

Ministère de l'Enseignement  
Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -  
Faculté des Sciences  
Département des sciences agronomiques



وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
جامعة 20 أوت 1955 - سكيكدة  
كلية العلوم  
قسم علوم الفلاحة

## Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné : Mme OUDJANE Faiza

Président de Jury

Certifie que l'étudiant(e) : Ghaceb wafa

Spécialité : systèmes de production agroécologiques

Intitulé : Effet de différents prétraitements sur la germination des graines de  
*washingtonia robusta*

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

Présidente de Jury

Ministère de l'Enseignement  
Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -  
Faculté des Sciences  
Département des sciences agronomiques



وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
جامعة 20 أوت 1955 - سكيكدة  
كلية العلوم  
قسم علوم الزراعة

## Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné : Mme OUDJANE Faiza

Président de Jury

Certifie que l'étudiant(e) : Boukhedcha yasmine

Spécialité : systèmes de production agroécologiques

Intitulé : Effet de différents prétraitements sur la germination des graines de  
*washingtonia robusta*

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.



Présidente de Jury

Ministère de l'Enseignement  
Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -  
Faculté des Sciences  
Département des sciences agronomiques



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة 20 أوت 1955 - سكيكدة  
كلية العلوم  
قسم علوم الزراعة

## Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné : Mme OUDJANE Faiza

Président de Jury

Certifie que l'étudiant(e) : Brahim bounab monira

Spécialité : systèmes de production agroécologiques

Intitulé : Effet de différents prétraitements sur la germination des graines de  
*washingtonia robusta*

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

Présidente de Jury



*République Algérienne Démocratique Et Populaire*

*Ministère De L'enseignement Supérieur*

*Et De La Recherche Scientifique*

*Université 20 Août 1955*



## Mémoire De Fin D'études

En vue de l'obtention du diplôme

De Master En Agronomie

Spécialité : Systèmes De Production Agroécologiques

Thème :

**Effet de différents prétraitements sur la  
germination des graines de *washingtonia robusta***

Présenté Par :

Ghaceb wafa

Boukhedcha yassmine

Brahim bounab monira

Devant Le Jury :

<b>Hafsi Zakaria</b>	<b>MCB</b>	<b>Président</b>
<b>BELAIDI Abdelouahab</b>	<b>MCB</b>	<b>Encadrant</b>
<b>Souilah nabila</b>	<b>MAA</b>	<b>Examineur</b>

**Année Universitaire 2024/2025**

## Remerciements

*J'adresse mes sincères remerciements et ma gratitude à mon estimé professeur, **Belaidi Abdelouahab** pour ses généreux efforts et ses précieux conseils tout au long de la préparation de cette thèse. Son soutien scientifique et ses précieux conseils ont grandement contribué à l'achèvement de ce travail, et je ne peux qu'exprimer ma profonde gratitude pour sa patience, sa diligence et son attention à chaque étape de cette recherche. Que Dieu le récompense en mon nom et bénisse son savoir et son travail.*

*Je tiens à exprimer mes sincères remerciements et ma gratitude au Département [Agronomique] pour m'avoir offert l'opportunité d'effectuer cette formation pratique dans le domaine des serres, et pour les facilités mises à ma disposition tout au long de la réalisation de ce mémorandum. Je tiens également à exprimer mes sincères remerciements et ma gratitude au responsable de la gestion des serres pour les conseils qu'il m'a prodigués. Je tiens à exprimer ma sincère gratitude au Département de l'environnement agricole pour son soutien continu, qui a eu un impact positif sur le développement de mes connaissances de terrain et leur lien avec les aspects théoriques. Je remercie également la responsable du laboratoire, qui nous a accompagnés et soutenus tout au long de notre expérience. Elle nous a prodigué de précieux conseils qui nous ont été utiles tout au long de notre expérience. Je vous adresse mes plus sincères remerciements et je prie Dieu de vous accorder le succès et de vous récompenser abondamment.*

## Dédicace

*Je remercie profondément mon défunt père, que dieu ait son âme, Baghdadî, qui a été un soutien et une source d'inspiration pour moi, et a inculqué en moi les plus grandes valeurs et orientations dans la vie. Il a été un enseignant et un modèle, laissant son empreinte bienveillante dans mon cœur et dans ma mémoire pour toujours. Que dieu le place parmi les habitants du paradis.*

*Je tiens également à exprimer ma profonde gratitude envers ma merveilleuse mère, Zaineb, qui a assumé à la fois le rôle de père et de mère, travaillant avec sérieux et persévérance pour éduquer et enseigner, ainsi que pour prendre soin de mon frère et mes sœurs. Elle a toujours été une source de soutien et de tendresse, et je ne peux que la remercier du fond du cœur pour tout ce qu'elle a fait pour moi.*

*Je suis également reconnaissant envers mon frère et mon soutien constant, Ayman, qui assumé le rôle de père et a été un soutien continu pour moi. de même, je suis reconnaissant envers mes sœurs, djihane, Wissal, Amani et ma petite Manel, qui ont été mes complices et mes soutiens tout au long de ma vie.*

*Yasmine*

## Dédicace

*À celui qui a été mon soutien et ma source première d'inspiration, à mon père **Omar**, qui a inculqué en moi les valeurs de travail acharné et d'autonomie, à ma mère **Nawal**, source de tendresse et de prières, dont les vœux ont été un secret pour chaque succès, je dédie ce diplôme, en signe d'amour et de gratitude que les mots ne peuvent exprimer pleinement.*

*À mes frères et sœurs chers : à **Haroun**, **Ahcen**, **Abdelhadi**, **Selman** et **Anfal**, vous êtes le soutien, la compagnie et la motivation dans chaque moment de fatigue et de désespoir, je vous dédie ma joie, car vous êtes les partenaires de cette réussite.*

*À tous ceux qui m'ont aidé et soutenu, ne serait-ce que par un mot ou une prière, à tous ceux qui ont cru en moi, ne serait-ce qu'un instant, à ceux qui ont laissé une marque dans mon parcours, aussi petite soit-elle, mais grande dans mon cœur... je vous dédie ce diplôme avec fierté et gratitude.*

***WAFA***

**Dédicace**

À celle qui mérite cette dédicace... à moi-même  
À mon merveilleux père... Moussa  
À l'âme de ma mère... Warda  
À tous mes frères et sœurs, ainsi qu'à leurs enfants  
À tous ceux que j'aime et qui m'aiment.

*Monira*

### Liste des tableaux

N°

Titre

Page

## **Chapitre 02 : Eude de *washingtonia robusta***

01	Classification botanique des Arecaceae.	14
02	Classification systématique de <i>washingtonia robusta</i> .	17
03	Matériel utilise.	29
04	Composition des différents prétraitement.	33

## Liste des figures et des photos

N°	Titre	Page
<b>Chapitre 01 : Etude de <i>washingtonia robusta</i></b>		
01	<i>Washingtonia robusta</i> .	16
02	Les feuilles de <i>washingtonia robusta</i> .	18
03	Les fleurs de <i>washingtonia robusta</i> .	19
04	Les fruits de <i>washingtonia robusta</i> .	19
05	Les graines de <i>washingtonia robusta</i> .	20
06	Métabolites primaires de la pulpe et des graines <i>Washingtonia robusta</i> (LUCILA et al 2019).	23
07	Composés phénoliques trouvés dans les fruits de <i>Washingtonia robusta</i> (LUCILA et al 2019).	24
08	Flavonoïdes trouvés dans les fruits de <i>Washingtonia robusta</i> (LUCILA et al 2019)	25
<b>Deuxième partie :Matériels et Méthodes</b>		
09	Station d'études (serre pédagogique de l'université de skikda).	28
10	Les graine de <i>washingtonia robusta</i> .	28
11	Les différents matériels du la boratoire.	30
12	Etape de stérilisation des graines.	31
13	La mise en germination des graine.	32
14	L'incubation de graines.	32
15	Les différents prétraitement des graines.	33

### **Troisième partie : Résultats et Discussions**

- 16** Cinétique de différents prétraitements de germination des grains de *washingtonia robusta* 36
- 17** Effet de différents prétraitements sur le taux de germination finale des graines de *washingtonai robusta* 37
- 18** Effet de différents prétraitements sur la moyenne journalière de germination des graines *washingtonia robusta* . 38

### Liste de tableaux des Annexes

N°	Titre
01	Relevé de germination
02	A nova du taux de germination final
03	Analyse post hoc du taux de germination final

## Table des matières

	<b>Pag e</b>
<b>Remerciements</b>	
<b>Dédicaces</b>	
<b>Table des matières</b>	
<b>Liste des tableaux</b>	
<b>Liste des figures et des photos</b>	
<b>Introduction</b>	01
 <b>Chapitre 01 : Germination et dormances</b>  	
1-La germination	05
1.2- Morphologie et physiologie de la germination	05
1.2.1- Morphologie de la germination	05
1.2.2-Physiologie de la germination	06
1.3-Conditions de la germination	06
1.3.1-Conditions internes de la germination	06
A. La génétique	06
B. La lever de dormance	06
C. Maturité des graines	06
D. Longévité des semences	06
1.3.2- Condition externes de la germination	06
A. Imbibition	07
B. Oxygène	07
C. Température.	07

D. Eau	07
E. Lumière (photosensibilité des semences)	08
1.4-Types de germination	08
1.5- Phase de germination	08
1.5.1- Phase01	08
1.5.2- Phase02	09
1.5.3- Phase03	09
2. LA DORMANCE	09
2.1-La définition de dormance	09
2.2- Les types de dormance	10
2.2.1- Les dormance physique	10
2.2.2- Physique – physiologiques	11
2.2.3- Les dormance morphologique	11
3. SCARIFICATION	11
3.1-Scarification physique	12
3.2- Scarification manuelle	14
3.3-Scarification mécanique	15
3.4- Scarification par l'acide	16

## **Chapitre 02 :Etude de washingtonia robusta**

1-Famille arecaceae	17
1.1- Genre washingtonia	20
1.2- Espèce washingtonia robusta	21
1.3- Etymologie	22
1.4- Classification systématique	22
1.5- Description botanique	23
	23
	24

1.6- Washingtonia robusta en Alegria	24
1.7- Washingtonia robusta en le monde	34
1.8- Multiplication de washingtonia robusta	25
1.9.1- Procédé de cultiver un palmier mexicain à partir de graine	25
1.9.2- Problèmes courant avec le palmier mexicain	26
1.10- Le composition photochimique	26

## **Deuxième partie : Matériels et méthodes**

01-Présentation de la station d'étude	27
1.1-Localisation	27
1.2-Caractéristique techniques	28
2- Matériel utilis	28
2.1-Le matériel végétal	28
2.2- Les matériels du la boratoire	29
3-Méthode suive	30
3.1- Stérilisation	30
3.1.1- Stérilisation des graines	31
3.2- Mise en germination des graines	31
3.3- Incubation	32
3.4- Dispositif expérimental	33
4- Paramètres étudiés	34
4.1- Cinétique de germination	34
4.2- Taux de germination final (TG)	34
4.3- Moyenne journalière de germination (MGG)	34

5- Analyse statistique	34
------------------------	----

### **Troisième partie : Résultats et discussion**

1-Effet de scarification chimique sur la germination des graines washingtonai robusta	36
1.1-Effet sur la cinétique de germination des graines	36
1.1.2- Effet sur le taux de germination final (TG)	37
1.1.3.- Effet sur la moyenne journalière de germination (MGG)	38

### **Conclusion**

### **Références bibliographiques**

### **Annexes**

### **Résumé**

# **Introduction**



## Introduction

*La Washingtonia robusta* fait partie de la famille des Arecaceae, également connue sous le nom de famille des palmiers. Il s'agit d'une grande famille de plantes monocotylédones comprenant plus de 2 500 espèces réparties dans environ 180 genres. Les Arecaceae sont principalement présentes dans les régions tropicales et subtropicales du globe. Caractérisées par des tiges généralement non ramifiées et des feuilles en forme de palme ou de plume, ces plantes jouent un rôle écologique, économique et paysager important. Dans cette famille, le genre *Washingtonia* se distingue par des palmiers ornementaux robustes, à croissance rapide, dont *Washingtonia robusta* est l'un des représentants les plus emblématiques.

La plante *Washingtonia robusta* se reproduit par graines, ce qui constitue son principal mode de multiplication naturel. Le palmier produit de petites fleurs blanches, généralement pollinisées par le vent ou les insectes, qui se transforment ensuite en petits fruits noirs contenant des graines. Une fois les fruits mûrs, les graines sont récoltées, nettoyées, puis semées dans un sol humide et bien drainé, placées dans un endroit chaud et ensoleillé. Les graines germent généralement en quelques semaines si les conditions de température et d'humidité sont favorables. Ce type de palmier est considéré comme à croissance relativement rapide, et il est largement utilisé dans les projets de reboisement en raison de la facilité de sa multiplication et de sa croissance rapide.

*Washingtonia robusta* est bien présente en Algérie, notamment utilisée dans l'aménagement paysager urbain. Elle est disponible localement en spécimens de 3 à 4 mètres de hauteur, fournie avec motte de terre, ce qui facilite sa plantation dans les jardins et espaces verts urbains.

Les semences de nombreuses essences d'arbres germent sans difficulté lorsqu'elles sont placées dans des conditions d'humidité et de température favorables. Mais d'autres semences comme les graines de *washingtonia robusta* manifestent une certaine dormance. Lorsque cette dormance est forte, la

## Introduction

germination nécessite une forme ou une autre de prétraitement, seul susceptible d'assurer un taux de germination élevé en un temps très court.

L'objectif de ce travail est de résoudre le problème de la lente germination des graines de *Washingtonia robusta*, d'accélérer le processus de germination et d'augmenter le taux de réussite dans la production de jeunes plants en utilisant différents prétraitements physiques et chimiques. Cela permet de :

- a. Réduire la période de germination : Les graines de *Washingtonia* peuvent naturellement prendre plusieurs semaines à plusieurs mois pour germer. Les techniques de stimulation permettent de raccourcir cette période.
- b. Améliorer le taux de germination : Le traitement des graines augmente le pourcentage de graines qui germent réellement.
- c. Augmenter l'efficacité de la production agricole : Que ce soit à des fins ornementales ou commerciales, accélérer la germination permet d'économiser du temps, des efforts et des ressources.
- d. Surmonter la dormance des graines : Certaines graines de palmier, y compris celles de *la Washingtonia*, possèdent une coque dure qui empêche l'absorption de l'eau et des gaz, ralentissant ainsi la germination.

Pour atteindre ces objectifs nous avons structuré notre manuscrit comme suit :

- Une première partie de recherche bibliographique composée de deux chapitres ; le premier traite les notions de germination et de dormance et le deuxième étudie l'espèce *Washingtonia robusta*.
- Une deuxième partie : dans laquelle nous allons citer le matériel utilisé et décrire la méthode de travail.
- Une troisième partie relative aux résultats et discussions.
- Et enfin, ce manuscrit se conclura par une conclusion qui comporte une synthèse de nos résultats.

**Première partie :**  
**Etude bibliographique**

**Chapitre 01**  
**: Germination et**

**R**

## **Introduction**

La germination et la dormance sont deux processus fondamentaux dans le cycle de vie des plantes, jouant un rôle crucial dans leur adaptation et leur survie.

Dans ce chapitre, nous examinerons les mécanismes biologiques sous-jacents à la germination et à la dormance, ainsi que leur interaction avec les facteurs.

### **1. La germination**

#### **1.1. Définition de la germination**

La germination est une période transitoire au cours de laquelle la graine qu'était à l'état de vie latente, manifeste une reprise des phénomènes de multiplication et d'allongement cellulaire (**GUY DEYSSON, 1967**).

La germination correspond au passage de l'état de vie ralentie à l'état de vie active, que les réserves qui jusque là assuraient le métabolisme résiduel de l'embryon vont être activement métabolisées pour assurer la croissance de la plantule (**JEAM et al, 1998**).

#### **1.2 Morphologie et physiologie de la germination**

##### **1.2.1 Morphologie de la germination :**

La graine s'imbibe d'eau se gonfle, le tégument se fend et la radicule émerge et s'oriente vers le milieu (sol) selon un géotropisme (gravi tropisme) positif. Puis, la tigelle émerge et s'allonge vers le haut (le ciel). Les téguments de la graine se dessèchent et tombent. (**MEYER et al, 2004**).

##### **1.2.2 Physiologie de la germination :**

Au cours de la germination, la graine se réhydrate et consomme de l'oxygène pour oxyder ses réserves en vue d'acquérir l'énergie nécessaire. La perméabilité du tégument et le contact avec les particules du sol conditionnent l'imbibition et

la pénétration de l'oxygène. Les réserves de toute nature sont digérées (MICHEL, 1997).

### **1.3 Conditions de la germination**

#### **1.3.1 Conditions internes de la germination :**

Les conditions internes de la germination concernent la graine elle-même, qu'elle doit être vivante, mûre, apte à germer (non dormante) et saine.

##### **a. La génétique :**

La qualité germinative d'une semence est fonction de son génome (Côme, 1993). L'ensemble des paramètres qui interviennent à la germination comme : la variété, le poids et la taille, mais aussi la vie d'une semence, depuis sa création sur la plante mère jusqu'à sa reprise d'activité, exerce une influence sur le comportement de cette semence lorsqu'elle est mise à germer.

##### **b. La lever de dormance :**

La germination ne commence qu'après la lever de dormance car la dormance d'une graine empêche la germination de cette dernière même si les conditions extérieures sont favorables.

**c. Maturité des graines :** Une semence est mure lorsque toutes ses parties constitutives sont différenciées. C'est la maturité morphologique. Beaucoup de semences bien que vivantes et morphologiquement mures ne germent pas lorsqu'on les place dans conditions apparemment favorables à leur germination, parce qu'elles ne sont pas physiologiquement mûres (Chaussot et Le Deunf, 1975).

##### **d. Longévité des semences :**

C'est la durée pendant laquelle les semences restent et gardent leur pouvoir germinatif. Elle varie selon l'espèce et la variété. (Heller, 1990).

### **1.3.2 Conditions externes de la germination :**

La germination n'aura lieu que si le milieu extérieur est capable de fournir aux semences une quantité suffisante d'eau et d'oxygène ainsi qu'une température convenable.

#### **a. Imbibition :**

L'imbibition se fait par contact de la graine avec l'eau qui est d'une nécessité absolue pour sa germination. Un excès d'eau est souvent néfaste à la germination. Il intervient indirectement en privant l'embryon de l'oxygène. (Côme, 1970).

#### **b. Oxygène :**

La germination exige obligatoirement de l'oxygène (DOMINIQUE, 2007).

Selon MAZLIAK (1982), une faible quantité d'oxygène peut être suffisante pour permettre la germination.

D'après MEYER et al (2004), l'oxygène est contrôlé par les enveloppes qui constituent une barrière, mais en même temps une réserve.

#### **c. Température :**

La température a deux actions :

-Soit directe par l'augmentation de vitesse des réactions biochimiques, c'est la raison pour laquelle il suffit d'élever la température de quelques degrés pour stimuler la germination (MAZLIAK, 1982).

-Soit indirecte par l'effet sur la solubilité de l'oxygène dans l'embryon (CHAUSSAT et al, 1975).

#### **D. Eau :**

Selon CHAUSSAT et al (1975), la germination exige obligatoirement de l'eau, celle-ci doit être apportée à l'état liquide. Elle pénètre par capillarité dans les enveloppes. Elle est remise en solution des réserves de la graine, pour être utilisée par l'embryon, et provoque le gonflement de leur cellules, donc leur division .

#### **E. Lumière (photosensibilité des semences) :**

La lumière est un facteur l'importance au stade germination, mais lui accorde ne joue souvent qu'un rôle accessoire, sauf chez les graines dont la germination exige obligatoirement des températures élevées (CHERFAOUI, 1987).

#### 4. Types de germination :

Il existe deux types de germination basés sur le destin des cotylédons, selon que les cotylédons se développent au-dessus de la surface du sol ou restent sous la surface du sol.

Le terme épigé désigne le type de germination lorsque les cotylédons sont remontés au-dessus de la surface du sol par hypocotyle où ils continuent de fournir un soutien nutritif aux points de croissance jusqu'à l'épuisement des réserves de cotylédons. La germination épigée est considérée sur le plan de l'évolution plus primitive que la germination hypogée ;

Par contre, la germination hypogée est une caractéristique de certaines semences, où les cotylédons sont restés sous la surface du sol et soutenaient les plantules.

#### 5. Phases de germination :

D'après François et al. (2009), le processus germinatif met en jeu des phénomènes morphologiques et physiologiques qui s'opère en trois phases.

**Phase I** : phase d'imbibition (ne dure que quelques heures), est une entrée rapide et passive d'eau, elle se déroule même si la graine n'est pas viable et qui voit la graine augmenter de volume. Cette entrée d'eau est accompagnée d'importante respiration, l'augmentation de la consommation d'oxygène attribuée à l'activation des enzymes mitochondriales pour oxyder les réserves de toute nature en vue d'acquérir l'énergie nécessaire à l'émergence radriculaire (Michel, 1997)

**Phase II** : phase de germination au sens strict (de durée très variable, elle est de quelques jours à quelques mois) caractérisée par une diminution de l'entrée d'eau (l'hydratation des tissus et des enzymes est totale) et une consommation

d'oxygène stable. La présence d'eau et d'oxygène permet l'activation des processus respiratoires et mitotiques (**François et al., 2009**). L'eau rend mobile et active les phytohormones hydrosolubles en stock dans la graine. C'est le cas des gibbérellines qui sont véhiculées vers la couche à aleurones où elles vont activer la synthèse d'hydrolases (les  $\alpha$ -amylases, les nucléases ou les protéases) nécessaires à la dégradation des réserves, à la division et l'élongation cellulaire.

La graine s'imbibe d'eau et se gonfle, le tégument se fend et la radicule émerge et se recourbe et s'implante dans le milieu (sol) selon un géotropisme (gravi-tropisme) positif (**Ozenda, 2006**). Puis, la tigelle émerge et s'allonge vers le haut (le ciel). Les téguments de la graine se dessèchent et tombent (**Meyer et al., 2004**).

**Phase III** : phase de croissance post-germinative (dure quelques jours), correspond à l'installation et au développement de la plantule. Cette phase est caractérisée par une nouvelle prise de l'absorption d'eau et une augmentation importante de la respiration. La consommation de l'oxygène serait due aux enzymes néo synthétisées

(**François et al., 2009**).

## **2.LA DORMANCE**

### **2.1.Définition de dormance :**

La dormance des graines peut être considérée comme un « blockage » au bon déroulement de la germination d'une graine viable dans des conditions favorables (**Li & Foley, 1997**). Ce blocage à la germination a évolué différemment selon les espèces par le biais d'adaptation à l'environnement en lien avec la diversité de climats et d'habitats (**Fenner & Thompson, 2005**). Nous nous retrouvons ainsi avec une gamme de diversité de type et de forme de dormance répartie dans un grand nombre de familles différentes (Annexe.). Selon l'espèce et les conditions

abiotiques du milieu, les différents types de dormance primaires peuvent également se succéder (**Jayasuriya, Baskin & Baskin 2008**).

## 2.2. les types de dormance :

Il existe différents types de dormance des graines d'arbres, chacun étant caractérisé par des conditions spécifiques requises pour déclencher la germination. Voyons ensemble les 3 exemples suivants : la dormance physique, la dormance physiologique, la dormance morphologiques.

**2.2.1. Les dormances physiques :** sont levées par les méthodes de scarification qui provoquent des microfissures tégumentaires. Elles permettent ainsi, de faciliter les échanges entre l'embryon et le milieu extérieur (**Nivot 2005**) et particulièrement, l'absorption de l'eau. Trois méthodes de scarifications sont employées dans notre étude : (i) La scarification mécanique qui consiste à utiliser du papier de verre (**Pérez-Garcia & GonzalezBenito 2006 ; Rao et al. 2006**). (ii) La scarification thermique à l'eau chaude (80 °C) qui permet d'enlever la cuticule cireuse des graines (Li et al. 1999) et à l'azote liquide qui crée des fines craquelures dans les téguments (-196 °C) (**Salomão 2002**). Les traitements thermiques nécessitent au préalable de faire revenir progressivement les graines à température ambiante avant qu'elles soient mises à germer. Les graines scarifiées à l'azote liquide sont placées dans de l'eau à 40 °C pendant une minute avant d'être mises à température ambiante durant 45 minutes. (iii) La scarification chimique à l'acide sulfurique (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ; concentration à 108 M) qui nécessite que les graines soient, après le traitement, rincées abondamment à l'eau courante afin de faire disparaître toute trace d'acide (**Niang-diop et al. 2010**). Pour lever les dormances combinées telle que la dormance physique-physiologique, les graines seront soumises aux méthodes de levées de dormance physique et physiologique (**Fang et al. 2006**). La stratification thermique participe à la levée de la dormance physiologique (**Foley 2001**), morphologique (**Rao et al. 2006**) et physique

(Geneve 2003). Cette méthode s'apparente aux incendies, aux fortes périodes de chaleur et de froids en milieu naturel.

**2.2.2.physiques-physiologiques :** Pour ce type de dormance, l'association de traitements prégerminatifs adéquats favorise la pénétration plus rapide de l'eau dans les cellules, la turgescence des cellules. Les changements métaboliques qui en découlent permettent de réduire la période d'émergence (Nivot 2005). En ce qui concerne les deux espèces *S. denudata* et *D. viscosa*, les prétraitements combinés de scarification chimique et de trempage (plus rinçage pour *S. denudata*) n'améliorent pas la germination. Les dormances physiques-physiologiques soupçonnées sur ces espèces ne sont donc pas avérées.

### **2.2.3.Les dormances morphologiques :**

Pour l'ensemble des espèces étudiées pour lesquelles les dormances morphologiques avaient été supposées, aucune ne présentent ces dormances. C'est le cas de *C. pinnata*, *F. buxifolia* et *P. cascticum* et *H. ambavilla*. qui n'ont pas de dormance morphologique : le développement embryonnaire s'effectue donc normalement car le traitement de stratification thermique n'améliore aucun des paramètres de germination des graines par rapport au témoin (Cpg, T50, CVG, CV).

## **3. Scarification :**

Il suffit souvent de blesser plus ou moins profondément les enveloppes pour faciliter la germination, cette scarification peut être effectuée de façon mécanique (coupure, pique, usures des enveloppes) ou par voie chimique immersion des semences pendant une durée limitée dans l'acide sulfurique concentré (Contet ,1969).

### **3.1.Scarification physique :**

La scarification a pour but de débarrasser le tégument de la graine pour permettre l'absorption de l'eau. La scarification physique peut être effectuée manuellement, notamment pour les besoins de laboratoire, ou au moyen de machines spéciales.

### **3.2. Scarification manuelle :**

Une technique particulièrement appropriée pour de petites quantités de semences, elle consiste à percer, écailler, entailler ou limer l'enveloppe de la graine à l'aide d'une aiguille montée, d'un couteau, d'une lime ou de papier abrasif. Une scarification à l'épaulement de la graine au quart de la circonférence à partir du micropyle (**I.S.T.A ,1981**), ou l'enlèvement d'un millimètre carré de tégument à l'extrémité du cotylédon (**Magini ,1962**) sont suffisants. On considère généralement que c'est la méthode de prétraitement la plus sûre, et le pourcentage de germination qui s'ensuit est sans doute très proche de la faculté germinative (**Moffett,1962**). La scarification manuelle est recommandée pour le prétraitement des semences d'acacia avant les essais de germination (**ISTA 1981**). On a toutefois noté des cas où l'entaillage du tégument s'avérait préjudiciable à la germination (**Clemens et al. 1977**).

### **3.3. Scarification mécanique :**

Il existe dans le commerce un certain nombre de machines dont le principe de fonctionnement consiste à projeter les semences par brassage ou par soufflage contre une surface abrasive dans un tambour ou mélangeur. Ces machines peuvent être des modèles portables actionnés à la main, ou de taille plus grande et moins mobiles. Les fournisseurs d'équipements pour les semences en proposent divers modèles, tels que le scarificateur « Forsberg ».

### **3.4. Scarification par l'acide :**

Le trempage dans l'acide sulfurique concentré est la méthode la plus courante de traitement des semences d'acacia. L'effet de l'acide sur le tégument de la graine est analogue à celui d'une ébullition prolongée, et laisse une surface mate et piquetée. C'est une méthode plus efficace que l'ébullition pour beaucoup d'acacias africains. Cette technique de scarification exige que l'on dispose d'acide sulfurique en qualité commerciale (95%, 36 N), de récipients, passoires et tamis résistants à l'acide, et d'eau en abondance pour rincer les graines après le traitement.

**Chapitre**  
**02: Etude de**  
***Washingtonia robusta***

## 1. Famille Arecaceae :

La famille des palmiers (selon Watson & Dallwitz) comprend plus de 2 500 espèces dans plus de 200 genres, présentes dans les régions tropicales, subtropicales et tempérées chaudes de l'Afrique aux Amériques et à l'Asie : Liste alphabétique des noms de genre de la famille des Arecaceae Selon les règles de dénomination scientifiques, le nom de famille est dérivé du nom de genre le plus représentatif (dans ce cas, il s'agit de la noix de bétel, plus précisément du palmier qui comprend la chique d'arec, la noix de bétel ou la chique d'arec). D'un point de vue botanique, les palmiers sont des monocotylédones et ne sont donc pas des arbres, mais des « graminées géantes » : ils n'ont pas de véritable bois au sens botanique, et l'encombrement des tiges est le résultat d'ajouts répétés appelés « pousses secondaires étalées ». "Résultat de faisceaux", processus différent de celui conduisant à la formation du bois chez les diploïdes et les gymnospermes . (BERCHET & PRESL J, 1820).

La classification botanique des arecaceaes se présente comme suit (BERCHET & PRESL, 1820):

**tableau 01 : Classification botanique des Arecaceae.**

Classification classique	
Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Liliopsida

<b>Sous-classe</b>	<b>Arecidae</b>
<b>Ordre</b>	<b>Arecales</b>
<b>Famille</b>	<b>Areceaceae</b>

## I.2. Genre *Washingtonia*

Le Palmier *Washingtonia*, Palmier du Mexique, est un palmier à croissance rapide sous conditions favorables : du chaud, de l'eau. Peu résistant au gel (-6 °C) mais résistant, sa couronne de feuilles en éventail est toute en hauteur. Ses palmes retombent en fanant, protégeant son tronc élancé comme un jupon. Aimant le soleil et les sols frais calcaires (*palmier-washingtonia,2023*).

Le genre *Washingtonia* regroupe deux espèces souvent confondues, très présentes dans les jardins méditerranéens, les îles Canaries et autres zones à climat chaud. Elles sont toutes deux originaires des zones arides du nord-ouest de la Basse-Californie au Mexique. Ils le palmier éventail de Californie (*Washingtonia filifera*) et le palmier éventail mexicain (*Washingtonia robusta*) . (**LUCILA et al,2019**).



**Figure 1:** *Washingtonia robusta*

**I.3. Espèce *Washingtonia robusta* :** *Washingtonia robusta* H. Wendl. (1883)  
Originnaire du nord du Mexique (Baja California et Sonora), il pousse dans les zones semi-désertiques, au fond des canyons, là où il y a de l'eau, ou à proximité de sources naturelles.

Le genre est dédié à George *Washington*, le premier président des États-Unis. Le nom de l'espèce vient du latin "robustus" (PUCCIO, s.d).

***I.4. Étymologie :***

Son nom vient en hommage au premier président des États-Unis d'Amérique, George *Washington* (1732-1799) (SERVAIS et al, 2018).

**I.5. Classification systématique :**

La classification systématique de la famille *Washingtonia robusta* peut être résumée de la façon suivante ( **DARDOUR et al ,2012**).

**Tableau 02: Classification systématique de *Washingtonia robusta*.**

<b>Règne</b>	<b>Plantae</b>
<b>Embranchement</b>	<b>Tracheophyta</b>
<b>Sous-embranchement</b>	<b>Angiospermae</b>
<b>Classe</b>	<b>Equisetophyta</b>
<b>Sous-classe</b>	<b>Magnoliidae</b>
<b>Ordre</b>	<b>Arecales</b>
<b>Famille</b>	<b>Arecaceae</b>
<b>Sous-famille</b>	<b>Coryphoideae</b>
<b>Genre</b>	<b>Washingtonia</b>
<b>Tribu</b>	<b>Trachycarpeae</b>
<b>Auteur du nom scientifique</b>	<b>Herman wendland</b>
<b>Année de dénomination</b>	<b>1879</b>
<b>Nom donné en hommage à</b>	<b>George</b>
	<i>washington</i>

**I.6. Description botanique :**

*Le Washingtonia robusta* est un palmier très élancé, de plus de 10 m de haut, avec une canopée plus haute que large. Ses feuilles sont rouges (contrairement à *Washingtonia filifera*) soutenues par des pétioles très résistants qui sont longs et ont des épines recourbées très pointues sur les bords. Les lames palmées sont rondes.

Les tiges de *Washingtonia robusta* sont fines, seulement 30 cm à leur point le plus large, bulbeuses à la base, parfois un peu recourbées par le vent. Lorsque les vieilles feuilles sèches sont coupées pour libérer le tronc en forme d'anneau, celui-ci est très effilé, de contour gris et lisse. Sinon, les vieilles feuilles fanées ont tendance à rester sur le tronc pendant des années, formant un jupon épais.

Il fleurit en été en bouquets atteignant 3 mètres de long. Ses fleurs de couleur crème portent de petits fruits bruns qui sont mangés et propagés par les oiseaux (**Palmier du Mexique ,s .d).**

### **1.Les feuilles :**

25 feuilles palmées, presque rondes, très grandes avec plus de 60 lobes vert brillant. La ligne blanche typique du genre est moins abondante sur les palmiers *Washingtonia robusta*. Pétioles de 1,50 m de long, brun rougeâtre à la base, verts aux extrémités, bordés de fortes dents orange, plus nombreux et plus dangereux que *Washingtonia filifera* (MAAOUI,2014). De vieilles feuilles mortes non coupées forment un jupon autour de la jupe (***Palmier du Mexique ,s. d).***



**Figure 02: Les feuilles de *Washingtonia robusta* .**

## 2. Les fleurs :

Les inflorescences apparaissent chaque année entre les feuilles (**MAAOUI, M., (2014)**). Les fleurs d'été du palmier de *Washington* se produisent en grappes Les inflorescences sont longues de 2 à 3 m, recourbées, dépassant généralement les feuilles, portant des fleurs blanches hermaphrodites (**PUCCIO.s.d**).



**Figure 03: Les fleurs de *Washingtonia robusta* .**

## 3. Les fruits :

Petits fruits noir brillant, ronds, de la taille d'un pois, contenant chacun une seule graine (**MAAOUI,2014**). Le diamètre du fruit est d'environ 0,5 cm et le rendement est important. Les populations locales le mangent frais ou séché. Ce palmier de grande valeur ornementale est largement répandu dans toutes les régions du climat méditerranéen, où il est pratiquement naturalisé (**PUCCIO,s.d**).



**Figure 04:** Les fruits de *Washingtonia robusta* .

#### 4. Les graines :

Les graines sont lisses, brillantes, brun foncé (MAAOUI,2014). semées dans des pots individuels, étroits et profonds de 2 cm de profondeur. À partir des graines moulues, ils obtiennent une farine largement utilisée. La propagation des graines est facile et les graines germent après environ 30 jours (PUCCIO ,s .d).



**Figure 05:** Les graines de *Washingtonia robusta*

#### 1.7. *Washingtonia robusta* en Algeria :

*Washingtonia robusta* est bien présente en Algérie, notamment utilisée dans l'aménagement paysager urbain. Elle est disponible localement en spécimens de 3 à 4 mètres de hauteur, fournie avec motte de terre, ce qui facilite sa plantation dans les jardins et espaces verts urbains.

Cette espèce, originaire du Mexique, est adaptée au climat méditerranéen algérien grâce à sa tolérance à la chaleur et à la sécheresse. Elle est souvent plantée dans les villes algériennes comme Alger et Staoueli, où elle sert d'ornement dans les parcs et le long des avenues.

*Washingtonia robusta* est une espèce à croissance rapide, pouvant atteindre jusqu'à 25 mètres en conditions optimales, ce qui en fait un choix populaire pour créer des alignements de palmiers décoratifs dans les espaces publics. Elle est aussi utilisée dans les jardins privés et projets d'aménagement paysager en Algérie.

Enfin, des études locales montrent que cette espèce fait partie de la diversité végétale des jardins urbains algériens, contribuant à la biodiversité et à l'équilibre écologique des espaces verts.

### **1.8. *Washingtonia robusta* en le monde :**

*Washingtonia robusta*, ou palmier du Mexique, est originaire du nord-ouest du Mexique et du sud-ouest des États-Unis, notamment en Basse-Californie et Sonora, où il pousse dans des zones arides et canyons.

Dans le monde, il est largement cultivé en dehors de son aire naturelle, notamment :

Aux États-Unis (Californie, Arizona) où il est très présent dans les parcs et alignements urbains.

En Europe du Sud (France, Espagne, Italie), surtout dans les régions méditerranéennes, où il est apprécié pour sa croissance rapide et son aspect ornemental.

En Afrique, Australie et d'autres régions subtropicales, où il est planté dans les jardins et espaces verts.

Ce palmier tolère bien la chaleur, la sécheresse, les sols alcalins et résiste jusqu'à environ  $-6^{\circ}\text{C}$  à  $-8^{\circ}\text{C}$ , ce qui lui permet de s'adapter à divers climats tempérés chauds et subtropicaux.

Il est souvent utilisé en alignement, en isolé dans les grands jardins, ou en bordure de piscine, grâce à son port élancé pouvant atteindre 20-25 mètres dans de bonnes conditions.

*Washingtonia robusta* est aussi apprécié pour sa facilité de culture, sa croissance rapide et sa résistance aux embruns salins, ce qui en fait un palmier ornemental très répandu dans le monde.

## **1.9 Multiplication de *Washingtonia robusta***

### **1.9.1 Procédé de cultiver un palmier mexicain à partir de graines**

Contrairement aux autres palmiers, le palmier éventail mexicain ne produit pas de rejets. Cela signifie que pour propager ce palmier, il doit être démarré à partir de graines. C'est un excellent moyen de multiplier vos palmiers car ils poussent bien à partir de graines. Vous aurez besoin de petits pots, d'un sol humide et bien drainé et d'un plateau chauffant. Suivez ensuite ces instructions:

1. Certaines graines nécessitent un trempage pour germer. Vérifiez votre colis pour plus de détails. Si elles nécessitent un trempage, placez les graines dans l'eau et laissez-les tremper pendant 24 heures.

2. Une fois les graines trempées, plantez-les dans de petits pots avec un sol humide et bien drainé.
3. Placez les pots dans un environnement chaud. Placer les pots sur un plateau chauffant aidera à garder les graines au chaud et favorisera la germination. Ceci est particulièrement utile si vous ne disposez pas d'un environnement chaud pour les démarrer.
4. Gardez le sol humide. La germination devrait avoir lieu en 14 jours.  
(*Washingtonia-robusta* ;2019)

### **1.9.2. Problèmes courants avec le palmier mexicain**

Les palmiers éventail mexicains sont très robustes et ne causent généralement aucun problème aux jardiniers. Cependant, même les plantes robustes peuvent rencontrer des problèmes de temps en temps (*Washingtonia-robusta* ;2019):

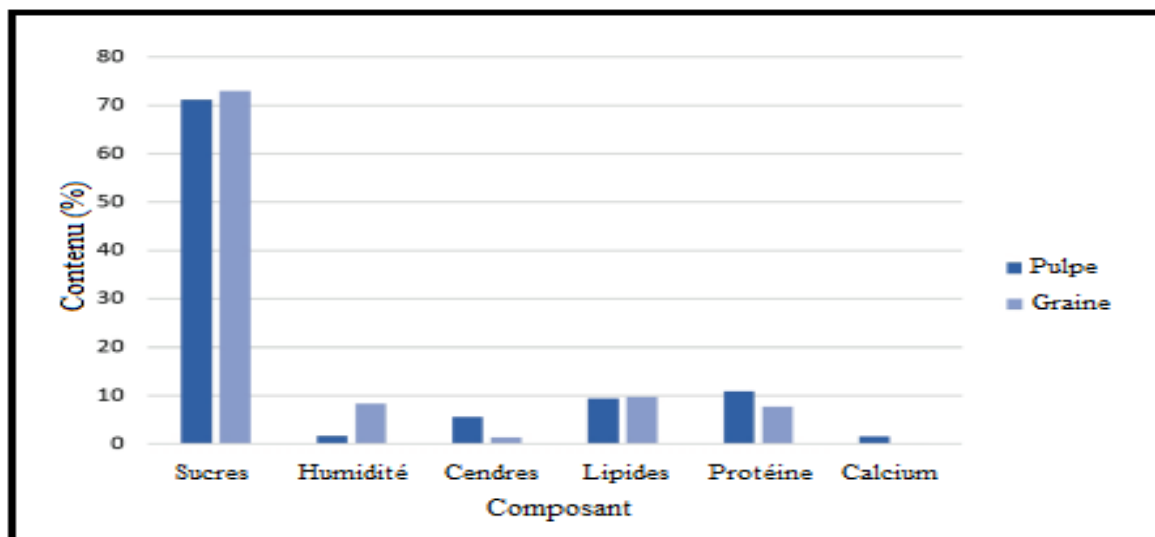
- Vieillesse naturelle des feuilles, en l'occurrence autour de la canopée.
- Dommages causés par le gel (si les feuilles sont couvertes de taches vert foncé, qui sont devenues brunes ou jaunes).
- Coup de soleil (si rougeur antérieure des tissus).
- Trop d'humidité dans le sol entraîne la pourriture des racines : des taches noires persistantes apparaissent sur les feuilles.
- Il est vulnérable aux cochenilles et aux tétranyques.

### **1.10. Les compositions phytochimiques**

Selon les études antérieures *washingtonia robusta* est :

1. Le poids total des fruits récoltés était de 500 g ; 151 g de Nacapule Canyon et 349 g de Las Barajitas Canyon. Analyse proximale de la pulpe et des graines. Les principaux composés trouvés étaient les sucres, suivis des protéines et des graisses. La teneur en protéines et en cendres était la plus élevée dans la pulpe. Les données proximales de la pulpe et des graines ont montré, dans cet ordre,

sucres 71 et 73 %, protéines 10,8 et 7,4 %, humidité 1,6 et 8,4 %, cendres 5,5 et 4,3 %, matières grasses 9,4 et 8,7 % et calcium 1,5 et 0,2 (Figure 8) (LUCILA et al 2019).



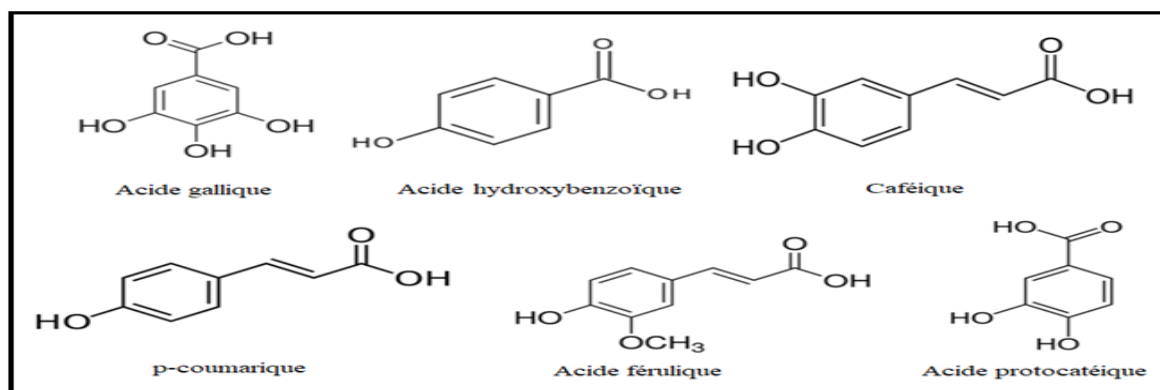
**Figure 06: : Métabolites primaires de la pulpe et des graines *Washingtonia robusta* (LUCILA et al 2019).**

**2. Métabolites secondaires (SM) et glycosides cyanogéniques.** La présence de tanins, d'alcaloïdes, de saponines et de flavonoïdes a été identifiée, tandis que les glycosides cyanogènes ont atteint 0,2  $\mu\text{g/g}$  dans la pulpe et 0,78  $\mu\text{g/g}$  dans les graines. Les SM les plus abondants étaient les alcaloïdes et les flavonoïdes, et leur présence était plus élevée dans les graines que dans la pulpe.

**3. Composés phénoliques (PC).** Les phénols totaux ont atteint 57,02 mg GAE/g dans la pulpe et 222,10 mg GAE/g dans les graines. Les composés phénoliques ont été analysés dans les fractions libres, alcalines et acides des extraits de pulpe et de graines. Bien que le PC n'ait pas été trouvé dans la fraction libre, les fractions alcaline et acide ont donné des compositions et des proportions différentes. Cinq composés (acides gallique, hydroxybenzoïque, caféique, -p-coumarique et férulique) ont été trouvés dans la pulpe, et seulement trois (acides

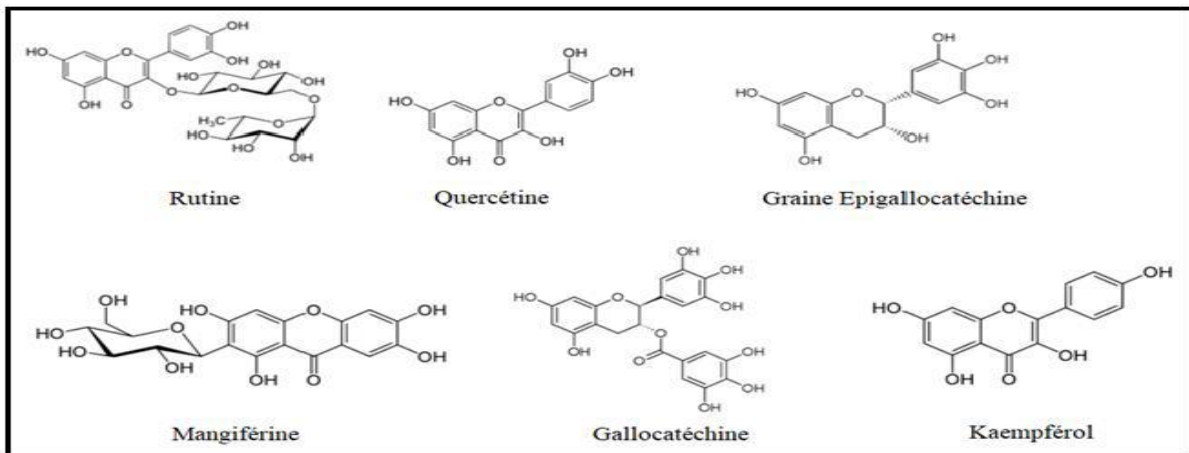
hydroxybenzoïque, férulique et protocatéique) ont été trouvés dans les graines. De plus, la

4. Teneur totale en PC était pratiquement la même dans les deux tissus. Cependant, dans la pâte à papier, la fraction acide était considérablement plus élevée que la fraction alcaline (Figure I.9) (LUCILA et al 2019).



**Figure 07: Composés phénoliques trouvés dans les fruits de *Washingtonia robusta* (LUCILA et al 2019).**

5. Flavonoïdes. La teneur totale en flavonoïdes dans la pulpe était de 248,96 mg QE/g et de 2652 mg QE/g dans les graines. La teneur en flavonoïdes était différente entre la pulpe et les graines. Alors que la rutine et la quercétine ont été trouvées dans la pulpe, quatre flavonoïdes (épigallocatechine, mangiférine, gallocatéchine gallate et kaempférol) ont été identifiés et quantifiés dans les graines. La concentration la plus élevée de flavonoïdes a été trouvée dans la fraction libre des graines. Pour la plupart, les flavonoïdes des graines étaient minimes dans les fractions alcaline et acide, tandis que les flavonoïdes de la pulpe n'ont été trouvés que dans la fraction acide (Figure I.10) (LUCILA et al 2019) .



**Figure 08:** Flavonoïdes trouvés dans les fruits de *Washingtonia robusta*(LUCILA et al 2019).

**Deuxième partie :**  
**Matériels et Méthodes**

## **1. Présentation de la station d'étude :**

### **1.1- Localisation :**

L'essai s'est déroulé au sein de la serre pédagogique de l'université de Skikda, (36, 84 N, 6,89 E).

### **1.2. Caractéristique techniques :**

Cette serre à une chapelle aura les dimensions suivantes :

Largeur : 6,66 m

Longueur : 12,00 m

Hauteur sous chenaux : 2,80 m

Hauteur au faitage : 4,10 m

Pente de la toiture cintre : 42 %

La surface totale est de : 82,00 m<sup>2</sup> répartie en 01 chapelle

La serre forme un microclimat spécial à l'intérieur caractérisé par :

- Chauffage air chaud.
- Cooling réfrigérants.
- écran thermique d'ombrage.
- tablette de culture.
- irrigation pendulaire aspersion et brumisation.
- irrigation goutte à goutte.
- fertilisation.

- fog système humidification.
- éclairage de croissance.
- nappe chauffante hors sol.

En compléments a cette régulation climatique, une superviseure 4G Windows permet de créés et contrôler depuis un ordinateur le dialogue, les consigne mesure, moyenne, courbes et exportations entre le pc de supervisions et les régulateurs.



**Figure 09 : station d'études (serre pédagogique de l'université de Skikda).**

## **2-Matériel utilisé :**

### **2.1- Le matériel végétal :**

Les graines de *Washingtonia robusta* ont été collectées à l'Université de Skikda.

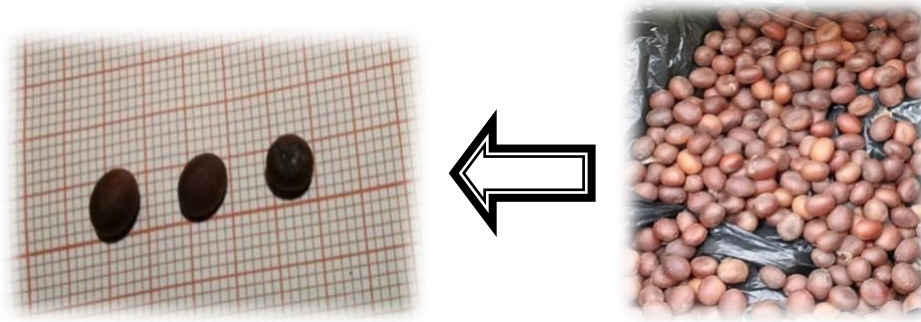













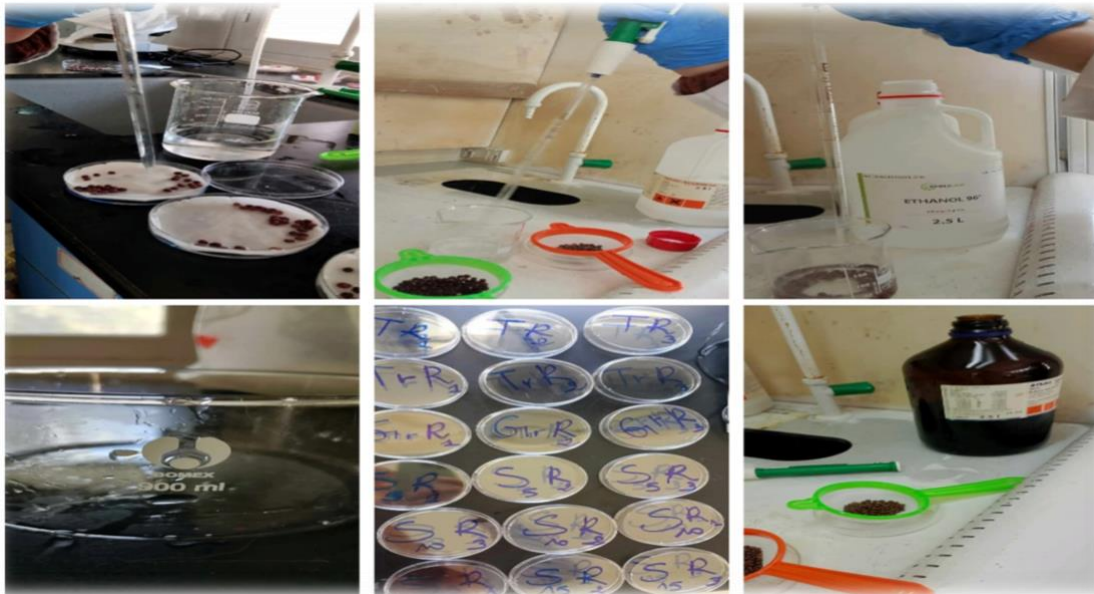
Figure10 : Les graines de *Washingtonia robusta*

## 2.2- Les matériels du laboratoire :

Tableau03 : Matériels utilisés

Matériel	Nome	Matériel	Nome
	Pipette d'eau distillée		Acide sulfurique
	Bavette		Marquer permanent
	Pipette graduée		Papier de ver

	<p><b>Ethanol</b></p>		<p><b>Pince</b></p>
	<p><b>Passoire</b></p>		<p><b>Boite de pétri</b></p>
	<p><b>Papier</b></p>		<p><b>Les gants</b></p>



**Figure11 : les différents matériels du laboratoire****3. Méthode suivie**

Des tests de pré-germination ont permis de vérifier la maturité physiologique des graines et leur aptitude à être utilisées dans les expériences ultérieures.

**3.1- Stérilisation**

La stérilisation a pour but de tuer tous les micro-organismes pouvant contaminer les cultures. Le maintien des cultures en conditions aseptiques nous oblige à faire la stérilisation des milieux de culture, d'instruments de manipulation et de dissection, d'eau de rinçage, etc.

**Stérilisation des instruments**

Tous les instruments métalliques (pinces...) ou verreries (Béchers, boîtes de Pétris ...) sont enrobés avec du papier aluminium.

**3.1.1. Stérilisation des graines**

Les cultures des graines se heurtent à des problèmes de brunissement à cause des contaminations par divers agents (bactéries, champignons ...) ce qui exige l'utilisation de solutions stérilisantes.

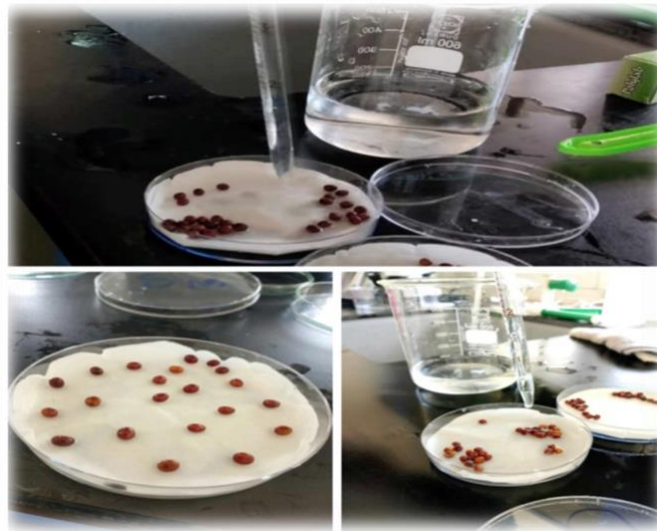
On se lave les mains avec du savon suivi de l'eau javel, Les graines sont trempées dans l'éthanol 70 ° pendant 5 min et rincées cinq fois avec l'eau distillée. Ensuite, les graines sont observées au microscope



**Figure12 : Etape de stérilisation des graines**

### **3.2.Mise en germination des graines**

Le repiquage des graines est effectué dans des boites de pétri de 9 ml, contenant deux couches de papier filtre imbibé par 07 ml d'eau minéral à l'aide de pince stérilisée à raison de 30 graines



**Figure 13 :La Mise en germination des graines**

### **3.3.Incubation**

Les boites pétris sont incubés à une température de 25° - 30 C, une humidité de 40- 60 % et à l'obscurité totale.



**Figure14: L'incubation de graines**

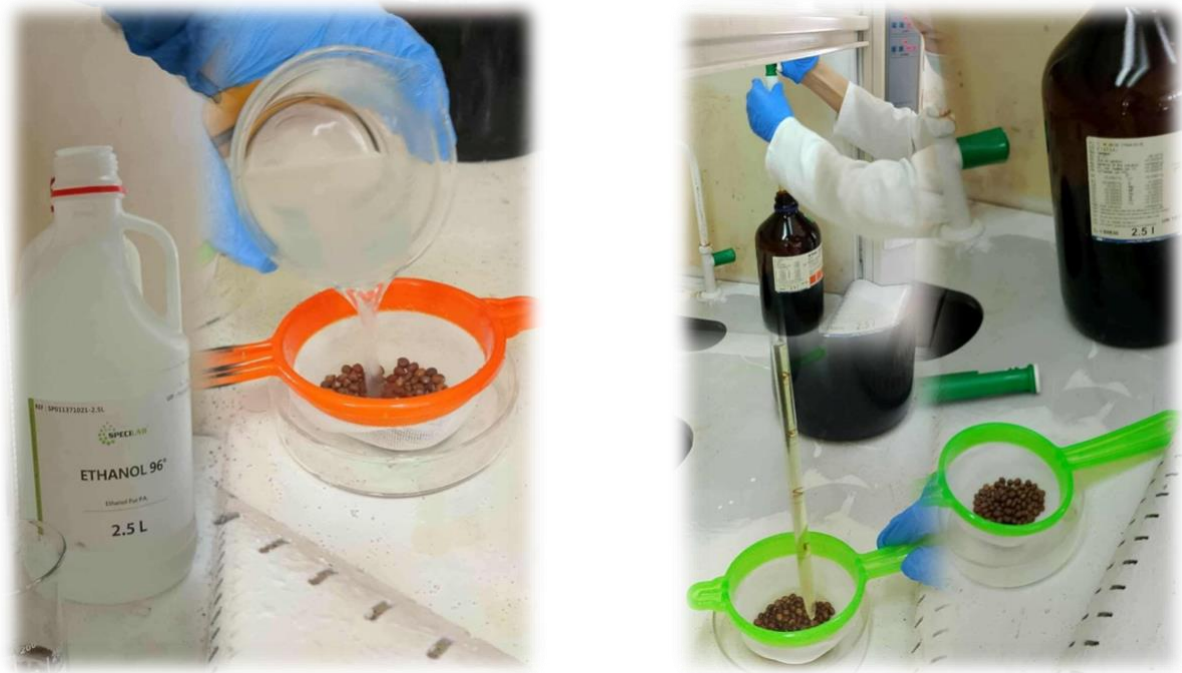
### 3.4. Dispositif expérimental :

Le dispositif adopté est en randomisation totale comportant 06 modalités, chaque modalité correspond à une boîte contenant 30 graines et répétées trois fois, avec 540 graines pour tout le dispositif.

**Tableau 04:** composition des différents prétraitements

Prétraitements	Durée	Symbole
Trempage dans le l'eau courante	24 heures	Tr
Grattage par le papier de verre	10 secondes	Gr
Scarification chimique (acide sulfurique)	5 minutes	S5
	10 minutes	S10

	<b>15 minutes</b>	<b>S15</b>
<b>Témoin</b>	<b>Sans traitement</b>	<b>T</b>



**Figure15 :Les différents prétraitement des graines**

#### **4- paramètres étudiés :**

##### **4.1- cinétique de germination**

Correspond à l'évolution du nombre de graines germées comptées chaque deux jours pendant la durée de l'essai (soit 18 jours).

##### **4.2- Taux de germination final (TG)**

Selon Mazliak (1982), c'est le taux de germination maximale ou le taux maximal obtenu dans les conditions choisies par l'expérimentateur. Il correspond au nombre de graines germées par rapport au nombre total de graines. Il est exprimé en pourcentage.

$$TG(\%) = \frac{\text{nombre de graines germées}}{\text{nombre des graines mises à germer}} \times 100$$

##### **4.3. Moyenne journalière de germination (MJG)**

Selon Osborne et al (2013), La MJG est le pourcentage de germination final sur le nombre de jours à la germination finale.

#### **5. Analyse statistique**

Les résultats représentés correspondent à la moyenne de trois répétitions. L'analyse de variance (ANOVA) effectué a pour objectif de vérifier l'existence de différence significative entre les moyennes des échantillons testés au seuil 5 %, dans le cas échéant, le test (S-N-K) Student-Newman-Keuls basée sur la plus petite différence significative permet de déterminer les groupes homogènes et hétérogènes à l'aide de SPSS 25.



**Troisième partie :**  
**Résultats et Discussions**

### 1- Cinétique de germination des graines

Jours après le traitement	4	7	11	14	16	20	25	28	30
Gr	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Tr	0	6,60	10	12,20	77,70	85,50	86,60	87,70	92,22
S5	0	14,40	23,30	30	72,20	88,89	88,89	88,89	88,89
S10	1	10	16,60	17,70	66,60	67,70	71,11	71,11	71,11
S15	0	1,10	6,60	6,60	21,10	28,80	28,80	30	31,11
T	0	3,30	13,30	15,50	53,30	63,30	65,50	66,67	66,67

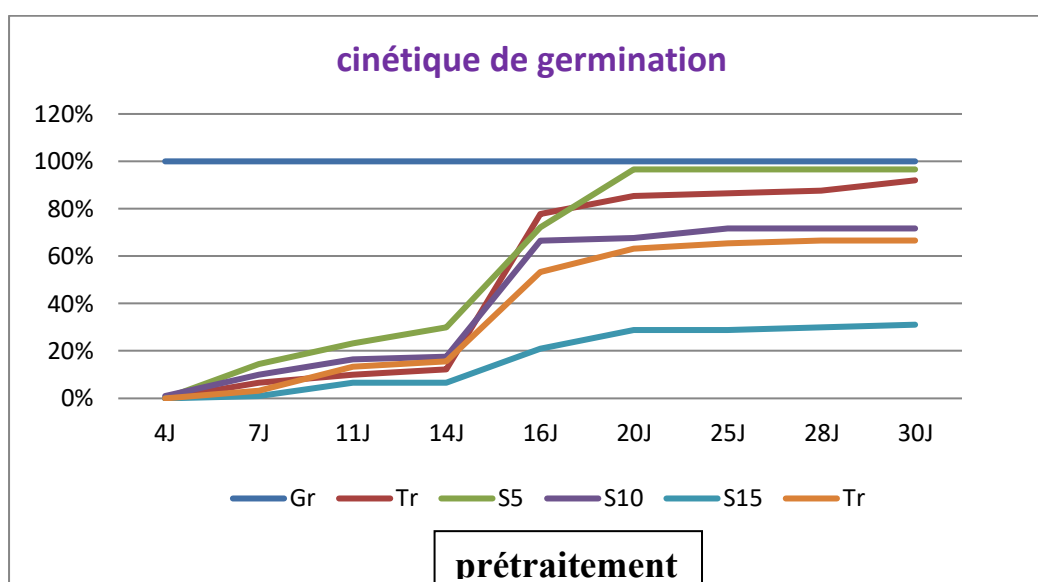


Figure 16 : Cinétique de différents prétraitements de germination des grains de *washingtonia robusta* .

#### 1.1- Discussion :

La courbe de cinétique de germination comprend généralement trois phases : une première phase de latence due à l'imbibition des graines, une deuxième phase exponentielle marquée par une accélération du processus de germination, et enfin une troisième phase caractérisée par un plateau indiquant l'arrêt de la germination après l'atteinte de la capacité maximale. À l'exception de la courbe

du prétraitement Grattage par le papier de verre, qui enregistre une vitesse maximale de germination et se stabilise dès le quatrième jour d'incubation.

L'évolution du taux de germination des graines de *Washingtonia robusta* en fonction du temps (jusqu'à 30 jours après traitement) montre des différences marquées entre les divers prétraitements appliqués, mettant en évidence leur influence non seulement sur le taux final de germination, mais aussi sur la vitesse d'initiation et de progression de la germination.

Les graines grattées au papier de verre présentent une germination immédiate et complète, atteignant 100 % dès le 4<sup>e</sup> jour et maintenant ce taux jusqu'au 30<sup>e</sup> jour. Cette réponse rapide et maximale suggère que le grattage mécanique permet une rupture efficace de la dormance tégumentaire en facilitant l'imbibition, sans endommager l'embryon. De tels résultats sont en accord avec ceux rapportés par Hartmann et al. (2011), qui soulignent l'efficacité de la scarification mécanique dans les espèces à tégument dur en permettant l'entrée rapide de l'eau et de l'oxygène.

En comparaison, le trempage dans l'eau pendant 24 heures induit une germination beaucoup plus lente, avec une absence de levée jusqu'au 4<sup>e</sup> jour, puis une augmentation graduelle pour atteindre un taux final de 92 % au 30<sup>e</sup> jour. Cette réponse retardée mais efficace est typique des traitements hydriques qui, bien qu'inoffensifs, nécessitent un temps plus long pour altérer la perméabilité du tégument. Selon Bewley et al. (2013), cette méthode peut être adaptée aux graines à dormance modérée, mais reste moins rapide que les traitements abrasifs.

Les graines scarifiées chimiquement pendant 5 minutes montrent une germination qui démarre à partir du 7<sup>e</sup> jour (14,4 %) et progresse rapidement pour atteindre un plateau élevé (96,6 %) dès le 20<sup>e</sup> jour, conservé jusqu'au 30<sup>e</sup> jour. Ce traitement représente un bon compromis entre rapidité et efficacité, permettant une levée de dormance sans compromettre la viabilité. Cela corrobore les observations de

Baskin & Baskin (2014), qui recommandent des durées courtes d'exposition à l'acide sulfurique pour maximiser l'effet tout en minimisant les dommages.

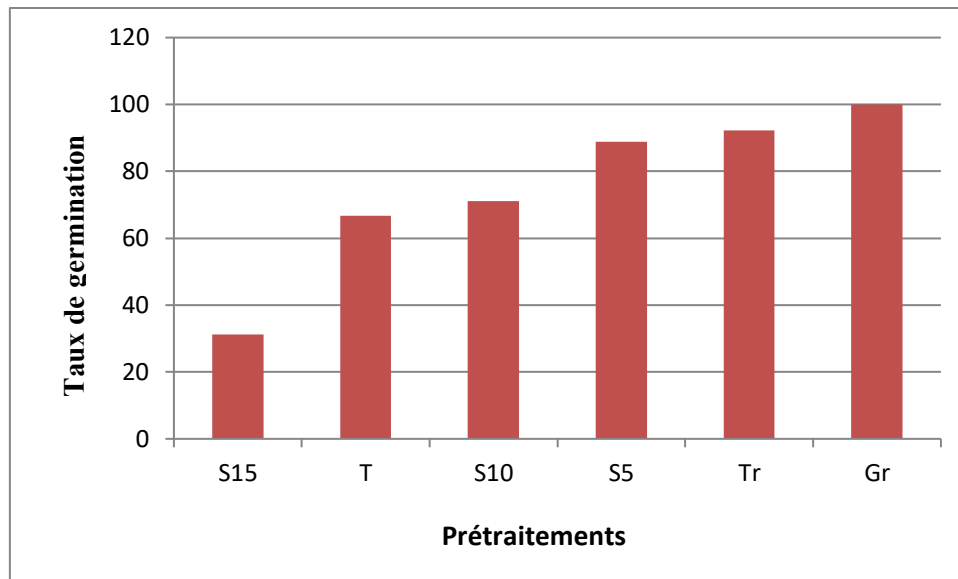
En revanche, les graines traitées pendant 10 minutes à l'acide sulfurique montrent une germination plus lente et partielle (71,7 % à J30), tandis que celles scarifiées pendant 15 minutes ont un taux nettement plus bas (31,1 %). Ces résultats traduisent un effet négatif de la durée excessive d'exposition à l'acide, probablement liée à des dommages embryonnaires irréversibles, comme le notent Azad et al. (2010). Cela illustre le caractère dose-dépendant de la scarification chimique, qui peut être bénéfique à court terme mais phytotoxique au-delà d'un certain seuil.

Enfin, les graines sans traitement présentent une germination tardive et incomplète (66,6 % à J30), avec une initiation à partir du 7<sup>e</sup> jour. Cette réponse lente suggère la présence d'une dormance tégumentaire naturelle, qui peut être surmontée en conditions favorables mais de manière moins efficace qu'avec un traitement préalable.

En somme, l'évolution temporelle du taux de germination met en évidence que le grattage mécanique est la méthode la plus efficace en termes de rapidité et d'intensité, suivi par la scarification acide courte (5 min) et le trempage, alors que les traitements plus agressifs (10 et 15 min) ont un impact négatif. Ces résultats renforcent les recommandations selon lesquelles les traitements doivent être adaptés à la physiologie de l'espèce et utilisés avec précaution pour optimiser la germination (Baskin & Baskin, 2014 ; Bewley et al., 2013 ; Hartmann et al., 2011).

**2 .Effet sur le taux de germination final (TG) :****Tableau.** Taux de germination final de différents prétraitements

<b>prétraitements</b>	<b>Code</b>	<b>Taux de germination (%)</b>
Graines scarifiées par l'acide sulfurique pendant 15 min	S15	31,11
Graines sans traitement	T	66,67
Graines scarifiées par l'acide sulfurique pendant 10 min	S10	71,11
Graines scarifiées par l'acide sulfurique pendant 5 min	S5	88,89
Graines trempées dans l'eau pendant 24 h	Tr	92,22
Graines grattées par le papier de verre	Gr	100



**Figure 17 :** Effet de différents prétraitements sur le taux de germination final des graines de *washingtonia robusta*

## 2.1- Discussion :

L'analyse post-hoc du test de Student-Newman-Keuls, appliquée aux taux de germination des graines de *Washingtonia robusta* soumises à divers prétraitements, met en évidence des différences statistiquement significatives entre les groupes. Le traitement par scarification à l'acide sulfurique pendant 15 minutes a conduit au taux de germination le plus faible (31,11 %), apparaissant isolé dans le premier sous-ensemble homogène. Cela suggère que ce traitement, bien qu'utilisé pour lever la dormance tégumentaire, devient délétère au-delà d'une certaine durée, probablement en raison d'un endommagement irréversible des tissus embryonnaires (Bewley et al., 2013 ; Azad et al., 2010). Cette observation concorde avec les travaux de Baskin & Baskin (2014), qui soulignent que l'utilisation de l'acide sulfurique doit être soigneusement dosée, car une exposition prolongée peut compromettre la viabilité des semences.

En comparaison, les graines non traitées (66,67 %) ainsi que celles ayant subi une scarification chimique pendant 5 ou 10 minutes ont obtenu des taux de germination nettement plus élevés (respectivement 88,89 % et 71,11 %), se regroupant dans le second sous-ensemble homogène. Ces résultats indiquent que de courtes durées de scarification acide peuvent effectivement améliorer la germination en facilitant l'imbibition sans nuire à l'embryon (Hartmann et al., 2011). De plus, le trempage dans l'eau pendant 24 heures (92,22 %) et le grattage mécanique au papier de verre (100 %) ont permis d'obtenir les meilleurs résultats, se situant dans les sous-ensembles 2 et 3, avec une absence de différence significative entre ces deux traitements.

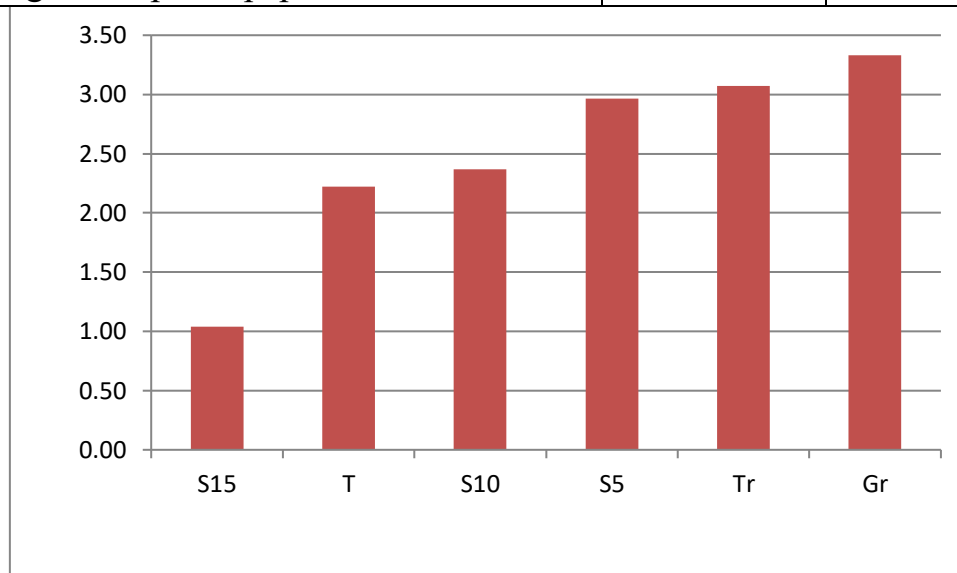
Ces données confirment que les prétraitements physiques tels que le grattage ou l'hydratation simple sont non seulement efficaces, mais aussi moins agressifs, ce qui les rend plus appropriés pour *Washingtonia robusta*, une espèce qui semble présenter une dormance de type physique modérée, levée par une légère perturbation du tégument. D'après Baskin & Baskin (2014), ces approches sont recommandées pour les espèces dont les semences sont sensibles aux traitements chimiques ou ne présentent qu'une dormance tégumentaire superficielle.

En résumé, les prétraitements influencent significativement le taux final de germination. Une scarification excessive à l'acide sulfurique réduit considérablement la viabilité des graines, tandis que des méthodes plus douces, comme le trempage ou le grattage, permettent une germination optimale. Ces résultats soulignent l'importance de choisir des prétraitements adaptés à la physiologie de l'espèce étudiée, en accord avec les principes décrits dans la littérature spécialisée.

### **3. Effet sur la moyenne journalière de germination (MJG) :**

**Tableau.** Moyenne journalière de germination de différents prétraitements.

prétraitements		code	Moyenne journalière de germination
Graines scarifiées par l'acide sulfurique pendant 15 min	MJG (%)	S15	1,04
Graines sans traitement		T	2,22
Graines scarifiées par l'acide sulfurique pendant 10 min		S10	2,37
Graines scarifiées par l'acide sulfurique pendant 5 min		S5	2,96
Graines trempées dans l'eau pendant 24 h		Tr	3,07
Graines grattées par le papier de verre		Gr	3,33



**Figure18** : Effet de différents prétraitements sur la moyenne journalière de germination des graines *washingtonia robusta*.

### 3.1- Discussion :

L'effet des différents prétraitements sur la moyenne journalière de germination des graines de *Washingtonia robusta* révèle une influence significative des méthodes utilisées. Les graines non traitées (T) présentent une moyenne journalière de germination relativement basse (2,22), ce qui suggère une dormance naturelle. Le traitement par l'acide sulfurique pendant 15 minutes (S15) donne les résultats les plus faibles (1,04), indiquant une possible altération excessive des graines due à la durée prolongée d'exposition à l'acide. En revanche, des durées plus courtes d'acidification, notamment 10 minutes (S10) et 5 minutes (S5), montrent une amélioration progressive de la germination avec respectivement 2,37 et 2,96, suggérant que l'acide sulfurique est efficace dans la levée de dormance si son application est bien dosée. Cependant, ce sont les traitements mécaniques ou hydriques qui montrent les meilleurs résultats. Le trempage dans l'eau pendant 24 heures (Tr) atteint une moyenne de 3,07, tandis que le grattage au papier de verre (Gr) se révèle le plus efficace avec une moyenne journalière de 3,33. Ces résultats indiquent que les traitements moins agressifs, tels que l'abrasion mécanique ou le trempage, favorisent davantage la germination quotidienne des graines de *Washingtonia robusta*, probablement en facilitant l'imbibition sans endommager l'embryon.

## **Conclusion**

## Conclusion

L'étude menée sur les effets de différents prétraitements sur la germination des graines de *Washingtonia robusta* a permis de mettre en évidence l'influence marquée de ces traitements sur la cinétique, le taux final et la moyenne journalière de germination. À travers l'analyse de ces trois paramètres clés, il apparaît clairement que la nature et la durée des prétraitements conditionnent non seulement la rapidité de la levée de dormance, mais aussi l'efficacité globale du processus de germination.

Le traitement par grattage mécanique au papier de verre s'est révélé être le plus performant, assurant une germination rapide (100 % dès le 4<sup>e</sup> jour) et constante, ainsi qu'une moyenne journalière de germination élevée (3,33). Ce résultat confirme l'efficacité des méthodes mécaniques pour lever la dormance physique, en facilitant directement l'absorption de l'eau par l'altération du tégument, sans nuire à la viabilité de l'embryon. De manière similaire, le trempage dans l'eau pendant 24 heures a aussi donné de très bons résultats (92,22 % de germination finale et MJG de 3,07), bien que la germination ait été plus lente au démarrage. Cette méthode, douce et non destructive, montre un bon potentiel pour les semences présentant une dormance modérée.

Les traitements chimiques par l'acide sulfurique ont montré des effets contrastés selon la durée d'exposition. Une scarification de 5 minutes a permis d'obtenir un taux élevé de germination (88,89 %) avec une bonne moyenne journalière (2,96), démontrant ainsi que, bien dosée, cette méthode peut être bénéfique. En revanche, des durées plus longues, notamment 10 et 15 minutes, ont entraîné une baisse progressive du taux de germination (71,11 % et 31,11 % respectivement), ainsi qu'une diminution marquée de la vitesse de germination. Ces résultats soulignent le caractère potentiellement toxique de l'acide sulfurique à forte dose ou à exposition prolongée, susceptible de compromettre la viabilité des graines.

## Conclusion

Les graines non traitées, quant à elles, ont montré une germination lente et partielle (66,67 % à J30), confirmant l'existence d'une dormance naturelle qu'il est possible de lever partiellement en conditions favorables, mais moins efficacement qu'avec un prétraitement adapté.

En somme, cette étude met en évidence que la levée de dormance chez *Washingtonia robusta* peut être optimisée grâce à des méthodes de prétraitement bien choisies. Les traitements physiques, en particulier le grattage mécanique, apparaissent comme les plus sûrs et efficaces. Les traitements chimiques peuvent être envisagés, mais uniquement avec des durées d'exposition maîtrisées pour éviter les effets néfastes. Ces résultats sont en accord avec les données de la littérature (Baskin & Baskin, 2014 ; Bewley et al., 2013 ; Hartmann et al., 2011) et renforcent l'idée que le choix du prétraitement doit être guidé par une connaissance précise de la physiologie des graines et des types de dormance auxquels elles sont soumises. Ainsi, pour une germination optimale et rapide des graines de *Washingtonia robusta*, le recours à des méthodes douces, telles que le grattage ou le trempage, est fortement recommandé.

## Conclusion

**Références  
bibliographiques**

## Références bibliographiques :

### Articles et livres scientifiques

1. Dransfield, J., Uhl, N. W., Asmussen, C. B., Baker, W. J., Harley, M. M., & Lewis, C. E. (2008).

Genera Palmarum: The Evolution and Classification of Palms.

Kew Publishing, Royal Botanic Gardens.

➤ Ce livre est une référence majeure pour la classification des palmiers.

. Royal Botanic Gardens, Kew – Plants of the World Online

<https://powo.science.kew.org>


➤ Fiche de *Washingtonia robusta*: taxonomie, répartition géographique, etc.

<https://powo.science.kew.org>

3. Missouri Botanical Garden – Tropicos Database

<http://www.tropicos.org>

➤ Base de données botanique pour la taxonomie et les synonymes.

 Sources sur la germination et la dormance des graines de *Washingtonia robusta*:

4. Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2014).

Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination (2nd ed.).

Academic Press.

➤ Ouvrage de référence sur les types de dormance et les traitements de pré-germination.

5. Azani, N., & Al-Ghamdi, F. A. (2006).

"Germination and dormancy of ...

1. Baskin, J. M., & Baskin, C. C. (2004). A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research*.
2. Clemens, J., Jones, P. G., & Gilbert, N. H. (1977). Effect of seed treatments on germination in *Acacia*. *Australian Journal of Botany*, 25, 269–276.
3. Come, D. (1970). *Les obstacles à la germination*. Masson et Cie.
4. Contet, A. (1969). *La pépinière des fruitières*. Baillière et fils.
5. Dominique, S. (2007). *Les bases de la production végétale. Tome III : La plante*. Éditeur non précisé.
6. Chaussat, R., & Chapon, M. (1981). Étude comparative des poids et des propriétés. (Détails de publication incomplets).
7. Fenner, M., & Thompson, K. (2005). *The ecology of seeds*. Cambridge University Press.
8. Foley, M. E. (2001). Seed dormancy: An update on terminology, physiological genetics, and quantitative trait loci regulating germinability. *Weed Science*, 49, 305–317.
9. Fang, S., Wang, J., Wei, Z., & Zhu, Z. (2006). Methods to break seed dormancy in *Cyclocarya paliurus* (Batal.) Iljinskaja. *Scientia Horticulturae*, 110, 305–309.
10. François, J., Morot, G., & Roger, P. (2009). *Biologie végétale. Vol. 2 : Croissance et développement*.
11. Jean, P., Catherine, T., & Guies, L. (1998). *Biologie des plantes cultivées*. L'Arpers.
12. Heller, R. (2000). *Physiologie végétale. Tome 2 : Développement*. DUNOD.
13. ISTA. (1976). *Amendments to International Rules for Seed Testing*. International Seed Testing Association.
14. Geneve, R. L. (2003). Impact of temperature on seed dormancy. *HortScience*, 38, 336–341.

15. Guy, D. (1967). *Physiologie et biologie des plantes vasculaires : Croissance, production, écologie, phytopathologie*. Société d'édition d'enseignement supérieur.
16. Li, B. L., & Foley, M. E. (1997). Genetic and molecular control of seed dormancy. *Trends in Plant Science*, 2, 384.
17. Mazliak, P. (1982). *Physiologie végétale, croissance et développement. Tome III*. Hermann.
18. Meyer, S., Reeb, C., & Bosdeveix, R. (2004). *Botanique, biologie et physiologie végétale*. Moline.
19. Michel, V. (1997). *La production végétale : Les composantes de la production*. Danger.
20. Niang-Diop, F., Sambou, B., & Lykke, A. M. (2010). Contraintes de régénération naturelle de *Prosopis africana* : Facteurs affectant la germination des graines. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 4, 1693–1700.
21. Nivot, N. (2005). *Essais de germination et de bouturage de six espèces indigènes sciaphytes du Canada* [Thèse de doctorat, Université Laval].
22. Salomão, A. N. (2002). Tropical seed species' responses to liquid nitrogen exposure. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 14, 133–138.
23. Tieu, A., Plummer, J. A., Dixon, K. A., Sivasithamparam, K., & Sieler, I. M. (1999). Germination of four species of native Western Australian plants using plant-derived smoke. *Australian Journal of Botany*, 47(2), 207–219.

### **Sources web et encyclopédiques :**

(Pour les liens, la norme APA recommande d'indiquer une date de consultation si le contenu est susceptible de changer)

24. Berchet & Presl, J. (1820). Arecaceae. [Taxonomic description].

- 25.PUCCIO, P. (n.d.). *Washingtonia robusta*. Monaco Nature Encyclopedia.  
<https://www.monaconatureencyclopedia.com/washingtonia-robusta/?lang=fr>
- 26.Maaoui, M. (2014). *Plantes ornementales des Ziban*. Centre de Recherche scientifique et technique sur les régions arides.
- 27.VDardour, M., Daroui El, A., Boukroute, A., & Berrichi, A. (2012). Inventaire et état sanitaire des arbres d’alignement de la ville de Saïdia (Maroc Oriental).
- 28.Boutique Végétale. (n.d.). *Washingtonia robusta : Palmier du Mexique*.  
<https://www.boutique-vegetale.com/p/washingtonia-robusta>
- 29.INPN. (n.d.). *Washingtonia robusta*.  
[https://inpn.mnhn.fr/espece/cd\\_nom/130075/tab/taxo](https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/130075/tab/taxo)

## Annexes

**Annexe 01. Relevé de germination**

<b>Traitement</b>	<b>14/ 04/</b>	<b>16/ 04</b>	<b>18/ 04</b>	<b>20/ 04</b>	<b>25/ 04</b>	<b>28/ 04</b>	<b>30/ 04</b>	<b>02 / 05</b>	<b>04 / 05</b>
<b>GrR1</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>
<b>GrR2</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>
<b>GrR3</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>
<b>TrR1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>25</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>29</b>
<b>TrR2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>22</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>28</b>
<b>TrR3</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>23</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>26</b>
<b>S05R1</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>29</b>	<b>29</b>	<b>29</b>	<b>29</b>	<b>29</b>
<b>S05R2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>19</b>	<b>29</b>	<b>22</b>	<b>22</b>	<b>22</b>
<b>S05R3</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>27</b>	<b>29</b>	<b>29</b>	<b>29</b>	<b>29</b>
<b>S10R1</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>19</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>

<b>S10R2</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>27</b>	<b>27</b>
<b>S10R3</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>17</b>
<b>S15R1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>09</b>	<b>09</b>	<b>09</b>	<b>10</b>
<b>S15R2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>05</b>	<b>05</b>	<b>06</b>	<b>06</b>
<b>S15R3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>
<b>TR1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>15</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>19</b>
<b>TR2</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>19</b>	<b>23</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>24</b>
<b>TR3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>17</b>

## Annexe 2. Anova du taux de germination final

### ANOVA

taux\_germination

	Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
Intergroupes	843,833	5	168,767	15,039	,000
Intragroupes	134,667	12	11,222		
Total	978,500	17			

## Annexe 3. Analyse post hoc du taux de germination final

### taux\_germination

Student-Newman-Keuls<sup>a</sup>

prétraitements	N	Sous-ensemble pour alpha = 0.05		
		1	2	3
S15	3	31,110 0		
T	3		66,666 7	
S10	3		71,113 3	

S5	3		88,890 0	88,890 0
TR	3		92,223 3	92,223 3
Gr	3			100,00 00
		1,000	,066	,465

Les moyennes des groupes des sous-ensembles homogènes sont affichées.

a. Utilise la taille d'échantillon de la moyenne harmonique = 3,000.

# Résumé

## **Résumé :**

L'étude montre que les prétraitements influencent fortement la germination des graines de *Washingtonia robusta*. Le grattage mécanique est le plus efficace, assurant une germination rapide (100 %) et constante. Le trempage dans l'eau donne aussi de bons résultats, bien que plus lents. La scarification chimique est efficace à courte durée (5 min), mais devient néfaste au-delà. Ainsi, les traitements doux sont à privilégier pour optimiser la germination sans compromettre la viabilité des graines.

**Mots-clés :** *Washingtonia robusta*, germination, prétraitements.

## **Abstract :**

The study shows that pretreatments significantly affect the germination of *Washingtonia robusta* seeds. Mechanical scarification (sandpaper) was the most effective, achieving rapid and complete germination (100%). Soaking in water also gave good results, though at a slower pace. Sulfuric acid treatment was effective at short exposure (5 minutes) but became harmful with longer durations. Therefore, gentle methods are recommended to optimize germination without compromising seed viability.

**Keywords:** *Washingtonia robusta*, germination, pretreatments.

## **المخلص:**

تظهر الدراسة أن المعالجات المسبقة تؤثر بشكل كبير على إنبات بذور *Washingtonia robusta* كانت المعالجة بالحك الميكانيكي (الورق الزجاجي) الأكثر فعالية، حيث حققت إنباتاً سريعاً وكاملاً بنسبة 100%. كما أعطى النقع في الماء نتائج جيدة ولكن ببطء أكبر. كانت المعالجة بحمض الكبريتيك فعالة عند

تطبيقها لفترة قصيرة (5 دقائق)، لكنها أصبحت ضارة بزيادة المدة. لذلك، تُفضل المعالجات اللطيفة لتحقيق إنبات أفضل دون الإضرار بحيوية البذور.

الكلمات المفتاحية *Washingtonia robusta* ، الإنبات، المعالجات المسبقة