République Algérienne Démocratique Et Populaire

Ministère De L'enseignement Supérieur

Et De La Recherche Scientifique

Université 20 Août1955

Mémoire De Fin D'études

En vue de l'obtention du diplôme

De Master En Agronomie

Spécialité : Systèmes De Production Agroécologiques

Thème :

Effet de prétraitement sur la germination du caroubier (*Ceratonia siliqua*)

Présenté Par :

ATROUS Amina

BOUGDAH Khaoula

Devant Le Jury :

BOULECHFAR Mohamed	**MAA**	**Président**
BELAIDI Abdelouahab	**MCB**	**Encadrant**
HANNACHI Abdelhakim	**MCA**	**Examinateur**

Année Universitaire 2025/2026

Remerciement

Nous adressons nos plus profonds remerciements et toute notre gratitude à notre honorable encadreur, le professeur **Belaidi Abdelouahab**, sous la direction de qui nous avons eu l'immense honneur de travailler. Ses orientations éclairées et son soutien scientifique indéfectible ont eu le plus grand impact sur le bon déroulement de cette recherche et sa concrétisation. Nous le remercions chaleureusement pour sa bienveillance, sa grande patience à notre égard, sa compréhension face aux périodes de baisse de notre rythme de travail et au ralentissement de nos pas par moments, ainsi que pour son suivi rigoureux de chaque détail de ce travail. Que Dieu le récompense grandement et bénisse son savoir et son parcours. Nos remerciements renouvelés s'adressent également à l'ensemble du personnel du département [Agronomique] pour toutes les facilités qu'ils nous ont accordées tout au long de notre cursus. Nous tenons à saluer particulièrement la responsable de la gestion des serres pour ses précieux conseils et ses orientations avisées. Nous exprimons aussi notre sincère gratitude au directeur de la pépinière de Dmeinia à Tamalous pour avoir bien voulu nous fournir les graines de caroubier, ce qui a eu un impact majeur dans la réalisation du volet pratique de cette recherche. Enfin, nous ne manquons pas de remercier chaleureusement la responsable du laboratoire pour son accueil chaleureux, sa bienveillante disponibilité et ses précieuses directives durant la période de réalisation de nos expériences scientifiques au sein du laboratoire. Que Dieu Tout-Puissant bénisse vos efforts à tous et vous accorde le succès.

.

إهداء

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿وَقُل رَّبِّ زِدْنِي عِلْمًا﴾.

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات، والذي أنار لي درب العلم، ووفقني لإتمام هذا العمل، فله الحمد والشكر على نعمه التي لا تُحصى.

إلى أبي العزيز...

إلى الرجل الذي كان وما يزال رمزًا للعطاء، وصاحب الفضل بعد الله في كل خطوة خطوتها، إلى من علّمني أن النجاح لا يُهدى، بل يُنتزع بالصبر والعمل والاجتهاد، إلى من تحمل المشقة ليمنحني مستقبلًا أفضل. أهديك ثمرة سنواتٍ من السعي، راجيةً أن أكون دائمًا مصدر فخر واعتزاز لك. حفظك الله وأدام عليك الصحة والعافية، وجزاك عني خير الجزاء.

إلى أمي الغالية...

إلى نبع الحنان، وسرّ الطمأنينة، وصاحبة القلب الذي وسعني حبًا ودعاءً، إلى من كانت كلماتها مصدر قوتي، ودعواتها رفيقة دربي في كل لحظة، إليكِ يا أغلى الناس أهدي هذا الإنجاز، فهو ثمرة تعبك قبل أن يكون ثمرة جهدي. أسأل الله أن يحفظك، ويبارك في عمرك، وأن يديم عليك نعمة الصحة والسعادة.

إلى عائلتي الكريمة...

إلى إخوتي وأخواتي، وإلى كل أفراد أسرتي الذين غمروني بالمحبة والتشجيع، وكانوا خير سند طوال مسيرتي الدراسية، لكم مني خالص المحبة والامتنان.

إلى أستاذي المشرف...

أتقدم بخالص الشكر والتقدير لأستاذي المشرف، الذي لم يبخل عليّ بتوجيهاته العلمية ونصائحه القيمة، وكان لحسن إشرافه ومتابعته الأثر الكبير في إنجاز هذه المذكرة، فله مني جزيل الشكر والاحترام.

إلى أساتذتي الأفاضل...

إلى كل أستاذ علّمني حرفًا، وأسهم في تكويني العلمي، وغرس في نفسي حب المعرفة والبحث، لكم مني أسمى عبارات الشكر والعرفان.

إلى زميلاتي ...

إلى كل من شاركني هذه الرحلة العلمية، وتقاسم معي لحظات الاجتهاد والتحدي، أتمنى لكم دوام النجاح والتوفيق.

و أخيرا إلى كل من ساهم، من قريب أو بعيد، في دعمي وتشجيعي ومساندتي، وإلى كل من ترك في حياتي أثرًا طيبًا، أهدي هذا العمل المتواضع، سائلةً الله أن يجعله علمًا نافعًا، وأن يوفقني لمواصلة مسيرتي العلمية وخدمة العلم والمجتمع.

أمينة

Dédicace

Au nom d'Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux.

Louange à Allah qui m'a accordé la force et la persévérance pour mener ce travail à son terme. Que la paix et la bénédiction soient sur le Prophète Mohammed.

À la mémoire de mon cher père…

À celui qui rêvait de me voir réussir, mais qui nous a quittés avant de partager ce moment si précieux. Qu'Allah t'accorde Son infinie miséricorde, t'accueille dans Son vaste Paradis et fasse de cette réussite une œuvre dont la récompense te parvienne. Ton souvenir restera à jamais gravé dans mon cœur, et tes prières continueront d'éclairer mon chemin.

À ma chère mère, symbole d'amour, de patience et de sacrifice, qui a toujours été mon plus grand soutien. Que Dieu la protège, lui accorde une longue vie et la comble de santé et de bonheur.

À mes frères et sœurs, ainsi qu'à toute ma famille, pour leur affection, leur soutien et leurs encouragements.

À mes enseignants, qui m'ont transmis leur savoir avec dévouement, ainsi qu'à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire.

Khaoula

Sommaire

Liste des figures.

Liste des tableaux.

Liste des annexes .

Introduction générale.

Chapitre 01 : Germination et Dormance

Introduction 5
1. La germination 5
1.1 Définition 5
1.2. Conditions de la germination 5
1.2.1. Conditions internes 5
1.2.2. Les conditions de germination externes : 6
1.3. Les phases de la germination 7
1.4. Types de germination 8
1.4.1. Germination épigée 8
1.4.2. Germination hypogée 8
2. La Dormance 8
2.1 Définition 8
2.2 Les dormances des semences 8
2.3. Les types de dormance 10
2.3.1. Les dormances physiques 10
2.3.2. Physiques-physiologiques 11
2.3.3 Les dormances morphologiques 11
3. Scarification 11
3-1 La scarification physique 11
3.2. Scarification manuelle 12
3.3 La scarification mécanique 13
3.4. Scarification par l'acide 13

Chapitre 02 : Etude de *Ceratonia siliqua*

Introduction 15
1.Nomenclature et classification 16
2. Origine du Caroubier 16
3. Description botanique 17
3.1. Arbre 17
3. 2. Feuilles 17
3.3. Les fleurs 18
3.4. Fruit 21
3.5. Racines 22
3.6. le tronc 24
3.7. Branches 25
3.8. Semences 26
4. Distribution géographique du caroubier 27
4.1. Distribution mondiale du caroubier 27
4.2. Distribution du caroubier à travers l'Algérie 28
5. Variétés de caroubier 29
5.1. Le caroubier à l'état sauvage 29
5.2. La culture du caroubier 29
6. Multiplication du caroubier 29
6 .1. L'ensemencement 29
6.2. La méthode de bouturage 30
6.3. La technique du greffage 30
6.4. La culture in vitro ou la micropropagation du caroubier 30
7. Applications du caroubier 31
7.1. Application agroalimentaire du caroubier 31
7 .2. Application industrielle du caroubier 32
7.3 Application dans le domaine de la cosmétique 32
7.4. Applications dans le secteur pharmaceutique et médical 33
Conclusion du chapitre 33

Deuxième parti :Matériels et Méthodes

1. Présentation de la station d'étude 35
1.1- Localisation 35
1.2. Caractéristique technique 35
2-Matériel utilisé 36
2.1- Le matériel végétal 36

2.2- Les matériels du laboratoire 36
3. Méthode suivie 38
3.1- Stérilisation 38
3.1.1. Stérilisation des graines 38
3.2. Mise en germination des graines 39
3.3. Incubation 41
3.4. Dispositif expérimental 41
4- paramètres étudiés 42
4.1- cinétique de germination 42
4.2- Taux de germination final (TG) 42
4.3. Moyenne journalière de germination (MGG) 43
5. Analyse statistique 43

Troisième partie :Résultats et Discussions

1.Cinétique de germination des graines 45
1.1.Discussion 45
2.Effet sur le taux de germination final (TG) 48
2.1- Discussion 48
3.Effet sur la moyenne journalière de germination (MJG) 50
3.1- Discussion 51
Conclusion générale 54

LA LISTE DES FIGURES

Figure 01 : L'arbre de caroubier (Decor.fr 21mars 2019) 17
Figure 02 : Feuilles de caroubier (Batlle et *al*,1997) 18
Figure 03 : Fleur hermaphrodite du caroubier (Batlle et *al*,1997) 19
F**igure 04** : Inflorescence mâle de caroubier (Crédit photo-soltenviva-flickr.com) 19
Figure 06 : Inflorescence male de couleur couleur rouge (Batlle et *al* 1997) 20
Figure 07 : Inflorescence màle de Jaune (Aafi,1996) 20
Figure 08 : Gousse mature du caroubier (Batlle et al, 1997). 22
Figure 09 : Gousse verte de caroubier (Melgarejo et Salazar,2003) 22
Figure 10: Système racinaire chez le caroubier (Abbès,2020) 24
Figure 11 : Tronc du caroubier (Aafi, 1996) 25
Figure 12 : Branches du caroubier (Batlle et *al*,1997) 26
Figure 13 : Graines du caroubier (Ait youcef,2002) 27
Figure 14 : Aire de distribution de caroubier dans le monde (Batlle et *al.*1997) 28
Figure 15 : Répartition du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatique (A.N.R.H 2004). 28
F**igure 16** : station d'études (serre pédagogique de l'université de Skikda). 36
Figure1**7 :** Les graines de *Ceratonia siliqua* 36
Figure18 : les différents matériels du laboratoi**re..... 38**
Figure19 **:** Etape de stérilisation des graines 39
Figure 20 : La Mise en germination des graines 41
Figure 21 : L'incubation de graine**s..... 41**
Figure22 : Le différent prétraitement des graines 42
Figure 23 : Cinétique de différent prétraitement de germination des grains de *Ceratonia siliqua L.* **. 45**
Figure 24 : Effet de différents prétraitements sur le taux de germination final des graines de *Ceratonia siliqua* 48
Figure25 : Effet de différents prétraitements sur la moyenne journalière de germination des graines *Ceratonia siliqua L.* 51

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 01 : La systématique de caroubier selon Lewis et al. (2005) est comme suit 16
Tableau02: Matériels utilisés 36
Tableau 03 : composition des différents prétraitements..... 40
Tableau04 : Taux de germination final de différents prétraitements 48
Tableau05 :. Moyenne journalière de germination de différents prétraitements. 50

LISTE 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

Introduction générale

Introduction Générale

Le caroubier *(Ceratonia siliqua L.)* est une espèce forestière et fruitière emblématique du bassin méditerranéen, appartenant à la famille des Fabaceae. Grâce à sa remarquable résistance à la sécheresse, à sa capacité d'adaptation aux sols pauvres et à sa longévité, il constitue une ressource végétale d'une grande importance écologique, économique et sociale. Cette espèce est largement utilisée dans les programmes de reboisement, de lutte contre la désertification et de restauration des écosystèmes dégradés, tout en occupant une place importante dans les industries agroalimentaire, pharmaceutique et cosmétique grâce à la richesse de ses gousses et de ses graines (Batlle & Tous, 1997 ; FAO, 2020).

Malgré son intérêt croissant, la multiplication du caroubier demeure confrontée à une contrainte majeure liée à la dormance tégumentaire de ses graines. En effet, celles-ci possèdent un tégument très dur et imperméable à l'eau, limitant ainsi l'imbibition et retardant ou empêchant la germination dans les conditions naturelles. Cette dormance constitue un obstacle important à la production de plants destinés au reboisement et à la domestication de cette espèce (Baskin & Baskin, 2014).

Afin d'améliorer le pouvoir germinatif des graines, plusieurs techniques de prétraitement ont été développées, notamment la scarification mécanique, les traitements thermiques et la scarification chimique à l'acide sulfurique. Ces méthodes permettent de lever la dormance en augmentant la perméabilité du tégument, favorisant ainsi une imbibition rapide et une germination plus homogène (Bewley et al., 2013 ; Hartmann et al., 2018). Le choix d'un prétraitement adapté constitue donc une étape essentielle pour optimiser la germination et améliorer la production de jeunes plants de caroubier.

Dans ce contexte, le présent travail a pour objectif d'évaluer l'effet de différents prétraitements sur la germination des graines de *Ceratonia siliqua L.*, afin de déterminer les traitements les plus efficaces pour lever la dormance et améliorer les paramètres de germination, notamment la cinétique de germination, le taux final de germination et la moyenne journalière de germination.

Pour répondre à cet objectif, ce mémoire est structuré en trois parties. La première est consacrée à une synthèse bibliographique portant sur la germination, la dormance des graines et les caractéristiques générales du caroubier. La deuxième partie présente le matériel et les méthodes expérimentales utilisés au cours de cette étude. Enfin, la troisième partie expose les résultats obtenus, leur analyse statistique ainsi que leur discussion en les confrontant aux données rapportées dans la littérature scientifique.

Première partie :
Etude bibliographique

Chapitre 01 :
Germination et Dormance

Introduction

La germination et la dormance sont considérées comme des phénomènes essentiels dans la vie des plantes, car elles contribuent largement à leur adaptation et à leur survie dans différentes conditions environnementales.

Dans ce chapitre, nous aborderons les processus biologiques qui régissent la germination et la dormance, ainsi que leur interaction avec les différents facteurs environnants.

1. La germination

1.1 Définition

La germination est définie comme la somme des événements qui conduisent la graine sèche à germer ; elle commence par la prise d'eau et se termine par l'allongement de l'axe embryonnaire (HOPKINS, 2003).

La germination est le passage de la vie latente de la graine à la vie active, sous l'effet de facteurs favorables. Selon MAZLIAK (1982), c'est un processus Physiologique dont les limites sont le début de l'hydratation de la semence et le tout début de la croissance de la radicule. Une semence a germé, lorsque la radicule a percé les enveloppes ou elle est visiblement allongée (BEWLEY, 1997).

1.2. Conditions de la germination

1.2.1. Conditions internes

Avant la germination, la graine doit répondre à de nombreuses conditions internes qui sont :

La maturité c'est-à-dire que toutes les parties qui la constituent soient complètement différenciées morphologiquement (Heller et al. 2000).

La deuxième condition de germination interne est la disponibilité de l'amidon, des protéines, des lipides et des nutriments pour l'embryon de la graine à travers l'activité des enzymes et des voies spécifiques (Miransari et Smith, 2009).

La troisième condition de germination interne est la longévité des semences, autrement dit, la durée pendant laquelle les semences restent vivantes et gardent leur pouvoir germinatif.

Cette dernière condition varie considérablement en fonction des espèces (Heller et al.2000).

1.2.2. Les conditions de germination externes :

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- L'oxygène

L'oxygène doit être à la pression ordinaire de l'atmosphère ; les graines ne germent ni dans le vide ni sous une pression trop élevée. Cet oxygène se combine avec les glucides et les lipides que renferme la graine lors des processus de respiration. sou l'influence de l'humidité, la graine se gonfle, les enveloppes éclatent ou se ramollissent (Laberche, 2001).

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 cellule, donc leur division.

E-La lumière

La lumière est aussi un facteur externe de la germination. On a cru pourtant, dans le passé, que la lumière n'était pas nécessaire à la germination. Mais, chez certaines espèces, on note une nette action positive de la lumière sur la germination. Il est aussi bien connu que certaines graines ne doivent pas être recouvertes. Elles germent en surface, exposées à L'alternance jour/nuit. Inversement chez d'autres espèces, la germination est meilleure en obscurité totale. La lumière joue un rôle prépondérant dans la germination des graines qui possèdent, au même titre que les feuilles, des récepteurs photosensibles (phytochrome) (Laberche, 2001).

1.3. Les phases de la germination

Heller et al., (2000) ; Raven et al., (2003) et Meyer et al., (2004) ont distingué les phases suivantes de germination :

La phase I : ou phase d'imbibition, assez brève selon les semences (de 6 à 12h), caractérisée par une forte hydratation des tissus, accompagnée d'une élévation de l'intensité respiratoire.

La phase II : ou phase de germination stricto sensu. Au cours de cette phase il y'a une stabilisation de l'hydratation et de la respiration à un niveau élevé. Cette phase, est relativement brève aussi de 12 à 48 heures. Elle s'achève avec l'émergence de la radicule hors des téguments séminaux. Durant cette phase, la graine peut être réversiblement déshydratée et réhydratée sans dommage apparent pour sa viabilité.

La phase III : est caractérisée par une reprise de l'absorption d'eau et une augmentation de la consommation d'oxygène, elle correspond à un processus de croissance de la radicule puis la tigelle.

1.4. Types de germination

1.4.1. Germination épigée

La graine est soulevée hors du sol car il y a un accroissement rapide de la tigelle qui Donne l'axe hypocotylaire qui soulève les deux cotylédons hors du sol. La gemmule se développe (Après la radicule) et donne une tige feuillée au-dessus des deux cotylédons. Le premier Entrenœud donne l'épicotyl. Les premières feuilles, au-dessus des cotylédons sont les Feuilles primordiales (Ammari, 2011).

1.4.2. Germination hypogée

La graine reste dans le sol, la tigelle ne se développe pas et les cotylédons restent dans le sol (Ammari, 2011).

2. La Dormance

2.1 Définition

Chez de nombreuses plantes, la germination des graines n'est pas immédiate, et nécessite le passage par une période de repos pendant laquelle la germination est inhibée par divers mécanismes. Cette inhibition ou dormance est un stade important dans le cycle de vie des plantes. C'est un état provisoire dans lequel des graines viables ne peuvent pas germer même dans des conditions favorables ; cet état se caractérise par une absence virtuelle d'activité métabolique et/ou par un manque virtuel de développement et de croissance (Hilhorst & Koornneef, 2007). La dormance peut être liée à la présence d'inhibiteurs, la présence de protéines photosensibles ou chromoprotéines, l'imperméabilité des enveloppes à l'eau ou à l'oxygène, et/ou à la résistance mécanique des enveloppes. C'est une propriété innée qui est définie par des facteurs génétiques et environnementaux pendant le développement de la graine. La fin de ce stade physiologique est communément appelée levée de dormance. La dormance est différente de la quiescence qui est un état dans lequel la graine mature et viable ne manque que d'eau et d'oxygène pour germer.

2.2 Les dormances des semences

Par semences, nous entendrons les graines proprement dites et les akènes, fruit secs indéhiscents semés au lieu des graines elles-mêmes (Heller et al., 2000).

Au moment de sa dissémination, la graine est en phase de repos ou diapause. Les tissus sont très déshydratés et les échanges respiratoires très faibles. L'embryon a cessé de s'accroître dès avant la maturité de la graine. Ce phénomène est induit directement et seulement par l'embryon qui, déshydraté, ne peut pas germer. La diapause des graines dure plus ou moins longtemps selon les circonstances extérieures. Sa durée est variable. Les graines oléagineuses ont en moyenne une longévité assez faible. Leurs huiles s'oxydent et donnent des acides toxiques. De même les graines de peupliers (Populus sp.), de saules (Salix sp, Salicaceae), ou de l'érable à sucre, doivent rencontrer tout de suite l'humidité favorable à leur germination. Leurs graines sont peu déshydratées à maturité. D'autres graines gardent plus longtemps leur pouvoir germinatif. Les haricots, pois, céréales qui ont des réserves amylacées se conservent en général bien. Naturellement le pouvoir germinatif persiste de trois à quinze ans. En faisant des essais sur des échantillons d'herbier, il apparaît que des graines sont capables de germer au bout d'un très grand nombre d'années (Laberche, 2001).

L'enveloppe de la graine est cause unique de l'inhibition. Dès que la graine est décortiquée, elle germe immédiatement. Les téguments de la graine peuvent être très durs et imperméables à l'eau (Laberche, 2003).

Il peut s'agir de dormances tégumentaires, dues aux enveloppes séminales, ou de dormance embryonnaire, qui résultent d'une inaptitude de l'embryon à germer ; on reconnait ces dernières à ce qu'elles subsistent même si les téguments sont enlevés (Heller et al., 2000).

Comme cela a déjà été dit, certaines graines sont protégées par une testa très épaisse, pouvant entrainer une dormance mécanique due à l'obstacle physique que représente la testa pour l'absorption de l'eau ou l'augmentation de volume de l'embryon.

C'est ce phénomène qui semble responsable chez beaucoup de légumineuse d'une germination lente et capricieuse. En particulier chez certaines espèces de légumineuses fourragères, on pratique une scarification mécanique de la testa pour accélérer et homogénéiser la levée (Turner, 2010).

Bien que très nombreuses, ces causes de dormance peuvent être regroupées en 4 grandes catégories (Laberche, 2003).

2.3. 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.

2.3.1. Les dormances physiques

Sont levées par les méthodes de scarification qui provoque 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 & Gonzalez Benito 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 créer 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 (H2SO4 ; 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.

2.3.2. 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. enudata 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.

2.3.3 Les dormances morphologiques

On définit la dormance morphologique des graines comme un retard de germination essentiellement causé par le développement incomplet de l'embryon au moment de sa maturité et de la dispersion de la graine. Dans cette forme de dormance, l'embryon est de taille réduite ou mal différencié, ce qui le rend incapable de déclencher la germination instantanément malgré des conditions environnementales idéales (eau, température et oxygène). Pour sortir de cette dormance, une phase connue sous le nom de post-maturation est indispensable. Pendant cette période, l'embryon continue son développement à l'intérieur de la graine jusqu'à parvenir à un stade qui autorise la germination. Il est important de préciser que cette forme de dormance n'est pas associée à des inhibiteurs physiologiques, mais plutôt à un élément structurel lié à l'achèvement incomplet du développement embryonnaire, ce qui le différencie des autres formes de dormance comme la dormance physiologique ou combinée. (Baskin, C.C. & Baskin, J.M. 2014).

3. Scarification

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

3-1 La scarification physique

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). Cette méthode appelée la scarification

correspond au sens propre à des griffures, ou à tout traitement mécanique ou autre, qui brise ou affaiblit les téguments (Heller et al,2000).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 (Hartmann et al. ,1997).

Pour simuler les effets d'un feu dans la nature sur la germination des graines, certains auteurs préconisent des températures comprises entre 100 et 150°C. Les travaux de Trabaud (1970) et de Tarrega et al, (1992) ont montré que la couche du sol comprise entre 0 et 5 cm, abritant la plupart des graines, est celle qui est le plus influencée par les effets des feux. Mbaye et al. (2002), ont étudié l'influence des chocs thermiques sur la germination des graines de Zinia. Glochidiata, les graines ont été placées à des températures de 50, 60 et 80 °C pendant 24h, les températures élevées ont amélioré la germination. Les travaux effectués par Çavusoglu et Kabar (2010), sur les graines de Zinnia elegans L. et de HordeumvulgareL., ont montré qu'un traitement à l'eau, neutralise l'acide abscissique qui est un inhibiteur de la germination. Jaouadi (2010), a traité les graines d'Acacia tortilis dans H2O à 100°C durant 1h, ce qui a amélioré considérablement la germination de ces dernières. Alors qu'il suffit d'une imbibition dans l'eau des graines de Lippiamultiflora Mold., pendant 24 pour réaliser une bonne germination (Alui et al. 2013). Le feu ou une chaleur intense est nécessaire à la germination. La chaleur, en effet, dégrade les composés phénoliques et les résines présents dans les téguments de la graine et qui inhibent la germination en temps normal. Ces substances étant dégradées, l'enveloppe de la graine devient alors perméable à l'air et à l'eau, la dormance est levée et la graine peu alors commencer à germer (Laberche, 2003).

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 La scarification mécanique

Diverse procédée 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.

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 *Ceratonia siliqua*

Introduction

Le caroubier (*Ceratonia siliqua*), une espèce végétale symbole du bassin méditerranéen, joue un rôle crucial parmi les arbres fruitiers qui s'acclimatent aux conditions arides et semi-arides. Membre de la famille Fabaceae, cette espèce se distingue par sa durabilité, sa forte résistance à la sécheresse et son aptitude à prospérer dans des sols peu fertiles. Ces caractéristiques font d'elle une ressource végétale cruciale dans les zones soumises à des conditions environnementales défavorables.

Depuis l'époque antique, le caroubier est cultivé pour ses gousses énergétiques riches en sucres naturels et en composés bioactifs, qui sont utilisées aussi bien pour la consommation humaine qu'animale. De surcroît, les études scientifiques récentes ont souligné ses diverses propriétés nutritionnelles, médicales et industrielles, accentuant par conséquent son importance économique.

Dans un contexte de lutte contre le changement climatique et de promotion d'un développement agricole durable, le caroubier se présente comme une alternative prometteuse pour l'optimisation des zones marginales et la lutte contre la désertification.

Ce chapitre a pour objectif de donner une description scientifique du caroubier (caractéristiques morphologiques et botaniques), ainsi que d'exposer sa distribution géographique, ses méthodes de reproduction, et ses principales applications dans les domaines alimentaires, médicaux, économiques et écologiques. Il met également en exergue son rôle crucial d'un point de vue environnemental et socio-économique

1.Nomenclature et classification

Le caroubier, également connu sous le nom scientifique de *Ceratonia siliqua*, tire son appellation du mot grec « Keras », signifiant corne, et de « siliqua », qui signifie gousse.

Tableau 01 : La systématique de caroubier selon Lewis et al. (2005) est comme suit

Règne	**Plantae**
Sous- Règne	**Tracheobionta**
Divisions	**Magnoliophyta, angiospermes, phanérogames**
Classe	**Dicotylédones**
Sous-classe	**Rosidae**
Ordre	**Fabales**
Famille	**Fabaceaee**
Sous-famille	**Gaesalpinioideae**
Genre	**Ceratonia**
Espèce	***Ceratonia siliqua***

2. Origine du Caroubier

Le terme caroubier a son origine dans l'arabe El kharoub. Il porte le nom scientifique de *Ceratonia siliqua. L*. Ceratonia, dérivé du grec keratia, se réfère à une petite corne tandis que le terme d'espèce siliqua, en latin, fait référence à une silique ou gousse. On l'appelle également Carouge, Pain de Saint Jean-Baptiste, figuier d'Égypte ou encore fève de Pythagore (Batlle et al., 1997).

L'origine du caroubier reste indéterminée. Schweinfurth, (1894) a suggéré qu'il proviendrait du sud de l'Arabie (Yémen). Toutefois, Zohary (1973) a classé le caroubier parmi les espèces provenant de la flore d'Indo-Malaisie, le regroupant avec l'Olea, le *Laurus* et *le Myrtus*. D'autres chercheurs tels que Vavilov (1951) et Decandolle (1983) ont signalé que cette espèce serait originaire de la région de l'Est méditerranéen (Turquie et Syrie).

On connaissait déjà le caroubier dans le Proche-Orient et les îles méditerranéennes. En Egypte, les pharaons employaient la farine produite à partir des fruits pour

renforcer les bandelettes de momies (au XVIIe siècle avant J.C). Depuis le néolithique, environ 4000 ans avant J.C., cette espèce ligneuse a été domestiquée et sa culture à grande échelle remonte au moins à 2000 ans avant J.C. (Batlle et al, 1997).

3. Description botanique

L'arbre du caroubier, qui possède un nombre de chromosomes de 2n 24, se caractérise par son feuillage dense, persistant et particulièrement riche. Dans des conditions favorables, il peut grandir jusqu'à 7 à 10 mètres de hauteur, voire 15 à 20 mètres vers l'est, et présenter un tour au niveau du tronc de 2 à 3 mètres. C'est une espèce d'arbre xérophile qui possède une longévité remarquable (pouvant atteindre les 200 ans). Il possède de robustes racines qui s'enfoncent dans le sol à une profondeur dépassant 18 mètres. Sa progression est particulièrement lente, surtout dans les premiers moments de son existence. Il a la capacité de produire des rejets de souche avec intensité et se distingue par ses branches fortes et résistantes (Ait Chitt et al., 2007).

3.1. Arbre

Le caroubier est un arbre à feuillage dense, persistant et riche. Sous des conditions favorables, il peut monter jusqu'à 15 à 20 m de hauteur et présenter un diamètre à la base du tronc de 2 à 3 m.



Figure 01 : L'arbre de caroubier (Decor.fr 21mars 2019)

3. 2. Feuilles

Les feuilles de *Ceratonia siliqua* peuvent mesurer entre 10 et 20 cm de long. On les distingue par un pétiole strié sur le côté intérieur et un rachis qui porte de 8 à 15

folioles disposées en opposition, dont la taille fluctue entre 3 et 7 cm. Elles sont robustes, complètes, de forme ovale à elliptique, à paripennées et légèrement dentelées au sommet, arborant une teinte noir verdâtre sur le dessus et un vert clair en dessous.

Le caroubier est une espèce à feuillage persistant qui ne se défait pas de ses feuilles en automne, excepté en juillet tous les deux ans, période à laquelle un renouvellement a lieu au printemps de la même année, plus précisément en avril et mai (Ait Chitt et al., 2007).



Figure 02 : Feuilles de caroubier (Batlle et *al*,1997)

3.3. Les fleurs

Les fleurs se rassemblent en grappes pédonculées, de teinte pourpre et parfois rougeâtre, qui surgissent sur le bois ancien et parfois sur le tronc.

Les fleurs de sexe féminin comportent un pistil court et courbé doté d'un petit ovaire (5 à 7 mm) bicarpellé.

Les stigmates présentent une forme bilobée et sont recouverts de papilles. Initialement, le disque nectarifère est encadré de 5 à 6 sépales élémentaires, cependant, la corolle n'est pas présente, et les fleurs mâles possèdent 5 étamines avec des filets allongés (Aafi, 1996).

D'après la littérature, la structure florale du caroubier est particulièrement complexe, avec cinq variantes distinctes.

On distingue différentes inflorescences :

- Inflorescence polygame, constituée de fleurs mâles, femelles et hermaphrodites.
- Inflorescence à fleurs hermaphrodites possédant des étamines et un pistil bien formé.



Figure 03 : Fleur hermaphrodite du caroubier (Batlle et *al*,1997)

- Inflorescence mâle : fleurs dotées de étamines courts et d'un pistil qui n'est pas développé.
- Inflorescence mâle avec des fleurs à étamines allongées et un pistil qui n'est pas développé.



Figure 04 : Inflorescence mâle de caroubier (Crédit photo-soltenviva-flickr.com)

- Fleur femelle avec un pistil pleinement formé et des étamines à l'état embryonnaire.



Figure 05 : Inflorescence femelle du caroubier (olharfeliz.typepad.com)

Traditionnellement, le caroubier a été catégorisé selon la teinte de ses fleurs, différenciant ainsi les arbres à « fleurs jaunes et rouges ». Cependant, ce critère semble être inadéquat et déconnecté des autres attributs floraux (Haselberg,1988).

On trouve parmi les caroubiers à fleurs mâles des variétés dotées de fleurs jaunes et d'autres portant des fleurs rouges. Il est plus intéressant de cultiver ces dernières, car elles produisent davantage de pollen. Cependant, en contrepartie, elles sont plus vulnérables au froid (Battle et al, 1997).



Figure 06 : Inflorescence male de couleur Jaune (Aafi,1996)



Figure 07 : Inflorescence màle de couleur rouge (Batlle et *al* 1997)

3.4. Fruit

Le fruit du caroubier, également appelé kharrouba en arabe, algarroba en espagnol et garrofa en catalan, est généralement considéré comme un fruit sec en raison de sa faible teneur en eau lorsqu'il est récolté, malgré son apparence pulpeuse (Albanell, 1990).

La caroube est un fruit non explosif de grande dimension, mesurant entre 10 et 30 cm en longueur et entre 2 et 3,5 cm en largeur. Il est vert puis bruni et arrive à maturité d'une teinte brun foncé, rouge ou noire selon les variétés, tout en restant très brillant. Il est ondulé autour des contours, aplani, rectiligne ou courbé et offre une pulpe sucrée et rafraîchissante (Batlle et al, 1997).

La gousse renferme entre 5 et 16 graines, représentant environ 10 à 20% de son poids, selon la variété, les conditions environnementales, l'efficacité de la pollinisation et les techniques de culture. Elle est également partitionnée par des cloisons pulpeuses à l'intérieur. Méthodologie (Melgarejo et Salazar, 2003 : Ait Chitt et al., 2007).

Le fruit du caroubier se développe très progressivement au début de l'automne. Sa croissance se dynamise au printemps et augmente de façon notable jusqu'à l'arrivée de l'été, moment où il atteint sa dimension maximale. L'état de maturité est atteint dès le début du mois de septembre. Selon Melgarejo et Salazar (2003), une période de 11 mois peut se dérouler entre la nouaison et la maturité.

La caroube est une légumineuse qui accumule beaucoup de sucres et de tanins. Ces composés lui donnent, en début de cycle, un aspect charnu distinctif selon la variété, ce qui est pertinent lors de l'examen pomologique du fruit à l'état immature (état vert) (Melgarejo et Salazar, 2003).

On peut identifier trois parties distinctes dans le fruit :

a) - Épicarpes ou peau, qui est fibreuse et colorée ;

b) - La pulpe ou mésocarpe, qui est charnue et riche en sucres. Il constitue approximativement entre 70 et 95% du Fruit complet :

c) - Endocarpe, qui est de nature fibreuse ; il enveloppe l'intérieur du fruit en le subdivisant en segments ou compartiments carpellaires où se trouvent les graines (appelées garrofines en espagnol) (Caja, 1985).

Selon la variété, le nombre de fruits issus de chaque inflorescence peut varier et se situe généralement entre 1 et 6 fruits (Melgarejo et Salazar, 2003).



Figure 08 : Gousse mature du caroubier (Batlle et al, 1997).



Figure 09 : Gousse verte de caroubier (Melgarejo et Salazar,2003)

3.5. Racines

Les racines du caroubier se dispersent largement en surface, présentant une épaisseur notable dans leur portion supérieure. En se détachant du tronc, elles suivent une orientation oblique dûe au géotropisme positif. Ces formations constituent la majorité du système racinaire du caroubier et constituent une base importante bien qu'elle soit moins prononcée que celle qui se forme chez l'olivier.

Les racines montrent une croissance lente mais un développement significatif à l'extrémité, si bien que le volume des racines excède rapidement deux ou trois fois celui de la couronne, ce qui fait de cette espèce celle avec un système radiculaire largement étendu et particulièrement réparti en surface (Melgarejo et Salazar, 2003). La racine primaire se divise en diverses racines latérales ou secondaires de longueur importante et a tendance à demeurer en surface, surtout dans les sols compacts ou d'une profondeur limitée. Selon Tous (1984), les racines latérales très ramifiées et riches en poils absorbants peuvent s'étirer sur une distance de 30 à 40 m et leur

croissance peut être quatre fois plus importante que celle des branches (Albanell,1990).

Outre la fixation solide de l'arbre dans le sol, ce réseau de racines facilite l'absorption de l'humidité et des nutriments sur une vaste superficie, en particulier à partir de la couche supérieure du sol qui offre les niveaux les plus élevés de fertilité, d'aération et de matière organique. C'est sans doute l'une des raisons majeures pour que cet arbre puisse se développer dans des terrains caillouteux, avec des sols de faible profondeur et dans des conditions sèches qui seraient limitantes pour d'autres types de cultures (Albanell, 1990).

Malgré que le caroubier soit classé comme une légumineuse en raison des traits de son fruit, il n'a cependant pas été possible de prouver qu'il a des nodules symbiotiques de rhizobium, à l'exception d'un seul cas. Effectivement, comme l'indiquent Martins-Loução et Rodríguez-Barrueco (1982), Martins-Loução et al. (1996) ainsi que Hirsch et al. (2001), le caroubier est une légumineuse dépourvue de nodules.

Cependant, Missbah et al (1996) ont réussi à extraire des souches de rhizobium qui nodulent le caroubier dans la zone de Debdou (Maroc). Konate (2007) a réactivé et purifié les souches isolées par Missbah et al. (1996), puis a procédé à un test d'authentification en les inoculant sur deux variétés de caroubier (Marrakech et Taounate) cultivées dans des conditions aseptisées. L'observation des racines des plantes, réalisée deux, quatre et six mois suite à l'inoculation, n'a révélé aucune apparition de nodosité.

La présence ou l'absence de rhizobiums sur le caroubier peut être perçue comme l'une des caractéristiques agronomiques majeures à considérer lors de l'élaboration d'un programme d'amélioration génétique de cette espèce.



Figure 10: Système racinaire chez le caroubier (Abbès,2020)

3.6. le tronc

Selon Albanell (1990), le caroubier possède un tronc massif et solide avec une écorce rugueuse teintée de brin-grisâtre, bien que la partie supérieure du tronc et la base des branches présentent une écorce lisse. Les branches possèdent les caractéristiques suivantes (Albanell,1990) :

Les branches majeures de vieillesse sont généralement épaisses et sinueuses. Leur fonction principale consiste à servir de soutien pour d'autres départements, même si elles peuvent parfois être sources de productivité.

Les branches secondaires possèdent une taille intermédiaire et ont une propension à être plus ou moins dressées en fonction de leur âge, surtout dans la section supérieure de la couronne. Ces branches représentent les principales lignes de production.

Les rameaux ou branches de plus petite taille se trouvent dans la zone périphérique de la couronne, également appelée zone de croissance. Ces dernières sont souples et possèdent une écorce lisse parsemée de lenticelles facilitant les échanges gazeux avec l'atmosphère.



Figure 11 : Tronc du caroubier (Aafi, 1996)

3.7. Branches

D'après Albanell (1990), les branches présentent diverses caractéristiques en fonction de leur âge :

- Les branches de vieillesse sont généralement robustes, sinueuses et présentent une inclination à l'horizontalité en raison de leur poids et des tailles d'entretien.
- Leur fonction principale consiste à servir de soutien pour d'autres départements, même si elles peuvent parfois être sources de productivité.
- Les branches secondaires possèdent une taille intermédiaire et ont une propension à être plus ou moins dressées en fonction de leur âge, surtout dans la section supérieure de la couronne.
- Ces branches représentent les principales lignes de production.
- Les rameaux ou branches de plus petite taille se trouvent dans la zone périphérique de la couronne, également appelée zone de croissance. Ces dernières sont souples et possèdent une écorce lisse parsemée de lenticelles facilitant les échanges gazeux avec l'atmosphère.

Elles affichent généralement, en fonction des types, des nuances de jaune-verdâtres ou rougeâtres dans la région où les bourgeons se forment.



Figure 12 : Branches du caroubier (Batlle et *al*,1997)

3.8. Semences

Les graines du caroubier sont petites et aplaties, presque ovales, avec un pôle basal couché et aplanit sur la zone apicale. Normalement, son tégument est lisse, solide, de teinte brun-rouge et éclatant (Albanell,1990). Leurs dimensions varient de 8 à 10 mm en longueur, 6 à 8 mm en largeur et elles ont une épaisseur de 3 à 5 mm. Les graines sont particulièrement robustes et montrent une grande résistance.

Selon Melgarejo et Salazar (2003), la graine du caroubier est constituée de trois éléments distincts :

1. Que ce soit l'épisperme ou le tégument, il enveloppe la graine et est composé en grande partie de cellulose, lignine et tanin. Il est constitué de deux enveloppes distinctes, l'une extérieure appelée testa qui est colorée et rigide, et l'autre intérieure dénommée tegmen qui est plus claire et souple. Le tégument constitue entre 30 et 33% de la graine.

2. L'endosperme, aussi connu sous le nom d'albumen, est localisé sous l'épisperme et fait office de tissu de réserve pour la germination de l'embryon. Sur le plan économique, la graine est particulièrement intéressante en raison de sa haute concentration en galactomannane ou gomme de caroube. L'endosperme constitue entre 42 et 46% de la graine.

3. Le germe ou l'embryon constitue environ 23 à 25% de la graine.



Figure 13 : Graines du caroubier (Ait youcef,2002)

4. Distribution géographique du caroubier

Étant donné ses exigences climatiques, cette espèce s'est progressivement répandue dans des régions au climat doux typiquement méditerranéen, telles que l'Australie, la Californie, l'Afrique du Sud et même l'Amérique du Sud.

4.1. Distribution mondiale du caroubier

La culture du caroubier se fait en Turquie, à Chypre, en Syrie, au Liban, dans le sud de la Jordanie, en Égypte, en Arabie, en Tunisie et en Libye avant de se propager vers l'ouest méditerranéen (Hillcoat et al,1980). Il a été diffusé par les Grecs en Grèce et en Italie, tandis que les Arabes l'ont répandu sur la côte nord de l'Afrique ainsi qu'au sud et à l'est de l'Espagne. Il est depuis diffusé dans le sud du Portugal et le sud-est de la France.

On trouve aussi la caroube cultivée dans divers pays, régions et zones climatiques méditerranéennes comme l'Australie, l'Afrique du Sud, les États-Unis (notamment l'Arizona et la Californie du Sud), les Philippines et l'Iran (Bertrand, 2013).

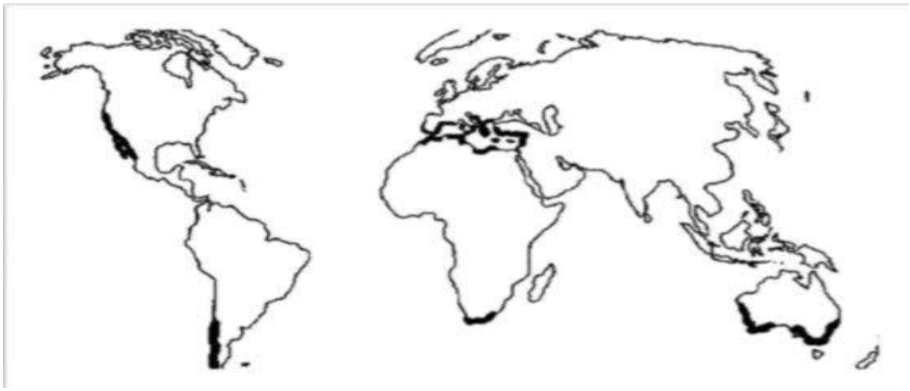


Figure 14 : Aire de distribution de caroubier dans le monde (Batlle et *al.*1997)

4.2. Distribution du caroubier à travers l'Algérie

En Algérie, on cultive fréquemment la caroube dans l'Atlas saharien. À l'état naturel, elle cohabite avec l'amandier, l'Olea europaea et le *Pistacia atlantica* dans des régions chaudes semi-arides, sub-humides et humides. Elle est à l'abri du gel dans les vallées fraîches situées entre 100 et 1300 mètres d'altitude. Selon Rebour (1968), les températures oscillent entre 5°C et 20°C tandis que les précipitations fluctuent de 80mm à 600mm par an. Selon ces paramètres climatiques, on a délimité l'habitat du caroubier en Algérie.

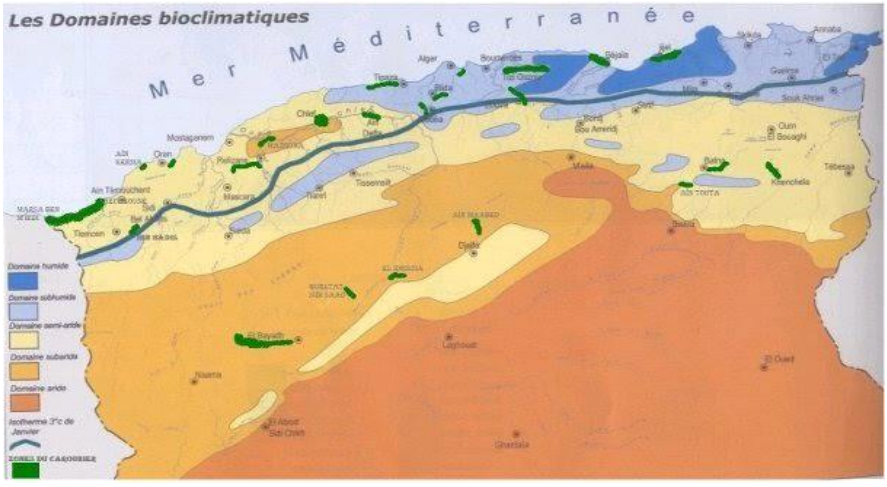


Figure 15 : Répartition du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatique (A.N.R.H 2004).

5. Variétés de caroubier

5.1. Le caroubier à l'état sauvage

Les variétés sauvages sont réputées pour leur importante production de graines et leur faible contenu en pulpe non charnue (Marakis et al, 1988 ; Ouchkif, 1988 ; Di Lorenzo, 1991). Par ailleurs, les graines de variétés sauvages se distinguent par des péricarpes non charnus (Marakis et al., 1988 ; Di Lorenzo, 1991 ; Tous et al., 1995 ; Batlle et Tous, 1997 ; Gharnit et al., 2001).

5.2. La culture du caroubier

Les gousses du caroubier cultivé sont plus consistantes et plus pleines de sucre, et elles sont couramment exploitées en tant que ressource principale pour la fabrication de sirops (Roseiro, Girio, et Collaco, 1991). L'homme a domestiqué certaines espèces d'arbres sauvages non cultivés pour améliorer la productivité des graines et la qualité de la gomme destinée à l'industrie (Batista et al, 1996 ; Makris et Kefalas, 2004 dans Ghouli et Hamieh, 2013).

6. Multiplication du caroubier

On peut la réaliser par semis, bouturage, greffage ou micro propagation.

6 .1. L'ensemencement

C'est la méthode traditionnelle la plus couramment employée pour multiplier le caroubier. Il est vrai que la germination par semis est aisée, cependant elle est freinée par l'incapacité à déterminer le sexe de la plante avant sa maturation et sa fructification tardive, qui peut s'étendre au-delà de 8 ans (Rejeb,1995 ; Gharnit, 2003).

Les graines possèdent une couche tégumentaire épaisse et rigide, ce qui exige une scarification préalable pour favoriser leur germination. Un traitement préalable à l'eau en ébullition, à l'acide sulfurique (H2SO4) ou à l'acide gibberellinique (AG3) peut grandement augmenter le taux de germination (Batlle et al, 1997). La germination de l'acide est impressionnante, cependant, la durée de la scarification peut varier selon les cultivars et les origines des graines.

Le caroubier est une espèce dioïque, ce qui signifie que sa reproduction entraîne la production de plants comportant un ratio de 50% de femelles et 50% de mâles non productifs.

6.2. La méthode de bouturage

Peu couramment utilisé, car il requiert des soins très précis et une température édaphique élevée (Rejeb, 1995). Le bouturage implique l'extraction de sections de tiges dans des conditions spécifiques qui favorisent la formation d'un tissu cicatriciel et la génération de racines (Batlle et al, 1997).

6.3. La technique du greffage

Il s'agit de l'opération consistant à ensemencer les pieds mâles avec ceux des femelles. Effectivement, l'idée est de prélever les bourgeons des plants femelles et de les greffer sur les plants mâles. Les premiers bourgeons se manifestent à la fin de la troisième semaine. Cette technique permet aux arbres mâles de fructifier dès la troisième année et de produire des variétés qui garantissent la fructification et le maintien des caractéristiques choisies chez l'arbre parent (Gharnit, 2003 ; Ait Chitt et al., 2007).

6.4. La culture in vitro ou la micropropagation du caroubier

C'est une méthode prometteuse qui offre la possibilité d'obtenir une plante identique à celle d'origine. Elle a été mise en œuvre à partir de jeunes plants et de plantes adultes (Sebastian et McComb, 1986 ; Batlle et al, 1997), ainsi que différents explants : des nœuds prélevés sur des plantules issues de germination (Belaizi et al., 1994), des bourgeons axillaires (Saidi et al., 2007).

Les méthodes de culture en laboratoire ou de micropropagation impliquent l'insertion d'un segment de plante dans un environnement nutritif aseptisé, permettant ainsi une multiplication exponentielle de la plante-mère en millions d'individus au cours d'une année, sans limite.

Elles offrent aussi la possibilité de produire des clones sains, exempts de maladies (fongiques, bactériennes, virales...) à partir de plants-mères atteints. Outre les difficultés techniques, l'un des inconvénients de cette méthode réside probablement dans le prix du plant produit qui est généralement largement supérieur à celui obtenu par les méthodes traditionnelles de multiplication. Actuellement, l'utilisation commerciale est restreinte à la diffusion d'espèces très prisées ou de celles pour lesquelles les méthodes traditionnelles de multiplication sont compliquées.

L'effort de multiplier les caroubiers choisis par le biais de la culture in vitro n'a rencontré qu'un succès partiel. (Belaizi et al. 1994 ; Alorda et al., 1996 ; Romano et al. 2002). Un protocole de multiplication in vitro à partir de bourgeons axillaires a été

élaboré, cependant, le brunissement, la contamination et la rhizogenèse demeurent les défis majeurs (Konaté et al. 2001).

7. Applications du caroubier

7.1. Application agroalimentaire du caroubier

L'emploi des fruits de caroubier (*Ceratonia siliqua L.*) dans la nutrition reste méconnu dans de nombreuses zones du globe. Toutefois, la caroube n'est pas du tout un aliment récemment découvert. Comme le souligne Brandt (2002), l'emploi de la caroube dans la nourriture remonte à l'époque antique. Selon Marakis (1996), les populations démunies à travers le monde, comme en Grèce, ont utilisé la caroube comme nourriture principale pendant de nombreux siècles.

Dans le monde industriel contemporain, la caroube, qui possède une grande valeur économique, est principalement utilisée pour ses graines dont on extrait la gomme (Albanell et al,1993 ; Biner et al., 2007 ; Tous et al., 2009). On désigne souvent cette gomme sous le nom de « gomme de caroube », qui est obtenue par le broyage de l'endosperme des graines (Goncalves et Romano, 2005). La gomme de caroube, qui a d'excellentes capacités de rétention d'eau, est employée dans le secteur agroalimentaire comme agent stabilisant, épaississant et émulsifiant dans une variété étendue de produits alimentaires (Mattaus et Ozcan, 2011).

La pulpe de caroube, qui est extraite après le détachement des graines, est riche en fibres alimentaires et en sucres. Elle contient également une variété de composés bioactifs, y compris les polyphénols.

Selon Tsatsaragkou et al. (2014), elle présente un fort potentiel d'application en tant qu'ingrédient alimentaire.

Effectivement, elle peut être convertie en poudre qui peut être utilisée comme matériau de base pour le secteur agroalimentaire. Des études ont démontré que la caroube pourrait être un choix judicieux en tant qu'aliment fonctionnel ou ingrédient alimentaire (Arribas et al, 2019 ; Biernacka et al, 2017), grâce à sa capacité à fournir une source riche en polyphénols antioxydants (Owen et al, 2003).

Après torréfaction, la pulpe de caroube acquiert des propriétés sensorielles (goût et couleur) comparables à celles de la poudre de cacao (Durazo et al, 2014). Cependant,

contrairement au cacao, la caroube ne renferme pas de théobromine (stimulant), de caféine ou d'acide oxalique (toxique en grandes quantités) (Biner et al, 2007).

7 .2. Application industrielle du caroubier

Outre ses applications classiques, le caroubier offre un potentiel industriel considérable et varié. Divers éléments tels que les fruits, les graines, les feuilles et l'écorce sont exploités de manière variée dans plusieurs domaines.

Ainsi, le secteur agroalimentaire utilise la pulpe dense des caroubes pour fabriquer divers produits tels que des sirops, des poudres, des alternatives au chocolat et des substituts de café. Les graines, de leur côté, fournissent une précieuse ressource de galactomannanes, des polymères naturels aux capacités d'épaississement, stabilisation et gélification qui sont très demandées dans une multitude d'applications industrielles, allant de la cosmétique à la pharmacie (Yousif, 2000 ; Kumazawa et al., 2002 ; Ayaz, 2007 ; Bengoechea et al., 2008 ; Fadel et ses al , 2006).

Les feuilles de caroubier contiennent aussi des composés intéressants, comme des antioxydants et des molécules bioactives, utilisés dans les industries pharmaceutique et nutraceutique. Même l'écorce n'est pas en reste, proposant des tanins et des pigments naturels exploités dans les processus de tannage et de coloration. Par conséquent, grâce à sa large gamme d'applications industrielles, le caroubier se positionne comme une ressource végétale polyvalente dont les perspectives de valorisation restent largement sous-exploitées (Rejeb et al., 1991; Gharnit,2003).

7.3 Application dans le domaine de la cosmétique

L'industrie cosmétique utilise fréquemment la gomme de caroube, obtenue à partir des graines de l'arbre, en raison de ses caractéristiques distinctives. Ce polysaccharide naturel, qui possède des propriétés épaississantes, stabilisantes et émulsifiantes, est un ingrédient privilégié pour la création de divers produits cosmétiques. La gomme de caroube, utilisée dans les savons, sert d'agent de liaison et de texturation, apportant douceur et crémeux à la mousse nettoyante. Elle est aussi utilisée dans la confection de crèmes et de lotions, offrant une texture douce et aidant à stabiliser les émulsions huile/eau (Jones, 1953).

En plus de ses caractéristiques rhéologiques, la gomme de caroube possède aussi des qualités adoucissantes et hydratantes pour l'épiderme, en raison de son aptitude à retenir l'humidité. C'est cette propriété qui en fait un composant recherché dans la préparation de soins apaisants et hydratants, comme les crèmes pour les mains, les baumes à lèvres ou encore les dentifrices. Dans ces produits récents, la gomme de caroube joue un rôle de texturant tout en participant aux caractéristiques purifiantes et vivifiantes du produit (Roukas,1998 ; Roukas,1993).

7.4. Applications dans le secteur pharmaceutique et médical

- Un traitement pour les problèmes de digestion, en particulier la diarrhée.
- Un antioxydant employé dans les régimes pour perdre du poids.
- On utilise les fibres et la farine de cette plante pour contrôler les niveaux de glucose sanguin et diminuer le taux global de cholestérol.
- Réputé pour sa puissante activité antibactérienne (Ayaz et al., 2009).

Conclusion du chapitre

Au vu des facteurs déjà mis en évidence, on constate que le caroubier (*Ceratonia siliqua*) représente une ressource végétale stratégique aux multiples aspects. Ce n'est pas seulement une source de nourriture riche en sucres naturels, fibres et minéraux, mais elle offre également des applications médicales reconnues pour ses vertus antioxydantes et son influence positive sur la santé digestive.

D'un point de vue économique et écologique, cette espèce est un élément fondamental du développement agricole dans les régions semi-arides, grâce à sa remarquable capacité d'adaptation aux conditions climatiques difficiles et son apport considérable dans la lutte contre la désertification, la stabilisation des sols et la conservation de la biodiversité.

Par conséquent, encourager la culture du caroubier et mettre en valeur ses produits s'aligne avec une vision de développement durable, surtout dans les pays situés autour du bassin méditerranéen. Cela met en évidence l'importance de renforcer les études scientifiques pour maximiser l'utilisation de son potentiel.

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 technique

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 m2 repartie en 01 chapelle

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

- Chauffage air chaud.
- Coolingréfrigérants.
- 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 crées et contrôler depuis un ordinateur le dialogue, les consigne mesure, moyenne, courbes et exportations entre le pc de supervisions et les régulateurs.



Figure 16 : station d'études (serre pédagogique de l'université de Skikda).

2-Matériel utilisé

2.1- Le matériel végétal

Les graines de *Ceratonia siliqua* ont été collectées à l'Université de Skikda.

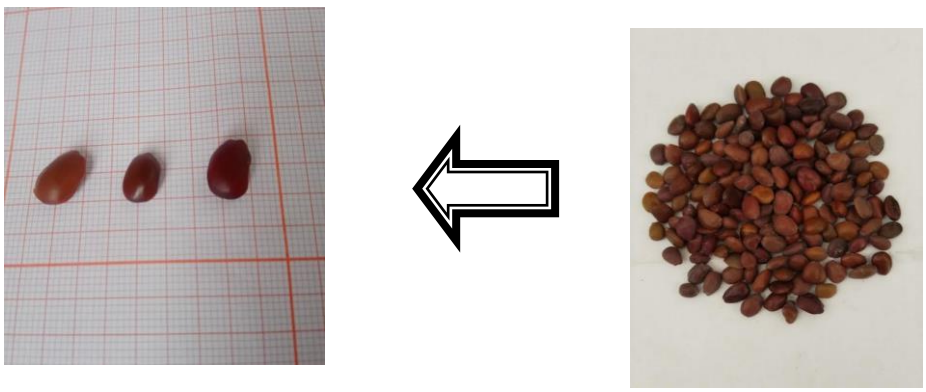


Figure17 : Les graines de *Ceratonia siliqua*

2.2- Les matériels du laboratoire

Tableau02: Matériels utilisés

Matériel	Nome	Matériel	Nome
	Pipette d'eau distillée		Acide sulfurique
	Pipette gradué		Marquer permanent
	Ethanol		Papier de ver
	Passoire		Pince
	Papier		Boite de pétri
		Les gants	



Figure18 : 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 .



Figure19 : 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 10 ml d'eau minéral à l'aide de pince stérilisée à raison de 30 graines

Tableau 03 : composition des différents prétraitements.

Prétraitements	Durée	Symbole	Images microscopiques des graines de Ceratonia siliqua après prétraitement .
Trempage dans le l'eau courante	**48 heures**	**Tr**	
Grattage par le papier de verre	**10 secondes**	**Gr**	
Scarification chimique (acide sulfurique)	**5 minutes**	**S5**	
	10 minutes	**S10**	
	15 minutes	**S15**	
Témoin	**Sans traitement**	**T**	



Figure 20 : La Mise en germination des graines

3.3. Incubation

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



Figure 21 : L'incubation de graines

3.4. Dispositif expérimental

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



Figure22 : Le différent 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 24 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.

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

4.3. Moyenne journalière de germination (MGG)

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

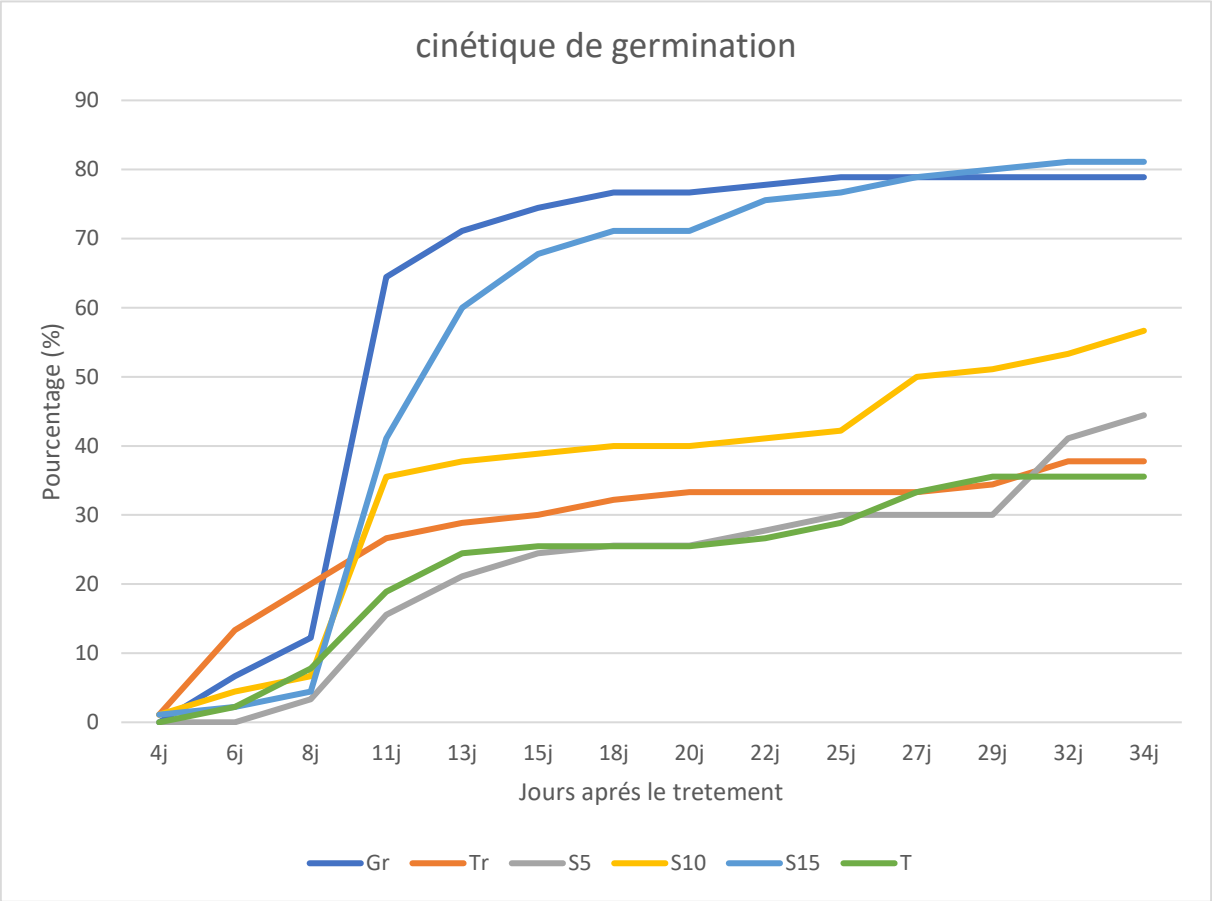


Figure 23 : Cinétique de différent prétraitement de germination des grains de *Ceratonia siliqua L.*

1.1.Discussion

L'étude de la dynamique de germination des graines de *Ceratonia siliqua L.* souligne l'influence cruciale des divers prétraitements effectués sur la libération de dormance, la rapidité de déclenchement de la germination et aussi sur le pourcentage de graines qui germinent effectivement. L'étude des courbes indique trois phases distinctes de la germination des espèces à dormance tégumentaire (Baskin & Baskin, 2014) : une période de latence, une période exponentielle et une période de stabilisation.

Pendant les premiers jours (de 4 à 8 jours), tous les traitements affichent un taux de germination plutôt bas. Cette étape est connue sous le nom d'imbibition et est grandement restreinte par la constitution du tégument lignifié du caroubier *(Ceratonia siliqua),* qui représente une interface physique qui bloque l'infiltration de l'eau et la

circulation des gaz (Batlle et al, 1997). C'est une caractéristique typique des légumineuses à graines dures et imperméables que d'être en dormance.

Une hausse claire du taux de germination est constatée à partir du onzième jour, particulièrement pour les traitements Gr et S15. La scarification mécanique (Gr) augmente considérablement la perméabilité du tégument, ce qui conduit à une levée rapide de la dormance et à un déclenchement métabolique précoce de l'embryon. Ce constat rejoint les recherches de Baskin & Baskin (2014), mettant en avant l'efficacité des scarifications physiques pour les graines en dormance physique.

Le traitement S15 (Acide sulfurique 15 minutes) montre également une haute efficacité avec un pourcentage final qui grimpe à 80%. L'acide, grâce à son effet chimique, assure une décomposition maîtrisée des couches superficielles du tégument tout en préservant l'embryon, ce qui favorise une absorption d'eau rapide et uniforme. On a souvent observé ce genre de résultats chez les espèces méditerranéennes à graines dures (Rejeb,1995).

Le traitement S10 démontre une efficacité médiane (56,66%), indiquant qu'une durée d'exposition inadéquate n'est pas suffisante pour modifier entièrement la structure du tégument sur toutes les graines. Le traitement S5 valide cette tendance avec une efficacité renforcée.

faible (44,44%), soulignant l'importance cruciale de la durée de scarification dans l'efficacité des interventions chimiques (ISTA, 2020).

Les procédures Tr et T (groupe témoin) affichent les résultats les plus médiocres, corroborant l'idée que la simple saturation ou l'absence de traitement ne suffit pas à briser efficacement la dormance. Cela confirme que la dormance du caroubier est principalement tégumentaire et exige une action mécanique ou chimique (Batlle et al, 1997).

La plupart des germinations se produisent entre le 11ème et le 18ème jour, période qui coïncide avec la phase exponentielle de germination où les processus enzymatiques et respiratoires sont très stimulés. Après une période de 20 jours, on observe une stabilisation des courbes qui signale l'atteinte du potentiel germinatif maximal, un

phénomène couramment observé chez les légumineuses pérennes (Copeland et McDonald, 2001).

Les variations notées entre les traitements se justifient par leur aptitude fluctuante à altérer la structure du tégument. Les procédures les plus efficientes induisent des micro-porosités qui favorisent la pénétration de l'eau et de l'oxygène, alors que les procédures moins performantes modifient seulement superficiellement la cuticule extérieure.

Ces conclusions concordent avec diverses recherches sur les légumineuses à dormance physique, indiquant que la scarification mécanique et chimique enhance notablement la germination (AOSA, 2010 ; Baskin & Baskin, 2014). L'importance de la rupture du tégument comme étape cruciale dans la sortie de dormance chez Ceratonia siliqua est donc confirmée par la supériorité des traitements Gr et S15.

Sur le plan pratique, les traitements S15 et Gr se révèlent être les plus appropriés pour produire des plants en pépinière, car ils favorisent non seulement une meilleure germination, mais contribuent également à uniformiser et accélérer la croissance des plantules. C'est un atout majeur pour les initiatives de reforestation et de valorisation du caroubier dans les régions méditerranéennes.

Pour conclure, cette recherche valide l'idée que les prétraitements ont un impact notable sur la vitesse de germination des graines de *Ceratonia siliqua.* Les méthodes S15 et Gr se distinguent par leur haute efficacité, alors que S10 affiche une performance moyenne et que S5, Tr et T demeurent moins efficaces, soulignant l'importance de briser le repos pour maximiser la germination.

2.Effet sur le taux de germination final (TG)

Tableau04 : Taux de germination final de différents prétraitements

Prétraitements	Code	Taux de germination (%)
Graines scarifies par l'acide sulfurique pendant 15 min	S15	81,11
Graines grattées par le papier de verre	Gr	78,88
Graines scarifies par l'acide sulfurique pendant 10 min	S10	56,66
Graines scarifies par l'acide sulfurique pendant 5 min	S5	44,44
Graines trempées dans l'eau pendant 48h	Tr	37,77
Graines sans traitement	T	35,55

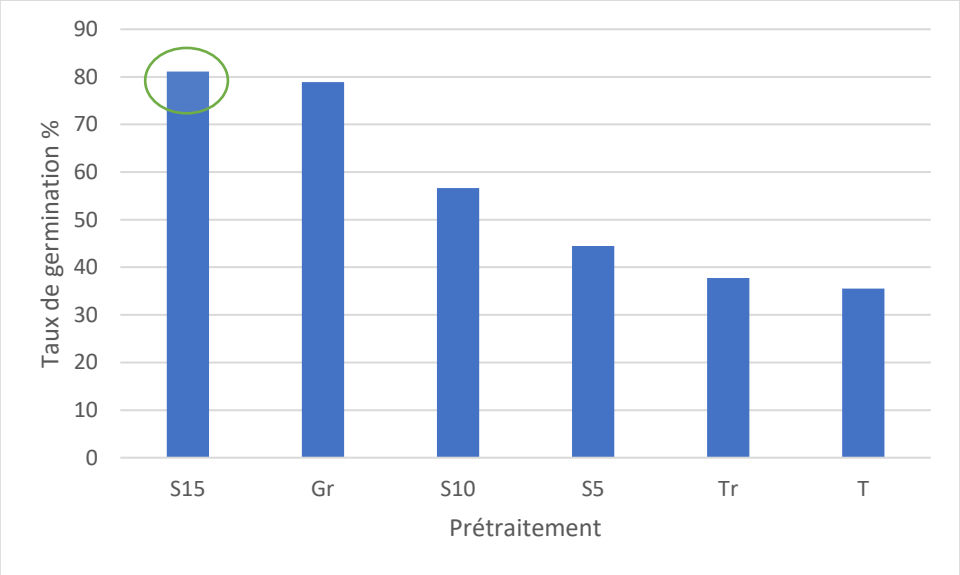


Figure 24 : Effet de différents prétraitements sur le taux de germination final des graines de *Ceratonia siliqua*

2.1- Discussion

L'analyse des taux de germination des graines de *Ceratonia siliqua* soumises à différents prétraitements met en évidence des différences importantes entre les traitements appliqués. Le témoin (35,55 %) et le trempage dans l'eau pendant 48 heures (37,77 %) ont présenté les taux de germination les plus faibles. Ces résultats suggèrent que l'hydratation seule ne permet pas de lever efficacement la dormance tégumentaire caractéristique des graines de caroubier. En effet, malgré une absorption partielle de

l'eau, le tégument demeure suffisamment imperméable pour limiter la germination. Cette observation rejoint les conclusions de Baskin et Baskin (2014), selon lesquelles les espèces à dormance physique nécessitent généralement une altération du tégument afin de favoriser l'imbibition et l'émergence de la radicule.

En comparaison, les graines scarifiées à l'acide sulfurique pendant 5 et 10 minutes ont obtenu des taux de germination plus élevés, atteignant respectivement 44,44 % et 56,66 %. L'amélioration observée avec l'augmentation de la durée de scarification indique que l'action de l'acide sulfurique facilite progressivement la pénétration de l'eau à travers le tégument. Ces résultats concordent avec ceux rapportés par Batlle et Tous (1997), qui soulignent que la scarification chimique constitue une méthode efficace pour lever la dormance des graines de caroubier lorsqu'elle est appliquée durant une période adaptée.

Les meilleurs résultats ont été obtenus avec la scarification à l'acide sulfurique pendant 15 minutes (81,11 %) et le grattage mécanique au papier de verre (78,88 %). Ces deux traitements ont permis d'augmenter considérablement le taux de germination par rapport au témoin. L'efficacité du grattage mécanique peut être attribuée à la formation de microfissures dans le tégument, favorisant l'entrée rapide de l'eau sans affecter la viabilité de l'embryon. Quant à la scarification chimique pendant 15 minutes, elle semble avoir provoqué une altération suffisante du tégument pour lever efficacement la dormance sans causer de dommages aux tissus embryonnaires.

Ces résultats confirment que les prétraitements agissant directement sur le tégument sont les plus efficaces pour améliorer la germination des graines de *Ceratonia siliqua*. Ils indiquent également que la dormance observée chez cette espèce est principalement de nature physique, liée à l'imperméabilité du tégument. Selon Hartmann et al. (2011), la scarification mécanique et chimique figurent parmi les méthodes les plus adaptées pour favoriser la germination des graines présentant ce type de dormance.

En résumé, les prétraitements influencent fortement le taux final de germination des graines de caroubier. Le traitement à l'acide sulfurique pendant 15 minutes a donné le meilleur résultat, suivi de très près par le grattage mécanique. À l'inverse, le trempage dans l'eau et l'absence de traitement se sont révélés peu efficaces. Ces résultats

soulignent l'importance du choix d'un prétraitement adapté pour optimiser la production de plants de *Ceratonia siliqua* et améliorer les programmes de multiplication et de conservation de cette espèce.

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

Tableau05 :. Moyenne journalière de germination de différents prétraitements.

Prétraitements	**Code**	**Moyenne journalière de germination**
Graines scarifies par l'acide sulfurique pendant 15 min	S15	2,70
Graines grattées par le papier de verre	Gr	2,62
Graines scarifies par l'acide sulfurique pendant 10min	S10	1,88
Graines scarifies par l'acide sulfurique pendant 5 min	S5	1,48
Graines trempées dans l'eau pendant 48 h	Tr	1,25
Graines sans traitement	T	1,18

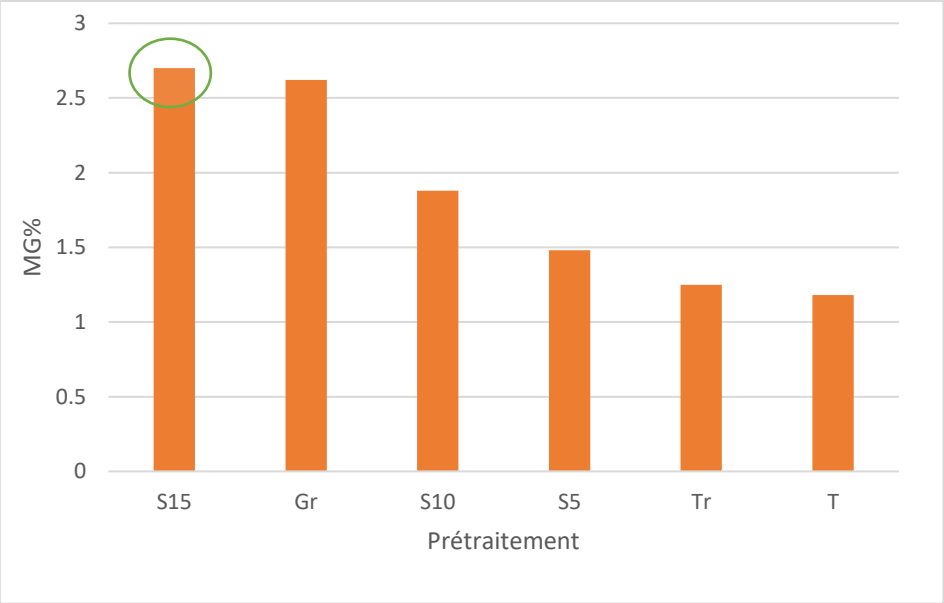


Figure25 : Effet de différents prétraitements sur la moyenne journalière de germination des graines *Ceratonia siliqua L.*

3.1- Discussion

L'effet des différents prétraitements sur la moyenne journalière de germination des graines de *Ceratonia siliqua L.* révèle une influence significative des méthodes utilisées. Les graines non traitées (T) présentent la moyenne journalière de germination la plus faible (1,18), ce qui traduit l'existence d'une dormance tégumentaire limitant l'absorption de l'eau et retardant ainsi le processus germinatif.

Le trempage dans l'eau pendant 48 heures (Tr) améliore légèrement la moyenne journalière de germination (1,25), mais son efficacité demeure faible. Cette augmentation limitée suggère que l'hydratation seule ne permet pas de lever complètement la dormance physique caractéristique des graines de caroubier.

Les traitements par scarification chimique à l'acide sulfurique montrent une amélioration progressive de la moyenne journalière de germination avec l'augmentation de la durée d'exposition. Les valeurs passent de 1,48 pour 5 minutes (S5) à 1,88 pour 10 minutes (S10), puis atteignent 2,70 pour 15 minutes (S15). Ces résultats indiquent que l'acide sulfurique favorise progressivement la perméabilité du tégument, facilitant ainsi l'imbibition et l'activation des mécanismes physiologiques responsables de la germination.

Cependant, le traitement mécanique par grattage au papier de verre (Gr) présente également une efficacité élevée avec une moyenne journalière de germination de 2,62, très proche de celle obtenue avec le traitement S15. Cette performance montre que l'abrasion écanique constitue une méthode efficace pour affaiblir le tégument sans affecter la viabilité de l'embryon.

Ainsi, les meilleurs résultats ont été enregistrés avec la scarification à l'acide sulfurique pendant 15 minutes (S15) suivie du grattage au papier de verre (Gr), alors que les graines non traitées (T) et celles simplement trempées dans l'eau (Tr) ont donné les valeurs les plus faibles. Ces observations confirment que la dormance des graines de *Ceratonia siliqua* est essentiellement d'origine tégumentaire et que les traitements de scarification, particulièrement la scarification chimique pendant 15 minutes, constituent les méthodes les plus efficaces pour accélérer la germination quotidienne de cette espèce.

"Nos résultats ne concordent pas avec ceux de Boukhadcha et al. (2025). Ces auteurs ont constaté que le grattage par le papier de verre représente le meilleur prétraitement pour la scarification d'une autre espèce, en l'occurrence (Washingtonia robusta)."

Conclusion générale

Conclusion générale

La présente étude avait pour objectif d'évaluer l'effet de différents prétraitements sur la germination et la croissance du caroubier *(Ceratonia siliqua L.)*, espèce méditerranéenne caractérisée par une dormance tégumentaire limitant la germination naturelle. Les résultats obtenus montrent clairement que la nature du prétraitement influence significativement la cinétique de germination, le taux final de germination ainsi que la moyenne journalière de germination.

Parmi les traitements testés, la scarification chimique à l'acide sulfurique pendant 15 minutes s'est révélée la plus performante, avec un taux final de germination de 81,11 % et la moyenne journalière de germination la plus élevée (2,70). Ces résultats indiquent que cette durée de scarification permet une levée efficace de la dormance en favorisant la perméabilité du tégument sans altérer la viabilité des graines. Le grattage mécanique au papier de verre a également donné d'excellents résultats (78,88 % de germination et une MJG de 2,62), confirmant l'efficacité des méthodes mécaniques pour lever la dormance physique des graines de caroubier.

En revanche, le trempage des graines dans l'eau pendant 48 heures n'a entraîné qu'une faible amélioration du taux de germination (37,77 %) par rapport au témoin (35,55 %), ce qui montre que cette méthode demeure insuffisante pour lever efficacement la dormance des graines de *Ceratonia siliqua*. De même, les scarifications à l'acide sulfurique pendant 5 minutes et 10 minutes ont donné des résultats intermédiaires (44,44 % et 56,66 %, respectivement), suggérant que ces durées d'exposition restent insuffisantes pour assurer une levée complète de la dormance.

L'ensemble de ces résultats confirme que les prétraitements constituent une étape essentielle pour améliorer la germination du caroubier. La scarification chimique de 15 minutes apparaît comme le traitement le plus efficace dans les conditions de cette étude, suivie du grattage mécanique. Ces observations sont en accord avec les travaux rapportés dans la littérature, selon lesquels la dormance des graines de caroubier est

principalement d'origine tégumentaire et peut être levée efficacement par des traitements de scarification adaptés.

Enfin, cette étude contribue à une meilleure connaissance des techniques de levée de dormance chez *Ceratonia siliqua* et fournit des informations utiles pour la production de plants destinés aux programmes de reboisement, de restauration des écosystèmes dégradés et de valorisation de cette espèce d'intérêt écologique et économique. Des recherches complémentaires portant sur la croissance des plantules, les conditions de culture et l'association de différents prétraitements pourraient permettre d'optimiser davantage les protocoles de multiplication du caroubier.

.

Références Bibliographique

Articles et livres scientifiques :

1. HOPKINS W.G., 2003. Physiologie Végétale. Traduction de la 2ème édition américaine par Serge.R. Ed. De Boeck, p. 66-81.
2. BEWLEY, J.D., 1997. Seed germination and dormancy. Plant Cell 9:1055-1066.
3. Mazliak P., (1982). Physiologie végétale Tome 2Croissance et développement. Ed T2.Harmann, Paris. 468 p.
4. Heler R. Esnault R. Lance C. (2000). Physiologie végétale et développement 6éme édition. Ed. DUNOD. Paris. 366p.
5. MiransariM.and Smith D. (2009). RhizobialLipo-Chi tooligosaccharides and Gibberellins Enhance Barley (HordeumvulgareL.) Seed Germination. Biotechnology, 8: 270-275.
6. Come, D. (1970). Les obstacles à la germination. Masson et Cie.
7. Laberche J.C. (2001). Biologie végétale 3 éme édition. Ed DUNOD. Paris. 305p.
8. Mazliak, P. (1982). Physiologie végétale, croissance et développement. Tome III. Hermann.
9. Chaussat, R., & Chapon, M. (1981). Étude comparative des poids et des propriétés. (Détails de publication incomplets)
10. Heler R. Esnault R. Lance C. (2000). Physiologie végétale et développement 6éme édition. Ed. DUNOD. Paris. 366p.

11. Reven P.H. Evert R.f. Eichhon S.E. (2003). Biologie végétale 1ére édition. Ed De Boeck université. ISBN. 565p.
12. Meyer S. Reeb C. Bosdeveix R. (2004). Botanique biologie et physiologie végétale. Ed Maloine, Paris, 461p.
13. Hilhorst H.W.M. & Koornneef M., 2007. Dormancy in Plants. Encyclopedia of Life Sciences John Wiley & Sons, Ltd. www.els.net. 24/10/2009. 4 p.
14. Turner M. (2010). Les semences. Traduit par Henri FeytEd QuaeCta. Gembloux.
15. 222p.
16. Nivot, N. (2005). Essais de germination et de bouturage de six espèces indigènes sciaphytes du Canada [Thèse de doctorat, Université Laval].
17. Li, B. L., & Foley, M. E. (1997). Genetic and molecular control of seed dormancy. Trends in Plant Science, 2, 384.
18. Salomão, A. N. (2002). Tropical seed species' responses to liquid nitrogen exposure. Brazilian Journal of Plant Physiology, 14, 133-138.
19. 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.
20. Fang, S., Wang, J., Wei, Z., & Zhu, Z. (2006). Methods to break seed dormancy in Cyclocarya paliurus (Batal.) Iljinskaja. Scientia Horticulturae, 110, 305-309.

21. Foley, M. E. (2001). Seed dormancy: An update on terminology, physiological genetics, and quantitative trait loci regulating germinability.Weed Science, 49, 305- 317
22. Geneve, R. L. (2003). Impact of temperature on seed dormancy. .341-336 HortScience, 38,
23. Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2014). Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination (2nd ed.). Academic Press.
24. Contet, A. (1969). La pépinière des fruitières. Baillière et fils.
25. Tybirk K. (1991). Régénération des légumineuses ligneuses du Sahel. AAU Reports 28, Botanical Institute, Aarhus University. (1). 28: 13-86.
26. Tarrega R., Calvo L., Tabaud L. (1992). Effect of high temperature on seed germination of two woody leguminosae (Cystisusscoparius and Genistaflorida). Vegetation. .139-147:102
27. Mbaye N., Diop A.T., Guèye M., Diallo A.T., Sall C.E., Samb P.I. (2002). Etude du Comportement germinatif et essais de levée de l'inhibition tégumentaire des graines de ZorniaglochidiataReichb. Ex DC., légumineuse fourragère. Revue Elev. Ed. Vêt. Pays trop. .47-52: (1) 55
28. Alui K. A., Ballo K. C., Yapi A., Kouadio K. H., Kouadio K. P., Touré N. N'GuessanK. A., KwadioK. E., Yao-Kouamé A. (2013). Improvement Test on the Germination in Lippia Multiflora: Influence of Some Factors Related to Soil on Germination and Seed Development. Asian J. Agric. Ru. Dev. 3 (1): 18-29.

29. ISTA. (1976). Amendments to International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association.
30. Clemens, J., Jones, P. G., & Gilbert, N. H. (1977). Effect of seed treatments on germination in Acacia. Australian Journal of Botany, 25, 269-276.
31. Assongba F.Y., DjègoJ.G., Sinsin B. (2013). Capacité de germination de Dialium guineensewilld (Fabaceae) uneespèceAgroforestière. Journal of Applied Biosciences. 62: 4566-4581.
32. Mbaye N., Diop A.T., Guèye M., Diallo A.T., Sall C.E., Samb P.I. (2002). Etude du Comportement germinatif et essais de levée de l'inhibition tégumentaire des graines de Zorniaglochidiata Reichb. Ex DC., légumineuse fourragère. Revue Elev. ed. vet. Pays trop. 55 (1): 47-52.
33. .Batlle I., et al J. (1997). Carob tree. Ceratonia siliqua L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Institute of Plant Genetic and Crops Plant Research. Gatersleben/International Plant Resources Institute. Rome. Italy.
34. Schweinfurth G. (1894) Sammlung arabisch aethiopischer Pflanzen, Ergebnisse von Reisen in dem Jahren 1881, 1888-89, 1891-92. Bull, Herb. Boissier 2: p 1-114.
35. Vavilov N. (1951). The Origin, Variation, Immunity and Breeding of Cultivated Plants [translated from the Russian by K.S. Chester]. The Ronald Press Co, New York.
36. Decandolle A. (1983). L'origine des plantes cultivées. Balière, Paris, France p 6-10

37. Ait Chitt M., Belmir H. & Lazrak A., 2007. Production de plants sélectionnés et greffés de caroubier. Transfert de technologie en agriculture. Maroc. Nº 153:1-4.
38. Aafı A., 1996. Le caroubier : Caractères botaniques et écologiques, groupements végétaux, techniques d'élevage en pépinière, traitement et soins culturaux, utilisation et production. Centre national de la recherche forestière.Maroc, pp 1-7
39. Haselberg C., 1988. A contribution to the classification and characterisation of female and male varieties of Ceratonia siliqua L. Proceedings of the II International Carob Symposium. Valencia, pp.137-151.
40. Albanell E., 1990. Caracterización morfológica, composición química y valor nutritivo de distintas variedades de garrofa (Ceratonia siliqua L,) cultivadas en España. Tesis doctoral. Barcelona. España, pp. 209.
41. Melgarejo P. & Salazar D.M., 2003. Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas. Vol. II. Mundi-Prensa. España, pp. 19-162.
42. Ait Chitt M., Belmir H. & Lazrak A., 2007. Production de plants sélectionnés et greffés de caroubier. Transfert de technologie en agriculture.Maroc. Nº 153: 1-4.
43. Caja G., 1985. La Garrofa: Composición, procesado y usos agroindustriales. Jornadas de la Garrofa. LLiria, Valencia España.
44. Tous J., 1984. Cultivo del Algarrobo. Hoja Divulgativa N2: 10. Ministerio de Agricultura. Madrid. 16 p.

45. Martins-Loução M.A. & Rodríguez-Barrueco C., 1982. Studies in nitrogenase activity of carob (Ceratonia siliqua L.) callus cultures associated with Rhizobium, in Proceedings V International Congress Plant Tissue Culture, Tokyo. pp.671-672.
46. Martins-Loução M.A., Correia P. & Pereira F., 1996. The role of plant/soil micro-organisms interaction in carob development. In Proccegins of the III International Carob Symposium.Cabanas. Tavira. Portugal (in press).
47. Hirsch A.M., Lum M.R. & Downie J.A., 2001. What makes the rhizobial-legume symbiosis so special? Plant Phisiol. 127: 1484-1492.
48. Missbah M.E.I., Aujjar N., Belabed A., Dessaux Y. & Filali-Maltouf A., 1996. Characterization of rhizobia isolated from carob (Ceratonia siliqua L.). J. App. Bacteriol. .165-173:80
49. Konate I., 2007. Diversité Phénotypique et Moléculaire du Caroubier (Ceratonia siliqua L.) et des Bactéries Endophytes qui lui sont Associées. PhD thèse. Univ. Mohammed v-Agdal. 196 p.
50. Hillcoat D., et al. (1980). A new species of Ceratonia (Leguminocea-Caesalpinoideae) from Arabia and the Somali Republic. Kew bull. 35: 261-271.
51. Rebour H. (1968). fruits Méditerranéen, la maison rustique Paris, p330.
52. Makris D.P. & Kefalas P., 2004. Carob pods (Ceratonia siliqua L.) as a source of polyphenolic antioxidant. Food Technol. Biotechnol. 42: 105-108
53. Gharnit N., 2003. Caractérisation et essai de régénération in vivo du caoubier (Ceratonia siliqua L.) originaire de la provincede chefchaouen (Nord-ouest du

Maroc). Thèse de Doctorat en science. Université AbdelmalekEssaadi. Tanger.

54. Rejeb M.N., (1995). Le caroubier en Tunisie: Situations et perspectives d'amelioration. Dans: Quel avenir pour l'amelioration des plantes? Edit. AUPELF UREF. John Libbey Eurotext. Paris, pp 79-85
55. Sebastian K. T. and Mc Comb J. A., 1986. << A micropropagation system for carob (Ceratonia siliqua L.) ». Scientia Hort. 28:127-131.
56. Blaizi M., Bolein M. R. et Boxus P., 1994. << Régénération in vitro et acclimatation du caroubier (Ceratonia siliqua L.) », in Quel avenir pour l'amélioration des plantes ? Ed. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext. Paris, pp: 227-232.
57. Saidi R., Lamarti A., Badoe A., 2007. <<< Micropropagation du caroubier (Ceratonia siliqua L.) par culture de bourgeons axillaires issus de jeunes plantules. Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 146: pp. 113-129.
58. Marakis S. (1996). Carob bean in food and feed: current status and future potentials-A critical appraisal. J Food Sci Technol. P 33, 365-383.
59. Biner B., et al. (2007). Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (Ceratonia siliqua L.) in Turkey. Food Chemistry p 100, 1453-1455.
60. Matthausa B., Ozcan M. (2011). Lipid evaluation of cultivated and wild carob (Ceratonia siliqua L.) seed oil growing in Turkey. Scientia Horticulturae p 130 181-184.

61. Owen R., et al. (2003). Isolation and structure elucidation of the major individual polyphenols in carob fibre. Food Chem Toxicol. P 41, 1727-1738.
62. Yousif A., Alghzawi H. (2000). Processing and characterization of carob powder. Food Chemistry, p 69, 283-287.
63. Kumazawa., et al. (2002) Antioxidant activity of polyphenols in carob pods. J Agric Food Chem p 50,373-7.
64. Ayaz F., et al (2009): Nutrient Content of Carob Pod (Ceratonia siliqua L.) Flour Prepared Commercially and Domestically. Plant Foods Hum Nutr p 64, 286-292.
65. Bengoechea C., et al. (2008). Composition and structure of carob (Ceratonia siliqua L) germ proteins. Food Chemistry p 107, 675-683.
66. Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2014). Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination
67. Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies, F. T., & Geneve, R. L. (2011). Plant Propagation: Principles and Practices.
68. AOSA. (2010). Seed Testing Handbook. Association of Official Seed Analysts, USA.
69. Copeland, L. O., & McDonald, M. B. (2001). Principles of Seed Science and Technology (4th ed.). Kluwer Academic Publishers.
70. ISTA. (2020). International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association.
71. Aafi, A. (1996). Contribution à l'étude du caroubier (Ceratonia siliqua L.) au Maroc. Thèse de Doctorat, IAV Hassan II, Rabat.

72. Ait Youcef, M. (2002). "Valorisation de la graine de caroube (Ceratonia siliqua L.) : Caractérisation physico-chimique et technologique". Thèse de Magister, Institut National Agronomique (INA), El-Harrach, Alger.
73. Batlle, I., & Tous, J. (1997). Carob tree (Ceratonia siliqua L.): Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops (No. 17). International Plant Genetic Resources Institute.
74. Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2014). Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination (2nd ed.). Academic Press.
75. Bewley, J. D., Bradford, K. J., Hilhorst, H. W. M., & Nonogaki, H. (2013). Seeds: Physiology of development, germination and dormancy (3rd ed.). Springer.
76. Durazzo, A., Turfani, V., Narducci, V., Azzini, E., & Maiani, G. (2014). Nutritional characterisation and bioactive components of carob products. Food Chemistry, 153, 109–115. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.045
77. Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies, F. T., & Geneve, R. L. (2018). Hartmann and Kester's plant propagation: Principles and practices (9th ed.). Pearson.
78. Rtibi, K., Selmi, S., Grami, D., Amri, M., Eto, B., El-Benna, J., & Sebai, H. (2017). Chemical constituents and pharmacological actions of carob pods (Ceratonia siliqua L.): A review. Journal of Functional Foods, 38, 556–565.
79. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). The state of Mediterranean forests 2020. FAO.

80. Abbés, A. (2020). Le caroubier : utilisations et intérêt économique (Mémoire de Master). Université Frères Mentouri - Constantine 1, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, p. 4.

Annexe

Annexe 01. Relevé de germination

Traitement	11/ 04/	13/ 04	15/ 04	18/ 04	20/ 04	22/ 04	25/ 04	27 04	29/ 04
TR1	00	00	02	05	05	05	05	05	05
TR2	00	02	04	0 8	10	10	10	10	10
TR3	00	00	01	04	07	08	08	08	09
TrR1	00	04	06	09	10	10	12	12	12
TrR2	00	04	05	06	07	07	07	07	07
TrR3	01	04	07	09	09	10	10	11	11
G1R1	00	01	02	23	26	28	28	28	28
G1R2	00	00	00	10	12	13	15	15	16
G1R3	00	05	09	25	26	26	26	26	26
S1R1	00	00	00	01	01	01	01	01	01
S1R2	00	00	02	08	09	09	09	09	10
S1R3	00	00	01	05	09	12	13	13	14
S2R1	00	01	02	12	12	12	13	13	14
S2R2	01	01	02	14	14	14	14	14	14
S2R3	00	02	02	06	08	09	09	09	09
S3R1	00	00	01	17	19	22	22	22	22
S3R2	01	02	02	08	16	19	19	19	22
S3R3	00	00	01	12	19	20	23	23	24

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[a]

Prétraitements	N	Sous-ensemble pour alpha = 0.05		
		1	2	3
S15	3	31,1100		
T	3		66,6667	
S10	3		71,1133	
S5	3		88,8900	88,8900
TR	3		92,2233	92,2233
Gr	3			100,0000
		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 différents prétraitements influencent significativement la germination des graines de *Ceratonia siliqua* L. La scarification chimique à l'acide sulfurique pendant 15 minutes s'est révélée la plus efficace, avec un taux de germination de 81,11 % et la meilleure moyenne journalière de germination. Le grattage mécanique au papier de verre a également donné de très bons résultats (78,88 %). En revanche, le trempage dans l'eau pendant 48 heures ainsi que les scarifications de 5 et 10 minutes se sont montrés moins performants. Ainsi, le choix d'un prétraitement adapté constitue un moyen efficace pour lever la dormance et améliorer la germination des graines de caroubier.

Mots-clés : *Ceratonia siliqua* L., germination, prétraitements, scarification chimique,

Abstract :

The study shows that different pretreatments significantly influence the germination of Ceratonia siliqua L. seeds. Sulfuric acid scarification for 15 minutes was the most effective treatment, achieving the highest germination rate (81.11%) and the highest daily germination mean. Mechanical scarification with sandpaper also produced very good results (78.88%). In contrast, soaking seeds in water for 48 hours and sulfuric acid scarification for 5 and 10 minutes were less effective. Therefore, selecting an appropriate pretreatment is an efficient way to overcome seed dormancy and improve carob seed germination.

Keywords: Ceratonia siliqua L., germination, pretreatments, chemical scarification, mechanical scarification, seed dormancy.

الملخص

تُظهر هذه الدراسة أن المعاملات القبلية المختلفة تؤثر بشكل ملحوظ في إنبات بذور الخروب (Ceratonia siliqua L.). وكانت المعاملة بحمض الكبريتيك لمدة 15 دقيقة الأكثر فعالية، حيث حققت أعلى نسبة إنبات (81.11%) وأفضل متوسط يومي للإنبات. كما أعطى الخدش الميكانيكي بورق الزجاج نتائج جيدة جدًا (78.88%). في المقابل، كانت فعالية النقع في الماء لمدة 48 ساعة، وكذلك المعاملة بحمض الكبريتيك لمدة 5 و10 دقائق، أقل من المعاملات السابقة. وعليه، فإن اختيار المعاملة القبلية المناسبة يعد وسيلة فعالة لكسر سكون البذور وتحسين إنبات بذور الخروب

الجمـــهوريـة الجزائـــريـة الديمقراطية الـشعبيـــة.
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -
Faculté des Sciences
Dpartement D' Agronomie
Réf : / D S AGRO/2026

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة 20 أوت 1955- سكيكدة
كلية العلوم
قسم علوم الفلاحة
رقم : / ق ع ف / 2026

Skikda le : 07/07/2026

Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné : BOULECHFAR Mohamed, Président de Jury

Certifie que L'étudiant(e) : BOUGDAH Khaoula

Spécialité : Systèmes De Production Agroécologiques

Intitulé : Effet de prétraitement sur la germination des graines du caroubier (*Ceratonia siliqua*)

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

Encadrant **Président de Jury**

الجمـــهوريـة الجزائـــريـة الديمقراطية الشعبيـــة.
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -
Faculté des Sciences
Dpartement D' Agronomie
Réf : / D S AGRO/2026

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة 20 أوت 1955- سكيكدة
كلية العلـوم
قسم علوم الفلاحة
رقم : / ق ع ف / 2026

Skikda le : 07/07/2026

Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné: BOULECHFAR Mohamed, Président de Jury

Certifie que L'étudiant(e) : ATROUS Amina

Spécialité : Systèmes De Production Agroécologiques

Intitulé : Effet de prétraitement sur la germination des graines du caroubier (*Ceratonia siliqua*)

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

Encadrant

Président de Jury

الجمـــهورية الجزائـــرية الديمقراطية الشعبيـــة
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur etde la Recherche Scientifique
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -
Faculté des Sciences
Dpartement D' Agronomie
Réf : / D S AGRO/20262026 / ق ع ف /

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

Skikda le : 21/06/2026

Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné(e) : **LARIT Sabah** Président(e) de Jury

Certifie que L'étudiant(e) : **BELBACHA Hani Dhiya Eddine**

Spécialité : **Amélioration des Plantes**

Intitulé : Caractérisation antioxidant etantibacterienne de *Ceratonia siliqua* L. et sont rôle dans la germinationhydroponqiue de quelques plantes.

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

Sarilah Nabila promotrice

Président(e) de Jury