. *inermis* weber.

Groupe D : Comprend l'*O. streptacantha* Lem (Tableau 6.8).

6.2.2.4.1.5 Nombre des graines par fruit

Selon l'analyse de la variance, il y a une différence très hautement significative pour le nombre de graines par fruit (Tableau 5 ; Appendice C).

D'après le test de NEWMEN-KEULS les espèces sont individualisées en cinq groupes :

Groupe A : Comprend l'*O. robusta* var. *robusta*.

Groupe B : Comprend l'*O. ficus indica* Mill .f. *inermis* weber .

Groupe C : Correspond à l'*O. ficus indica* Mill .f. *amyctlea* weber .

Groupe D : Correspond à l'*O. streptacantha* Lem.

Groupe E : Comprend l'*O. engelmannii* var. *languiformis* (Tableau 6.8).

6.2.2.4.1.6 Nombre de graines viables

Les résultats de l'analyse de la variance font ressortir une différence très hautement significative entre les espèces (Tableau. 5 ; Appendice C).

Le test de NEWMEN-KEULS montre que le nombre de graines viables par fruit est plus élevé chez l'*O. robusta* var. *robusta* avec 315.25 graines/fruit et la valeur la plus faible a été enregistrée chez l'*O. engelmannii* var. *languiformis* avec une moyenne de 90 graines /fruit (Tableau 6.8).

6.2.2.4.1.7 Nombre de graines avortées par fruit

L'analyse de la variance nous révèle que les résultats sont très hautement significatifs (Tableau 5 ; Appendice C) à 0.00001.

Les espèces se classent individuellement en cinq groupes selon le test de NEWMEN-KEULS :

Groupe A : Comprend l'*O. ficus indica* Mill .f. *inermis* weber provenance de Kissa et Belaiba.

Groupe B : Correspond à l'*O. ficus indica* Mill .f. *amyctlea* weber.

Groupe C : Comprend l'*O. robusta* var. *robusta*.

Groupe D :Correspond à l'*O. streptacantha* Lem provenance de Zaâfrane et Choucha.

Groupe E : Comprend l'*O. engelmannii* var. *languiformis* (Tableau 6.8).

Lorsque l'*O. scheerii* ne présente pas des graines, elle n'est donc pas prise en considération.

Tableau 6.8 : Caractères quantitatifs des graines des différentes espèces étudiées.

Espèces	<i>O.ficus indica</i> Mill			<i>O.streptacantha</i> Lem		<i>O.engelmanii</i> var. <i>longuiformis</i>	<i>O.robusta</i> var. <i>robusta</i>	signification
	<i>f. inermis</i> web		<i>f.amyctlea</i> web	Choucha	Zaâfrane	Mesrane		
	Kissa	Belaiba	Doukkara					
Paramètres								
Nombre des graines par fruit	319.50±6.81 B	327.00±2.31 B	270.50±8.66 C	157.50±0.58 D	162.00±8.08 D	91.00±8.08 E	389.00±6.38 A	***
Nombre des graines viable	154.25±11.44 D	169.25±5.91 C	186.75±5.38 B	142.75±0.96 DE	138.00±13.86 E	90.00±8.08 F	315.25±4.50 A	***
Nombre des graines avortées	165.25±14.22 A	157.75±4.79 A	83.75±11.79 B	14.75±1.26 D	24.00±5.77 D	1.0±0.00 E	37.75±2.63 C	***
Poids graines par fruit	2.43±0.09 BC	2.22±0.12 B	2.46±0.09 B	1.71±0.01 CD	1.86±0.05 BCD	1.55±0.15 D	5.15±0.82 A	***
Poids des graines (%)	3.07±0.09 C	3.12±0.21 C	2.86±0.12 C	3.10±1.06 C	4.61±0.21 B	5.53±0.65 A	3.75±0.71 C	***
Diamètre des graines	4.19±0.01 C	4.17±0.01 C	4.24±0.08 C	3.90±0.02 D	3.92±0.09 D	4.76±0.03 A	4.39±0.05 B	***
PMG	15.39±0.04 B	15.15±0.17 B	15.86±1.21 B	12.30±0.12 C	12.75±0.40 C	18.43±0.80 A	16.28±0.20 B	***

P>0.05 ne sont pas significatifs (ns); P≤ 0.05 significatif (*); P≤0.01 hautement significatif (**); P≤0.001 très hautement significatif (***).

6.2.2.4.2 Discussion

L'examen des résultats relatifs à la graine, met en évidence la variabilité entre les différentes espèces étudiées. Nous avons enregistré une variabilité intra spécifique et interspécifique pour tous les paramètres. La variabilité qui existe au niveau du nombre de graines viables par fruit entre les différentes provenances (tableau 5, appendice C) peut être due à des facteurs externes, tels que le vent et la présence des agents pollinisateurs ce qui favorise la pollinisation et la fécondation des ovules, donc le développement des graines, alors que la grande différence entre les espèces est due probablement à la variabilité génétique des espèces. MONDRAGON et PEREZ (1996) et BARBARA (2007), suggèrent que la teneur de fruits de poire de cactus en graine change selon le cultivar et la taille. Alors que REYES AGUERO et al (2006), ajoute que le poids de graines chez l'*Opuntia ficus indica* augmente quand les espèces sont irriguées.

Concernant le nombre de graines avortées par fruit, nous avons enregistré une variabilité uniquement interspécifique. Ces résultats sont en conformité avec ceux obtenus par MONDRAGON et PEREZ (1996), qui trouvent que le cultivar mexicain *Amarilla Montesa* présente un pourcentage de 21.7% de graines avortées par fruit, alors que le cultivar *Roja Pelona* présente un pourcentage inférieur qui est proche de 2,1% de graines avortées par fruit.

En effet, il existe une relation étroite entre le diamètre des graines et leur PMG : lorsque le diamètre des graines augmente automatiquement le PMG augmente (Figure 6.3). MONDRAGON et BORDELON (1996) [149], trouvent que le contenu élevé de graine est corrélé avec la dimension de fruit. Il a donc suggéré qu'un fruit de taille idéale devrait avoir un rapport élevé entre les graines normales/ graines avortées.

Le poids des graines en % des différentes espèces étudiées varie de 2,86 à 5,53 % (Figure 6.2). Ces résultats sont en conformité avec ceux rapportés par CANTWELL (1995) [149] et les graines de fruits de cactus contribuent de 5 à 10 %

du poids de pulpe. FELKER et al (2002), notent que le pourcentage des graines change de 2.19 en 5.59 par fruit entier et de 4.32 à 10.51g par pulpe pour différentes copies de l'*Opuntia* développé en Argentine et aux Etats-Unis.

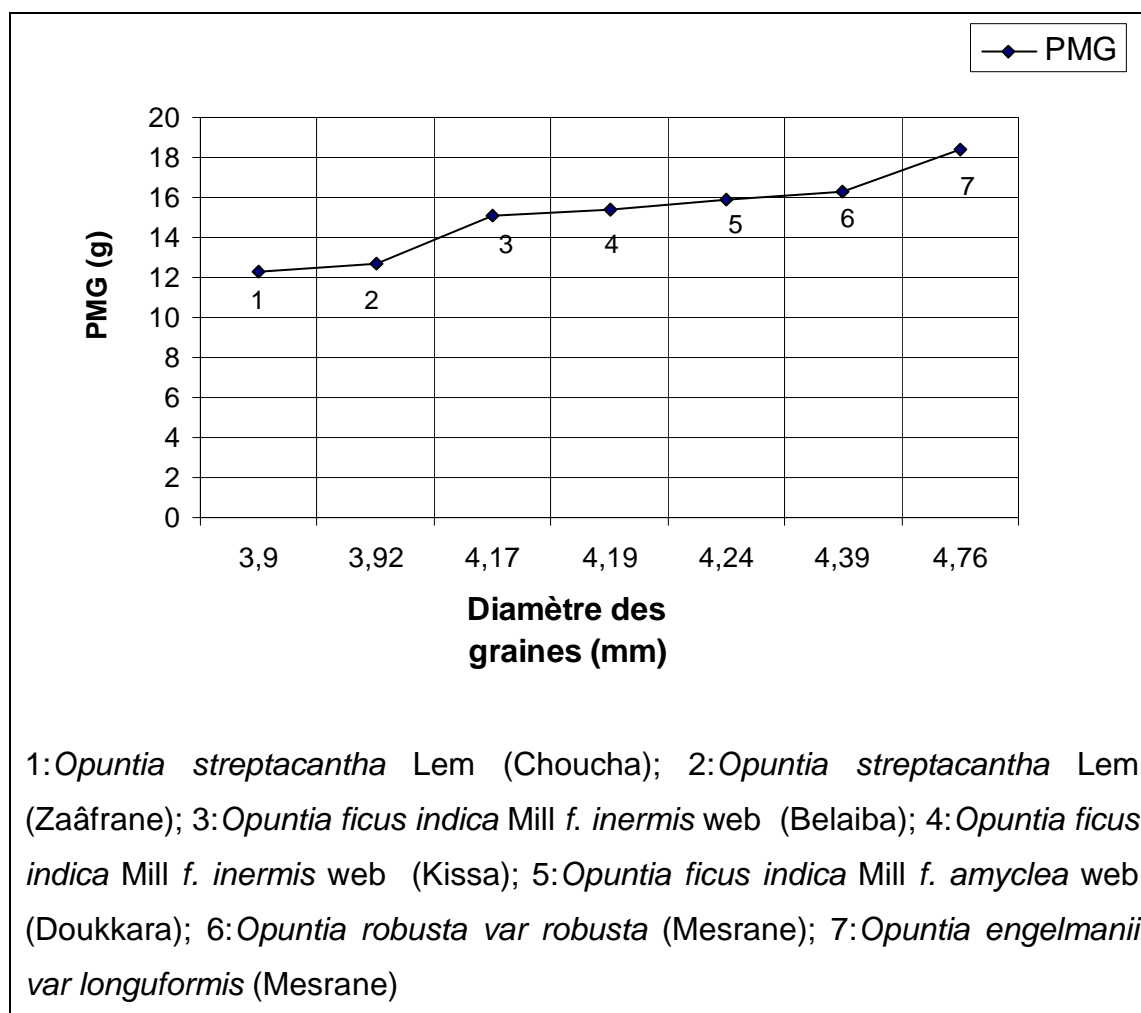


Figure 6.3 : Variation des poids de mille graines (PMG) en fonction du diamètre des graines.

6.3 Fiches descriptives des différentes espèces

6.3.1 *Opuntia ficus indica* Mill .f. *amyaclea* weber provenance de Doukkara

6.3.1.1 Systématique

Famille	:	<i>Cactaceae</i>
Sous famille	:	<i>Opuntioideae</i>
Tribu	:	<i>Opuntieae</i>
Genre	:	<i>Opuntia</i>
Sous genre	:	<i>Platyopuntia</i>
Espèce	:	<i>Opuntia ficus indica</i> Mill .f. <i>amyaclea</i> weber
Origine	:	Mexique
Age de plantation	:	12 ans

6.3.1.2 Description et Morphologie

6.3.1.2.1 Plante

Port	:	Dressé
Hauteur moyenne des pieds	:	213.50 cm

6.3.1.2.2 Cladode

Longueur moyenne	:	37.5 cm
Largeur moyenne	:	22.10 cm
Epaisseur moyenne	:	1.26 cm
Rapport longueur/ largeur moyen	:	1.65
Nombre des spirales d'aréole	:	10.25
Nombre d'épines par aréole	:	2.50
Longueur de l'épine la plus longue	:	2.40 cm
Nombre de couleur d'épine	:	1
Forme	:	Elliptique large
Couleur	:	Verte glauque

Couleur des glochides sur cladode	: Marron
Couleur des aréoles	: Marron
Couleur principale des épines	: Blanche
Port de l'aiguillon central	: Erigé
Courbure de l'aiguillon central (sauf la base)	: absente
Aiguillon central torsion	: Présente

6.3.1.2.3 Fleurs

Nombre moyen de fleurs par raquette	: 9.50
Longueur moyenne	: 8.50 cm
Nombre moyen des lobes du stigmate	: 8
Couleur du périanthe	: Jaune
Couleur du style	: Rose
Couleur du lobe du stigmate	: Verte claire
Epoque du début de floraison	: Première semaine de mois du mai (08 mai)

6.3.1.2.4 Fruits

Epoque du début de maturation des fruits	: Fin juillet (26 juillet)
Longueur moyenne (L)	: 6.85 cm
Largeur moyenne (l)	: 4.60 cm
Epaisseur moyenne (E)	: 4.03 cm
Diamètre maximum (Dg)	: 5.02 cm
Sphéricité moyenne (Ø)	: 0.73
Surface de la peau moyenne(S)	: 79.10 cm ²
Poids moyen	: 86.45 g
Poids moyen de la pulpe	: 59.92 g
Poids moyen de la peau	: 26.31 g
Poids moyen de la pulpe en %	: 66.61 %
Poids moyen de la peau en %	: 30.53 %
Epaisseur moyenne de la peau	: 0.55 cm
Nombre moyen d'aréoles par fruit	: 71.75

Couleur des glochides sur fruit	: Jaune
Forme	: Elliptique
Longueur du pédoncule	: Courte
Dépression de cicatrice du réceptacle	: Modérément déprimée
Couleur principale de la surface	: Jaune à orange
Uniformité de la couleur de la surface	: Irrégulière
Couleur de la chair	: Jaune

6.3.1.2.5 Graine

Poids moyen des graines par fruit	: 2.46 g
Poids moyen des graines par fruit en %	: 2.86 %
Diamètre moyen	: 4.24 mm
Poids moyen des mille graines (PMG)	: 15.86 g
Nombre moyen de graine par fruit	: 270.50
Nombre moyen de graines complètement développées par fruit	: 186.75
Nombre moyen de graines avortées par fruit	: 83.75



Aspect général



Cladode



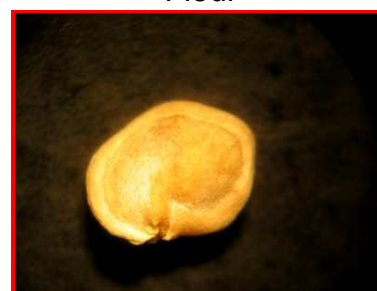
Fleur



Fruit



Fruit intact sur pied



Graine

Figure 6.4 : *Opuntia ficus indica* Mill .f. *amyclea* weber provenance de Doukkara, wilaya de Tebessa.

6.3.2 *Opuntia ficus indica* Mill .f. *inermis* weber provenance de Belaiba

6.3.2.1 systématique

Famille	:	<i>Cactaceae</i>
Sous famille	:	<i>Opuntioideae</i>
Tribu	:	<i>Opuntieae</i>
Genre	:	<i>Opuntia</i>
Sous genre	:	<i>Platyopuntia</i>
Espèce	:	<i>Opuntia ficus indica</i> Mill .f. <i>inermis</i> weber
Origine	:	Mexique
Age de plantation	:	7 ans

6.3.2.2 Description et Morphologie

6.3.2.2.1 Plante

Port	:	Dressé
Hauteur moyenne des pieds	:	179.75cm

6.3.2.2.2 Cladode

Longueur moyenne	:	37.2 cm
Largeur moyenne	:	20 cm
Epaisseur moyenne	:	1.23 cm
Rapport longueur/ largeur moyen	:	1.86
Nombre des spirales d'aréole	:	10
Nombre d'épines par aréole	:	Absente
Forme	:	Elliptique large
Couleur	:	Verte moyenne
Couleur des glochides sur cladode	:	Absente

Couleur des aréoles	: Marron
Couleur principale des épines	: Absente
Port de l'aiguillon central	: //
Courbure de l'aiguillon central (sauf la base)	: //
Aiguillon central torsion	: //

6.3.2.2.3 Fleurs

Nombre moyen de fleurs par raquette	: 11
Longueur moyenne	: 7.58 cm
Nombre moyen des lobes du stigmate	: 8
Couleur du périanthe	: Jaune
Couleur du style	: Blanche à rose
Couleur du lobe du stigmate	: Verte claire
Epoque du début de floraison	: Première semaine de mois du mai (08 mai)

6.3.2.2.4 Fruits

Epoque du début de maturation des fruits	: Fin juillet (26 juillet)
Longueur moyenne (L)	: 6.15 cm
Largeur moyenne (l)	: 3.93 cm
Epaisseur moyenne (E)	: 3.65 cm
Diamètre maximum moyen (Dg)	: 4.45 cm
Sphéricité moyenne (\emptyset)	: 0.72
Surface de la peau moyenne (S)	: 62.12 cm ²
Poids moyen	: 71.59 g
Poids moyen de la pulpe	: 45.30 g
Poids moyen de la peau	: 24.07 g
Poids moyen de la pulpe en %	: 63.24 %
Poids moyen de la peau en %	: 33.64 %
Epaisseur moyenne de la peau	: 0.55 cm
Nombre moyen d'aréoles par fruit	: 68.00
Couleur des glochides sur fruit	: Jaune

Forme	: Elliptique
Longueur du pédoncule	: Courte
Dépression de cicatrice du réceptacle	: Modérément déprimée
Couleur principale de la surface	: Jaune à orange
Uniformité de la couleur de la surface	: Irrégulière
Couleur de la chair	: Jaune

6.3.2.2.5 Graine

Poids moyen des graines par fruit	: 2.22 g
Poids moyen des graines par fruit en %	: 3.12%
Diamètre moyen	: 4.17mm
Poids moyen des mille graines (PMG)	: 15.15 g
Nombre moyen de graine par fruit	: 327.00
Nombre moyen de graines complètement développées par fruit	: 169.25
Nombre moyen de graines avortées par fruit	: 157.75



Aspect général



Cladode



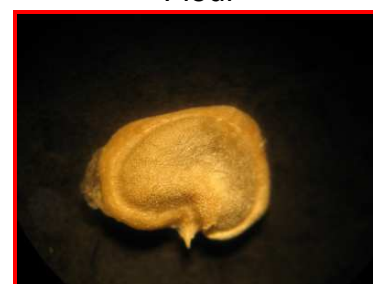
Fleur



Fruit



Fruit intact sur pied



Graine

Figure 6.5: *Opuntia ficus indica* Mill .f. *inermis* weber provenance de Belaiba, wilaya de M'sila.

6.3.3 *Opuntia streptacantha* Lem provenance de Choucha

6.3.3.1 systématique

Famille	:	<i>Cactaceae</i>
Sous famille	:	<i>Opuntioideae</i>
Tribu	:	<i>Opuntieae</i>
Genre	:	<i>Opuntia</i>
Sous genre	:	<i>Platyopuntia</i>
Espèce	:	<i>Opuntia streptacantha</i> Lem
Origine	:	Mexique
Age de plantation	:	14 ans

6.3.3.2 Description et Morphologie

6.3.3.2.1 Plante

Port	:	Dressé
Hauteur moyenne des pieds	:	142.00 cm

6.3.3.2.2 Cladode

Longueur moyenne	:	27.10 cm
Largeur moyenne	:	20.70 cm
Epaisseur moyenne	:	1.04 cm
Rapport longueur/ largeur moyen	:	1.30
Nombre des spirales d'aréole	:	9
Nombre d'épines par aréole	:	2.00
Longueur de l'épine la plus longue	:	1.70 cm
Nombre de couleur d'épine	:	2
Forme	:	Obovale large
Couleur	:	Verte claire

Couleur des glochides sur cladode	: Jaune
Couleur des aréoles	: Grise
Couleur principale des épines	: Blanche
Port de l'aiguillon central	: Horizontal
Courbure de l'aiguillon central (sauf la base)	: Présente
Aiguillon central torsion	: Absente

6.3.3.2.3 Fleurs

Nombre moyen de fleurs par raquette	: 9.25
Longueur moyenne	: 8.50 cm
Nombre moyen des lobes du stigmate	: 10
Couleur du périanthe	: Orange
Couleur du style	: Rouge
Couleur du lobe du stigmate	: Verte Claire
Epoque du début de floraison	: 22 Mai

6.3.3.2.4 Fruits

Epoque du début de maturation des fruits	: Début Août (05 Août)
Longueur moyenne (L)	: 4.50 cm
Largeur moyenne (l)	: 3.85 cm
Epaisseur moyenne (E)	: 3.60 cm
Diamètre maximum moyen (Dg)	: 3.96 cm
Sphéricité moyenne (\emptyset)	: 0.88
Surface de la peau moyenne (S)	: 49.29 cm ²
Poids moyen	: 47.33 g
Poids moyen de la pulpe	: 20.76 g
Poids moyen de la peau	: 25.10 g
Poids moyen de la pulpe en %	: 43.86 %
Poids moyen de la peau en %	: 53.04 %
Epaisseur moyenne de la peau	: 0.47 cm
Nombre moyen d'aréoles par fruit	: 44.50

Couleur des glochides sur fruit	: Marron
Forme	: Circulaire
Longueur du pédoncule	: Courte
Dépression de cicatrice du réceptacle	: Fortement déprimée
Couleur principale de la surface	: Rouge
Uniformité de la couleur de la surface	: Irrégulière
Couleur de la chair	: Rouge jaunâtre

6.3.3.2.5 Graine

Poids moyen des graines par fruit	: 1.71 g
Poids moyen des graines par fruit en %	: 3.10 %
Diamètre moyen	: 3.92 mm
Poids moyen des mille graines (PMG)	: 12.88 g
Nombre moyen de graine par fruit	: 157.50
Nombre moyen de graines complètement développées par fruit	: 142.75
Nombre moyen de graines avortées par fruit	: 14.75



Aspect général



Cladode



Fleur



Fruit



Fruit intact sur pied



Graine

Figure 6.6 : *Opuntia streptacantha* Lem provenance de Choucha, wilaya de Laghouat.

6.3.4 *Opuntia engelmannii* var. *longuiformis* provenance de Mesrane

6.3.4.1 Systématique

Famille	:	<i>Cactaceae</i>
Sous famille	:	<i>Opuntioideae</i>
Tribu	:	<i>Opuntieae</i>
Genre	:	<i>Opuntia</i>
Sous genre	:	<i>Platyopuntia</i>
Espèce	:	<i>Opuntia engelmannii</i> var. <i>longuiformis</i>
Origine	:	Texas Central
Age de plantation	:	21 ans

6.3.4.2 Description et Morphologie

6.3.4.2.1 Plante

Port	:	Dressé
Hauteur moyenne des pieds	:	183.00 cm

6.3.4.2.2 Cladode

Longueur moyenne	:	44.13 cm
Largeur moyenne	:	13.50 cm
Epaisseur moyenne	:	0.94 cm
Rapport longueur/ largeur moyen	:	3.25
Nombre des spirales d'aréole	:	15.50
Nombre d'épines par aréole	:	2.75
Longueur de l'épine la plus longue	:	4.60 cm
Nombre de couleurs d'épine	:	1
Forme	:	Losangique
Couleur	:	Verte-jaunâtre

Couleur des glochides sur cladode	: Jaune
Couleur des aréoles	: Jaune
Couleur principale des épines	: Jaune
Port de l'aiguillon central	: Erigé
Courbure de l'aiguillon central (sauf la base)	: Absente
Aiguillon central torsion	: Absente

6.3.4.2.3 Fleurs

Nombre moyen de fleurs par raquette	: 6.50
Longueur moyenne	: 9.35 cm
Nombre moyen des lobes du stigmate	: 6
Couleur du périanthe	: Jaune
Couleur du style	: Verte
Couleur du lobe du stigmate	: Blanche
Epoque du début de floraison	: Début Juin 01 juin

6.3.4.2.4 Fruits

Epoque du début de maturation des fruits	: Fin Septembre (25 Septembre)
Longueur moyenne (L)	: 4.94 cm
Largeur moyenne (l)	: 2.55 cm
Epaisseur moyenne (E)	: 2.47 cm
Diamètre maximum moyenne (Dg)	: 3.14 cm
Sphéricité moyenne (\emptyset)	: 0.63
Surface de la peau moyenne (S)	: 30.68 cm ²
Poids moyen	: 28.20 g
Poids moyen de la pulpe	: 6.75 g
Poids moyen de la peau	: 19.90 g
Poids moyen de la pulpe en %	: 23.74 %
Poids moyen de la peau en %	: 70.73 %
Epaisseur moyenne de la peau	: 0.60 cm
Nombre moyen d'aréoles par fruit	: 20.25

Couleur des glochides sur fruit	: Jaune
Forme	: Elliptique étroite
Longueur du pédoncule	: Longue
Dépression de cicatrice du réceptacle	: Nulle ou légèrement déprimée
Couleur principale de la surface	: Rouge
Uniformité de la couleur de la surface	: Uniforme
Couleur de la chair	: Rouge foncé

6.3.4.2.5 Graine

Poids moyen des graines par fruit	: 1.55 g
Poids moyen des graines par fruit en %	: 5.53 %
Diamètre moyen	: 4.76 mm
Poids moyen de mille graines (PMG)	: 33.43 g
Nombre moyen de graine par fruit	: 91.00
Nombre moyen de graines complètement développées par fruit	: 90
Nombre moyen de graines avortées par fruit	: 1



Aspect général



Cladode



Fleur



Fruit



Fruit intact sur pied



Graine

Figure 6.7 : *Opuntia engelmannii* var. *longuiformis* provenance de Mesrane, wilaya de Djelfa.

6.3.5 *Opuntia robusta* var. *robusta* provenance de Mesrane

6.3.5.1 Systématique

Famille	:	<i>Cactaceae</i>
Sous famille	:	<i>Opuntioideae</i>
Tribu	:	<i>Opuntieae</i>
Genre	:	<i>Opuntia</i>
Sous genre	:	<i>Platyopuntia</i>
Espèce	:	<i>Opuntia robusta</i> var. <i>robusta</i>
Origine	:	Mexique central
Age de plantation	:	21 ans

6.3.5.2 Description et Morphologie

6.3.5.2.1 Plante

Port	:	Dressé
Hauteur moyenne des pieds	:	152.25 cm

6.3.5.2.2 Cladode

Longueur moyenne	:	29 cm
Largeur moyenne	:	28.90 cm
Epaisseur moyenne	:	1.38 cm
Rapport longueur/ largeur moyen	:	1.05
Nombre des spirales d'aréole	:	6
Nombre d'épines par aréole	:	1.75
Longueur de l'épine la plus longue	:	2.5 cm
Nombre de couleur d'épine	:	2
Forme	:	Circulaire
Couleur	:	Verte bleuâtre
Couleur des glochides sur cladode	:	Jaune

Couleur des aréoles	: Noire
Couleur principale des épines	: Blanche
Port de l'aiguillon central	: Erigé
Courbure de l'aiguillon central (sauf la base)	: Absente
Aiguillon central torsion	: Absente

6.3.5.2.3 Fleurs

Nombre moyen de fleurs par raquette	: 2.50
Longueur moyenne	: 7.52 cm
Nombre moyen des lobes du stigmate	: 9
Couleur du périanthe	: Jaune verdâtre
Couleur du style	: Blanche
Couleur du lobe du stigmate	: Jaune
Epoque du début de floraison	: 14 Mai

6.3.5.2.4 Fruits

Epoque du début de maturation des fruits	: Août (10 Août)
Longueur moyenne (L)	: 5.04 cm
Largeur moyenne (l)	: 6.33 cm
Epaisseur moyenne (E)	: 5.41 cm
Diamètre maximum moyen (Dg)	: 5.57 cm
Sphéricité moyenne (\emptyset)	: 1.10
Surface de la peau moyenne (S)	: 97.32 cm ²
Poids moyen	: 138.17 g
Poids moyen de la pulpe	: 68.52 g
Poids moyen de la peau	: 46.51 g
Poids moyen de la pulpe en %	: 49.47 %
Poids moyen de la peau en %	: 46.79 %
Epaisseur moyenne de la peau	: 0.60 cm
Nombre moyen d'aréoles par fruit	: 24.75
Couleur des glochides sur fruit	: Jaune

Forme	: Aplati
Longueur du pédoncule	: Courte
Dépression de cicatrice du réceptacle	: Fortement déprimée
Couleur principale de la surface	: Rouge
Uniformité de la couleur de la surface	: Uniforme
Couleur de la chair	: Violette

6.3.5.2.5 Graine

Poids moyen des graines par fruit	: 18.65 g
Poids moyen des graines par fruit en %	: 3.75 %
Diamètre moyen	: 4.39 mm
Poids moyen des mille graines (PMG)	: 16.28 g
Nombre moyen de graine par fruit	: 389.00
Nombre moyen de graines complètement développées par fruit	: 315.25
Nombre moyen de graines avortées par fruit	: 37.75



Aspect général



Cladode



Fleur



Fruit



Fruit intact sur pied



Graine

Figure 6.8 : *Opuntia robusta* var. *robusta* provenance de Mesrane, wilaya de Djelfa.

6.3.6 *Opuntia scheerii* Web provenance de Mesrane

6.3.6.1 Systématique

Famille	:	<i>Cactaceae</i>
Sous famille	:	<i>Opuntioideae</i>
Tribu	:	<i>Opuntieae</i>
Genre	:	<i>Opuntia</i>
Sous genre	:	<i>Platyopuntia</i>
Espèce	:	<i>Opuntia scheerii</i> Web
Origine	:	Mexique
Age de plantation	:	21 ans

6.3.6.2 Description et Morphologie

6.3.6.2.1 Plante

Port	:	Décombant
Hauteur moyenne des pieds	:	85.00 cm

6.3.6.2.2 Cladode

Longueur moyenne	:	22.8 cm
Largeur moyenne	:	17.60 cm
Epaisseur moyenne	:	0.91 cm
Rapport longueur/ largeur moyen	:	1.29
Nombre des spirales d'aréole	:	10
Nombre d'épines par aréole	:	3
Longueur de l'épine la plus longue	:	1.5 cm
Nombre de couleur d'épine	:	1
Forme	:	Obovale large
Couleur	:	Verte jaunâtre
Couleur des glochides sur cladode	:	Jaune

Couleur des aréoles	: Grise
Couleur principale des épines	: Jaune
Port de l'aiguillon central	: Demi-érigé
Courbure de l'aiguillon central (sauf la base)	: Absente
Aiguillon central torsion	: Absente

6.3.6.2.3 Fleurs

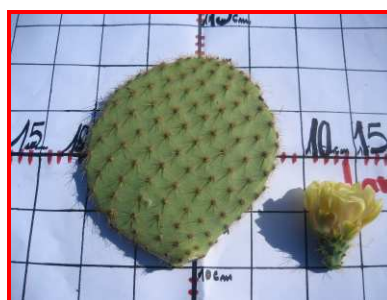
Nombre moyen de fleurs par raquette	: 6.50
Longueur moyenne	: 7.40 cm
Nombre moyen des lobes du stigmate	: 7
Couleur du périanthe	: Jaune
Couleur du style	: Rose
Couleur du lobe du stigmate	: Verte
Epoque du début de floraison	: 22 Mai

6.3.6.2.4 Fruits

Le fruit a un aspect chétif de petite taille et ne contient ni pulpe ni graine.



Aspect général



Cladode



Fleur



Fruit

Figure 6.9 : *Opuntia scheerii* Web provenance de Mesrane, wilaya de Djelfa.

6.4 Perspectives d'améliorations

Le genre *Opuntia* prend de plus en plus d'importance car en plus de son rôle écologique pour la valorisation des terres incultes et la préservation des écosystèmes fragiles (aride et semi-arides), il peut être utilisé comme culture fourragère, fruitière et industrielle. Dans le but d'exploiter les potentialités que présente ce genre, des nombreux objectifs sont pris en considération tels que :

- l'amélioration des productions des Nopalitos en quantité et qualité,
- l'amélioration des productions fourragères équilibrées du point de vue nutritif (riche en protéines),
- l'amélioration de la production en fleur, ce qui influe positivement sur l'apiculture,
- la production des Nopalitos et fruits à des fins agroindustrielles,
- la production des fruits avec moins des glochides,
- la production des fruits avec un pourcentage de poids de la pulpe plus grand que celle de la peau et des graines, destinées à la consommation humaine,
- l'obtention des fruits avec plus de graines destinées à la production des semences utilisées dans le secteur d'amélioration des productions végétales,
- l'obtention des formes curieuses, des cladodes et des fleurs de couleur variables à des fins ornementales et décoratives,
- l'obtention des formes résistantes aux différents aléas climatiques, maladies et parasites.

Une très grande variabilité génétique existe au sein d'*Opuntia* en Algérie. Cette variabilité peut facilement être exploitée par un programme de sélection. Le cactus pourrait ainsi être considéré comme une richesse économique supplémentaire qu'il faut exploiter pour améliorer le revenu des agriculteurs. Cependant le choix du type de plants (idéotype) adapté à chaque situation et type de culture serait à notre sens la première préoccupation. En effet ce choix différera selon les utilisations; l'alimentation de bétail, la lutte contre l'érosion, la

désertification, la fixation des dunes, l'alimentation humaine en produits frais ou transformés, l'industrialisation, etc.

En effet, la réalisation de ces objectifs nécessite l'identification puis la classification et ensuite l'incorporation de cette richesse génétique dans les programmes d'amélioration, afin d'exploiter les potentialités génétiques de chaque espèce. Cette exploitation, peut se faire par des techniques anciennes comme l'hybridation, le greffage, comme elle peut être faite par des techniques modernes tels que la culture *in vitro*. Cette dernière constitue un moyen indispensable à la conservation des ressources phylogénétiques et à l'amélioration génétique. Il est donc indispensable de rester compétitifs et de ne prendre aucun retard dans ce domaine.

CONCLUSION

Le présent travail consiste à inventorier les différentes espèces du genre *Opuntia*, sous genre *Platyopuntia* existant au niveau des zones arides et semi-arides (steppes du sud algérois et du sud constantinois), afin de valoriser la richesse génétique de ce genre, dans le domaine d'amélioration des plantes par des programmes de sélection et d'hybridation en vue d'améliorer la potentialité technologique et agronomique de ces espèces telle que la résistance au froid la productivité de point de vue fourragère et fruitière avec un minimum de graines. En effet, nous remarquons une très grande variabilité génétique au sein de l'*Opuntia*.

Les résultats obtenus nous ont permis de faire ressortir les observations suivantes :

- L'analyse des paramètres qualitatifs et quantitatifs nous a permis de distinguer cinq espèces, avec une très grande différence au niveau de tous les paramètres examinées : des pieds, des cladodes, des fleurs, des fruits et des graines.
- Nous distinguons cinq espèces phénotypiquement différentes ; il s'agit de l'*Opuntia ficus indica* Mill, l'*Opuntia streptacantha* Lem, l'*Opuntia engelmannii* Var *longuiformis*, l'*Opuntia robusta* var *robusta*, l'*Opuntia scheerii* web.
- Chez l'*Opuntia ficus indica* Mill, nous distinguons deux formes différentes, il s'agit de l'*Opuntia ficus indica* Mill .f. *amyaclea* weber et l'*Opuntia ficus indica* Mill .f. *inermis* weber. Cette dernière est caractérisée par des cladodes inermes, ce qui permet à cette dernière de constituer une source fourragère très importante dans la région de Hodna (M'sila) comparativement à la variété *amyaclea*, qui est épineuse. Ainsi, nous avons enregistré quelques différences au niveau de la taille du pied, de la productivité et de la qualité des fruits.

Les différentes provenances de même espèce et de même forme, ne présentent pas une différence qualitative. La différence se trouve au niveau des paramètres biométriques ; influencés soit par l'âge et le mode de plantation, l'exposition au soleil ; soit par les conditions édapho-climatiques.

Le port du pied varie de décombant pour l'*O. scheerii* a dressé pour les autres espèces.

La taille et la vigueur du pied varient d'une espèce à autre, ce paramètre est lié aux conditions édapho-climatiques, les conditions culturales, l'âge des espèces et la structure génétiques de chaque espèce.

Au niveau des cladodes, nous avons enregistré une grande variabilité, concernant la forme, la couleur, la taille et le nombre des épines.

Concernant les fleurs, nous avons enregistré une variabilité au niveau de la couleur du périanthe, du stigmate et du style d'une part et d'autre part au niveau de la taille et du nombre de lobes de stigmate.

Les fruits montrent une grande variabilité entre les espèces examinées au niveau des paramètres morphologiques et biométriques telles que : les dimensions, la taille, la densité des aréoles, le pourcentage de la pulpe et le pourcentage de la peau, la forme, la couleur de la surface et la couleur de la chair.

De plus, les résultats obtenus montrent que les graines viables présentent une différence importante au niveau des paramètres quantitatifs.

Lorsque cette variabilité constitue un réservoir de richesse génétique très important pour le domaine d'amélioration des plantes, il serait important pour l'avenir de compléter ce travail par la classification et l'identification des espèces restantes et confirmer ces résultats par le biais de génie génétique, faire des

collections des espèces identifiées et souligner des programmes de multiplication des espèces suivantes : *Opuntia streptacantha* Lem, *Opuntia engelmannii* Var *longuiformis*, *Opuntia robusta* var *robusta*, *Opuntia scheerii* web, qui sont en voie de régression.

REFERENCES

1. Kaanane. A «Techniques de valorisation des figues de barbarie», Dossier : Le Cactus (l'Opuntia à fruit Comestible) appelé communément Figuier de Barbarie. Deuxième journée nationale sur la culture des cactus. El kelaa des Sraghna Maroc, 30 Mai 2000, pp 13 -15.
2. Correale. G «Arbustes fourragers, leurs rôles pour le développement et la conservation environnementale des zones arides et semis arides méditerranéennes», Rapport 28 Septembre - 9 Octobre IGA, Méditerranéennes des Sarages, 1998.
3. Kenny. L «Le Figuier de barbarie Importance économique et conduite technique», Bulletin réalisé à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Programme National de Transfert de Technologie en Agriculture (PNTTA), BTT n°35. Rabat Maroc, 1998.
4. HCDS. Document de l'HCDS de Tébessa. Redjel, N., «La promotion de la culture de l'Opuntia», Document du Haut Commissariat au Développement de la Steppe. Commissariat régional de Tébessa, 1998.
5. HCDS. «La situation actuelle des parcours», Document de l'HCDS de Djelfa, 2005.
6. Le petit Larousse illustré. Larousse. 2007. p.1811
7. Schweizer. M «Docteur NOPAL le médecin du Bon Dieu», APB, ed.3^e trimestre, France, 1997, p.81
8. Fournier. P «Les cactées et les plantes grasses», ed. 2eme edition, PAUL LECHEVALIER, Paris, 1954, p.305+Atlas p.108
9. Monjauze. A et Le Houérou. HN, «Le rôle de l'Opuntia dans l'économie Agricole Nord-africaine», Extrait du Bulletin de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture de Tunisie. N°8 - 9 Septembre-December, 1965, pp 85 -164.
10. Araba. A, El Aich. A et Sarti. B, «Valorisation du figuier de Barbarie en élevage», Bulletin Mensuelle d'Information et de Liaison du PNTT N° 68, 2000, pp 1 - 4.
11. Kadik. B «Les plantations semi forestières pastorales», Revue INRA, (Nov. 1974), Alger, pp 83 - 92.

12. Maataoui Belabbes. S et Hilali. S, «Caractérisation physico-chimique de jus de deux types de fruits de figuier de barbarie (*Opuntia ficus-indica*) de la région de la Chaouia», Congrès de Biochimie. Casablanca, N°166, 9,10 et 11 Mai 2002, pp 6 - 12.
13. Anaya-Pérez. M.A «History of the use of *Opuntia* as forage in Mexico», In: Mondragon. J et Perez. G.S, (Eds.), *Cactus (Opuntia spp.) as storage*. Rome Italy, FAO, 2001, pp 5 -12.
14. Le Houérou. H.N «The rôle of cacti (*Opuntia Sp.*) in Erosion control, land reclamation, réhabilitation and agricultural development in the Mediterranean Basin», *Journal of arid environements*, 33, 1996, pp 135 - 159.
15. Anderson. E.F «The cactus family», Timber Press, Portland, Oregon, USA, 2001, p.776
16. Casas. A et Barbera. G, «Mesoamerican domestication and diffusion», In: Nobel, P. S., ed, *Cacti: biology and uses*, University of California, Berkeley, California, USA, 2002, pp 143 -162
17. Khouri. M.S «Opuntias, bilan écologique en Algérie», INRA et CAREF, Janv. 1970, p.59
18. Barbera. G «History, Economic and Agro-ecological importance», In: Barbera. G, inglese. P, Pimienta. B.E, Arias. J.E. de J. (eds.), *Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear*, F.A.O., plant production and production paper 132, Rome Italy, 1995, pp 1 - 11.
19. Rose. J.N «Cactacea», Carnegie Inst of Washington pbt N°248, 1958.
20. Mirza. S.N «Fodder shrubs and trees in Pakistan», In: Gintzburger. G, Bounejmate. M et Nefzaoui. A, (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, Hammamet, Tunisia. ICARDA, Aleppo (Syria). Vol. I: 27 October - 2 November 1996, pp 153 - 177.
21. Boujghagh. M et Chajja. L, «le cactus : outil de gestion de la sécheresse dans le sud marocain», *terre et vie*, N° :52,44, Rabat Maroc, Novembre/ Décembre 2001, p.7. [http://www. Terre et vie.ov.h.org](http://www.Terre-et-vie.ov.h.org).
22. Tegegne. F «In vivo Assesement of the Nutritive Value of Cactus Pear as a Ruminant Feed», 323 - 328. In: Néfzaoui. A et Inglese. P, "Proceedings of the Fourth International Congress on Cactus Pearand Cochineal», *Acta Horticulturae*, Novembre 581, Hammamet, Tunisia 22 - 28 Octobre 2000, p.352

23. Abay. F «Gestion par les agriculteurs d'une plante cultivée pour lutter contre la faim en Ethiopie du Nord», Conservation et utilisation durable de la biodiversité agricole (Guide de référence). Rome Italie, 14, 2005, pp 117 - 122.
24. Walali. L «Bultten de liaison du Programme National de transfert de technologie (PNTTA) », Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat Maroc, N°35, 1998, pp 5 -10.
25. Bouhraoua. A «Contribution à l'étude d'un Halophyte (*Artiplex halimus*) cas du périmètre d'expérimentation d'EL-Mesrane, W. Djelfa Comportement, technologie, écophysologie», Mémoire d'Ing. Inst. d'Agro. Blida, 1989, p. 53
26. Yousfi. S «Les cactées, *Opuntia ficus indica* rapport bibliographique sur les opuntias et Bilan de quelques études en Algérie», INRA, Algérie, Octobre 2000, p.17
27. Brouri. L «L'*Opuntia ficus indica* dans les zones steppiques Algériennes», Séminaire sur le développement de la steppe et gestion des parcours. M'sila 5 – 7 Mai, 1997.
28. Arba. M, Cherif. B.M et Mokhtari. M, «The cactus pear (*Opuntia spp.*) in Morocco: Main species and cultivar characterisation», *Acta Hort. (ISHS)* 581, 2002, pp 103 - 109.<http://www.actahort.org>
29. Habibi. Y «Contribution à l'étude morphologique, ultra structurale et chimique de la figue de barbarie les polysaccharides pariétaux : caractérisation et modification chimique», Thèse de doctorat en chimie organique de l'université Joseph Fourier et de l'université Cadi Ayyad, Mai 2004, p.237
30. Pimienta. B.E «El nopal tunero», Edizioni dell'Università di Guadalajara, Mexico: 1990, p.246
31. Britton. N.L et Rose. J.N, «The *Cactaceae* », Dover Publications, Inc., New York: 1963, p.241
32. Crête. P «Système des angiospermes», Précis de botanique. Tome II; 2^{ème} édition, 1965, pp 267 - 270.
33. Langkawi. M «Convention sur les commerce international des espèces de fausse et de flore sauvages menacees d'extinction», Onzième session du comité pour les plantes, Proposition relatives à des espèces à soumettre à la CdP12, Annexe1. Examen des propositions d'aménagement des annexes I et II de la convention, PC11 Doc.10 1.1, 2001, p.22
34. Reynolds. G.S et Arias. E, «Introduction», In : C. Mondragón-Jacobo and S. Pérez-González, pp.1-4. Cactus (*Opuntia spp.*) as forage. FAO Plant production and protection paper 169. 2001, p.146

35. Mahmoudi. F «Détermination de la composition chimique et mesure de la digestibilité des raquettes terminales et sub-terminales de l'Opuntia ficus-indica dans l'alimentation des ruminants», Thèse. Ing. Inst. d'Agro. Mostaganem. Dépt. Zootechnie 2000, p.65
36. Pimienta. B.E et Munoz. U.A, «Domestication of *Opuntia* and cultivated varieties», In: Barbera. G, Inglese. P, Pimienta. B.E, Arias. J.E.De.J, (eds.), «Agro-écologie, cultivation and uses of cactus pear», FAO., plant production and production paper132, Rome Italy, 1995, pp 58 - 63.
37. Mondragón. J.C et Pérez. G.S, «Germplasm resources and breeding opuntia for fodder production», In : Mondragón. J.C, Pérez. G.S, Arias. E, Reynolds. S.G et Sánchez. M.D, (eds.), "Cactus (*Opuntia spp.*) as forage", F.A.O. plant production and protection paper 169, Rome Italy, 2001, pp 21 - 28.
38. Nieddu. G, Satta. Dm Depau. L, Pala. M et Chessa. I, «Description and identification of cactus pear variety as fruit corps», In: IV Internationa Congress of Cactus and IV thmeeting on cactus net FAO, Hammamet , Tunisie, Octobre 2000, p.2
39. Sudzuki. H.F «Anatomy and morphology», In: Barbera. G, Inglese. P et Pimienta. B.E, (eds.). Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear. FAO. Rome Italy, 1995, pp 28 - 35.
40. Aguilar. B.G et Chavez. F.S, «Frutos partenocarpicos de nopal (*Opuntia amyclae* mediante la induccion de esterilidad masculina», In: Pimienta. B.E, Neri. L.C, Munoz. U.A et Huerta. M.F.M, (Eds.), Memoria del VI Congreso Nacional y IV Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, 1995, pp 136 - 138.
41. Kerstupp. S.F, Scheinvat. L, Bottler. R, Peter Amador. M.C, Conzalez. C, Migalgomontano. M et Tuarez-Tapia. J, «Ethnobotany of Opuntia in three locations of Alto-Mezquital de Hidalgo, Mexico», In: IVth International Congress on Cactus and Cochineal and IVth meeting of cactus net FAO, Octobre 2000 Hammamet, Tunisie, 2000, p.23
42. Tous. J et Ferguson. L, «Mediterranean fruits In: Janick J.(ed.) progress in new crops», ASHS press, Arlington VA., (1996), 416-430. <http://www.hort.purdue>
43. Dos Santos. D.C et de Albuquerque. S.G, «Fodder use in the semi arid northeast of Brazil», In: C. Mondragón. J et Perez. G.S, (ed.) «Cactus (*Opuntia spp.*) as forage». FAO plant production and protection paper 169, FAO, Rome Italy, 2001, pp 37 - 49.
44. Spencer. J.L «A cytological study of the *Cactaceae* of Puerto Rico»,

Botanical Gazette, 117, 1955, pp 33 - 37.

45. Weedin. J. F et Powell. A. M, «Chromosome numbers in Chihuahuan desert *Cactaceae*», Trans. Pecos Texas. Amer. Journ. Bot., 65, 1978, pp 531 - 537.
46. Mazzola. P, Romano. S et Fici. S, «Contributo alla conoscenza del genero *Opuntia* Miller. I. Dati cariologici distributive delle specie spontaneizzate e coltivate in Sicilia», Naturalista Sicil. IV, XII 3-4, 1988, pp 159 - 168.
47. Rebmenm. J.P et Pinkava. D.J, «*Opuntia* cacti of North America – an overview Cactus d'*Opuntia* de l'Amérique du Nord», Floride Entomologiste 84 (4), Décembre-2001, pp 474 - 483.
48. Kartez. R «Nature», Le livre de Paris Hachette imprimé en Italie par G. Gana, 1996.
49. Nefzaoui. A et Ben Salem. H, «Cacti: efficient tool for rangeland rehabilitation, drought mitigation and to combat desertification», Proceedings of the fourth international congress on Cactus pear and Cochineal. Acta Horticulturae, 581.Hamamet, Tunisia, 22-28 October 2000.
50. Nobel. P.S et Lee. CH, «Variations on root water potentials, influence of environmental factors for two succulent species», Annals of botany. London. 67 6, 1991, pp 549 - 554.
51. Kenny. L «Importance et conduite technique», Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Agadir, 2002, p.6
52. Dubrovsky. G.J et North. B.G, «Root structure and function" In: Nobel. P. S, (ed.), Cacti biology and uses», University of California, 2002, pp 41 - 56.
53. Pimienta. B.E, Gonzales del Castillo, A. M. E., et Nobel, S. P., «Ecophysiology of wild platyopuntia exposed to prolonged drought», Environmental and Experimental Botany, 47, 2002, pp 77 - 86.
54. Bossard. R «Floriculture», N°3, ed. 4^{ème} édition entièrement revue, Collection d'Enseignement Horticole., Paris, 1978, pp 269 - 270.
55. Mauseth. J.D «Introduction to cactus anatomy part 7, epidermis», Cactus and succulent journal. US 56, 1984, pp 33 - 37.
56. Gibson. A.C et Nobel. P.S, «Gas exchange and crassulacean acide metabolism in The Cactus Primer», Harvard Univ. Press. Cambridge, mass.1986b.
57. Benson. L «The cacti of the United States and Canada», Stanford Univ. Press. California, 1982, pp 10 - 44.

58. Gibson. A.C, Nobel. P.S, «Areoles and spines», In: The Cactus Primer. Harvard Univ. Press. Cambridge Mass. 1986a.
59. Evêque, V. D., «Optimisation of tissues cultures for Opuntias», thesis, University of Texas. Mai, 1995. <http://www.Lawrence.edu>
60. Wessels. A.B et Swart. E, «Morphogenesis of the productive bud and fruit of the prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) », International symposium on culture of sub-tropical and tropical fruits and crops. Nelspruit. In Acta horticultural technical communication of ISHS, Wageningen. 6 - 9 Nov 1989.
61. Boiteau. P «Cours de Botanique). La carotte-Ombellifères : Myrtacées, Mélastomacées, Cactacées», (8^{ème} TYPE). In: le Rouge Botanique et Madagascar. Copyright Association le Rouge, 28 Septembre, 2006. <http://www.ilerouge.org>
62. Reyes-Aguiero. J.A, Aguirre. R.J.R et Valiente-Banueta. A, «Reproductive biology of *Opuntia* A review», In: Journal of Arid Environments 64, 2006, pp 549 - 585.
63. Rebours. H «Fruits méditerranéens autres que les agrumes», Maison rustique. Paris, 1968, p.207
64. Inglese. P, Barbera. G et Carimi. F, «The effect of different amount of cladodes removal on reowering of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* (L) Miller) », Journal of Horticulture Science 69, 1994, pp 61 - 65.
65. Barbera. G, Carimi. F et Inglese. P, «Past and present rôle of the Indian-fig prickly-pear (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, Cactaceae) », In: The agriculture of Sicily. Economic Botany 46, 1992, pp 10 - 20.
66. Glouib. M, Maataoui-Belabbes. S et Hilali. S, « Evolution de la composition physico-chimique au cours de la maturité des fruits du figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica*) ». Le Premier Congrès National sur l'Amélioration de Production Agricole Recueil des Résumés. Settat 16 - 17 Mars 2006, p.73
67. Nerd. A et Mizrahi. Y, «Reproductive biology», In: Barbera. G, Inglese. P, Pimienta. B.E et Arias. J.E, de J., (Eds.), "Agro-ecology, Cultivation and Uses of Cactus Pear". FAO, Rome Italy, 1995, pp 49 – 58.
68. Barbera. G, Carimi. F et Inglese. P, «The reowering of prickly pear *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, influence of removal time and cladode load on yield and fruit ripening», Advances in: Horticulture Science 5, 1991, pp 77 - 80.
69. Reyes-Aguero. J.A, Aguirre. R.J.R et Carlin-Catelan. F, «Análisis de la

variacion morfologica de 38 variantes mexicanas d'*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller», In: Esparza. F.G, Valdez. C.R.D et Mendez. G.S.J, (Eds.), El nopal, topicos de actualidad. Universidad Autonoma Chapingo, Chapingo, Mexico, 2004, pp 21 - 47.

70. Bowers. J.E «The effect of drought on Engelmann prickly pear (Cactaceae: *Opuntia engelmannii* fruit and seed production», Southwestern Naturalist 42, 1997b, pp 240 - 242.
71. Baldini. E, Albergina. O, Bargioni. G, Cobianchi, D., Iannini B., Tribulato E., et Zocca, A., «Analisi energetiche di alcune colture arboree da frutto», Rivista di Ingegneria Agraria, 13(2), 1982, pp 73 - 201.
72. Barbera. G «Il Ficodindia», In: A. A.V.V., Frutticoltura Speciale. REDA, Roma, 1991a, pp 680 - 683.
73. Martinez. B.A.E et Villa. A.B.S, «Plantaciones de nopal para el desarrollo sostenible de areas degradadas en la region central de Mexico», Atti del 4° Congreso Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Guadajara, Mexico, 6 - 10 Noviembre 1995, pp 72 - 73.
74. Villax. EJ «La culture des plantes fourragères dans les régions méditerranéennes occidentales», Cahiers de la recherche agronomique INRA. Maroc publication, 1963, pp 589 – 590.
75. Walali. L «Quelques espèces fruitières d'interet secondaire cultivées au Maroc», In: Ayer. G, Aksoy. U et Mars. M, (eds), «culture sous utilisées dans la région méditerranéenne», Zaragoza, CIHEAM-IAMZ (Cahier option mediterraneene, 4. 13), first meeting of the CIHEAM cooperative working group on underutilized fruit crops in the mediterranean region , Zarrogoza Spain, 1995, pp 47 - 62.
76. Barbera. G, Carimi. F, Inglese. P, «Influenza dell'epoca d'impianto et del tipo di talea sulla radicazione et sullo sviluppo di barbatelle di *Opuntia ficus-indica* Mill», Frutticoltura, 55 (10), 1993, pp 67 - 71.
77. Bonifacio. G «Il Fico d'India: una pianta preziosa per le regioni meridionali», Frutticoltura, 23, 1961, pp 49 - 55.
78. Ouadah. Y «Contribution à l'étude des principales espèces d'intérêt fourrager des régions semi-arides et arides d'Algérie. Application à quelques espèces», mémoire d'ingénieur d'agronomie, INA, El Harrach Alger, 1982, p.67
79. Bouya. D «S3 SVI Biologie Végétale Cormophytes (Végétaux Supérieurs) Morphologie, Anatomie, Reproduction, Adaptations», 2006, p.76
80. Leclerc. JC «Ecophysiologie végétale», Publication de l'université de Saint- Etienne, 1999, p. 277

81. Juárez. M.C et Pässeea. C.B, «Propagation in vitro d'ellisiana Griff. Et acclimatation d'*Opuntia* aux états de champ», Biocell-ISSN0327-9545 version nimpresa, Biocell v.26 N°3 Mendoza Argentine, 2002, p.10
82. Mulas. M et Mulas. G, «Potentialités d'utilisation stratégique des plants des genres *Atriplex* et *Opuntia* dans la lutte contre la désertification», Short and medium-term priority environmental action programme (SMAP), Université des études de Sassari, groupe de la recherche sur la désertification Italie, Fev 2004, p.112
83. Graham. V «Growing succulent plants, including cacti», Timber. Press. Portland. Oregon ; U.S.A, N°16, 1987, pp 87 - 94.
84. Muratalla. L.A, Barrientos. P.F et Rodriguez. A.J, «Germinacion y viabilidad de semilla de nopal *Opuntia amyclaea* t. (V.5) y *O. ficus – indica* (V.1) y (F.1) », In : Memorias de la IV Reunion nacional y II congreso internacional sobre el conocimiento y aprovechamiento del nopal. Zacatecas, Mexico, 1990, p.169
85. Sanchez. V.G «Germination, Viabilidad y características distintivas la semilla d'*Opuntia joconostle weber* forma cuarosmeno», In : Memoria de resúmenes del 50 Congreso Nacional y 30 Internacional sobre el conocimiento y aprovechamiento, Univ.Auto.Agr.Antonio narro, saltillo, Mexico, N° 10, 1992, pp 303 - 309.
86. Perez. R.C «Viabilidad de semillas y poliembrionia en morfoespecies cultivadas y silvestres de nopal tunero (*Opuntia* spp) », Tesis Profesional Universidad Guadalajara, Mexico, 1993, p.255
87. Potter, R. L., Petersen, J. L. et Ueckert, D. N., «Germination responses of *Opuntia* spp, to température, scarification, and other seed treatments», Weed science, N° 32, 1984, pp 106 - 110.
88. Beltran. P.M «Evaluacion del potencial germinativo en el laboratorio de cinco especies d'*Opuntia* de los estados de San Luis Potosi y Zacatecas», Bachelor thesis. Mexico, Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo, Morelia, 1984, p.49
89. Mondragón. J.C et Pimienta. B.E, «Propagation», In : Barbera. G, inglese. P, Pimienta. B.E et Arias. J.E. de J, (eds.), Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear, F.A.O., plant production and production paper 132, Rome Italy, 1995, pp 64 - 71.
90. Nava. C.R, Lopez. J.J et Gasto. J, «Dinamica poblacional del ecosistema natural d'*Opuntia streptacantha* Lemaire», Monografia Tecnico-Cientifica.Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro, N° 7, 14981, pp 219 - 271.
91. Kupper. W et Roshardt. P, «Cacti. Thomas Nelson and Sons», New

Yourk, 1960.

92. Marchall. W et Bock. T.M, «Cactaceae, Sakonnet», Theophrastus publishers. Pasedna. CA, 1977.
93. Portolano. N, «Innesto ed evoluzione funzionale del tessuto parenchimatico delle cactee», Italia agricola 107, 1970, pp 895 - 900.
94. Villalobos. V, «Tissue culture application for *Opuntia sp. Pl.* Micropropagation», In: Barbera. G, inglese. P, Pimienta. B.E, Arias. J.E. de J, (eds.), Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear", F.A.O., plant production and production paper 132, Rome Italy, 1995, pp 71 - 77.
95. Escobar. A, Villalobos. V et Villegas. M, «Opuntia micropropagation by axillary proliferation plant Cell and Organ Culture», N°7, 1986, pp 269 - 277.
96. Santacruz. R.F, Gutiérrez. M.A et Rodríguez. G.B, «Somatic embryogenesis in some cactus and agave species», JPACD 3, 1998, pp 15 - 26.
97. Inglese. P, «Orchard planting and management», In: Barbera. G.P Inglese et Pimienta. E.B, (eds.). Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear. FAO.Rome Italy, 1995, pp 78 - 91.
98. Bourbouze, A., et Donadieu, R, «L'élevage sur parcours en régions méditerranéennes», CIHEAM/IAM, Montpellier, 1987, 104 p.
99. Gonzales. C.L «Potential of fertilization to improve nutritive value of prickly pear cactus (*Opuntia lindheimeri* Engelm.) », Journal of Arid Environments, 16, 1989, pp 87 - 94.
100. Bonne. M.P, «Grassland and fodder, development in north east Brazi», FAO. EPTA, rapport N° 2000, Rome, 1965, p.47
101. Granata. G, «Biotic and abiotic diseases», In: Barbera. G, inglese. P, Pimienta. B.E et Arias. J.E. de J, (eds.), «Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear», F.A.O., plant production and production paper 132, Rome Italy, 1995, pp109 - 119.
102. Poupon. J.E, «Cactus et ressources fourragères», Note technique N° 2. Projet PNUD/FAO MOR/73/016, Amélioration et aménagement des parcours forestiers. Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire - Maroc. 1975, p.12
103. Felker. P, «Forage and fodder production and utilisation», In: Barbera. G, Inglese. P, Pimienta. B.E et Arias. J.E. de J, (eds.), Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear, FAO, plant production and production paper 132, Rome Italy, 1995, pp 144 - 154.
104. Barringer. S, Yassen. M.Y et Split stoessers. W.E, «A note on the uses

- of *Opuntia* sp», Incentral/ north America. Journal of aride environnements, 1996, pp 347 - 353.
105. Chriyaa. A, Mazhar. M et Aria. A, «Cactus pear protects soil and livestock in the Rhamna region», In : IVth International Congress on Cactus and Cochineal and IVth meeting of Cactus Net. FAO. October 2000. Hammamet, Tunisie, 2000, p.8
 106. I.F.A.D. «*Opuntia* spp. Efficient Tool to Combat Desertification», Agricultural Technologies for Rural Poverty Alleviation. Technical Advisory Notes. Prepared by the Mashreq/Maghreb Project, Rome Italy, 2000a, pp 1 - 3.
 107. Elahoul. A, Yekhlef. N et Ouled Kouider. A, «Caractérisation de l'*Opuntia ficus-indica* en vue d'une utilisation et valorisation alimentaire», Mémoire d'Ing. Dprt. de Biologie. Blida, 2004, p.69
 108. Beloued. A.B.D, «Plantes médicinales d'Algérie», OPU. Ben-Aknoun Alger, 2001, p. 277
 109. Badillo. J, «Elaboración de una jalea de nopal», Tesis profesional, Universidad Autónoma de Puebla, México, 1987.
 110. Nefzaouie. A, «Utilisation médicinales et cosmétiques des cladodes, des fleurs et des fruits de cactus», Programme régional d' ICARDA Afrique du Nord, Tunisie, SIPAM, 2006 c.
 111. Nobel. P.S, «Environmental biology», In: Barbera. G, inglese. P, Pimienta. B.E et Arias. J.E. de J, (eds.), «Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear», F.A.O., plant production and production paper 132, Rome (Italy), 1995, pp 36 - 49.
 112. Monte. F.D, «Recherches sur la stabilité et l'emploi des pigments des ficus Indica», Millano Italie, 1990.
 113. Sawaya. W.N, Khalil. K.L et Al Mohamed. M.M, «Nutritive value of *Opuntia ficus indica*: Qualities, plant arum, plant foods», 1983. Ref 33, 1, 91, 97 et 24.
 114. Dupard. S, «Zones tempérées et méditerranéennes le figuier de barbarie article édition fruit oublier», France N°3, 2005, pp 16 - 18.
 115. Boulard. B, «Plantes médicinales du monde réalités et croyances», Ed. ESTEM. Paris, 2001, p.636
 116. Fleurentin. J, «Plantes médicinales». Edition : Tec et Doc, 1990.
 117. Ben Salem. H, Nefzaoui. A, Abdouli. H et Orskov. E.R, «Effect of increasing level of spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* var. *inermis*) on intake and digestion by sheep given straw-based diets», Animal Science,

62, 1996, pp 293 - 299.

118. Nefzaoui. A, Ben Salem. H, «Spineless cactus: a strategic fodder for West Asia and North Africa arid zones», International Symposium Proceedings: «Cactus pear and nopalitos processing and uses». September 24 - 26, Santiago Chile, 1998.
119. Yasseen. Y.M, Sheryl. A, Barringer. Splittstoesser. W.E, «A note on uses of *Opuntia* spp», In Central/North America. Journal of Arid Environments, 32, 1996, pp 347 - 353.
120. Santana. O.P, «Tunas Forrajeras (*Opuntia ficus-indica* y *Nopalea cochenillifera*) en el Noroeste Brasileño: una revisión», Actas del II Congreso Internacional de Tuna y Cochinilla 22-25 Sep 1992, Santiago Chile, 1992, pp 126 -142.
121. Nefzaoui. A, Ben Salem. H, Ben Salem. L, «Ewe-lambs feeding with cactus-based diets. Effect of the type of nitrogen supplement», IV International Symposium on the nutrition of Herbivores-Satellite «Ruminant use of fodder resources in warm climate countries» Montpellier France, 7 - 9 Sept. 1995.
122. Soberon. J, Golubov. J et Sarukhán. J, «The importance of *Opuntia* in Mexico and routes of invasion and impact of *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera: Pyralidae) », Florida Entomologist 84 (4), December 2001, pp 486 - 492.
123. Le Houérou, H.N, «La situation pastorale dans le nord de l'Afrique, état d'avancement des données et des travaux in : Le développement des zones arides», C.I.H.E.A.M. (Option Méd, n°28), Paris (France), (1975b), pp 17 - 20.
124. Greco. J, «L'érosion, la défense et la restauration des sols, le reboisement en Algérie», Alger Algérie, 1966, p.393
125. Djbaïli. S, «Steppe algérienne phytosociologie et écologie», édition O.P.U., Alger, 1984, p.177
126. Djellouli. H.T.Y, «Etude climatique et bioclimatique des hauts plateaux du sud Oranais, wilaya de Saida comportements des espèces vis à vis des éléments du climat», thèse de doctorat de 3eme cycle en science biologique, option écologie végétale, Université des Science et de la Technologie Houari Boumediene, Alger, 1981, p.178
127. Halimi. H, «L'Atlas blidéen, climat et étage de végétation», O.P.U., Alger, 1980, p.523
128. Carretero. C.I, Doussinague. C et Villena. F.E, «Technicien en agriculture», édition culturelle, s.a. Tome I. Madrid - Espagne, 2003, p 281.

129. Bagnouls. F et Gausсен. H, «Saison et indice xérothermique», Doc. Cart. Prod. Vég. Serv. Gén. II, 1, art. VIII, Toulouse 1953, p. 47.
130. Kaâbeche. M, «Les groupements végétaux de la région de Boussaâda (Algérie), essai de synthèse sur la végétation steppique du Maghreb», Thèse de doctorat en sciences, Université de Paris-Sud, Centre d'Orsay. Paris, 1990, p.104
131. Soltner. D, «Les bases de la production végétale», Tom 1, le sol 16^{ème} édition. Srau Deau et cie Angers France, 1988, p.466
132. Tijani. M, «Hydromasse et biomasse des Opuntias», Dossier : Le Cactus (l'Opuntia à fruit Comestible) appelé communément Figuier de Barbarie (Actes de la deuxième journée nationale sur la culture du cactus) El Kelaa des Sraghna Maroc 30 mai 2000, pp 22 - 26
133. Lozet. J et Mathieu. C, «Dictionnaire de Science du sol », deuxième édition, 1990, Lavoisier, p. 166.
134. UPOV, «Figuier de Barbarie et Xoconostles (Opuntia, groupe 1 et 2), principes directeurs pour la conduite de l'examen de la distinction, de l'homogénéité et de la stabilité», TG/217/1, Genève, Mars 2004, p. 31.
135. Scheinvar. L, «Taxonomy of utilized Opuntias», in : Barbera. G, inglese. P, Pimienta. B.E, Arias. J.E. de J, (eds.), «Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear», F.A.O., plant production and production paper 132, Rome Italy, 1995, 20 - 27.
136. Inesse. C et Glass. Ch, «L'encyclopédie illustrée des cactus», Ed. Catrine Delpart. Paris, 1992, p. 320.
137. F.A.O, «Etudes des ressources naturelles et expérimentation et démonstration agricoles dans la région du Hodna, Algérie, amélioration des pâturages et de l'élevage», programme des nations unies pour le développement, O. N. U. pour l'alimentation et l'agriculture, Rome Italie, AGS: DP/ALG/66/509, rapport technique, 1974, p. 27.
138. Breteudeau. J, «Atlas d'arboriculture fruitière», Ed. Lavoisier, Paris 1993, p.273
139. Adli. B, «Contribution a l'étude de l'Opuntia et perspectives d'amélioration dans le milieu steppique», Mémoire de magister, Faculté des Sciences Agro-Vétérinaire, Département d'Agronomie, Université de Blida, 2007, p. 144.
140. Tafasca. A, «Le rôle de la culture du cactus, dans le développement en pays arides : le cas du sud ouest marocain», Dossier de presse 31/9. In Terre et Vie, Revue Périodique du Monde Rural et de l'Environnement, N°100, Rabat, Janvier 2007, p.6, www. terre vie. Net

141. Stephen. G, Reynolds And Enrique. A, «Plant Production and Protection Division», FAO international technical cooperation net work on cactus, issue N° 6, June 2002, pp 17-19.
142. Mondragón, J.C. et Pérez, G.S., «Native cultivars of cactus pear in Mexico in: Janick J. (ed.), progress in new crops», ASHS press, Arlington, V.A, 1996, pp 446 - 450.
143. Bowers. J.E, «More. Owers or new cladodes Environmental correlates and biological consequences of sexual reproduction in a Sonoran Desert prickly pear cactus *O. Engelmannii*», Bulletin of the Torrey Botanical Club 123, 1996 a, pp 34 - 40.
144. Barbera. G, Inglese. P et La Mantia. T, «Seed content and fruit characteristics in cactus pear (*Opuntia ficus-indica* Miller)», *Scientia Horticulturae* 58 (1994), pp. 161–165.
145. Wessels,A.B, «Spineless Prickly Pears», Perskor, Johannesburg, South Africa, 1988, p. 61.
146. Felker, P., Soulier, C., Leguizamon, G., Ochoa, J. 2002, «A comparison of the fruit parameters of 12 *Opuntia* clones grown in Argentina and the United States», *Journal of Arid Environments* 52, pp 361 - 370.
147. Wang. X, Felker. P et Paterson. A, « Environmental influences on cactus pear fruit yield,quality and cold hardiness and development of hybrids with improved cold hardiness», *Journal of the Professional Association for Cactus Development* 2, 1997, pp 48 - 59.
148. Potgieter. J.P et Mkhari. J.J, «Evaluation of cactus pear (*Opuntia* spp) germplasm for fruit production purposes», Combined Congress, 15 -17 January 2002, Pietermaritzburg, Kwazulu/Natal.
149. Barbara. K.M, « Characterization of cactus pear germplasm in South Africa», A thesis submitted in fulfilment of the requirements for the degree of Philosophiae Doctor. In the Faculty of Natural and Agricultural Sciences. Department of Plant Sciences (Plant Breeding Division). University of the Free State, May 2007 p.194

APPENDICE A

LISTE DES SYMBOLES ET DES ABREVIATIONS

CAM	: Crassulcean Acide Métabolisme
ha	: hectare
HCDS	: Haut Commissariat au Développement de la Steppes
FAO	: Food and Agriculture Organisation
WFP	: World Food Programme
DRS	: Défense et Restauration des Sol
INRF	: Institut National de la Recherche Forestière
M	: Mètre
cm	: Centimètre
g	: Gramme
mm	: millimètre
°C	: Degré Celsius
C ₃	: Métabolisme photosynthétique de type C3
PEPcase	: Phosphoénolpyruvate carboxylase
BA	: Adénine Benzylique
STS	: Sucres Totaux Solubles
t/ha	: Tonne par hectare
WANA	: Ouest Asiatique et Afrique du Nord
Ms	: Matière sèche
UF	: Unité Fourragère
Mf	: Matière fraîche
\$: Dollars U.S
ONM	: Office Nationale de Météorologie
m	: Température minima du mois le plus froid
M	: Température maxima du mois le plus chaud
APHE	: Automne, Printemps, Hiver, Eté
HAPE	: Hiver, Automne, Printemps, Eté
J	: Jour
m/s	: Mètre par seconde
Q ₂	: Quotient pluviothermique d'Emberger
P	: Précipitation totale mensuelle
T	: Température moyenne mensuelle
MO	: Matière organique
pH	: Potentiel hydrogène
CEC	: Capacité d'échange des cations
CaCo ₃	: Calcaire total
CE	: Conductivité électrique
UPOV	: Union internationale pour la Protection des Obtentions Végétales
Dg	: Diamètre maximum
Ø	: Sphéricité
S	: Surface de la peau
PMG	: Poids des mille graines
ppds	: Plus petite différence significative

APPENDICE B

ETUDE DU MILIEU

Tableau.1: Répartition des précipitations moyennes mensuelles de différentes stations météorologique de référence et les valeurs corrigées des zones d'étude (1996 - 2005).

Mois Zone	J	F	M	A	Mi	J	Jt	Ao	S	O	N	D	Cumul
Tébessa	34,7	23,0	24,7	34,1	33,4	32,2	16,0	31,0	44,3	42,8	47,9	31,2	395,3
Kissa	34,13	22,62	24,30	33,54	32,85	31,67	15,74	30,49	43,58	42,10	47,12	30,69	388,9
Doukkara	35,70	23,66	25,41	35,08	34,36	33,12	16,46	31,89	45,57	44,03	49,28	32,09	406,70
Djelfa	33,5	21,3	14,8	30,0	28,5	10,5	4,9	22,0	37,9	19,5	25,8	32,6	289,2
Mesrane	26,52	16,86	11,71	23,75	22,56	8,31	3,88	17,42	30,01	15,44	20,42	25,81	229
Zaâfrane	28,17	17,91	12,44	25,22	23,96	8,82	4,12	18,50	31,87	16,39	21,69	27,41	243,2
Choucha	27,38	17,41	12,09	24,52	23,29	8,58	4,00	17,98	30,98	15,93	21,08	26,64	236,4
M'sila	23,4	9,7	11,6	20,8	27,2	8,8	1,8	9,6	33,8	23,4	20,8	22,0	209,4
Belaiba	26,61	11,03	13,19	23,66	30,94	10,01	2,04	10,92	38,44	26,61	23,66	25,02	238,2

Source O.N.M (2007) stations météorologique de référence

Tableau. 2: Régimes saisonniers des stations de référence et des zones d'étude.

Saison Zone	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Type
Tébessa	88,9	92,2	79,2	135	APHE
Kissa	87,74	90,69	77,9	132,8	APHE
Doukkara	91,45	94,85	81,47	138,88	APHE
Djelfa	87,4	73,3	37,4	83,2	HAPE
Mesrane	69,19	58,02	29,61	65,87	HAPE
Zaâfrane	73,49	61,62	31,44	69,95	HAPE
Choucha	71,43	59,9	30,56	68,05	HAPE
M'sila	55,1	59,6	20,2	78,0	APHE
Belaiba	62,66	67,79	22,97	88,71	APHE

Tableau. 3: Répartition des valeurs de température moyennes dans les stations météorologiques de référence et les valeurs corrigées des zones d'étude (1996 - 2005).

Mois		J	F	M	A	Mi	J	Jt	Ao	S	O	N	D	Annuel
Zone														
Tébessa	m	2,2	2,2	5,2	8,1	12,8	16,5	19,3	19,3	15,8	12,2	7,0	3,6	10,8
	M	12,1	12,8	17,4	20,5	26,9	31,7	35,4	34,5	28,5	24,2	16,7	12,9	23,4
	T	7,15	7,5	11,3	14,3	19,85	24,1	27,35	26,9	22,15	18,2	11,85	8,25	17,1
Kissa	m	2,29	2,29	5,29	8,19	12,89	16,59	19,39	19,39	15,89	12,29	7,09	3,69	10,44
	M	12,35	13,05	17,65	20,75	27,15	31,95	35,65	34,75	28,7	24,45	16,95	13,15	21,55
	T	7,32	7,67	11,47	14,47	20,02	24,27	27,52	27,07	15,89	18,37	12,02	8,42	15,99
Doukkar	m	2,02	2,02	5,03	7,93	12,63	16,33	19,13	19,13	15,63	12,03	6,83	3,43	10,17
	M	11,64	12,34	16,95	20,05	26,45	31,25	34,95	34,05	28,05	23,75	16,25	12,45	22,34
	T	6,83	7,18	10,99	13,99	19,54	23,79	27,04	26,59	21,84	17,89	11,54	7,94	16,25
Djelfa	m	0,2	0,4	3,6	6,0	10,5	15,4	18,8	18,4	14,1	9,8	4,3	1,4	8,7
	M	9,7	11,5	16,0	18,7	23,9	30,4	34,2	33,1	27,2	21,7	14,1	10,5	21,1
	T	4,9	6,0	9,8	12,3	17,2	22,9	26,5	25,7	20,7	15,7	9,2	6,0	14,9
Mesrane	m	1,1	1,3	4,5	6,9	11,14	16,3	19,7	19,3	15,0	10,7	5,2	2,3	9,47
	M	12,1	13,9	18,4	21,1	26,3	32,8	36,6	35,5	29,6	24,1	16,5	12,9	23,31
	T	6,6	7,6	11,45	14	18,72	24,55	28,15	27,4	22,3	17,4	16,5	7,6	16,39
Zaâfrane	m	0,89	1,09	4,29	6,69	11,19	16,09	19,49	19,09	14,79	10,49	4,99	2,09	9,26
	M	11,54	13,34	17,84	20,54	25,74	32,24	36,04	34,94	29,04	23,54	15,94	12,34	22,75
	T	6,21	7,21	11,06	13,61	18,4	24,16	27,76	27,01	21,91	17,01	10,46	7,21	16,01
Choucha	m	0,99	1,19	4,39	6,79	11,29	16,19	19,59	19,19	14,89	10,59	5,09	2,19	9,36
	M	11,81	13,61	18,11	20,81	26,01	32,51	36,31	35,21	29,31	23,81	16,21	12,61	23,02
	T	6,4	7,4	11,25	13,8	18,65	24,35	27,95	27,2	22,1	17,2	10,65	7,4	16,19
M'sila	m	3,4	4,3	8,1	11,2	16,4	21,7	24,9	24,3	19,3	14,7	8,3	4,9	13,5
	M	13,8	16,1	20,9	23,6	29,1	35,4	38,7	37,8	31,7	26,3	18,7	14,4	25,6
	T	8,6	10,2	14,5	17,4	22,7	28,5	31,8	31,1	25,5	20,5	13,5	9,7	19,5
Belaiba	m	2,97	3,87	8,27	10,77	15,97	21,27	24,47	23,87	18,87	14,27	7,87	4,47	13,07
	M	12,65	14,95	19,75	22,45	27,95	34,25	37,55	36,65	30,55	25,15	17,55	13,25	24,39
	T	7,81	9,41	14,01	16,61	21,96	27,76	31,01	30,26	24,71	19,71	12,71	8,86	18,73

Source O.N.M (2007) stations météorologique de référence

Tableau. 4: Répartition des nombres de jours de gelées mensuelles moyennes dans les stations météorologiques de référence pour la période (1996-2005).

Mois Zone	J	F	M	A	Mi	J	Jt	Ao	S	O	N	D	Cumul
Tébessa	1	9	3	0	0	0	0	0	0	0	1	6	20
M'sila	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3	10
Djelfa	15	14	5	1	0	0	0	0	-	-	4	10	49

Source O.N.M (2007) stations météorologique de référence

Tableau. 5: Répartition des vitesses mensuelles moyenne du vent (m/s) dans les stations météorologiques de référence pour la période (1996-2005).

Mois Zone	J	F	M	A	Mi	J	Jt	Ao	S	O	N	D	Annuel
Tébessa	2,8	3,6	3,4	4,0	3,5	2,9	3,1	2,6	2,6	2,3	3,1	3,2	3,1
M'sila	3,9	4,1	4,3	5,4	4,9	4,5	4,8	4,4	3,9	3,5	4,0	4,2	4,3
Djelfa	4,6	4,3	4,4	5,2	4,6	3,8	4,1	3,6	3,5	3,9	4,5	4,7	4,2

Source O.N.M (2007) stations météorologique de référence

Tableau. 6: Quotient pluviothermique d'Emberger et étage bioclimatique des zones d'étude.

Paramètre Zone	m (°C)	Q ₂	Bioclimat	Variante à
Tébessa	2,2	40,80	Semi aride	Hiver frais
Kissa	2,29	39,92	Semi aride	Hiver frais
Doukkara	2,02	42,37	Semi aride	Hiver frais
Djelfa	0,2	29,31	Semi aride	Hiver frais
Mesrane	1,1	22,10	Aride moyen	Hiver frais
Zaâfrane	0,89	23,73	Aride moyen	Hiver frais
Choucha	0,99	23,65	Aride moyen	Hiver frais
M'sila	3,4	20,17	Aride moyen	Hiver tempéré
Belaiba	2,97	23,48	Aride moyen	Hiver tempéré

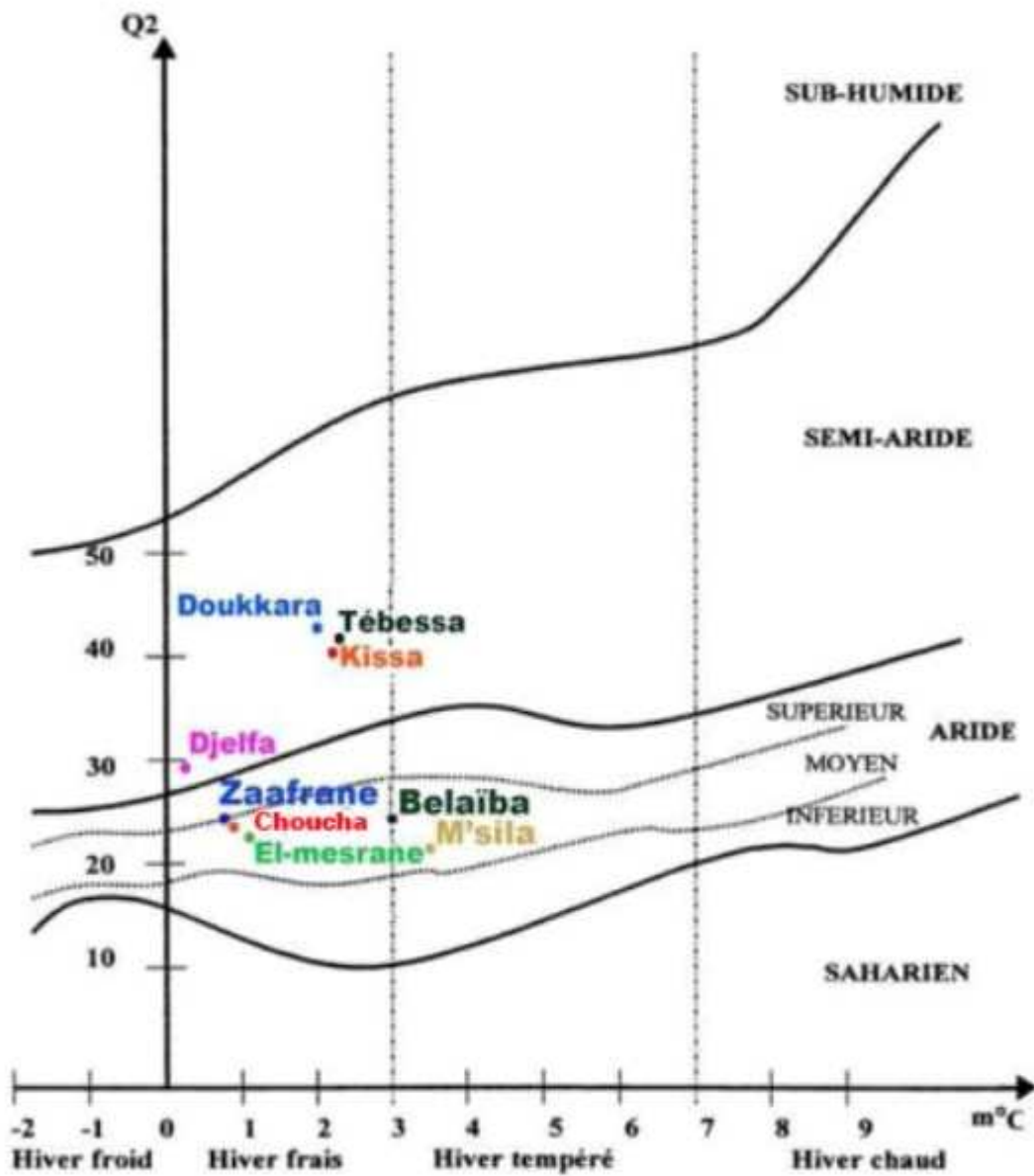
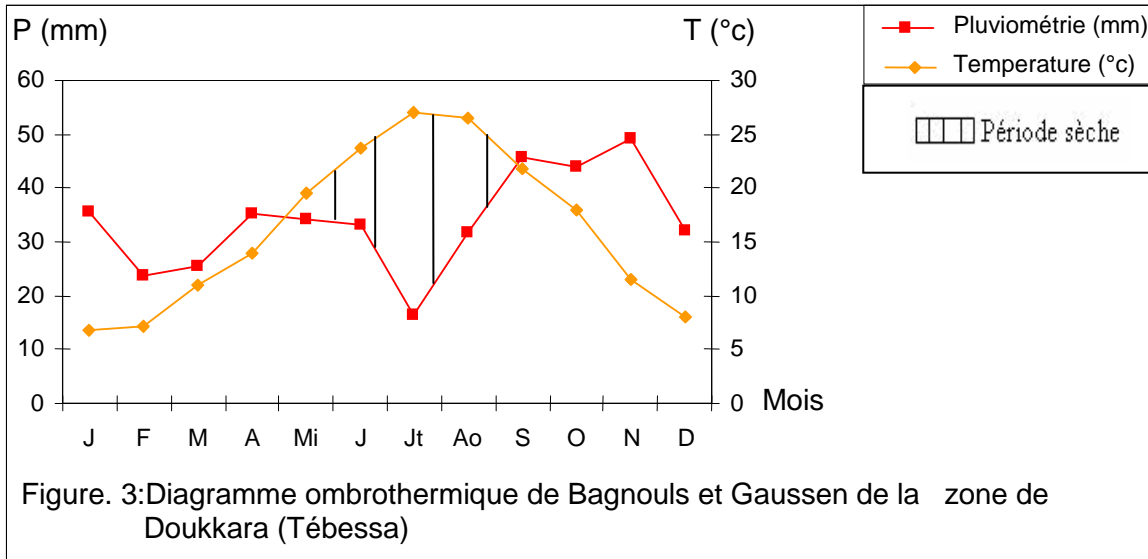
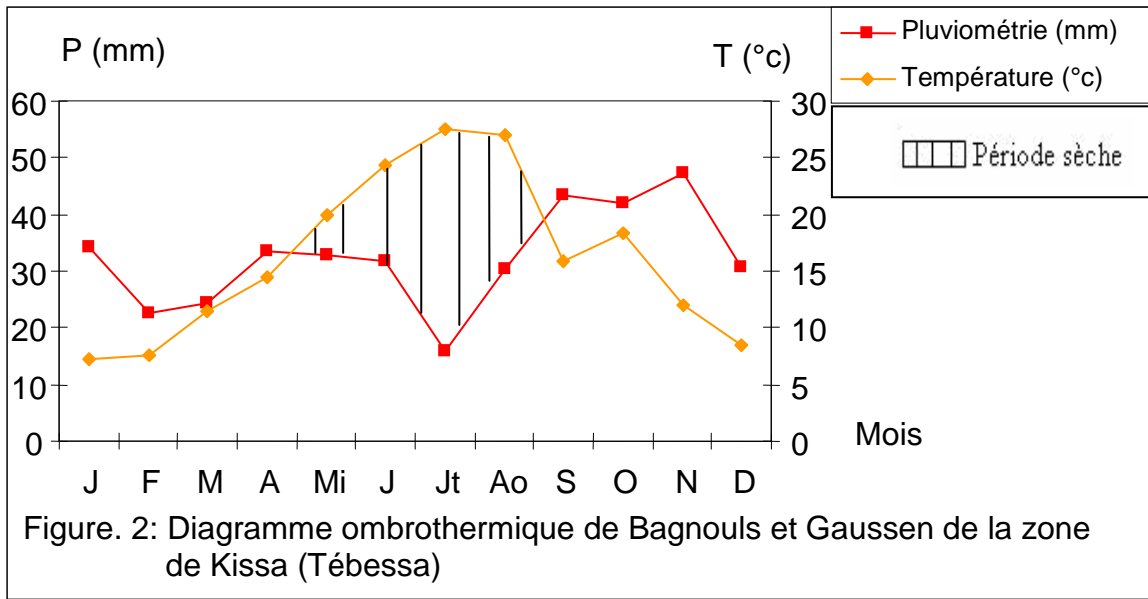
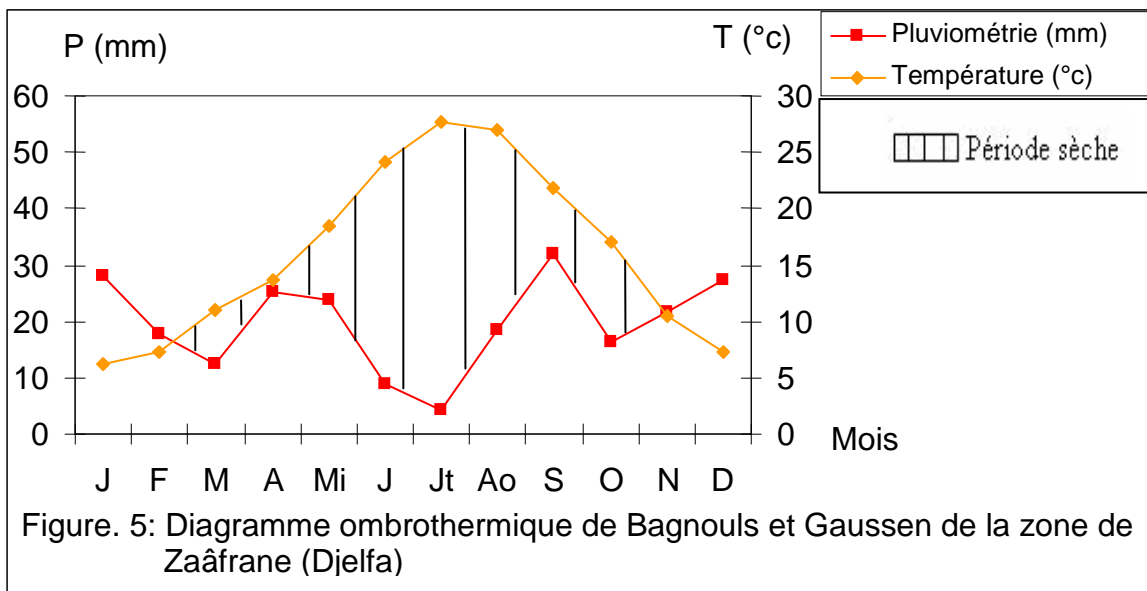
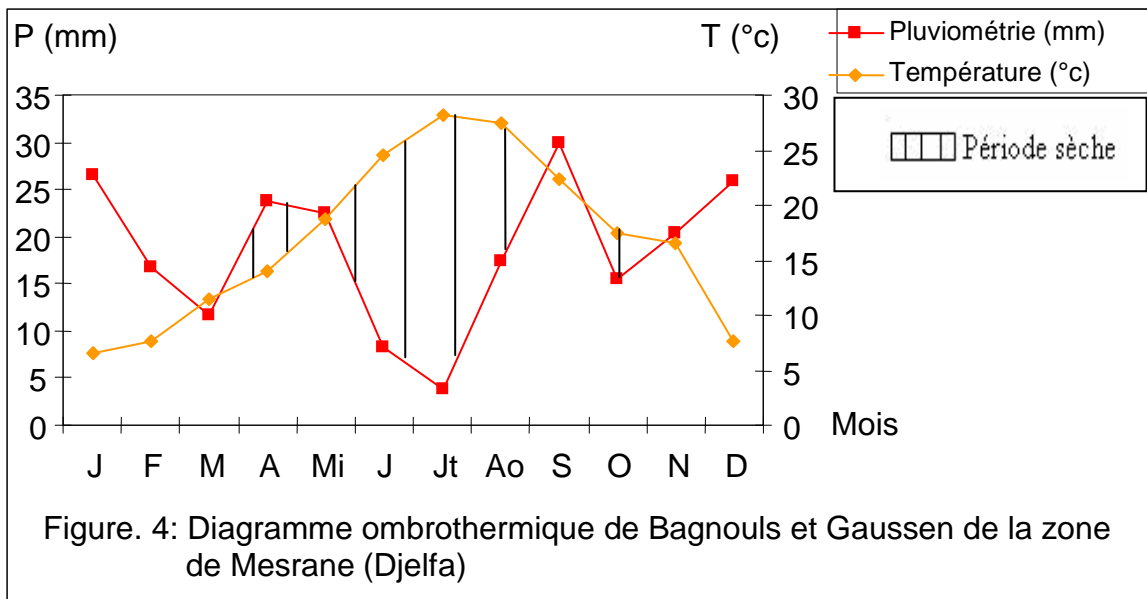
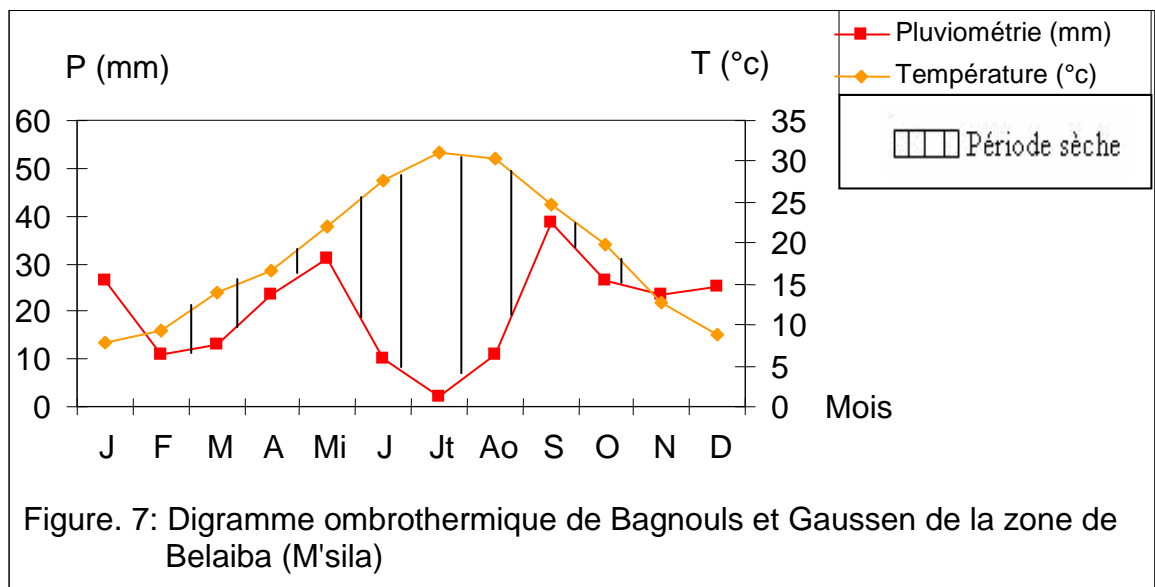
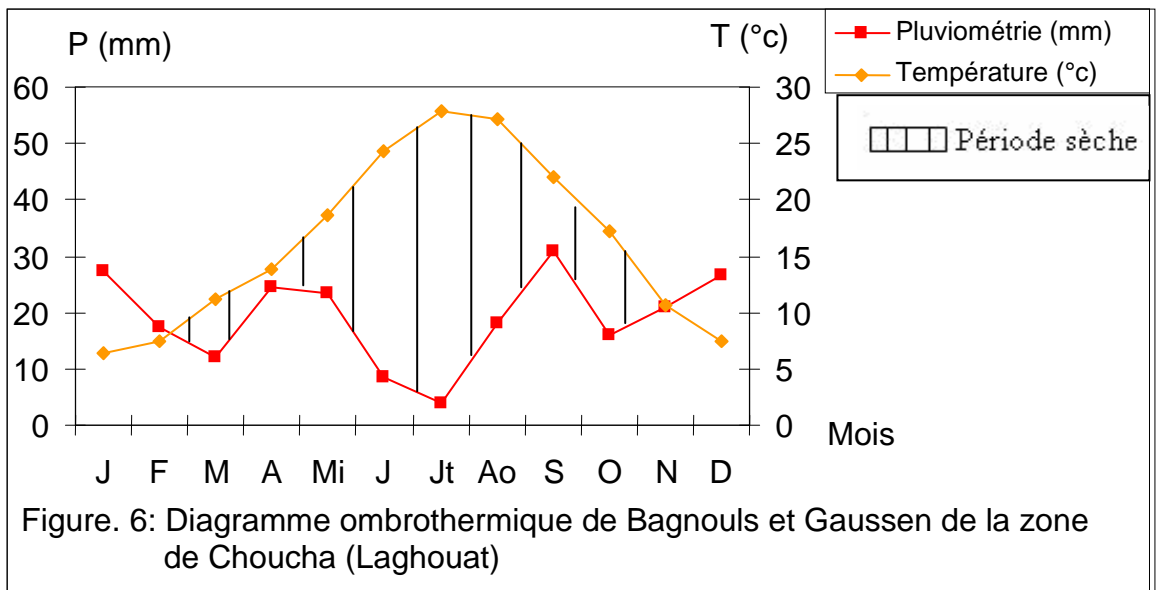


Figure. 1 : Climagramme pluviothermique d'Emberger des stations de références et des zones d'étude.







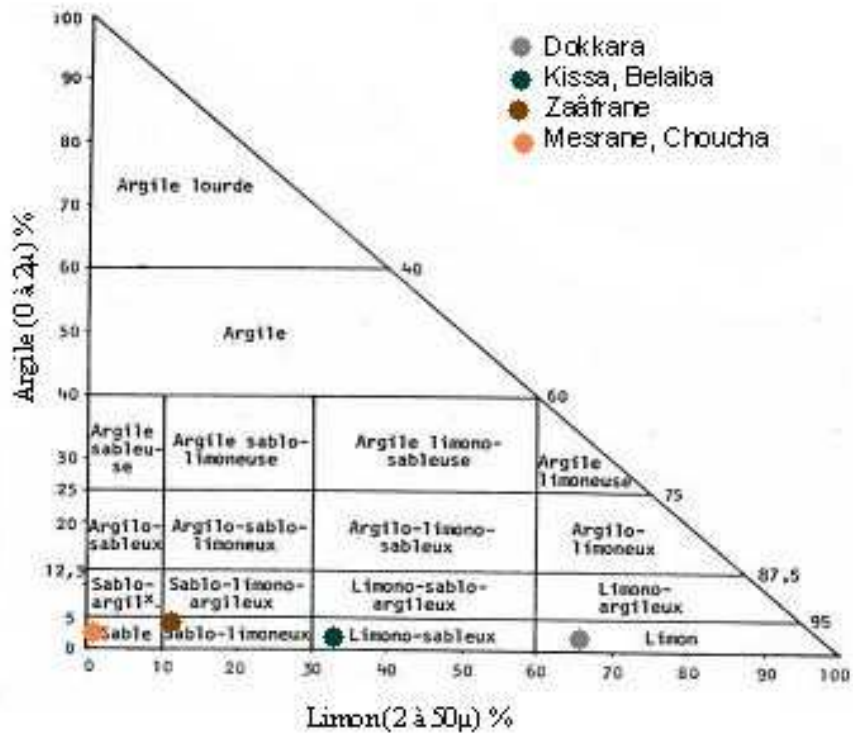


Figure. 8: Triangle de textures de Henin (1969).

Tableau. 7 : Résultats d'analyse physique du sol des périmètres d'études.

Zone / Paramètre	Tébessa		M'sila	Djelfa		Laghouat
	Kissa	Doukkara	Belaiba	Mesrane	Zaâfrane	Choucha
Texture	Limono-sableuse	Limoneuse	Limono-sableuse	Sableuse	Sablo-limoneuse	Sableuse

Tableau. 8: Résultats d'analyse chimique du sol des périmètres d'études.

Zone / Paramètres	Tébessa		M'sila	Djelfa		Laghouat
	Kissa	Doukkara	Belaiba	Mesrane	Zaâfrane	Choucha
pH	7.95	7.52	7.69	8.55	7.96	7.53
MO %	0.81	1.16	0.40	0.31	0.36	0.20
CaCO3 total %	45.76	38.73	32.91	2.34	7.94	3.77
CaCO3 actif %	15	11	11.25	--	9.75	--
CE mmho/cm ²	0.33	0.710	0.598	0.346	0.42	0.322

APPENDICE C
ANALYSE DE LA VARIANCE

Tableau n°1: Analyse de variance des différentes mesures et mensurations du pied.

Paramètres	Source de variation	SCE	DDL	Carres moyens	Test F	Prob	ET	CV
Hauteur	Var. totale	51236.97	31	1652.81	661.36	0.0000	3.32	2.0%
	Var. facteur 1	50972.72	7	7281.82				
	Var. résiduel 1	264.25	24	11.01				

Tableau n° 2: Analyse de variance des différentes mesures et mensurations du cladode.

Paramètres	Source de variation	SCE	DDL	Carres moyens	Test F	Prob	ET	CV
Longueur	Var. totale	1455.00	31	46.94	3428.12	0.0000	0.25	0.8%
	Var. facteur 1	1453.54	7	207.65				
	Var. résiduel 1	1.45	24	0.06				
Largeur	Var. totale	532.65	317	17.18	349.28	0.0000	0.46	2.3%
	Var. facteur 1	527.48	24	75.35				
	Var. résiduel 1	5.18		0.22				
Epaisseur	Var. totale	532.65	31	17.18	349.28	0.0000	0.46	2.3%
	Var. facteur 1	527.48	7	75.35				
	Var. résiduel 1	5.18	24	0.22				
Lang/Lar	Var. totale	13.49	31	0.44	614058.44	0.0000	0.00	0.1%
	Var. facteur 1	13.49	7	1.93				
	Var. résiduel 1	0.00	24	0.00				
Nombre des spirales d'aréole	Var. totale	0.91	31	0.03	61.19	0.0000	0.04	4.0%
	Var. facteur 1	0.86	7	0.12				
	Var. résiduel 1	0.05	24	0.00				
Nombre d'épines par aréole	Var. totale	202.72	31	6.54	92.44	0.0000	0.55	5.5%
	Var. facteur 1	195.47	7	27.92				
	Var. résiduel 1	7.25	24	0.30				
Longueur de l'épine la plus longue	Var. totale	57.69	31	1.86	6.22	0.0003	0.92	52.7%
	Var. facteur 1	37.19	7	5.31				
	Var. résiduel 1	20.50	24	0.85				
Nombre de couleur d'épine	Var. totale	61.67	31	1.99	192.62	0.0000	0.21	11.6%
	Var. facteur 1	60.60	7	8.66				
	Var. résiduel 1	1.08	24	0.04				

Tableau n° 3: Analyse de variance des différentes mesures et mensurations du fleur.

Paramètres	Source de variation	SCE	DDL	Carres moyens	Test F	Prob	ET	CV
Nombre de fleurs par raquette	Var. totale	395.22	31	12.75	15.20	0.0000	1.74	20.1%
	Var. facteur 1	322.47	7	46.07				
	Var. résiduel 1	72.75	24	3.03				
Longueur des fleurs	Var. totale	13.64	31	0.44	959.60	0.0000	0.04	0.6%
	Var. facteur 1	13.60	7	1.94				
	Var. résiduel 1	0.05	24	0.00				
Nombre des lobes du stigmat	Var. totale	54.05	31	1.74	411688.50	0.0000	0.00	0.1%
	Var. facteur 1	54.05	7	7.72				
	Var. résiduel 1	0.00	24	0.00				

Tableau n° 4: Analyse de variance des différentes mesures et mensurations du fruit.

Paramètres	Source de variation	SCE	DDL	Carres moyens	Test F	Prob	ET	CV
Longueur	Var. totale	30.25	27	1.12	92.00	0.0000	0.23	4.2%
	Var. facteur 1	29.14	6	4.86				
	Var. résiduel 1	1.11	21	0.05				
Largeur	Var. totale	33.71	27	1.25	234.08	0.0000	0.15	3.7%
	Var. facteur 1	33.22	6	5.54				
	Var. résiduel 1	0.50	21	0.02				
Epaisseur	Var. totale	19.36	27	0.72	91.39	0.0000	0.18	4.9%
	Var. facteur 1	18.64	6	3.11				
	Var. résiduel 1	0.71	21	0.03				
Diamètre géométrique	Var. totale	17.95	27	0.66	186.11	0.0000	0.13	2.9%
	Var. facteur 1	17.61	6	2.94				
	Var. résiduel 1	0.33	21	0.02				
Sphéricité des fruits	Var. totale	0.61	27	0.02	89.71	0.0000	0.03	4.1%
	Var. facteur 1	0.59	6	0.10				
	Var. résiduel 1	0.02	21	0.00				
Surface de la peau	Var. totale	13504.43	27	500.16	172.63	0.0000	3.56	5.7%
	Var. facteur 1	13237.59	6	2206.27				
	Var. résiduel 1	266.84	21	12.71				
Poids	Var. totale	32764.70	27	1213.51	764.45	0.0000	2.67	3.8%
	Var. facteur 1	32615.37	6	5435.89				
	Var. résiduel 1	149.33	21	7.11				
Poids de la pulpe	Var. totale	14523.08	27	537.89	131.23	0.0000	4.24	11.2%
	Var. facteur 1	14145.79	6	2357.63				
	Var. résiduel 1	377.29	21	17.97				
Poids de la peau	Var. totale	3429.12	27	127.00	3.81	0.0101	8.84	32.1%
	Var. facteur 1	1787.13	6	297.85				
	Var. résiduel 1	1641.99	21	78.19				
poids de la pulpe (%)	Var. totale	7045.95	27	260.96	97.46	0.0000	3.41	6.9%
	Var. facteur 1	6801.69	6	1133.62				
	Var. résiduel 1	244.26	21	11.63				
poids de la peau (%)	Var. totale	6301.71	27	233.40	104.44	0.0000	3.12	6.6%
	Var. facteur 1	6097.38	6	1016.23				
	Var. résiduel 1	204.33	21	9.73				
Epaisseur de la peau	Var. totale	0.11	27	0.00	5.96	0.0010	0.04	8.1%
	Var. facteur 1	0.07	6	0.01				
	Var. résiduel 1	0.04	21	0.00				
Densité des aréoles	Var. totale	10928.53	27	404.76	461.90	0.0000	1.98	4.0%
	Var. facteur 1	10846.34	6	1807.72				
	Var. résiduel 1	82.19	21	3.91				

Tableau n° 5: Analyse de variance des différentes mesures et mensurations du graine.

Paramètres	Source de variation	SCE	DDL	Carres moyens	Test F	Prob	ET	CV
Nombre des graines /fruit	Var. totale	289817.84	27	10733.99	1129.87	0.0000	6.53	2.7%
	Var. facteur 1	288922.84	6	48153.81				
	Var. résiduel 1	895.00	21	42.62				
Nombre des graines viable	Var. totale	166588.97	27	6169.96	407.18	0.0000	8.22	4.7%
	Var. facteur 1	165169.22	6	27528.20				
	Var. résiduel 1	1419.75	21	67.61				
Nombre des graines avortées	Var. totale	113467.44	27	4202.50	322.62	0.0000	7.61	11.0%
	Var. facteur 1	112249.69	6	18708.28				
	Var. résiduel 1	1217.75	21	57.99				
Poids graines par fruit	Var. totale	38.23	27	1.42	57.91	0.0000	0.32	13.0%
	Var. facteur 1	36.05	6	6.01				
	Var. résiduel 1	2.18	21	0.10				
Poids des graines (%)	Var. totale	30.31	27	1.12	12.91	0.0000	0.55	14.9%
	Var. facteur 1	23.85	6	3.97				
	Var. résiduel 1	6.46	21	0.31				
diamètre des graines	Var. totale	2.52	27	0.09	153.24	0.0000	0.05	1.2%
	Var. facteur 1	2.46	6	0.41				
	Var. résiduel 1	0.06	21	0.00				
PMG	Var. totale	117.68	27	4.36	54.88	0.0000	0.58	3.8%
	Var. facteur 1	110.62	6	18.44				
	Var. résiduel 1	7.05	21	0.34				