



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : SCIENCES

DEPARTEMENT : SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : Bensaad Reguia

DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (SNV)

FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES

OPTION : AMELIORATION DES PLANTES

Thème

Contribution à l'étude de la dormance des graines de
figuier de barbarie *Opuntia ficus-indica* Mill(L.)

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	qualité
M ^r Makoudi M	MAA	Président
M ^r Ben hassine M L	MAA	Examineur1
M ^r Sarridi A	MAA	Rapporteur
M ^{me} Mellam H	MCA	Co-rapporteur

Promotion : Spetembre2021



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : SCIENCES

DEPARTEMENT : SCIENCES AGRONOMIQUES

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : Bensaad Reguia

DOMAINE : SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE (SNV)

FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES

OPTION : AMELIORATION DES PLANTES

Thème

Contribution à l'étude de la dormance des graines de
figuier de barbarie *Opuntia ficus-indica* Mill(L.)

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	qualité
M ^r Makoudi M	MAA	Président
M ^r Ben hassine M L	MAA	Examineur1
M ^r Sarridi A	MAA	Rapporteur
M ^{me} Mellam H	MCA	Co-rapporteur

Promotion : Spetembre2021

BEN SAAD Reguia

Résumé:

Titre: Contribution à l'étude de la dormance des graines de figuier de barbarie *Opuntia ficus-indica* Mill (L)

Ce travail vise à résoudre les difficultés de multiplication sexuée de figuier de barbarie, qui recèle de multiples utilisations : alimentaire, fourragère et médicinale, et qui est très répandue à travers le monde, mais, il est mal exploité en Algérie.

Notre étude vise à découvrir le type de dormance et déterminer le comportement germinatif de cette espèce, en testant la levée de dormance par une scarification chimique (un trempage à acide sulfurique), une scarification mécanique (une casse partielle à l'aide d'un cutter), un trempage à l'eau bouillante (100°C), et une stratification froide (-4°C)

Les résultats obtenus montrent une dormance de type tégumentaire, et un taux de germination remarquable chez les graines à scarification chimique (18%) et les graines à scarification mécanique (17%), et faible chez les graines traitées avec l'eau bouillante (08%), et nulle pour la scarification froide.

Les mots clés: *Opuntia ficus-indica* Mill (L) - figuier de barbarie- germination - dormance.

بن سعد رقية

الملخص

العنوان: المساهمة في دراسة سبات بذور التين الشوكي (*Opuntia ficus-indica* Mill (L)

يهدف هذا العمل إلى حل صعوبات التكاثر الجنسي للتين الشوكي ، والذي له استخدامات متعددة: غذاء وعلف وطب ، وهو منتشر في جميع أنحاء العالم ، لكنه قليل استغلال بالجزائر. تهدف دراستنا إلى اكتشاف نوع السبات وتحديد سلوك الإنبات لهذا النوع من خلال اختبار رفع السبات عن طريق الخدش الكيميائي (الغمر في حامض الكبريتيك)، و الخدش الميكانيكي (الكسر الجزئي باستخدام قاطع)، و الغمر بالماء المغلي (100 درجة مئوية)، والتنظيف البارد (-4 درجات مئوية).

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها السبات من النوع العشائي، و معدل إنبات ملحوظ لدى البذور ذات الخدش الكيميائي (18%) والبذور ذات الخدش الميكانيكي (17%) ، و منخفض لدى البذور المعالجة بالماء المغلي (08%) ، و منعدم بالنسبة للتنظيف البارد.

الكلمات المفتاحية: (*Opuntia ficus-indica* Mill (L) - التين الشوكي - الإنبات - السبات

BEN SAAD Reguia

Abstract :

Title: Contribution to the study of the dormancy of prickly pear seeds *Opuntia ficus-indica* Mill (L)

This work aims to resolve the difficulties of sexual multiplication of prickly pear, which has multiple uses: food, forage and medicinal, and which is widespread throughout the world, but, it is poorly exploited in Algeria.

Our study aims to discover the type of dormancy and to determine the germinative behaviour of this species, by testing the emergence of dormancy by chemical scarification (sulphuric acid soaking), mechanical scarification (partial breakage using a cutter), boiling water soaking (100°C), and cold stratification (-4°C)

The results obtained show a dormancy of tegumentary type, and a remarkable germination rate in seeds with chemical scarification (18%) and seeds mechanical scarification (17%), and low in seeds treated with boiling water (08%), and zero for cold scarification.

Key words: *Opuntia ficus-indica* Mill (L) - prickly pear- germination - dormancy

LISTE DES TABLEAUX

N°	titre de tableau	Page
01	Les usages du figuier de Barbarie	13
02	Effet des prétraitements appliqués sur le taux de germination .	30
03	Effet des prétraitements appliqués sur l'indice de vigueur .	31
04	Effet des prétraitements appliqués sur la vitesse de germination.	32

LISTE DES FIGURES

N°	Titre des figures	Page
01	Logo de la monnaie du Mexique	03
02	Distribution géographique du figuier de barbarie.	06
03	Photographie de figuier de barbarie avec ses cladodes(a), fleure(b), fruits(c) et graine(d)	10
04	Formation de haies défensives.	16
05	barrière coupe feux.	16
06	Etapas de la germination .	20
07	graine des figuier de barbarie	25
08	Dispositif expérimental de test de germination des graines figuier de barbarie	26
09	Evolution de cinétique de germination en fonction du temps des pourcentages de germination des graines du figuier du barbarie et traitements différent.	29
10	Taux de germination obtenues en fonction des prétraitements appliqués.	30
11	Indice de vigueur obtenue en fonction des prétraitements appliqués	31
12	Vitesse de germination obtenue en fonction des prétraitements appliqués.	32

LISTE DES ABREVIATIONS

FAO : Food and Agriculture Organization.

PNUE: Programme des Nations Unies pour l'Environnement.

°C : degré Celsius.

Ha : Hectare.

% : Pourcent

TMG: Le taux moyen de germination.

T : Traitement.

T0 : Témoin (sans aucun traitement).

T1: Trempage dans l'acide sulfurique pur (98%) pendant 60min.

T2: Scarification mécanique des graines.

T3: Trempage dans l'eau chaude (100°C) pendant 30 min.

T4: Stratification froide (- 4°C).

Dédicace

Je dédie ce modeste travail:

- *A l'homme de courage et de force , à celui qui a toujours été présent ,qui m'a appris les varies valeurs de la vie à celui qui m'a soutenu en toutes circonstances ,mon père **TAHER**.*
- *A la femme la plus courageuse ,sensible, celle qui a su me donner amour et joie de vivre ,à celle qui a toujours montrée affection et compréhension à mon égard ,ma mère **SAFIA***

J'espère qu'un jour ,je pourrai leur rendre un peu de ce qu'ils ont fait pour moi ;que dieu leur porte bonheur et longue vie.

- *A mes très chères frères **BELKACEM** et, **NADIR** et mes sœurs **NESRINE** ,**AICHA**,**MEBARKA** Qui m'ont fourni du courage ,du soutien ,et tous leurs efforts et moyens pour que je termine mes études.*
- *A toute ma belle -famille **BENSAAD***
- *A mes amies les plus fidèles :
RABAB,**HALIMA**,**KHAWLA**,**RYM**,**FATIMA** ,**HANANE**,
IMANE ,**AMINA***
- *A tous enseignants et tous mes amis de promotion de 2ème année Master **AP,PV,AGQ**.*
- *A tous ceux que j'aime ,à tous ceux m'aiment.*

Reguía

Remerciements

Tout d'abord, je voudrais remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux qui

m'a donné la force et la patience d'accomplir ce travail

*Au Docteur Monsieur **SARRIDI ABDELKADER**, et
Au Docteur Madame **HAMIDA MALLEM**, mes encadreur. Je
vous serai toujours reconnaissante pour vos avis
indispensables, vos conseils éclairés et pour votre
disponibilité. Vous m'avez fait bénéficier de vos
connaissances, de votre immense expérience scientifique et de
votre rigueur dans le travail. Vos critiques, suggestions et
conseils m'ont accompagné durant toute la longue période
d'élaboration de ce document. Je voudrai vous dire aussi que
j'ai eu un grand plaisir à travailler sous votre direction.*

*Je remercie aussi Dr **BEN HASSINE M L** et Dr
MAKKODI d'avoir accepté d'examiner ce mémoire et de le
valoriser par vos précieuses orientations , grand merci.*

*Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à
tous les professeurs qui nous ont enseigné et qui par leurs
compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études.*

*Enfin, nous tenons également à remercier toutes les
personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation
de ce travail*

SOMMAIRE

Résumé

Abstract

ملخص

Dédicaces

Remerciement

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Titre	Page
INTRODUCTION.....	01
CHAPITRE I:GENERALITES SUR LE FIGUIER DEBARBARIE	
I.1. HISTOIRE DE LA FIGUE DE BARBARIE	03
1.2. ORIGINE	04
I.3. POSITION SYSTEMATIQUE	05
I.4. REPARTITION DANS LE MONDE ET EN ALGERIE	06
I.4.1 Répartition mondiale	06
I.4.1.1 En Amérique	07
I.4.1.2 En Asie	07
I.4.1.3 En Europe	07
I.4.1.4 En Afrique	08
I.4. 2. Répartition en Algérie	08
I.5. DESCRIPTION	09
I.6. EXIGENCES ECOLOGIQUES DE L'OPUNTIA	10
I.6.1 Exigences climatiques	10
I.6.2 Exigences édaphiques	11
I.7. IMPORTANCE AGRO- ECONOMIQUE ET ECOLOGIQUE	11
I.7 .1 Importance écologique	12
I.7.2 Importance agro- économique	12
I.8. INTERET DE LA PRODUCTION DES FIGUER DU BARBARIE	13
I.8.1.Production de fruits et raquettes comestibles	13
I.8.2.Production de fourrage pour le bétail	14
I.9.AUTRES UTILISATION DU FIGUIER DE BARBARIE	15

I.9.1. Utilisation médicinale	15
I.9.2. Utilisation agronomique	15
I.9.3. Utilisation alimentaire	17
CHAPITRE II: GENERALITES SUR LA GERMINATION ET LA LEVEE DE DORMANCE	
II.1. GERMINATION	18
II.1.1. Définition	18
II.1.2. Les types de germination	18
II.1.3. Les conditions de la germination	19
II.1.3.1. Les conditions externes	19
II.1.3.1.1. L'eau	19
II.1.3.1.2. L'oxygène	19
II.1.3.1.3. La température	19
II.1.3.1.4. La lumière	19
II.1.3.2. LES CONDITIONS INTERNES	19
II.1.3.2.1. La maturité	19
II.1.3.2.2. La longévité	20
II.1.4. Phases de la germination	20
II.2. LA DORMANCE	21
II.2.1. Définition	21
II.2.2. Type de dormance	21
II.2.2.1. Les inhibitions tégumentaires	21
II.2.2.1.1. L'imperméabilité à l'eau	21
II.2.2.1.2. L'imperméabilité à l'oxygène	22
II.2.2.2. Dormances embryonnaires	22
II.3. LA LEVEE DE LA DORMANCE ET GERMINATION	22
II.3.1. Les conditions naturelles de la levée de dormance	23
II.3.2. La levée de dormance artificiellement	23
II.3.3. Méthodes de la levée de dormance	23
II.3.3.1. La scarification physique (chocs thermiques, H ₂ O à 100°C)	23
II.3.3.2. La scarification chimique	24
II.3.3.3. La scarification mécanique	24
II.3.3.4. La stratification	24

CHAPITRE III: MATERIELS ET METHODES

III.1. OBJECTIF	25
III.2. MATERIEL VEGETAL	25
III.3. DISPOSITIF EXPERIMENTAL	25
III.4. METHODES DE PREPARATION DE DIFFERENTS TRAITEMENTS	26
III.5. LA MISE A GERMINATION	27
III.6. LES PARAMETRES MESURES	27
III.6.1. Le taux de germination	27
III.6.2. La cinétique de germination	27
III.6.3. Indice de vigueur	28
III.6.4. Vitesse de germination (durée médiane)	28
III.7. ANALYSE STATISTIQUE	28

CHAPITRE IV: RESULTATS ET DISCUSSIONS

IV.1. RESULTATS	29
IV.1.1. Cinétique de germination	29
IV.1.2. taux de germination	30
IV.1.3. Indice de vigueur	31
IV.1.4. Vitesse de germination (durée médiane)	32
IV.2. DISCUSSION GENERALE	33
CONCLUSION	36
LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
ANNEXES	

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Le figuier de barbarie (le cactus) est une plante originaire des zones arides et semi arides du Mexique. Il a été introduit en Afrique du Nord vers le 16^{ème} siècle. C'est une plante robuste qui peut mesurer jusqu'à cinq mètre de hauteur et avec un tronc épais et ligneux (Habibi, 2004).

le figuier de Barbarie est maintenant cultivée dans plus de 30 pays dans les deux hémisphères et dans tous les continents à l'exception de l'Antarctique (Pichler et *al.*, 2012; FAO, 2013).

Sa culture est peu exigeante en investissements et le revenu qu'elle peut générer est important. En plus, sur le plan écologique, elle est d'une grande utilité pour la lutte contre l'érosion et la stabilité des sols (Neffar, 2012). Ainsi, elle est utilisée pour la consommation humaine en tant que fruit et légume, en alimentation du bétail durant les périodes de sécheresse (Pichler et *al.*, 2012 ; Silva et *al.*, 2014; Valdez-Cepeda et *al.*, 2014; Varela-Gamez et *al.*, 2014).

Bien qu'introduit depuis longtemps en Algérie, le cactus (figuier de barbarie) ou Nopal, ne suscitait par le passé que peu d'intérêt en dehors de la consommation du fruit et l'utilisation comme fourrage. La demande croissante sur le fruit et les recherches menées qui ont démontré les différents avantages et potentialités de cette culture désormais prometteuse et à forte valeur ajoutée.

Cette plante présente plusieurs avantages : d'ordre écologique, socioéconomique, alimentaire, cosmétique ou encore thérapeutique.

En effet, en Algérie, c'est une espèce utilisée comme plante fourragère, pour l'amélioration des parcours, pour la préservation des sols contre l'érosion, la lutte contre la désertification et la conservation de la biodiversité, tout en contribuant à la régénération des espèces végétales spontanées et à la constitution d'un microclimat favorable au développement d'une faune et une flore très diversifiées.

Sur le plan économique, le cactus permet une rentabilité satisfaisante grâce aux ventes de fruit et aux potentialités de transformation offertes : extraction d'huile, confiture, jus...etc. (El Yamani K et *al.*,2019)

Sur le plan nutritionnel la figue de barbarie est l'un des aliments le plus complet et le plus riche en différents nutriments (sels minéraux, vitamines, fibres...). En effet les fruits peuvent être consommés à l'état frais, congelés, confits ou séchés ou encore transformés en jus, sirop, farine, confiture ou en huile alimentaire de graine (Nicole,2013).

Les objectifs du présent travail sont d'une part, la détermination de l'existence ou non de la dormance, et d'autre part, la mise en évidence les différents types de prétraitements efficaces pour la levée de dormance, afin d'améliorer la faculté germinative des graines de figuier de barbarie.

Le problème soulevé dans cette étude, est

comment lever la dormance des graines de cette espèce, et pour répondre à notre problématique, nous passons par des essais de traitement physique et chimique des graines.

Ce mémoire est scindé selon la structure suivante :

- Premier chapitre présente des généralités sur la figuier du barbarie
- deuxième chapitre donne un aperçu générale sur la germination et la levée de dormance
- Troisième chapitre : Matériel et méthodes.
- Quatrième chapitre : Résultats et discussion.
- une conclusion générale.

CHAPITRE I
GENERALITES SUR LE FIGUIER DE
BARBARIE

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE FIGUIER DE BARBARIE

I.1. HISTOIRE DE LA FIGUE DE BARBARIE

L'espèce est originaire du Mexique, où elle est appelée nopal et figure dans les monnaies et le drapeau mexicain, il était inconnu en Europe avant les voyages de Christophe Colomb, il fut décrit de façon précise pour première fois en 1535 par espagnol Gonzalo Fernandez de Oviedo y Valdés dans son (histoire des indes occidentales).

Nopal (Opuntia) est le nom mexicain, d'origine aztèque du Figuier de Barbarie. Il vient du mot Nochtli en nahuatl, langue classique des Aztèques. Opuntia, son appellation savante, vient du latin Opuntius, d'Oponte.(Belkacem et Hammiche ,2015).

L'Opuntia vulgaris Miller et *l'Opuntia ficus-indica* Miller sont les deux espèces les plus répandues sur terre, mais la plante peut porter un nom différent selon la langue locale. Une même espèce de Nopal porte souvent des noms différents, selon la région, le pays où elle pousse.

Emmené en Espagne pour y être cultivé, le figuier de barbarie s'est rapidement répandu dans tout le bassin méditerranéen. Sa culture a gagné de royaume de Naples et de la Sicile, possessions de Charles-Quint et Philippe II les expéditions des pirates barbaresques l'ont fait passer en Afrique du nord : Lybie, Algérie, Maroc ou elle représente encore aujourd'hui un enjeu économique considérable.(Buttay, 2018).



source: (Imago Mundi, 2012).

Figure N° 01 : Logo de la monnaie du Mexique

1.2. ORIGINE

Le figuier de Barbarie *Opuntia ficus-indica*, son appellation scientifique vient du latin *Opuntius* d'Oponte ; nom de la ville grecque (Schweizer, 1997). Le nom commun est le cactus qui vient du mot grec « *kaktos* », il signifie : la plante épineuse (Defelice, 2004). Selon Schweizer (1997), la plante peut porter un nom différent selon l'idiome local: En Espagne, outre que Nopal, on l'appelle familièrement Tuna, dans les pays francophones du bassin méditerranéen, l'*Opuntia* est surnommé figuier de barbarie; en Angleterre : Prickly pear (poire à épines) (Schweizer, 1997)

Opuntia, son appellation savante, vient du latin *Opuntius*, d'Oponte (...). Dans les pays francophones du bassin méditerranéen, où il est très populaire, l'*Opuntia* est surnommé Cardasse, Chardon d'Afrique, Cactus raquette, Fiquier à raquettes, Fiquier de Barbarie (par corruption du mot Berbérie), Fiquier d'Inde, Fiquier du chameau, Oursin des sables, Châtaigne du désert, Semelle du Pape, et ; en Italie, Fico de India... ». Les berbères du Maroc le nommèrent Aknari ; en Tunisie Soltane El Ghella ; en Algérie, El Hindi, Karmous Enssara, Tchimbo ou El Karmouss en Kabylie.

Le figuier de barbarie est connu sous plusieurs noms dans le monde :

- En Mexique : Nopal, vient du mot *nochtli* en *nahuatl*, langue classique des Aztèques (Schweizer, 1997).
- En Espagne : outre Nopal, Nopallito, on l'appelle familièrement Nopalcito, Tuna, Ensada, Higos de Pala, Higos de Mauro (Benattia, 2017).
- En Brésil : palma de gado (FAO et ICARDA, 2018).
- En Portugais : palma forrageira, figo da India, figo de pitoira, figueira da India, palmatoria sem espinhos, tabaído
- En France : chardon d'Inde, figue de Barbarie, figuier à raquettes, figuier d'Inde, opunce, raquette
- En Italie : Fichi d'India
- En Allemand : frucht des feigenkactus, Indianische feige (FAO, 2001).
- En Afrique du Nord, le fruit porte le nom de karmouss nssara, qui signifie « la figue des Chrétiens », El-tin-el-Choki, El-tin-el-Hindi, El-Kemtheri-el-Chaik , ou simplement karmous ou akarmus (Schweizer, 1997).

A l'aube du seizième siècle, la plante s'est répandue dans le bassin méditerranéen suite aux expansions espagnoles et aussi par le retour des arabes à leur pays dans le Nord-africain suite à leur expulsion par Philippe III en 1610. Les expulsés appelés « morisqués » ont ramené avec eux des raquettes qu'ils ont plantées autour de leurs villages. (Bhira, 1956)(Benabdallah et Daoud, 2017).

Les cactus sont presque tous originaires du Nouveau Monde, certaines espèces allant jusqu'au Nord de l'Alberta au Canada, d'autres poussant une pointe au Sud jusqu'en Patagonie. Les seules exceptions sont quelques espèces présentes en Afrique orientale et à Madagascar ou il se peut qu'elles aient été apportées par des oiseaux migrateurs et qu'elles y aient continué leur évolution (Mace, 2003).

I.3. POSITION SYSTEMATIQUE

De nombreux auteurs ont élaboré des positions systématiques du genre *Opuntia*. Wallace et Gibson (2002) ont rapporté celle qui suit :

Règne : Plantae

Sous-règne : Spermaphyte

Division : Angiosperme

Classe : Dicotylédones

Sous- classe : Caryophyllale

Famille: Cactaceae

Sous-famille: Opuntioideae

Genre: *Opuntia*

Espèce: *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.

Selon le site web the plant list (<http://www.theplantlist.org/tpl1.1/record/kew-2391911>, 2021) il existe plusieurs synonymes de nom scientifique de cette espèce avec confidentialité acceptable, et qui sont les suivants :

- *Cactus ficus-indica* L.
- *Cactus opuntia* L.

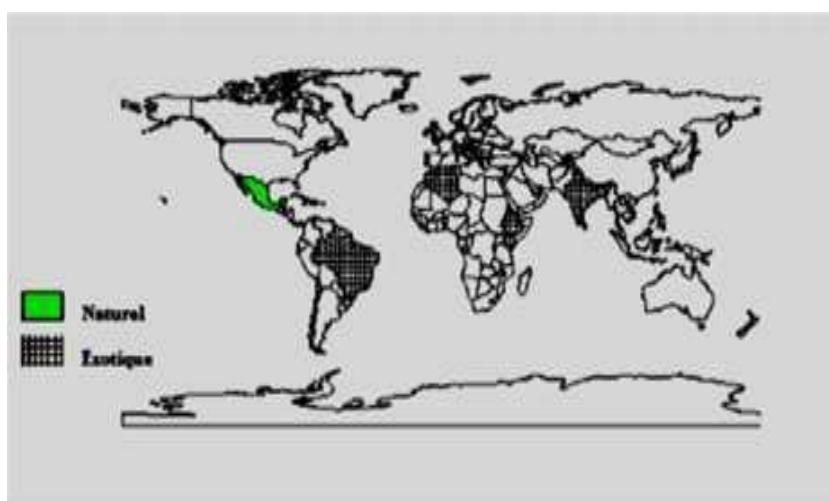
- *Opuntia arcei* Cárdenas
- *Opuntia castillae* Griffiths
- *Opuntia chinensis* (Roxb.) K. Koch
- *Opuntia cordobensis* Speg.
- *Opuntia ficus-barbarica* A.Berger
- *Opuntia incarnadilla* Griffiths
- *Opuntia megacantha* Salm-Dyck
- *Opuntia vulgaris* Mill.

I.4. REPARTITION DANS LE MONDE ET EN ALGERIE

I.4.1 Répartition mondiale

Le genre *Opuntia* est originaire du Mexique (Orwa et al., 2009), introduit du Mexique en Espagne et plus tard au 16^{ème} siècle au Nord et au Sud de l'Afrique (Barbera e al. 1992 ; Nerd & Mizrahi, 1994 ; Felker et al., 2005 ; Kabas et al., 2006 ; Saleem et al., 2006 ; Snyman, 2006).

Sa diffusion fut rapide dans le bassin méditerranéen et s'y est naturalisé au point de devenir un élément caractéristique du paysage (Le Houerou, 1996 ; Erre et al., 2009). Il est par essence développé sur la partie Ouest de la Méditerranée : Sud de l'Espagne, le Portugal, et l'Afrique du Nord (Tunisie, Algérie et Maroc) (Bensalem et al., 2002 ; Arba, 2009).



source : (Orwa et al., 2009)

Figure N° 02 : Distribution géographique du figuier de barbarie.

La figure N°02 distingue l'aire origine, le Mexique et les nouvelles aires de distribution par continent : l'Amérique, l'Europe, l'Asie, l'Afrique, l'Océanie et l'Antarctique

I.4.1.1 En Amérique

Les plus grands secteurs du monde de l'Opuntia cultivé, sont situés dans le nord est Semi-aride du Brésil, avec une prédominance de l'Opuntia ficus indica .Dans Le cadre des projets de la FAO/CIRGP/PNUE sur les ressources génétiques pour L'amélioration de la vie rurale dans les zones arides et semi-arides, ce projet a débuté en 1979, des plantations de cactus inermes destinées au broutement couvrent plus de 300 000ha au nord-est du Brésil. Les densités de plantation sont de l'ordre de 5000 à 150 000pieds /ha (Dos Santos et al, 2001).

I.4.1.2 En Asie

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, fourragère et industriel (Araba et al, 2000).

I.4.1.3 En Europe

Introduite en Europe vers le 15ème siècle (Donkin.,1977). En Espagne, elle a été introduite par les conquistadores (Arba,2000), aux alentours de 1500 (AME,2003). Pedroa De Rivera, dans son voyage vers la nouvelle Espagne nordique au début du 18ème siècle, a rapporté, que dans la direction de San Juan Del Rio, Querétaro, il a trouvé la végétation épaisse de l'Opuntia) (Anaya-pérez ,2001).

En Sicile, l'Opuntia qui occupe de 100 000ha est destinée à la production fruitière et fourragère (Barbera ,1995).

En Italie, il est cultivé sur une superficie de 1000 ha avec des programmes de fertilisation et d'irrigation annuelle (Walali ,1998).

I.4.1.4 En Afrique

En Afrique du sud l'Opuntia épineux couvrait en 1942 une superficie importante avec près de 860.000ha, il a été éliminé par l'introduction délibérée de deux cochenilles; *Cactoblatis cactorum* et *Dactylopus opuntia*; alors que l'Opuntia inerme résistant aux cochenilles, était sélectionné et multiplié dans les zones arides à des fins fourragères (Monjauze, et Le Houerou ,1996). En Afrique du sud, le cactus est considéré comme une mauvaise herbe, en raison de la facilité avec laquelle, il se propage (Mulas,2004).

Egalement, opuntia a été probablement introduit en Ethiopie il y a 150 ans par des missionnaires venus des régions méditerranéennes. Sa diffusion a été ensuite accélérée par les pèlerinages musulmans (Clavel et *al*, 2008).

En outre, dans le cadre des projets de la FAO/CIRGP/PNUE lancé en 1979 près de 200000 ha d'Opuntia inerme ont été planté en Afrique du nord. En plus, Correale (1998) a estimé que 700 000 à un million d'hectares ont été plantés En Afrique du nord et au Proche-Orient,

Au Maroc, sa répartition géographique est assez vaste puisqu'on la trouve aussi bien dans les régions côtières allant de Sidi Ifni jusqu'à Tanger, que dans plusieurs régions continentales. Les meilleures plantations se trouvent dans les zones côtières et plus précisément dans la bande côtière de plus de 10 km de largeur subissant l'influence maritime, la plante y bénéficie en fait du brouillard nocturne et matinal, très fréquent dans cette zone, tout au long de l'année (Boujghagh, et Chajia, 2001).

En Tunisie, la culture de figuier de barbarie a connu un essor très important. Elle a passé d'une superficie de 623 ha exploités par 736 agriculteurs seulement en 2002 jusqu'à 864,75 ha exploités par 818 agriculteurs à la fin de 2006. Les principaux gouvernorats producteurs de figuier de Barbarie sont en premier lieu Nabeul et en second lieu le gouvernorat de Sidi Bouzid. Les autres grandes plantations sont réparties dans la région du Cap Bon et dans le centre du pays (Benabdallah et Daoud , 2018).

I.4. 2. Répartition en Algérie

Selon Piédallu (1990) et Arba et *al*,(2000), en Algérie, les plantations du figuier de barbarie sont réparties dans les hauts plateaux, à Batna, Biskra et Bordj-Bou-Argeridj,

Constantine, sur les hauts plateaux Algérois à 550 mètres, et environs 750 mètres à M'sila, Laghouat et même à 1100 mètres Ain-Sefra.

les mêmes auteurs indiquent que du centre à l'ouest l'Opuntia occupent une superficie dépassent les 25.000 hectares par exemple, on le trouve sur les hauteurs de Chréa, Bouarfa (wilaya de Blida), dans les wilayas de, Boumerdès, Tipaza, Tissemsilt, Chlef, Relizane, Mostaganem, AinTemouchent, Oran, Mascara, Sidi-bel Abbès, Tlemcen, dont la meilleure cueillette des figues de barbarie, est celle qui se réalise sur les hauteurs des montagnes, spécialement en milieu rocailleux.

Il ajoutent aussi qu'à l'exception des montagnes et des zones sahariennes, la culture algérienne du cactus est largement représentée dans le paysage rural en plantation plus au moins régulières, autour des villages, en haies limitant les parcelles de culture ou de vergers. La culture de cactus se trouve parfaitement intégrée dans le système d'exploitation traditionnel.

L'Algérie déploie ces dernières années un effort important pour encourager la culture de la figue de Barbarie, pour son importance socioéconomique et écologique. (Temagoult, 2017).

I.5. DESCRIPTION

Le figuier de barbarie est une plante arborescente qui peut atteindre de 3 à 5 mètres de haut. Son organisation en cladodes, couramment appelés « raquettes », est particulière.

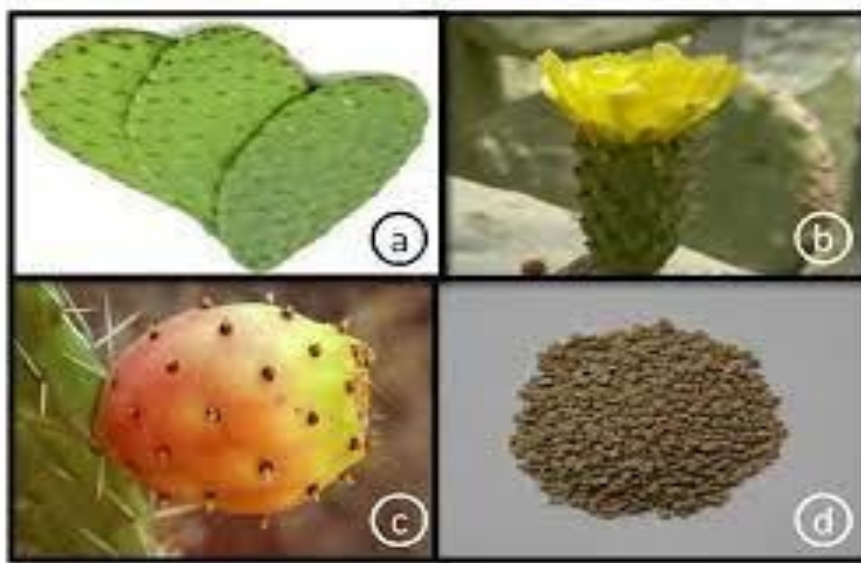
Les cladodes sont des tiges modifiées de forme aplatie, de 30 à 40 cm de long, qui remplacent les feuilles dans leur fonction photosynthétique et dont la surface est parsemée d'alvéoles (Schweizer, 1997; Stintzing et *al.*, 2005 ; Feugang et *al.*, 2006) (figureN°03).

L'appareil racinaire est superficiel, se concentre dans les 30 premiers centimètres du sol, mais en revanche très étendu (Mulas et Mulas, 2004).

Les fleurs sont à ovaire infère, avec de grandes corolles latérales jaunes, orange ou rouges (Schweizer, 1997 ; Reyes-aguero et *al.*, 2006). Un cladode fertile peut porter jusqu'à une trentaine de fleurs. Ce nombre varie selon la position du cladode sur la plante et les facteurs physiologiques (Reyes-aguero et *al.*, 2006) (figure N°03).

Ces fleurs donnent naissance aux fruits ; une grosse baie (100 à 150g) ovale ou allongée et charnue, avec une pulpe juteuse, en générale contenant de nombreuses graines (polysémique). La couleur et la forme du fruit sont variables selon les variétés : jaune, rouge, blanche (Schweizer, 1997 ; Piga, 2004 ; Feugang *et al.*, 2006 ; Reyes-aguero *et al.*, 2006).

Les graines sont dures, indigestes, mais riches en vitamines. On en obtient, après préparation, une huile très recherchée et une farine nourrissante (Schweizer, 1997).



source:(Habibi, 2004 ; Anonyme, 2007)

Figure N°03: figuier de barbarie avec ses cladodes(a), fleurs(b), fruits(c) et graines(d)

I.6. EXIGENCES ECOLOGIQUES DE L'OPUNTIA

Le genre *Opuntia* est xérophyte (Gibson et Nobel, 1986). Il croit principalement dans les zones arides et semi-arides. Sa remarquable variabilité génétique lui procure une forte adaptabilité écologique, ce qui lui permet de vivre sous différentes conditions climatiques (Stintzing et Carle, 2004).

I.6.1 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 (Villax. *EJ*, 1963).

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 maxima doit être égale ou supérieure à 12°C . (Houérou, 1996) .

I.6.2 Exigences édaphiques

Du point de vue pédologique, le figuier de barbarie s'adapte aux terrains sableux ou à l'empâtage moyen, pauvres en substances organiques et superficielles (Barbera ; Carimi ; Inglese ,1993). 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 (Bonifacio ;1961) Par contre, Houérou, (1996), trouve que la croissance de l'*Opuntia* est contrôlée par la nature et le drainage du sol. Les cactus s'accommodent mal à des sols hydromorphes, asphyxiants et trop compacts . (Khouri ,1970 Ouadah. ,1982 Walali , 1995 Kenny ,1998)

En outre, 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 .(Khouri,1970 ; Walali,1995)

I.7. IMPORTANCE AGRO- ECONOMIQUE ET ECOLOGIQUE

L'adaptation du figuier de Barbarie aux conditions désertiques et semi désertiques lui permet de constituer une culture à intérêt écologique et socio-économique indéniable. Il a suscité un regain d'intérêt particulier dans plusieurs pays en raison de cette importance . En effet, ce végétal répond efficacement lorsqu'il est utilisé dans la conservation, la restauration et la valorisation des sols. Il met en valeur les terres marginales et infertiles où d'autres espèces cultivées végétaient difficilement. Il ne demande pas de pratiques culturales spécialisées, ni d'apport de fertilisants, ni de traitement antiparasitaire (Habibi, 2004). Son impact considérable sur le revenu des agriculteurs a fait de cette plante l'une des espèces les plus rentables économiquement.

I.7 .1 Importance écologique

Le figuier de Barbarie est capable de produire de grandes quantités de biomasse végétale même dans les conditions extrêmes. Avec une pluviosité comprise entre 150 et 400 mm/an et en l'absence de fertilisation, la variété inerme peut produire jusqu'à 100 tonnes de raquettes/an (Monjauze et Le Houerou, 1965). Cette production est en fonction des régions (Habibi, 2004).

L'utilisation du cactus pour la protection et la mise en valeur des sols dans les régions arides et semi-arides a été démontrée dans la région de Milpa- Alta en Mexique (Arba et al., 2009 ; Orwa et al., 2009). Cette région a été complètement défrichée pour y introduire des cultures fourragères telles que les maïs. L'échec était total en raison de la faiblesse et de l'irrégularité des précipitations. Ce n'est que par la réintroduction du cactus que toute la région a été remise en valeur sans risque de dégradation environnementale. Les Opuntia, en association avec d'autres espèces ligneuses ont été utilisés avec succès dans un programme de fixation des dunes en Somalie. Les racines étendues de cette espèce sont en mesure d'exercer une action antiérosive efficace en stabilisant les surfaces en pente (Saenz et al., 2004). D'un point de vue pédologique, ce végétal permet l'évolution positive des sols par la biotransformation des racines et des raquettes en substances organiques et donc une plus grande disponibilité en éléments nutritifs (Le Houerou, 1996 ; Mandouri, 2000).

I.7.2 Importance agro- économique

L'adaptation du figuier de barbarie aux conditions désertiques et semi désertiques lui permet de constituer une culture à intérêts écologiques et socio-économiques indéniables. En effet, il constitue un bouclier contre la désertification et l'érosion des sols. il est également cultivé pour la régénération des terres. il ne demande pas de pratiques culturelles spécialisées ni d'apport de fertilisants (Saenz ,2000).

Son impact considérable sur le revenu des agriculteurs a fait de cette plante l'une des espèces les plus rentables économiquement (Habibi ,2004).

Il est capable de produire de grandes quantités de biomasse végétale même dans les conditions extrêmes. avec une pluviosité comprise entre 150 et 400 mm /an et en l'absence de fertilisation, la variété inerme peut produire jusqu'à 100 tonnes de raquettes/ha /an, cette production est en fonction des régions (Manjauze et le Houerou, 2004).

L'importance économique de ce végétal réside dans la production du fruit destiné à l'alimentation humaine et son usage fourrager pour l'alimentation animale, donc il génère des revenus et des emplois au profit des habitants, les raquettes du cactus sont appréciées par le bétail car elles sont riches en eau, en fibres, en protéines et en éléments minéraux (Nefzaoui et.fodder, 2000, et Houérou 2002). Leur consommation permet d'améliorer la saveur du lait et la couleur du beurre (Russel et Felker ,1987).

I.8. INTERET DE LA PRODUCTION DES FIGUER DU BARBARIE

Le figuier de barbarie est une plante très utile pour les régions arides. Ses usage sont multiples et peut prendre plusieurs aspects, soit d'utilisation directe ou indirecte. Divers produits sont issus des raquettes, des fruits et des fleurs de cette plante tels que la confiture de fruit, les édulcorants, les fibres diététiques, les fruits frais, les fruits secs, le jus de raquettes, etc .le tableau ci-dessous résume les principaux usages.

Tableau 01 : Les usages du figuier de Barbarie

Aires commerciales	Usages spécifique
Production alimentaire	Fruits, Nopalitos ,jus de fruits, extraction l'huile des graines
Production d'énergie Alcool, biomasse fraîche.	Alcool, biomasse fraîche
Aliment de bétail	Fleurs pour les diurétique cladodes pour diabètes mucilages
Usage agronomique	Fixation du sol, source d'eau complémentaire brise-vent
Colorants	Bétalanines dans les fruits , acide carminique

Source :(Inglese et al 2003)

I.8.1.Production de fruits et raquettes comestibles

La première importance économique du cactus dans le monde réside dans la production de fruits comestibles (Pimienta-Barrios et al,1993). Ces fruits sucrés et juteux et leur valeur nutritionnelle est semblable à celle de la plupart des fruits comme les oranges, les pommes, les poires, l'abricot, les cerises... etc. (Barbera et al, 1992). Il contient en moyenne 85 % d'eau, 15 % de sucres, 0.3% de sels et moins de 1 % de protéines. C'est une bonne source de vitamine C avec un apport énergétique important. Il est consommé à l'état frais, bouilli dans l'eau ou séché (Pimienta-Barrios, 1993).

Les jeunes raquettes (Nopals ou Nopalitos) de 10-15 cm de longueur sont consommées comme légumes et ingrédients dans la confection des autres préparations alimentaires (Saenz, 2004). Au Mexique, les raquettes du cactus sont consommées en salade en accompagnement d'une viande ou en dessert, en friture ou cuites qui sont conservées dans du vinaigre (Belkacem et Hammiche, 2015).

I.8.2. Production de fourrage pour le bétail

La production de fourrage pour le bétail représente la deuxième importance économique du cactus dans le monde. Il est utilisé depuis longtemps dans l'alimentation du bétail des zones arides et sa production dans ces zones est plus rentable que celle de certaines d'autres espèces fourragères comme le maïs et le sorgho (Russel, 1986). Il est cultivé comme espèce fourragère dans plusieurs pays dans le but d'assurer un stock alimentaire pour le bétail dans le cas d'une situation critique de sécheresse (Pimienta Barrios et al, 1993). Un certain nombre de pays: Mexique, USA, Brésil, Pérou, Chili...etc. produisent des quantités importantes de raquettes en tant qu'aliment pour le bétail (Nobel et al., 1987). Des rendements élevés de 400 à 500 T de matière fraîche par hectare sont obtenus avec une densité élevée de 24 plants/m² (Cortazar et Nobel, 1992). Des études réalisées au Mexique ont montré que la productivité de l'*Opuntia* en matière sèche varie de 12 à 16 tonnes/ha en fonction des régions. En irrigué, cette productivité peut atteindre 30 tonnes/ha. Cela représente une productivité au mètre carré de 1,37 kg/an ce qui fait du figuier de Barbarie l'espèce la plus productive des zones arides (la moyenne pour d'autres espèces est de 0,71 kg/m²/an).

Les raquettes du cactus sont appréciées par le bétail car elles sont riches en eau, en fibres, en protéines et en éléments minéraux (Nefzaoui et Ben Salem, 2000; Le Houérou, 2002). Leur consommation permet d'améliorer la saveur du lait et la couleur du beurre (Russel et Felker, 1987).

D'une façon générale, les tissus des *Opuntia* ont une faible teneur en protéines et en phosphore, ils sont moyennement riches en énergie et très riches en eau (85-90%) et en vitamine A. Ils sont recommandés comme complément de fourrage, surtout en été.

Il est très important de noter que les fruits sont aussi consommables entièrement ou partiellement par les différents animaux.

I.9.AUTRES UTILISATION DU FIGUIER DE BARBARIE

Le figuier de Barbarie est l'exemple typique d'espèce parfaitement convenable pour la mise en valeur des zones arides et semi-arides. Sa culture est peu exigeante en investissement et le revenu qu'elle peut générer est important. En plus, sur le plan environnemental le Nopal, depuis les racines jusqu'à ses épines, appartient aux plantes les plus utilisées dans différents domaines notamment en médecine traditionnelle.

I.9.1. Utilisation médicinale

Dans plusieurs pays les raquettes du cactus sont utilisées pour le traitement de plusieurs maladies. En effet, Habibi, (2004), affirme qu'en Australie et en Afrique du Sud, les « Nopalitos » sont utilisées pour le traitement du diabète. Le mucilage isolé des raquettes permet de réduire le taux de cholestérol dans le sang.

En Afrique du Nord comme au Mexique, on utilisait les raquettes hachées sous forme de cataplasmes dans le pansement des foulures, des entorses et dans la réduction des fractures. Les médecins coloniaux préconisaient l'Opuntia dans le traitement des abcès, des cors, des durillons, des furoncles et de toutes les inflammations digestives et cutanées. La recherche moderne a non seulement confirmé les vertus du Nopal, que la médecine traditionnelle seule reconnaissait jusqu'à nos jours, mais découvre chaque année de nouvelles propriétés (Schweizer, 1997).

I.9.2.Utilisation agronomique

Dans le figuier de Barbarie rien n'est à jeter. Que ce soient les résidus des raquettes ou des fruits, chaque partie de la plante constitue un excellent fertilisant. Par sa présence, l'Opuntia aide à la régénération des sols épuisés par la culture. Il fixe les terrains ravinés par les pluies ou sujets aux éboulements, il stabilise les terres sablonneuses et les dunes des rivages maritimes .

Au Maghreb, aux temps de la Colonie, on utilisait les vieilles raquettes desséchées de l'Opuntia comme fumure des vergers. Pour cela on entassait dans un fossé creusé autour des oliviers, des amandiers, des figuiers vrais des “cladodes” d'Opuntia que l'on recouvrait de terre. Autre méthode : réduits en fragments et mis en terre, tous les Opuntia fournissent un excellent engrais. Il est évident que l'on choisissait de préférence pour cela les déchets

restés après prélèvement manuel ou industriel des parties nourricières, les plants peu vigoureux ou les sujets à fruits médiocres. Autre avantage : la dispersion autour du pied de certaines plantes d'articles d'*Opuntia* broyés, éloigne les parasites et empêche la prolifération des mauvaises herbes.

En plus de leur rôle défensif efficace (Figure N°04), et en plus de son utilité comme pare-feu ((Figure N°05), ces haies ont traditionnellement joué un rôle important dans l'organisation du paysage et l'économie sociale locale comme preuve des droits sur la terre et la possession de la terre dans des pays ou des régions où une possession collective de la terre est dominante, tels que l'Afrique du Nord. Les haies de cactus sont souvent plantées comme preuve de possession de la terre. De plus, elles contribuent au contrôle de l'érosion, particulièrement quand elles sont plantées le long des courbes de niveau (Le Houérou, 2002).



Figure N°04: Formation de haies défensives.



Figure N°05: barrière coupe feux.

I.9.3.Utilisation alimentaire

Les fruits sont appréciés et donnent lieu à plusieurs produits, dont quelques-uns sont connus et d'autres sont récemment développés ou en cours de recherche. La pulpe et le jus sont les utilisations les plus communes et domestiques du figuier de barbarie. Plusieurs études ont été faites sur le jus et ont montré que ce produit a un goût et un parfum agréables. Une autre possibilité est la production des jus concentrés qui manifestent une bonne stabilité microbiologique. La pulpe peut être utilisée pour préparer des gels comme les gels de pomme et cognassiers. La confiture est un autre produit qui peut être préparé à partir du fruit. Elle présente une bonne qualité sensorielle et une stabilité microbiologique. Les fruits déshydratés sont une autre forme comestible du produit, ils peuvent être aussi conservés en boîtes ou congelés (Saenz ,2000).

La couleur des figues de barbarie est due à des bétalaines et aux pigments azotés de couleur rouge ou jaune. Ces pigments peuvent être extraits et utilisés comme additifs dans les préparations alimentaires, dans les domaines pharmaceutiques et cosmétiques. Les pigments naturels rouges ou bétacyanines extraites à partir des plantes sont d'un intérêt croissant comme substituant des teintures rouges synthétiques dans l'industrie agroalimentaire et pharmaceutique (Piga ,2004 ; Fernandez – lopez et *al.*, 2002).

Le figuier de barbarie est utilisé aussi dans la préparation des boissons alcoolisées à partir de la pulpe tamisée (Espirad ,2002).

Le mucilage possède des propriétés visqueuses est utilisé en industrie alimentaire (Sepulveda et *al.*,2007).

En outre, la cochenille est l'un des parasites naturels du nopal, qui si elle n'est pas strictement contrôlée, peut à la longue faire mourir certaines espèces de figuiers de Barbarie. Toutefois, les peuples précolombiens ont su tirer parti de ce nuisible et l'élever en contrôlant sa production et son développement pour le convertir en une précieuse teinture; le rouge, couleur de sang, de vie et symbole du soleil et de la guerre, étant la couleur la plus fréquemment utilisée.

Les Espagnols ont ramené la cochenille *Dactylopius coccus* d'Amérique, pour teindre les tissus en rouge avant l'arrivée des colorants artificiels.

CHAPITRE II
GENERALITES SUR LA
GERMINATION ET LA LEVEE DE
DORMANCE

CHAPITRE II : GENERALITES SUR LA GERMINATION ET LA LEVEE DE DORMANCE

II.1. GERMINATION

II.1.1. Définition

Selon (Gimeno-Gilles, 2009), Après la phase de quiescence, voire de dormance, et lorsque les conditions de l'environnement sont favorables, le développement de l'embryon reprend. L'axe embryonnaire s'allonge alors dans les deux sens. L'hypocotyle, qui présente un gravitropisme négatif, amène le méristème apical et les cotylédons hors de terre ; les cotylédons fournissent les réserves énergétiques qui sont alors mobilisées pour la croissance. Ils verdissent, signifiant l'acquisition de l'activité photosynthétique avant la mise en place des premières feuilles à partir du méristème apical. La radicule possède un gravitropisme positif et permet au méristème racinaire de s'enfoncer pour développer des racines. Elle est la première à se développer au cours de la germination chez les Angiospermes.

Entre le stade de graine sèche quiescente et le développement de la plantule existe une phase transitoire qui se termine lorsque la radicule perce les téguments. A ce moment, la graine est considérée comme germée. La germination donc est définie comme la somme des événements qui vont de la graine sèche à la percée de la radiculaire : cela commence par la prise d'eau ou imbibition (gonflement de la graine) qui permet l'activation métabolique et se termine par la sortie de la radicule hors des téguments de la graine (Morot-Gaudry et al., 2009).

La germination des graines exige des conditions favorables : externes qui sont la disponibilité en eau, en oxygène et une température compatible avec un métabolisme cellulaire actif et internes (la levée de la dormance).

II.1.2. Les types de germination

La germination peut s'effectuer de deux manières, dans la manière la plus courante, la radicule fait émerger les cotylédons ou premières feuilles, la photosynthèse commence alors, et les véritables feuilles se forment, le sycomore et le frêne sont des exemples d'arbres courants qui utilisent ce type de germination (Boualem, 2014). Dans l'autre

manière, les cotylédons demeurent sous le sol, dans la cosse de la semence, et une pousse portant de vraies feuilles sort à travers le sol, le chêne et le marronnier d'Inde en sont des exemples (Kinnet, 1983)

Selon, Meyer et *al* (2004), on distingue deux types de germination au sens large La germination épigée « germination épicotyle »: Au cours de laquelle l'allongement de la tigelle porte les cotylédons au-dessus du niveau du sol ; La germination hypogée «germination hypocotyle »: Au cours de laquelle, la tigelle ne s'allonge pas et les cotylédons restent en terre.

II.1.3. Les conditions de la germination

II.1.3.1. Les conditions externes

II.1.3.1.1. L'eau : est indispensable dans le milieu extérieur en quantité suffisante pour que la graine puisse l'absorber. La quantité de l'eau dépend de la nature spécifique de la graine et de la température. En général, le besoin en eau augmente avec la température (Binet et Brunel, 1968). Un excès d'eau est souvent néfaste à la germination, c'est la raison pour laquelle les semences ne germent généralement pas quand elles sont complètement immergées (Mazliak, 1982).

II.1.3.1.2. L'oxygène : d'une façon générale, la germination exige en effet assez peu d'oxygène (Mazliak, 1982).

II.1.3.1.3. La température : la température influe sur les activités enzymatiques, la perméabilité des membranes et l'entrée d'oxygène.

II.1.3.1.4. La lumière : selon Heller et *al*. (1990), 70 % des graines ont une photosensibilité positive, 25% sont à photosensibilité négative et 5% sont indifférentes.

II.1.3.2. LES CONDITIONS INTERNES

II.1.3.2.1. La maturité : pour qu'une semence germe, il faut qu'elle soit mature et toutes les parties constitutives soient complètement différenciées morphologiquement (Heller et *al.*, 1990).

II.1.3.2.2. La longévité : c'est la durée pendant laquelle les semences restent vivantes et gardent leur pouvoir germinatif. La longévité varie selon les espèces et elle dépend des conditions de conservation, d'humidité et de température (Heller et *al.*, 1990).

II.1.4. Phases de la germination

Selon la figure sous-dessous, la germination comprend trois phases successives :

- **Phase d'imbibition** : C'est un phénomène d'entrée rapide et passive d'eau. Elle pénètre par capillarité dans les enveloppes (Chaussant et Deunff, 1975).
- **Phase de germination** (*stricto sensu*) : C'est une phase très importante car elle conditionne la croissance ultérieure (Côme, 1982).
- **Phase de croissance** : Elle est caractérisée par une augmentation de la respiration et l'entrer d'eau

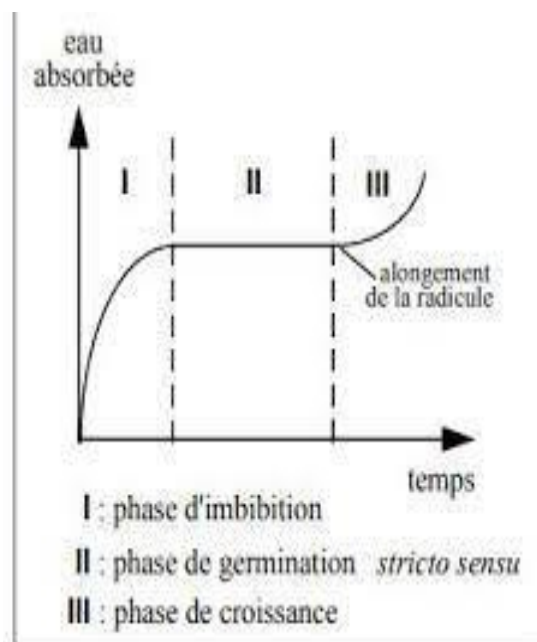


Figure N°05: Etapes de la germination (Meyer et al., 2004)

II.2.LA DORMANCE

II.2.1. Définition

La dormance d'une semence est comme une inaptitude à germer correctement lorsque toutes les conditions de l'environnement sont apparemment favorables, présence d'eau, bonne oxygénation, température ni trop basse ni trop élevée, etc. (Mazliak, 1982).

Cependant Côme (1975), Deux groupes de dormances sont classiquement admis, à savoir l'inhibition tégumentaire et la dormance embryonnaire. Dans le premier cas, les embryons isolés (séparés des téguments) germent très bien dans des conditions de germination où les semences ne germent pas ; il s'agit alors d'une action inhibitrice des enveloppes séminales, qui empêchent le passage de l'eau ou de l'oxygène. Dans le second cas, même isolés, les embryons ne germent pas ; il s'agit alors d'une incapacité des embryons à germer, qualifiée de dormance embryonnaire.

II.2.2. Type de dormance

II.2.2.1. Les inhibitions tégumentaires

Les enveloppes séminales qui entourent l'embryon assurent normalement la protection des graines mais dans de nombreux cas ils constituent des obstacles plus ou moins efficaces au passage de l'eau ou de l'oxygène et leur action sur la germination peut être très importante en jouant un rôle de : Barrière physique = résistance mécanique, imperméabilité à l'eau ; Barrière chimique = piégeage de l'oxygène par des composés phénoliques, présence d'inhibiteurs de germination dans les téguments (Yves Crosaz, 1995).

II.2.2.1.1.L'imperméabilité à l'eau

Il existe des semences qui ne peuvent pas germer parce que leurs enveloppes ne laissent absolument pas passer l'eau, en milieu humide, ces semences ne gonflent pas, restent sèches et résistent à l'écrasement, c'est pourquoi elles sont appelées semences dures, ce fait pendant la phase de déshydratation, en fin de maturation (Yves Crosaz, 1995).

Selon Nokes (1986), pour éviter des traitements ultérieurs destinés à augmenter le taux de germination, il faut récolter très tôt les semences qui n'ont pas encore de téguments

durs. Dans le même sens, Vora (1989) pense que les graines deviendraient plus dures avec le temps.

II.2.2.1.2.L'imperméabilité à l'oxygène

L'imperméabilité des enveloppes séminales à l'oxygène est variable suivant les espèces, c'est en effet la structure anatomique des enveloppes qui détermine leur perméabilité à l'oxygène, Pour les semences non imbibées il existe deux sortes de structures qui ne permettent pas le passage de l'oxygène, une structure non poreuse, où les cellules qui constituent l'enveloppe sont toutes jointives ; une structure poreuse, mais recouverte d'une couche superficielle imperméable, plus les enveloppes sont minces, plus le débit d'oxygène vers l'embryon peut être important (Côme, 1982).

II.2.2.2.Dormances embryonnaires

Selon Baskin et Baskin (1998) la dormance embryonnaire est due à la présence d'un embryon «sous-développé» au moment de la dissémination des graines. Il existe deux types de dormance embryonnaire : La dormance embryonnaire primaire, qui s'installe au cours du développement de la semence ; La dormance embryonnaire secondaire, qui correspond à la perte de l'aptitude à germer lorsque l'embryon à l'état imbibé, est placé dans des conditions incompatibles avec sa germination : températures trop élevées, manque d'oxygène, présence de lumière (Chaussat et *al.*, 1975).

II.3. LA LEVEE DE LA DORMANCE ET GERMINATION

Dans les conditions naturelles l'exposition au froid peut lever la dormance des graines. Artificiellement, elle peut être levée par des traitements physiques (stratification et scarification) ou hormonales (régulateurs de croissance) (Djenidi, 2011). Lorsque des semences, placées dans les conditions habituellement les plus favorables à leur germination, ne germent pas immédiatement, on dit qu'elles présentent un « délai de germination ». La germination peut être seulement différée, elle peut également être impossible sans un traitement préalable convenable des semences réside soit dans l'embryon qui est dormant, soit dans les enveloppes qui inhibent la germination de l'embryon (côme, 1970).

Ce dernier ajoute que lorsqu'on parle de capacité de germination, il faut donc préciser très clairement les conditions de germination et les traitements préalables subis par les semences.

II.3.1. Les conditions naturelles de la levée de dormance

Plusieurs stimuli environnementaux peuvent faciliter la levée de dormance du paramètre qui a le plus d'effet chez le plus grand nombre d'espèces (Geneve, 2003). La levée de dormances tégumentaires s'effectue par l'altération des enveloppes, sous l'effet de d'humidité, plus efficace encore, ou des alternances de gel et de réchauffement (Heller et *al.*, 2000).

Ce dernier ajoute que lorsqu'on parle Les inhibiteurs volatils s'évaporent avec le temps les autres inhibiteurs sont peu à peu lessivés par les pluies. Les dormances embryonnaires sont généralement aussi éliminées par les températures hivernales.

Par ailleurs, l'infestation des graines et l'intervention des microorganismes du sol sans dommage à l'embryon peuvent augmenter la perméabilité du tégument à l'eau et favoriser ainsi la germination des graines dures (Tybirk, 1991).

II.3.2. La levée de dormance artificiellement

Artificiellement, on peut pratiquer la scarification, terme qui désigne, par extension du sens propre (griffure) tout traitement, mécanique ou autre, qui brise ou affaiblit les téguments : décortication, trituration, battage, procédés chimiques (à manier avec discernement pour ne pas léser l'embryon: des bains de quelques instants dans l'éther, l'alcool ou l'eau bouillante sont parfois utilisés) (Heller et *al.*, 2000).

II.3.3. Méthodes de la levée de dormance

II.3.3.1. La scarification physique (chocs thermiques, H₂O à 100°C)

Selon (Hartmann et *al.*, 1997), Au laboratoire, les méthodes les plus utilisées consistent à détruire partiellement les enveloppes de manière à les rendre perméables sans pour autant endommager l'embryon (Tybirk, 1991 ; Peters, 1997). Trois types de traitements sont généralement employés pour scarifier les graines : la scarification mécanique, incluant souvent l'utilisation de papiers sablés ou de lames, la scarification chimique traitement à

l'aide d'acides souvent acide sulfurique, et la scarification thermique à l'eau à 100°C ou températures élevées.

II.3.3.2.La scarification chimique

L'amélioration de la germination des graines pourrait s'expliquer par le fait qu'en scarifiant chimiquement à l'acide sulfurique les téguments des graines permet d'augmenter leur perméabilité à l'air et à l'eau, ce qui favoriserait rapidement le processus de la germination (Soumahoro et al., 2014). Un trempage des semences dans l'eau oxygénée ou l'acide sulfurique suffit pour dissocier les enveloppes sans tuer l'embryon et peut fournir pour certaines graines de bons résultats (Côme 1970; Mbaye et al 2002)

II.3.3.3.La scarification mécanique

Diverses procédés mécaniques sont couramment utilisés dans le but de provoquer des lésions dans les enveloppes séminales comme des incisions manuelles, agitation ou frottement des semences contre des parois rugueuses (Côme, 1970). Ces traitements doivent être maniés prudemment pour ne pas léser l'embryon (Heller et al., 2000). Beaucoup d'auteurs, comme (Mbaye 2002 ; Simon et al, 2010 ; Assongba et al, 2013) ont utilisé ce prétraitement sur diverses espèces de graines à enveloppe dure, ce qui a permis d'augmenter le taux et la vitesse de leur germination.

II.3.3.4.La stratification

La stratification est très utilisée en horticulture. elle consiste faire séjourner les graines pendant un à deux mois dans de la tourbe humide, à une température assez basse, en moyenne 5°C, en pratique entre 1 et 10 °C .cette stratification, qui signifie au sens propre une disposition en couches superposées, a donc, en tant que traitement, la signification d'un séjour au froid humide (Heller et al., 2000).

ce dernier ajout Son action est complexe: elle ramollit les téguments, élimine les inhibiteurs solubles, mais aussi elle agit sur l'embryon, le froid humide, comme nous allons le voir, étant le facteur le plus habituel de levée de dormance de l'embryon.

CHAPITRE III

MATERIELS ET METHODES

CHAPITRE III : MATÉRIELS ET MÉTHODES

III.1. OBJECTIF

L'objectif de notre travail a porté sur des essais de germination des graines de figuier de barbarie afin de déterminer la bonne méthode pour la levée de dormance et d'apprécier quelques paramètres pour avoir les meilleurs délais de germination.

III.2. MATERIEL VEGETAL

Le matériel végétal utilisé dans notre expérimentation est des graines de figuier de barbarie, récolté au mois Aout 2019 dans la wilaya de Tissemsilt (plus précisément les montagnes de Bordj Bou naama) .

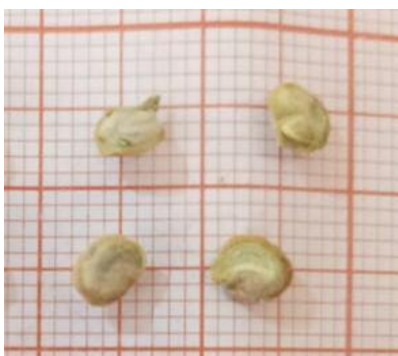


Figure N°06: graine du figuier de barbarie

III.3. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Cette expérimentation a été menée par un dispositif de type randomisation total comprend un seul facteur étudié : méthodes de la levée de dormance des graines du figuier de barbarie, il est composé de cinq (5) niveaux cités sous-dessous :

- **T0** : Témoin (sans aucun traitement)
- **T1** : Trempage dans l'acide sulfurique pur (98%) pendant 60min.
- **T2** : Scarification mécanique des graines.
- **T3** : Trempage dans l'eau chaude (100°C) pendant 30 min.
- **T4** : Stratification des graines à froid (- 4°)

En plus chaque traitement est conduit en quatre répétitions, ce qui fait 20 unités expérimentales.

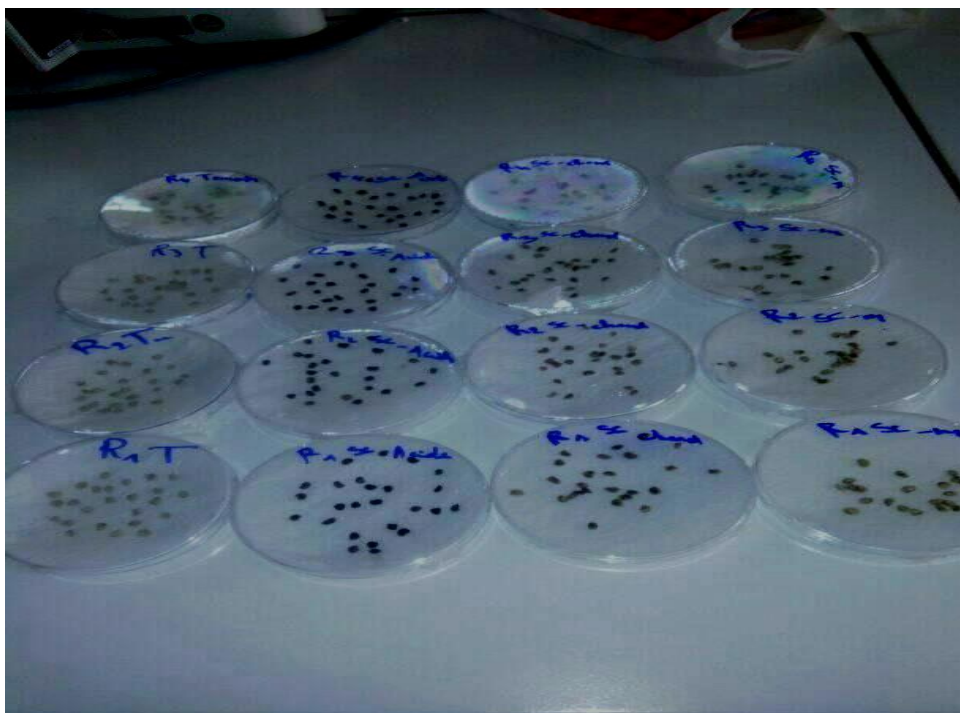


Figure N°07 : Dispositif expérimental de test de germination des graines figuier de barbarie

III.4. METHODES DE PREPARATION DE DIFFERENTS TRAITEMENTS

Il est très important de noter que nous avons réalisé préalablement un essai de pérégination afin de confirmé l'état de dormance de cet espèce.

Il existe plusieurs traitements qui ont lieu sur les graines avant d'être mise à germer. Certains de ces traitements sont effectués dans le but d'adoucir ou d'assouplir le couvert semencier afin de faciliter l'entrée d'eau et de gaz à travers celui-ci. Voici une brève description de ces transactions :

- 1) **Témoin** : (sans traitement) .
- 2) **Traitement avec H_2SO_4** : les graines ont été trempées dans une solution d'acide sulfurique à 98 % pendant 60 min. ensuite, elles ont été rincées abondamment à l'eau de robinet.
- 3) **Traitement avec scarification mécanique**: la scarification mécanique a été réalisée en pratiquant une casse partielle au niveau de la coquille grâce d'un outil très aigu, en respectant l'intégrité de la graine.

- 4) Traitement avec l'eau bouillante :** les graines trempées dans l'eau bouillante à 100°C pendant 30 min suivit par un trempage à l'eau froid au moins 10°C pendant 5 min.
- 5) Traitement avec stratification à froid :** les gaines sont mises dans le sable mouillé et disposé au congélateur pendant 30 jours à - 4°.

III.5. LA MISE A GERMINATION

Tout d'abord, pour confirmer l'état de dormance de notre graine, nous avons réalisé un essai germination de 30 graines mise à une température ambiante (variait de 30-35°C) pendant 18 jours, dont on a obtenu la germination de deux graines uniquement.

Les graines sont préalablement désinfectées par l'eau de javel à 10% afin d'éliminer toutes sortes de contamination, ensuite sont séchées et mises dans des boîtes pétri à raison de 25 graines chacune, et mise à températures de 25°C (mois de mars)

La méthodologie de cette partie de l'étude consiste à placer les graines dans des boîtes Pétri sur du papier filtre, à raison de 25 graines par boîte. Les boîtes sont ensuite placées dans une étuve à une température de 25°C.

III.6. LES PARAMETRES MESURES

III.6.1. Le taux de germination

C'est le nombre des graines germées par rapport au nombre de graines mises en germination ; une graine est considérée germée lorsqu'elle émet une radicule et une gemmule.

Le temps moyen de germination (TMG): c'est le temps au bout duquel on atteint 50% des graines germées (Côme, 1970).

III.6.2. La cinétique de germination

La cinétique de la germination correspond aux variations dans le temps du taux de germination des graines dans les conditions de l'expérimentation.

III.6.3. Indice de vigueur

C'est déterminé par la formule développée par Jain and Saha (1971), il permet de calculer le pourcentage de vitalité des graines mises à germer selon la formule ci-dessous.

$$\text{Indice de vigueur} = [a/1 + b/2 + \dots + z/n] \times 100/S$$

Où a est le nombre de graines germées au 1er jour ; b est le nombre de graines germées au 2ème jour ; z est le nombre de graines germées au 8^{ème} et dernier jour ; n est le nombre total de jours ; S est le nombre total de graines.

III.6.4. Vitesse de germination (durée médiane)

La vitesse de germination peut s'exprimer par la durée médiane de germination (SCOTT et al., 1984) ou par le temps moyen de germination (le temps au bout duquel on atteint 50% des graines germées) (COME., 1970). La vitesse ou temps de germination : c'est le temps moyen de germination (T.M.G. en jours) qui représente l'inverse x 100 du coefficient de KOTOWSKI(CV). Le temps moyen de germination, s'exprime de la façon suivante :

$$\text{TMG} = 1 / \text{CV} \times 100 \quad \text{CV} = \Sigma n / \Sigma (n.jn) \times 100$$

- n : le nombre des semences germées au temps T1;
- j : jour
- jn : nombre de jour après l'ensemencement.

III.7. ANALYSE STATISTIQUE

Les données relatives à chaque essai ont fait l'objet d'une analyse de variance à un seul facteur de classification à l'aide d'un logiciel Stat Box 7. Les moyens de traitements pour chaque expérience ont été comparés en utilisant le test de Duncan au seuil de probabilité de 5%.

CHAPITRE IV

RESULTATS ET DISCUSSIONS

CHAPITRE IV: RESULTATS ET DISCUSSION

IV.1. RESULTATS

IV.1.1. Cinétique de germination

Eu égard aux différentes traitements des graines, l'allure de la période de germination est schématisé dans la figure ci-dessous.

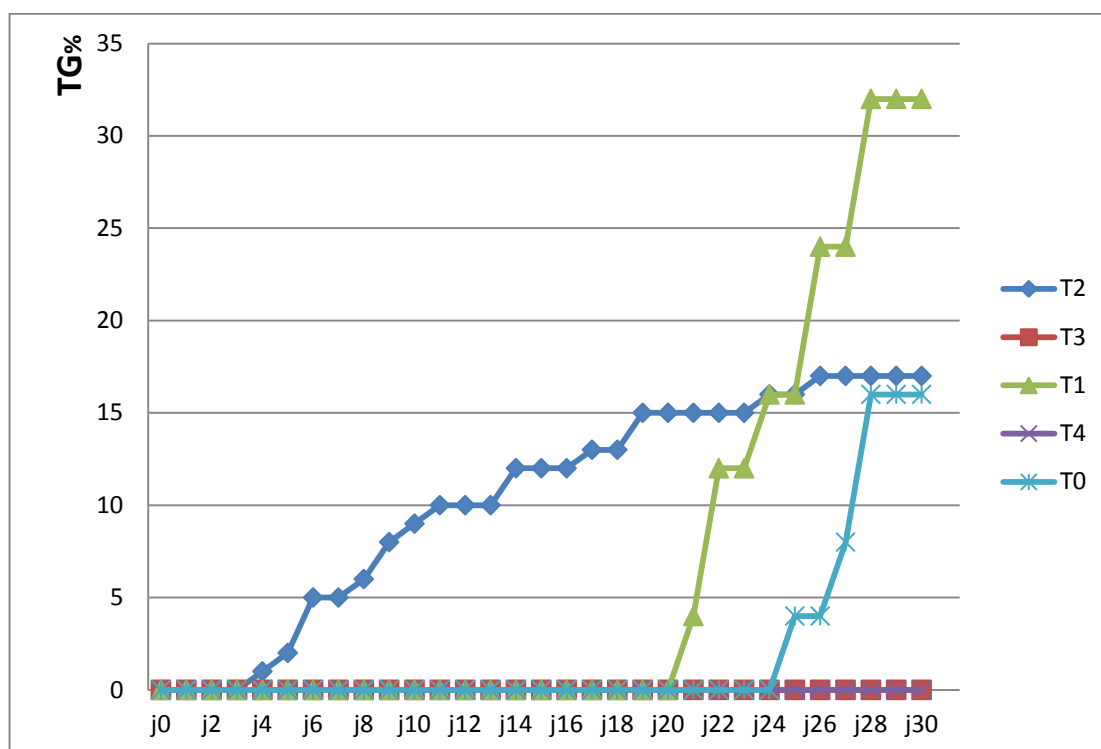


Figure N°08: Evolution de germination en fonction du temps.

En ce qui concerne le nombre des jours nécessaire pour le démarrage de germination chez les différents traitements, les résultats obtenus (Figure N°08), nous permettent d'enregistrer que le T2 (scarification mécanique) commence à germer dès la 3^{ème} jour, tandis que le T1 (scarification chimique) ne commence à germer qu'à partir du 20^{ème} jour ; par contre, c'est à partir du 24^{ème} jour que la germination démarre au niveau de T0 (témoin)

IV.1.2.taux de germination

L’analyse de la variance (annexe 01) des résultats obtenus montre qu’il existe un effet hautement significatif ($P \geq 0,002$) de différents prétraitements sur le taux de germination.

Tableau N°02: Effet des prétraitement appliqués sur le taux de germination.

	T1	T2	T3	T4	T0
Moyenne %	18,00	17,00	8,00	0,00	4,00
Ecart-types	± 8,33	± 6,00	± 7,30	± 0,00	± 3,27
Groupe	A	A	A B	B	B

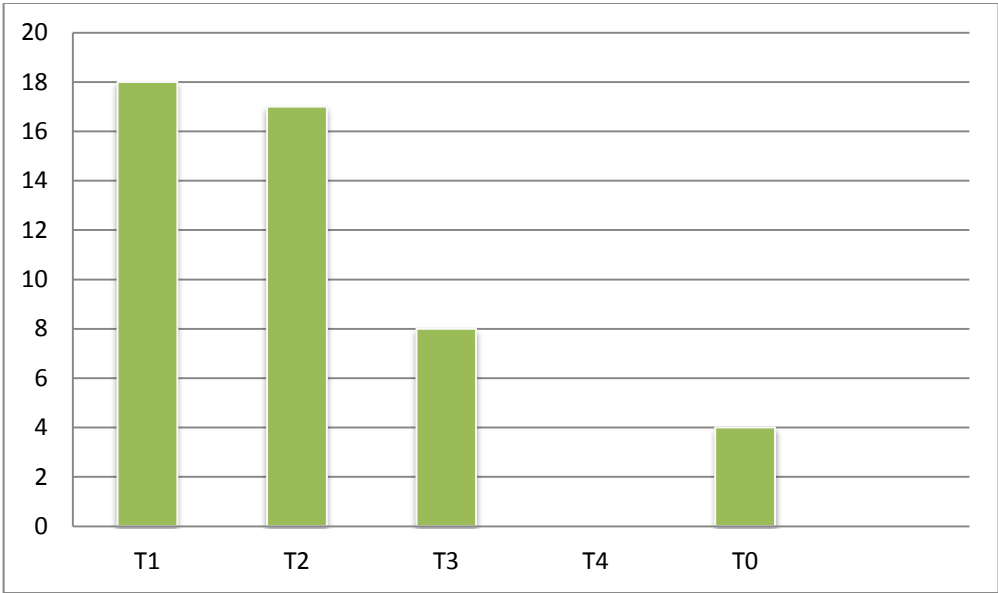


Figure N° 08: les taux de germinations obtenues en fonction des prétraitements appliqués.

En comparaison avec le T0 (4%), les données enregistrées démontrent que les résultats les plus performants sont celles de T1 et T2 respectivement 18% et 17% ; tandis que, les résultats de T3 sont un peu plus important que le T3 (8%) ; par contre, les graines traitées par l’eau froide T4 enregistrent un résultat nulle.

IV.1.3. Indice de vigueur

D’après l’analyse de la variance obtenue (annexe 02), il existe un effet significatif ($P \geq 0,002$) des différents prétraitements sur l'indice de vigueur.

Tableau N°03: Effet des prétraitements appliqués sur l'indice de vigueur .

	T1	T2	T3	T4	T0
Moyenne	1.118	0.458	0.348	0.00	0.1
Ecart-types	± 0.79	± 0.26	± 0.26	± 0.00	± 0.12
Groupe	A	AB	A B	B	B

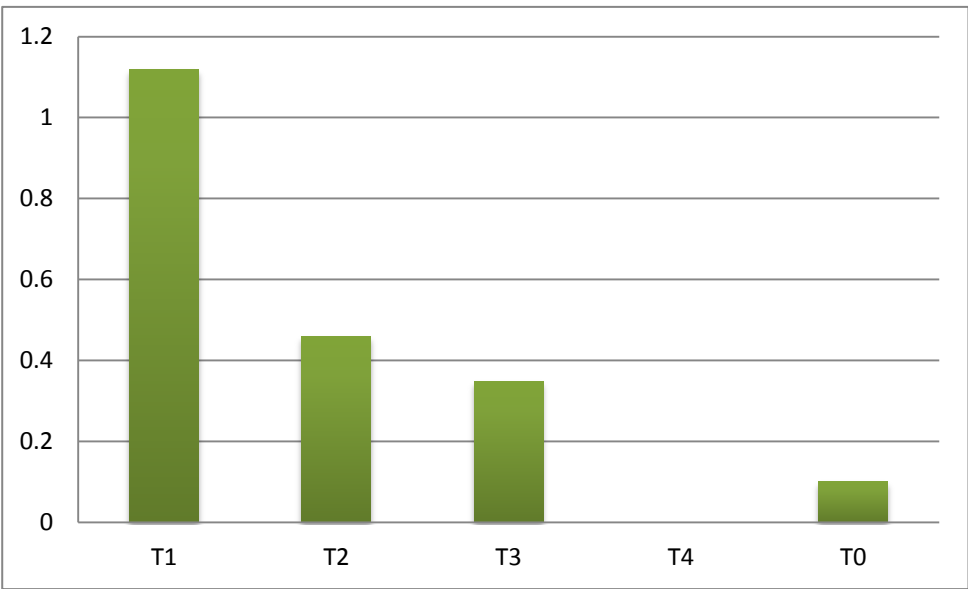


Figure N°10: L’indice de vigueur obtenue en fonction des prétraitements appliqués.

Ces données démontrent que le résultat (figure n°10) le plus performant est celui de scarification chimique (T1) 1,187, suivi par les prétraitements à l’eau chaude (T3) et à la scarification mécanique (T2) respectivement avec 0,458 et 0,348 ; tandis que la stratification froide T4 et le témoin (T0) enregistrent les plus faible valeurs est faible respectivement 0,1 et 0.

IV.1.4. Vitesse de germination (durée médiane)

D’après l’analyse de la variance obtenue (annexe03), il existe un effet significatif ($P \geq 0,01$) des différents prétraitements sur la vitesse de germination.

Tableau N° 04: Effet des prétraitements appliqués sur la vitesse de germination

	T1	T2	T3	T4	T0
Moyenne	11,908	5,06	9,123	0	19,56
Ecart-types	$\pm 5,002$	$\pm 3,573$	$\pm 10,387$	± 0	$\pm 13,114$
Groupe	A	AB	A B	AB	B

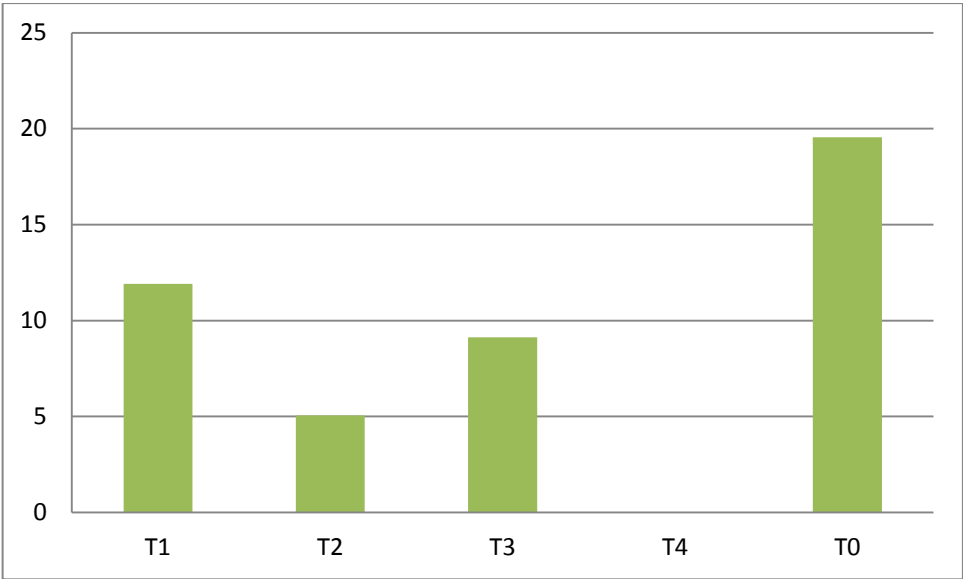


Figure N°12: vitesse de germination en fonction des prétraitements appliqués.

D’après notre résultats (tableau n°4), on note une vitesse de germination variable d’un traitement à l’autre, mais la valeur la plus élevée est celle de T0 avec 19,56 , suivi par T1 avec 11,908 et T3 avec 9,123. Cependant, les autres traitements enregistrent des valeurs très faibles.

IV.2. DISCUSSION GENERALE

Pour mettre ces résultats sous la lumière des critiques scientifiques, nous notons préalablement que la dormance des semences est déterminée par plusieurs facteurs tel que la déshydratation, la teneur en oxygène (Esashi et al 1979 ; Muscolo et al 2001 ; Chen et al 2007)., Le reste est déterminé par les qualités internes des graines elles-mêmes dont le métabolisme, la teneur de certains régulateurs de croissance ainsi que la présence de certaines substances inhibitrices de germination au niveau du tégument empêchant et retardant le phénomène de l'imbibition qui est la première étape de l'induction du processus de germination (Teketay, 1998).

De nombreuses expériences concernant le traitement des semences font ressortir que le facteur temps est un facteur important pour l'induction d'une bonne activité germinative. En effet, l'évaluation de l'aptitude germinative ne dépend pas seulement du pourcentage de germination atteint mais aussi de sa vitesse ainsi que de son évolution au cours du temps (Poorter 1999 ; Norden et al 2009).

En plus, la vitesse de germination des graines dépend de la récolte des graines à différents moments de l'année, résultant d'une propriété biologique très cruciale pour une adaptation aux conditions de l'environnement (Diatta et al 2008).

Ces deux facteurs paramètres (le pourcentage de germination et la vitesse de germination) sont nécessaires pour une bonne production de pousses par les graines, ils sont souvent utilisés pour déterminer le succès d'un prétraitement sur la levée des dormances qu'elles soient de nature tégumentaire ou embryonnaire (Vázquez- Yanes et Smith 1982 ; Blakesley et al 2002).

D'une manière plus précise, nos résultats montrent que les meilleurs taux de germinations sont celles de la scarification mécanique et la scarification chimique avec un taux de 18% et 17% respectivement. Ce qu'est peut être comparable avec le travail achevé par Altare (2006), qui a testé, sur des graines fraîches d'*Opuntia ficus-indica*, des combinaisons de traitement à l'acide sulfurique concentré pendant des temps différents, et incubées dans l'eau distillée, ou dans l'eau oxygénée, avec des résultats donnés après 30, 40 ou 60 jours d'incubation (H_2SO_4 95 % 10 ou 30 min. à 40 jours TG 40%) et autres expériences (H_2SO_4 5 min. + H_2O_2 5 % à 30 jours avec de TG 85,3 %), (*Opuntia ficus*

indica H₂O₂ 5 % pendant 60 jours avec de TG 32 %),(*Opuntia ficus indica* Réactif de Schweizer 30 min. + H₂O₂ à 30 jours avec de TG 60%).

Dans ce sens, plusieurs auteurs démontrent que la scarification chimique a permis le ramollissement des téguments des graines en favorisant la germination (Jaoudi et al., 2000).

Plus exacte, l'amélioration de la germination des graines pourrait s'expliquer par le fait qu'en scarifiant chimiquement à l'acide sulfurique les téguments des graines permet d'augmenter leur perméabilité à l'air et à l'eau, ce qui favoriserait rapidement le processus de la germination (Soumahoro et al., 2014). Un trempage des semences dans l'eau oxygénée ou l'acide sulfurique suffit pour dissocier les enveloppes sans tuer l'embryon et peut fournir pour certaines graines de bons résultats (Côme, 1970).

Egalement, la scarification mécanique entraîne l'imbibition rapide du tégument des graines et l'entrée d'eau dans les réserves ce qui permet la sortie rapide de la radicule et le déclenchement des réactions métaboliques de l'embryon et des cotylédons (Ahoton et al., 2009). Ce procédé mécanique peut réussir si il y a présence d'arille et de couche subcuticulaire, le fait d'enlever une partie du manteau peut s'avérer déterminant si on soupçonne la présence d'inhibiteurs. Mais pas toujours (Godinez, 1998).

En ce qui concerne, le traitement avec l'eau chaude, nous n'avons enregistré que 8% de germination, ce qui est double de témoin 4% . ceci est confirmé avec Godinez (1998) a testé le trempage des graines de huit espèces (*Opuntia puberula*, et d'autres) dans l'eau pendant 12, 24 ou 48 heures, sans constater d'augmentation significative du taux de germination, par rapport aux graines semées sans imbibition.

Par ailleurs, ces résultats sont en contradiction avec celle de Orozco-Segovia (2007), qui indique que bien souvent, le trempage ou le lavage des graines dans l'eau, permet de dissoudre les éléments inhibiteurs de l'enveloppe. C'est le cas de *Opuntia phaeacantha* (lavage pendant 16 heures, 70% de germination), *O. lindheimeri* (trempage pendant 9 heures, 45 % de germination), *O. rastrera* (trempage pendant 120 minutes puis 5 rinçages de 20 minutes, 40 %) (Mandujano 2005).

D'autre coté, la stratification froide, nos résultats corresponde exactement à celles de Zimmer in Rojas-Aréchiga (2000), qui déclare que cette technique n'a pas efficace pour certaines espèces.

En outre, la comparaison de nos résultats avec les autres travaux nous amené de dire que les faibles valeurs obtenues peuvent être due à l'une ou de l'ensemble des causes suivantes :

- la longue durée de conservation des graines « 18 mois » (en comparaison avec les résultats de Altare (2006), qui a travailler sur des graines fraîches).
- la durée de trempage n'est pas suffisante pour éliminer la dormance, car l'eau bouillante consiste à immerger les graines dans 4 à 10 fois leur volume d'eau bouillante (100°C), à arrêter le chauffage et à les laisser tremper dans l'eau qui se refroidit progressivement pendant 12 à 24 heures (Delwaulle, 1979).
- Le risque de dommage aux température élevée (100°C), ce qui est confirmé par Clemens et al., (1977), qui montrent qu'un trempage dans de l'eau chaude (entre 60 et 90°C) est aussi efficace que le trempage à 100°C, mais il y a moins de risques de dommages que aux températures élevées.
- les graines ne cassent pas bien (traitement mécanique).

CONCLUSION

CONCLUSION

Dans le but de la mise en valeur de patrimoine national des espèces végétales négligées, et dans le but de la recherche des solutions aux nouvelles contraintes écologiques et économiques, Cette étude est un pas sur le chemin de la découverte de la multiplication sexuée de figuier du barbarie *Opuntia ficus-indica* Mill (L.).

L'objectif précis de cette étude est la connaissance de l'état de dormance des graines de cette espèce et la détermination de la meilleure méthode de la lever.

Ce travail nous a permis de dire que la difficulté de germination des graines de figuier du barbarie est due aux inhibitions tégumentaires (dormance tégumentaire) responsable de l'imperméabilité à l'eau et à l'air.

Dans nos conditions expérimentales, la germination est apparaît mieux chez les graines à scarification chimique (trempage à l'acide sulfurique) (18%) et les graines scarification mécanique (17%), et faible chez les graines traitées avec l'eau bouillante 8%, et nulle pour la stratification froide.

Sous la lumière de ces résultats nous suggérons d'approfondir ces études à fin d'envisager la méthode la plus efficace pour atteindre un taux de germination plus important, en prend en considération les facteurs suivants :

- la durée de conservation des graines la plus courte possible,
- la durée de trempage la plus efficace,
- la combinaison entre les différents traitements (surtout l'acide sulfurique et l'eau oxygénée).

LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

LA LISTE DES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Agence Méditerranéenne de l'Environnement ,(2003).** « Plantes envahissantes de la région méditerranéenne», Fichier N°12 "Opuntia spp. Oponces ou figuier de Barbarie» Agence Régionale Pour l'Environnement Provence-AlpesCôte d'Azur , p51
- **Altare M, Trione S, (2006).** « Journal of the Professional Association for Cactus Development», 8 :91-100
- **Anaya-Pérez. M.A,(2001).** «History of the use of Opuntia as forage in Mexico», In: Mondragon. J.C et Perez-Gonzalez. S, (Eds.), Cactus (Opuntia spp.) as storage. Rome, Italy, FAO, pp 5-
- **Araba A, El Aich A et Sarti B, (2000).** Valorisation du figuier de Barbarie en élevage», Bultten Mensuelle d'Information et de Liaison du PNTT N° 68 , p 1- 4.
- **Araba,(2009).** le cactus opuntia, une espèce fruitière et fourragère pour une agriculture durable au Maroc''p215-223.
- **Arba M, El aich A, Sarti B, Belbahri L, Boubekraoui A, Zemmouri A et Sbaa H, (2000) .**Valorisation du figuier de barbarie en élevage. Bull. Mens.Inf.et de liaison du PNTTA ,68 : p1-4.
- **Assongba F, Djègo J et Sinsin B, (2013).** Capacité de germination de Dialium guineense willd (Fabaceae) une espèce Agroforestière. Journal of Applied Biosciences 62,p 4566 – 4581.
- **Assongba Y, Djègo G et Sinsin B,(2013).** « Distribution des habitats de Dialium guineense (willd)(Fabaceae: Caesalpinioideae) dans les phytodistricts Est du Sud-Bénin. *Bulletin scientifique de l'Institut national pour l'environnement et la conservation de la nature*», 12, p1-16.
- **Barbera G, Carimi F et Inglese P,(1992) .**« Past and present role of the Indian-fig prickly-pear (Opuntia ficus-indica (L.) Miller, Cactaceae) in the agriculture of Sicily». *Economic botany*, 46(1),p 10-20.
- **Baskin C et Baskin J,(1998).** « Seeds: ecology, biogeography, and, evolution of dormancy and germination. Elsevier»
- **Belkacem S et Hammiche H, (2015).** « Une ressource territoriale à valoriser: cas du figuier de barbarie (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri)
- **BENABDALLAH H et DAOUD N,(2017).** Effet du stress salin sur le comportement de quelques écotypes du figuier de barbarie (Opuntia ficus indica Mill.) dans la région de Hodna (Doctoral dissertation, Université Mohamed BOUDIAF de M'Sila)
- **Benattia F, Arrar Z et Dergal F, (2018) .**«Chemical composition and nutritional analysis of seeds cactus (Opuntia ficus-indica. L) ». *Curr Nutr Food Sci*, 14, 1-7p.
- **Bensalem W, Datta A et London D, (2002) .**« New-physics effects on triple-product correlations in Λ b decays». *Physical Review D*, 66(9), 094004.
- **Bhira Oumaya(1956).** Potentialités Thérapeutique d'opuntia ficus indica en Maroc et enTunisie, thèse pour l'obtention du doctorat en pharmacie, , pp171.

- **Blakesley D, Elliott S, Kuarak C, Navakitbumrung P, Zangkum S et Anusarnsunthorn V, (2002)** .« Propagating framework tree species to restore seasonally dry tropical forest: implications of seasonal seed dispersal and dormancy». *Forest Ecology and Management*, 164(1-3), p31-38.
- **Boujghagh M et Chajia L,(2001).** « Le cactus: outil de gestion de la sécheresse dans le Sud Marocain. Terre et Vie», 52:p 1-7.
- **Buttay F,(2018.**« Histoires véridiques de l'imposteur Giorgio del Giglio, qui renia la foi chrétienne et prétendit servir Soliman le Magnifique». Éditions Payot.
- **Buttay, Cyril, Martin, Christian, Morel, Florent, et al.** Application of the PCB-embedding technology in power electronics–State of the art and proposed development. In : *2018 Second International Symposium on 3D Power Electronics Integration and Manufacturing (3D-PEIM)*. IEEE, 2018. p. 1-10.
- **Chaussant R et Le Deunff Y,(1975).** « La germination des semences .Ed. Bordars, Paris, 232p.
- **Chen Y et Li Q,(2007).** « Prediction of apoptosis protein subcellular location using improved hybrid approach and pseudo-amino acid composition. *Journal of theoretical biology*, 248(2), p377-381.
- **Clavel D, Barro A , Belay T, Lahmar R, Maraoux F,(2008)** .« Changements techniques et dynamique d'innovation agricole en afrique sahelienne: le cas du Zaï mécanisé au Burkina Faso et de l'introduction d'une cactée en Ethiopie». *La revue en sciences de l'environnement*, Vol8 no3, décembre.10p
- **Côme D, (1982)** . « Germination (Chapitre 2), dans Croissance et développement - Physiologie Végétale II, Collection des Méthodes, Herman, Paris, pp : 129-225.
- **Correale G,(1998).** «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,.
- **Crosaz Y, (1995), Yves.** Le matériel végétal: un outil pour la protection des sols. *Bulletin du réseau Érosion*, vol. 5, p. 449-460.
- **DeFelice L,(2004).** « Transporter structure and mechanism. *TRENDS in Neurosciences*, 27(6),p 352-359.
- **Diatta M, Hennig B, Fielding K , Broxholme J, Mendy M, Moore C et Hall A, (2008).** « Host genetic factors and vaccine-induced immunity to hepatitis B virus infection. *PloS one*, 3(3), e1898.
- **Djenidi L, Antonia R, et Rajagopalan S,(2011 December).** Spectrum of a passive scalar in stretched grid turbulence at low Reynolds numbers. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 318, No. 5, p. 052046). IOP Publishing.
- **Dos Santos D et de Albuquerque S, (2001).** «Fodder use in the semi-arid northeast of Brazil» In: Mondragon. J.C et Perez-Gonzalez. S, (Ed.). «Cactus (Opuntia spp) as forage» ,F.A.O. plant production and protection paper 169, FAO, Rome Italie, pp 37–49.
- **Dubeux J, Ferreira dos Santos M, de Andrade Lira M, Cordeiro dos Santos D, Farias I, Lima L, Ferreira R,(2006).** « Productivity of Opuntia ficus-indica under different N and P fertilization and plant population in north-east Brazil». *J.Arid.Envir.*, 67:p 357- 372.

- **Erre P, Chessa I, Nieddu G et Jones P,(2009).** « Diversity and spatial distribution of *Opuntia* spp. in the Mediterranean Basin». *Journal of Arid Environments*, 73(12), p1058-1066.
- **Esashi Y, Ohhara Y, Okazaki M et Hishinuma K,(1979).** « Control of cocklebur seed germination by nitrogenous compounds: nitrite, nitrate, hydroxylamine, thiourea, azide and cyanide». . *Plant and Cell Physiology*, 20(2),p 349-361.
- **FAO et ICARDA,(2018).** « ILB 938, a valuable faba bean (*Vicia faba* L.) accession». . *Plant Genetic Resources*, 16(5),p 478-482.
- **FAO, (2000).** «Share of the semester, recommendation of the fourth international congress on cactus pear and cochineal and the fourth general meeting of the FAO international technical cooperation on cactus pear (cactusnet- FAO)», Hammamet Tunisie/Octobre 23-27, , *Cactus Net Newsletter*, FAO international technical cooperation net work on cactus, issue N° 6, June 2002, pp 17-19.
- **FAO,(2001).** « *The State of Food and Agriculture 2001* (No. 33). Food et Agriculture Org».
- **Felker P, Rodriguez S, Casoliba R , Filippini R, Medina D et Zapata R,(2005).** « Comparison of *Opuntia ficus indica* varieties of Mexican and Argentine origin for fruit yield and quality in Argentina». *Journal of Arid Environments*, 60(3),p 405-422.
- **Feugang J, Konarski P, Zou D, Stintzing F et Zou C,(2006).** Nutritional and medicinal use of Cactus pear (*Opuntia* spp.) cladodes and fruits. *Front Biosci*, 11(1), p2574-2589.
- **Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO, (2001).** Cactus (*Opuntia* Spp.) as Forage». Rome, Italie : Food & Agriculture Org. 3p.
- **Geneve R,(2003).** Impact of temperature on seed dormancy. *HortScience*, 38(3), p336-341.
- **Godinez-Alvarez H et Valiente-Banuet A, (1998).** *Journal of Arid Environments*, 39 : p21-31
- **Habibi Y, Heyraud A, Mahrouz M et Vignon M , (2004).** « Structural features of pectic polysaccharides from the skin of *Opuntia ficus-indica* prickly pear fruits». *Carbohydrate Research*, 339(6),p 1119-1127.
- **Hartmann T, Bieger S, Brühl B, Tienari P, Ida N, Allsop D et Beyreuther K, (1997).** « Distinct sites of intracellular production for Alzheimer's disease A β 40/42 amyloid peptides». *Nature medicine*, 3(9), p1016-1020.
- **Heller A,Olson H, Betton G, Robinson D, Thomas K, Monro A et Kolaja G ,(2000)** « Concordance of the toxicity of pharmaceuticals in humans and in animals». *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 32(1), p56-67.
- **Imago Mundi,(2012).** Disponible sur : [http://www.cosmovisions.com/\\$Mexico.htm](http://www.cosmovisions.com/$Mexico.htm)
- **Inglese P , Barbera G et Carimi F,(1994).** « The effect of different amount of cladodes removal on re.owering of cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L miller) ‘, *Journal of Horticulture Science* 69, ,pp 61 -65.

- **Inglese P, Barbera G et La Mantia T, (1995).** « Research strategies for the improvement of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruit quality and production». *J.Arid. Envir.*, , 29:p 455-468
- **Inglese P,(1995).** « Orchard planting and management. Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear. Plant Production and Protection». FAO. Paper 132:p 78–91.
- **Jaoudi T,(2000).** « Evolution of the Tunisian's food habits.*Economie et Développement (France).*
- **Kabas O, Ozmerzi A et Akinci I,(2006).** «Physical properties of cactus pear (*Opuntia ficus india* L.) grown wild in Turkey. *Journal of food Engineering*, 73(2), p198-202.
- **Kenny L,(1997).** «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), Rabat (Maroc), BTT n°35,. www.espaces-marocains.com.
- **Kouri M, (1970).** (*Opuntias*, bilan écologique en Algérie), INRA et CAREF , Janv. p59.
- **Le Houérou H et Froment D, (1966).** Définition d'une doctrine pastorale pour la Tunisie steppique. *Bull. Ec. Nat. Sup Agron*, 10(11), 72-152.
- **Mace B,(2003).** Statistical energy analysis, energy distribution models and system modes. *Journal of sound and vibration*, 264(2), p391-409.
- **Mahmoudi F,(2000).** «Détermination de la composition chimique et mesure de la digestibilité des raquettes terminales et sub-terminales de l'Opuntia ficus-indica dans l'alimentation des ruminants», Thèse. Ing. Inst. d'Agro. Mostaganem. Dépt. Zootechnie, p65
- **Mandujano M, Montaña C et Rojas-Aréchiga M, (2005).** Breaking seed dormancy in *Opuntia rastrera* from the Chihuahuan desert. *Journal of Arid Environments*, 62(1), 15-21.
- **Mazliak P, 1982.** Croissance et développement. Physiologie végétale II. Hermann Ed, Paris, Collection Méthodes, 465p
- **Mbaye H ,Marks G et Haesly R ,2002.** « What do subnational offices think they are doing in Brussels?. *Regional & Federal Studies*, 12(3),p 1-23.
- **Meyer, Peter F., Oddsson, Lars IE, De Luca and Carlo J , 2004.** Reduced plantar sensitivity alters postural responses to lateral perturbations of balance. *Experimental brain research*, , vol. 157, no 4, p 526-536.
- **Monjauze A et Le Houérou H, 1966.** «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, pp 85-164.
- **Mulas M et Mulas G, 2004** «Potentialités d'utilisation stratégique dans des plantes 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., p112

- **Mulas et Mulas, 2004.** potentialités d'utilisation stratégique des plants des genres *Artiplex* 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), 112p
- **Muscolo A, Panuccio M, et Sidari M, 2001.** The effect of phenols on respiratory enzymes in seed germination. *Plant Growth Regulation*, 35(1), p31-35.
- **Neffar S, 2012.** Etude de l'effet de l'âge des plantations de figuier de Barbarie (*Opuntia ficus indica* L. Miller) sur la variation des ressources naturelles (sol et végétation) des steppes algériennes de l'Est. Cas de Souk- ahras et Tébessa. Thèse de doctorat : Biologie Végétale. Université Badji Mokhtar d'Annaba, Algérie. 20p.
- **Nicole T et François G, 2013.** Des fruits et des graines comestibles du monde entier. Lavoisier
- **Norden N, Chazdon R, Chao A, Jiang Y et Vélchez-Alvarado B, 2009.** Resilience of tropical rain forests: tree community reassembly in secondary forests. *Ecology Letters*, 12(5), p 385-394.
- **Orozco-Segovia A, Márquez-Guzmán J, Sánchez-Coronado M, Gamboa de Buen A, Baskin J et Baskin C, (2007).** Seed anatomy and water uptake in relation to seed dormancy in *Opuntia tomentosa* (Cactaceae, Opuntioideae). *Annals of Botany*, 99(4), 581-592.
- **Orwa C, Mutua A, Kindt R, Jamnadass R et Simons A, (2009).** *Artocarpus altilis*. Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version, 4, 1-7.
- **Piédallu A, (1990).** Le figuier de barbarie sans épines (*Opuntia ficus-indica* Miller var. *Inermis* Weber) en Algérie, , 128-145 pp.
- **Poorter L, (1999).** Growth responses of 15 rain-forest tree species to a light gradient: the relative importance of morphological and physiological traits. *Functional ecology*, p396-410.
- **Reyes-Aguero J, Aguirre R et Carlin-Catelan F, (2004)** «Análisis de la variación morfológica de 38 variantes mexicanas de *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller», In : Esparza-Frausto. G, Valdez-Cepeda. R.D et Mendez-Gallegos S.J, (Eds.), *El nopal, topics de actualidad*. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Mexico, , pp 21-47.
- **Schweizer M, Falcone V, Gänge J. E. N. N. I. F. E. R, Turek R et Neumann-Haefelin D. (1997).** Simian foamy virus isolated from an accidentally infected human individual. *Journal of virology*, 71(6), 4821-4824.
- **Schweizer M, (1997).** "Docteur Nopal, le médecin du Bon Dieu," *Aloe Plantes et Beauté*.
- **Silva E, Da Silva E , dos Santos, de Figueiredo Monteiro C, De Melo A, Ferreira M, de Souza Campos J et Souza J, (2014)** .Replacement of wheat bran with spineless cactus (*Opuntia ficus indica* Mill cv Gigante) and urea in the diets of Holstein x Gyr heifers. *Tropical animal health and production*, 46(7), p1149-1154.
- **Simon-Thomas, Goetz, Jennifer L, KELTNER, Dacher, et Emiliana, (2010).** Compassion: an evolutionary analysis and empirical review. *Psychological bulletin*, vol. 136, no 3, p351

- **Smith H,(1982).** Reason's Disciples: Seventeenth Century English Feminists. *Science and Society*, 50(4).
- **Snyman H,(2006).** A greenhouse study on root dynamics of cactus pears, *Opuntia ficus-indica* and *O. robusta*. *Journal of Arid Environments*, 65(4),
- **Soumahoro I, Colis S, Schmerber G, Leuvrey C, Barre S, Ulhaq-Bouillet C et Dinia A,(2014).** Structural, optical, spectroscopic and electrical properties of Mo-doped ZnO thin films grown by radio frequency magnetron sputtering. *Thin Solid Films*, 566, p61-69.
- **Stintzing F et Carle,(2005).** Cactus stems (*Opuntia* spp.): A review on their chemistry, technology, and uses. *MolNutr Food Res* 49,p 175-194
- **Teketay D,(1998).** Seed ecology and regeneration in dry afro-montane forests of Ethiopia.
- **Temagoult A,(2017).** Caractérisation et Transformation de la Figue de Barbarie (*Opuntia Ficus Indica* L.), Elaboration d'une Confiture et d'une Gelée Extra. MEMOIRE de magister. Génie des Procédés Alimentaires..117p.
- **Tybirk K,(1991).***Regeneration of woody legumes in Sahel*. Botanical Institute, University of Aarhus.
- **Valdez-Cepeda R , Méndez-Gallegos S, Magallanes-Quintanar R, Ojeda-Barrios D, et Blanco-Macías F,(2014).** Fruit yield per cladode depends on its physical attributes in *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller variety 'Rojo Pelón'. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 20(2), p131-146.
- **Varela-Gómez Y, Caldera-Arellano A, Zegbe J, Serna-Pérez A and Mena-Covarrubias J,(2014).** Irrigation in nopal influences the storage and packaging of tuna. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(8), p1377-1390
- **Vora R, Robin S,(1989).** "Developing programs to monitor ecosystem health and effectiveness of management practices on Lakes States National Forests, USA." *Biological Conservation* 80.3 (1997): 289-302.
- **Walali L, (1998).** «Bultten de liaison du Programme National de transfert de technologie (PNTTA)», Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat (Maroc), N°35, , pp5-10
- **Wallace R and Gibson A,(2002).** Evolution and systematics. *Cacti biology and uses*, PS Nobel (ed.). University of California Press, Berkeley, CA,p 1-21.

Site web

- <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/record/kew-2391911>, consulté le 30/07/2021

ANNEXE 1

Analyse de variance

Tableau D'ANOVA de Taux de germination

	S.D.E	DDL	C.M	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	1512.800	19	79.621		
Var.FACTEUR 1	1004.800	4	251.200	7.417	0.002
VAR.RESIDUELLE	508.000	15	33.867		

Tableau D'ANOVA d'Indice de vigueur

	S.C.E	DDL	C.M	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	5.273	19	0.278		
Var.FACTEUR 1	2.805	4	0.701	4.260	0.017
VAR.RESIDUELLE	2.469	15	0.165		

Tableau D'ANOVA de Vitesse de germination

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA
Var.TOTALE	1818.590	19	95.715		
Var.FACTEUR 1	865.685	4	216.421	3.407	0.036
VAR.RESIDUELLE	952.905	15	63.527		

ANNEXE 2

Les photos des graines germées



Photo 01: 4 répétition des traitements chimique



Photo 02: Témoins(sans traitement)

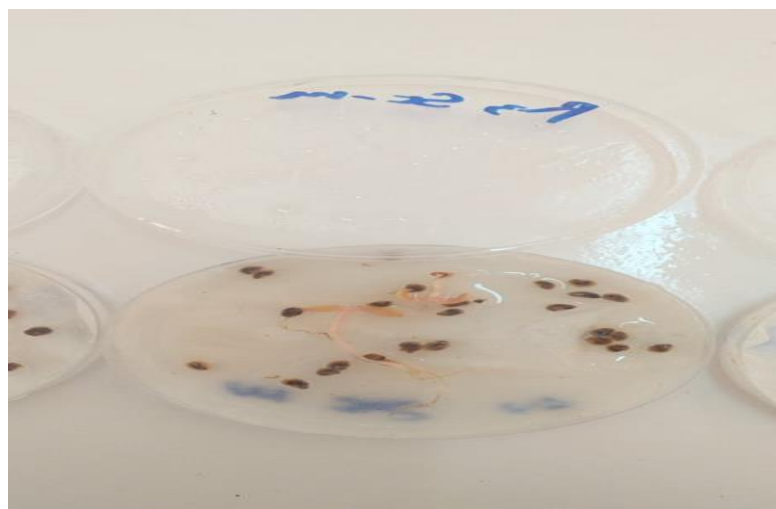


Photo 03: Traitement mécanique