



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Larbi Tébessi –Tébessa-
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Etres vivants



MEMOIRE présenté en vue de l'obtention du diplôme de MASTER

Domaine: science de la nature et de la vie

Filière: Sciences biologiques

Option: Ecophysiologie végétale

Thème:

Amélioration de la germination des graines du
caroubier(*Ceratonia siliqua* L.) à Tébessa.

Présenté par:

Touaibia Bouthaina

Djebbar Maroua

Devant le jury:

Boudjabi Sonia	M.C.B	Tébessa	Président
Ghedabnia karima	M.A.C.C	Tébessa	Rapporteur
Neffar Souad	M.C.A	Tébessa	Examineur

Date de soutenance: 24/06/2020

Note :.....

Mention

Dédicace



Je dédie ce mémoire :

- ✓ *A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, et leurs prières tout au long de mes études.*
- ✓ *A mon soeur (Amira) et mes frères (Adel, Alla, Khaled, Ramzi, Bilel, Chawki).*
- ✓ *A mes neveu, les bijoux de la famille (Malak, Jiji, Laith, Rahaf, Roufan).*
- ✓ *A mon fiancé « Mahdi Saber » et sa mère « Tata Nora » et sa frère « Amar ».*
- ✓ *À mes belles sœurs « Hanen ; Fatima ; Laila ; Siham » .*
- ✓ *A mes aimes « Mimi ; ; Jarwa ; Khoukha ; Sara ; Amel ; Imen Djebbar » .*

Bouthaina

Dédicace

Je dedie se travail :

À ma chère mère « Safia »

À mon père « Azddin »

À mon frère « Ishak », à mon sœur « chaima »

À mes sœurs et mon intime amie

« betina ; ayouta ; biba ; bouthaina ; jarwa ; khoukha ; sara ; amoula »

À ma famille surtout « Imen Djebbar »

Remerciement

Gloire à « ALLAH » le tout puissant et le miséricordieux, qui a exaucé nos

Rêves et nous a donné force et patience d'accomplir ce modeste travail.

Nos remerciements les plus sincères accompagnés de notre profond respect vont à notre encadreuse Ghedabnia Karima pour.

Nous avoir dirigées et encouragées tout au long de ce travail, nous le

Remercions pour sa disponibilité, son aide précieuse, son écoute ses Conseils avisés et pour la confiance qu'il a bien voulu nous accorder et sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.

Nous adressons nos vifs remerciements également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à cette recherche en acceptant de l'examiner et de l'enrichir par leurs propositions. A Neffar Souad,

Pour nous avoir fait l'honneur de présider ce jury, à Boudjabi Sonia .Qui a eu la courtoisie d'accepter d'examiner ce travail.

On adresse nos sincères remerciements A mme Hioun enseignante a l'université de Tébessa pour ses aides

Enfin, un grand merci à toute personne qui a contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Résumé

Cette étude a été initiée pour évaluer des méthodes de prétraitements de graines de caroubier (*Ceratonia siliqua*) afin de parvenir à un meilleur taux de germination. Pour lever la dormance tégumentaire, les graines ont subi différents prétraitements correspondant à une scarification mécanique, chimique, thermique et combinés (mécanique et chimique). Les résultats ont montré que la scarification combinée mécanique et chimique des graines permet d'atteindre le taux de germination le plus élevé (90%), et d'accélérer l'élongation de la racine.

Mots -clés. *Ceratonia siliqua* - germination – scarification- dormance tégumentaire.

Abstract

This study was initiated to evaluate carob seed pretreatment methods (*Ceratonia siliqua*) to achieve a better germination rate. To lift the integument dormancy, the seeds underwent different pre-treatments corresponding to a mechanical, chemical, thermal and combined scarification (mechanical and chemical). Results showed that the combined mechanical and chemical scarification of the seeds achieves the highest germination rate (90%), and accelerates root elongation .

Keywords: *Ceratonia siliqua* - germination – scarification- integumentary dormancy.

المخلص

اجريت هذه الدراسة من اجل تقييم طرق المعالجة الاولية لبذور الخروب بهدف تحسين نسبة الانبات

خضعت البذور للعديد من المعاملات من بينها الخدش الكيميائي الخدش الميكانيكي الحراري والمعاملة المزدوجة كيميائيا وميكانيكيا من اجل كسر سكون الاغلفة البذرية اظهرت النتائج المتحصل عليها ان المعالجة الميكانيكية والكيميائية اعطت افضل نسبة انبات وسرعت في طول الجذير

. الكلمات المفتاحية: الخروب- الإنبات - الخدش – سكون اغلفة البذرة

Sommaire

<i>Remerciement</i>	<i>i</i>
<i>Résumé</i>	<i>ii</i>
<i>Abstract</i>	<i>iii</i>
<i>ملخص</i>	<i>iv</i>
<i>Sommaire</i>	<i>v</i>
<i>Liste des figures , des tableaux et</i>	<i>vii</i>
<i>Liste d'abréviation</i>	<i>viii</i>
<i>Introduction</i>	<i>1</i>

Partier I :Revue bibliographique

Chapitre 1 : le caroubier

1 .Généralités sur le caroubier.....	3
2. Classification	3
3. Caractéristiques botaniques	3
3.1 .le système racinaire	3
3.2. Les feuille	4
3.3. Les fleurs.....	5
3.4. Les fruits	5
3.5. La graine	6
3.6. Le tronc	7
4. Distribution géographique	7
5. Répartition géographique en Algérie	8
6. Multiplication du caroubier.....	8
6.1 .Par semis	8
6.2.Par culture in vitro.....	9
6.3. Par greffage.....	9
7. Utilisation	9
	9

Chapitre 2 : Germination

1. Définition	12
2. Types de germination	12
3. Phases de la germination	12
4. Condition de la germination	13
4.1. Les facteurs externes.....	13
4.2. Les facteurs internes	14
5. Dormances de graines	14
6. La levée de dormance	14

Chapitre II : Matériel et méthodes

1. Matériel végétal	17
---------------------------	----

2. L'objectif de l'essai	17
3. Déroulement de l'essai.....	18
4. Les Paramètres étudiés	20
4.1 Mesure de capacité de germination	20
4.2 élongation de la radicule	20
5. Traitement statistique	20

Partier III : Résultats

1. Capacité de germination	22
2.élongation de la racine.....	25

Partier V : Discussion

1. La germination sans scarification	30
2. L'effet de la scarification mécanique	30
3. L'effet de la scarification thermique	31
4. L'effet de la scarification chimique	31
5. l'effet de la scarification mécanique et chimique.....	32

Conclusion	34
-------------------------	-----------

Références bibliographiques.....	36
---	-----------

Annexe.....	44
--------------------	-----------

Listes des figures

Figures	Titre	Page
Figure 01	Les racines de caroubier	04
Figure 02	Les feuilles de caroubier	04
Figure 03	Les fleurs du caroubier	05
Figure 04	Les fruits du caroubier	06
Figure 05	Les graines du caroubier	06
Figure 06	Le tronc de caroubier	07
Figure 07	Répartition du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatiques (A.N.R.H, 2004).	08
Figure 08	Les graines de caroubier	17
Figure 09	Le dispositif expérimental	18
Figure 10	Germination des graines de caroubier	22
Figure 11	Taux de germination en fonction de traitements	23
Figure 12	La longueur des racines des graines du caroubier	24
Figure 13	Contamination de graines après la germination	25
Figure 14	Elongation de la racine en fonction des traitements	25

Liste des tableaux :

tableaux	Titre	Page
Tableau 01	Types de traitements des graines	19
Tableau 02	Analyse de variance de taux de germination	24
Tableau 03	Analyse de variance de la longueur de la racine	28

Liste D'abréviation :

Sans scarification	T
Sans scarification	T eau
La scarification mécanique	Sca mec1
	Sca mec 2
La scarification thermique	Sca ther 1
	Sca ther 2
	Sca ther3
	Sca ther 4
	Sca ther5
	Sca ther 6
	Scar ther 7
	Scar ther8
	Scar ther9
LA SCARIFICATION CHIMIQUE	Scar chi 1
	Scar chi 2
	Sca chi 3
	Sca chi 4
	Sca chi 6
SCARIFICATION CHIMIQUE ET MECANIQUE	Sca mec chi 1
	Sca mec chi 2

Introduction

Introduction

Le Caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) est cultivé depuis l'antiquité dans la plupart des pays du bassin méditerranéen dans les régions arides et semi arides, généralement dans des endroits doux et secs avec des sols pauvres.

La production mondiale est estimée à environ 310 000 t/an à partir de quelque 200000 ha, avec des rendements très variables en fonction des cultivars, des régions et des pratiques agricoles. L'Espagne est le premier producteur de caroubes, produisant en moyenne 135 000 t/an (Mapa, 1994), suivie de l'Italie, du Portugal, du Maroc, de la Grèce, de Chypre, de la Turquie, de l'Algérie et de quelques autres pays.

Le caroubier présente une importance de plus en plus grandissante en raison non seulement de sa rusticité, de son indifférence vis-à-vis de la nature du sol, de son bois de qualité, de sa valeur ornementale et paysagère, mais surtout pour ses graines qui font l'objet de transactions commerciales dont la valeur dépasse de loin celle de la production ligneuse (Ait Chitt *et al.*, 2007). Ainsi, les gousses entières, la pulpe, les graines et la gomme font l'objet d'un commerce important en direction de l'Europe et sont largement utilisées dans l'industrie agro-alimentaire (Biner *et al.*, 2007). Les cosses de caroube avec leur pulpe sont une denrée de base dans le régime alimentaire des animaux de ferme et sont consommées par les enfants ou les personnes en temps de famine. Les arbres sont également utiles pour l'aménagement paysager, les brise-vent et le boisement. Le bétail peut parcourir les feuilles et le bois est adapté pour le carburant.

Les semences du caroubier ont des téguments imperméables à l'eau qui provoque une dormance tégumentaire ; il en résulte peut s'étaler sur des mois pour propager le caroubier de manière efficace il est nécessaire d'appliquer un traitement avant le semis pour assurer un taux élevé de germination dans une courte durée .

Dans ce travail l'objectif fixe est d'étudier le comportement germinatif du caroubier soumis à différents traitements (mécanique, chimique, thermique et combine (mécanique et chimique) pour la levée de l'inhibition tégumentaire .

Ce manuscrit est composé d'une introduction générale, suivie du premier chapitre qui présente des généralités sur le caroubier et la germination puis le chapitre « Matériel et méthodes » où a été décrit les protocoles utilisés. Et les derniers chapitres présentent les résultats obtenus et leurs discussions.

Partier I :

Revue Bibliographique

Partier I :Revue bibliographique

Chapiter1 : le caroubier

1. Généralités sur le caroubier

Le caroubier (*Ceratonia siliqua*. L) dont l'origine semble être l'Est de la méditerranée est domestiqué depuis 4000 ans avant J.C. (Ait Chitt *et al.* 2007).

C'est un arbre xérophile avec une longévité importante dépassant les 200 ans (Rejeb *et al.*1991).

Cette plante est une espèce agro-sylvo-pastorale ayant d'énormes intérêts socio-économiques et écologiques. Grâce à son aptitude à développer différentes stratégies d'adaptation aux contraintes hydriques, cet arbre s'installe favorablement dans les zones arides et semi-arides (Rejeb, 1995).

2. Classification

Selon Quezel et Santa(1962) le genre *Ceratonia*, appartient à la famille des légumineuses, ordre des Rosales, sous famille des Caesalpinioideae :

- Règne : Plantae
- Sous-règne : Tracheobionta
- Division : Magnoliophyta
- Classe : Magnoliosida
- Sous-classe : Rosidae
- Ordre : Rosales
- Famille : Legumineuses
- Sous-famille : Caesalpinioideae
- Sous-tribu : Ceratoniinae
- Genre : Ceratonia

3. Caractéristiques botaniques

3.1Le système racinaire

Cet arbre développe un système racinaire pivotant, qui peut pénétrer dans le sol à une profondeur de 18 mètres ou plus (Ait Chitt *et al.* 2007).

Partier I :Revue bibliographique

La racine principale est ramifiée en plusieurs racines latérales de grande longueur et avec de nombreux poils absorbants (Aafi, 1996 ; Gharnit, 2003).(Fig .01) .



Figure 01. Les racines du caroubier(*photo. Internet*) .

3.2. Les feuilles

Les feuilles, grandes de douze à vingt centimètres, alternes, persistantes, coriaces, Elles sont composées de 4 à 10 folioles. , de forme ovale ou elliptique, de couleur vert sombre luisant au-dessus, tirant sur le rouge sur leur face inférieure (Diamantoglou et Mitrakos(1981) ;(Rejeb, 1995)

Le caroubier perd ses feuilles tous les deux ans, au mois de juillet. Le caroubier, à l'origine cultivé pour son fruit, est un bel arbre d'ornement à réserver (Rejeb *et al*, 1991 ; Batlle et Tous, 1997 ; Ait Chitt *et al*, 2007).(Fig.02) .



Figure 02. Les feuilles du caroubier(*photo. Internet*).

Partier I :Revue bibliographique

3.3. Les fleurs

Les fleurs, très petites (6 à 16 mm de longueur), constituées d'un calice pourpre sans corolle, sont réunies en grappes axillaires cylindriques. Elles apparaissent d'août à octobre. On distingue trois formes de fleurs (fleurs mâles, fleurs femelles et fleurs hermaphrodites) qui sont portées sur différents pieds. Les fleurs mâles portent 5 étamines (Fig.03) libres, opposées aux sépales, étalées, longuement saillantes (Aafi, 1996). Les fleurs femelles sont constituées d'un pistil court et recourbé avec un petit ovaire (5 à 7 mm) bicarpelle. Les stigmates sont bilobés et couvertes par des papilles. A la base, le disque nectarifère est entouré de 5 à 6 sépales rudimentaires, par contre, la corolle est absente, en général, les inflorescences males sont plus courtes que celles des femelles et plus compactes et nombreuses (Salazar ,2003).



Figure 03. Les fleurs du caroubier(*photo. Internet*) .

3.4. Les fruits

Les fruits, appelées «caroubes », sont des gousses indéhiscentes à bords irréguliers, de formes allongées, rectilignes ou courbées, pendantes de dix à trente centimètres de longueur sur un et demi à trois centimètres de largeur, d'abord vertes, elles deviennent brun foncé à maturité (Rejeb, 1995 ; Ait Chitt *et al.* 2007).

Chaque gousse est remplie de graines brunes très dures, environ 15 à vingt graines par gousse. Les graines sont entourées d'une pulpe jaune, farineuse et au goût sucré (Le Guide marabout de la nature, broché 2013).(Fig .04) .



Figure04. Les fruits du caroubier (*photo. Internet*) .

3.5. La graine

Les graines sont ovoïdes aplaties rigides, biconvexes et d'une couleur qui dépend la variété(Fig.05). Elle peut être marron, rougeâtre, ou noir dont la longueur et la largeur sont Respectivement de 8 à 10 mm de 7 à 8 mm (Batlle et Tous, 1997).

La taille et le poids de ces graines étant assez réguliers, elles présentent des dimensions de 8à10mm de long sur 6à8mm de largeur ; elles ont composée de trois parties :

- **Episperme** ou **tégument**, Il se compose de deux enveloppes distinguées, l'une externe appelée testa, colorée et dure et l'autre interne nommée tegmen qui est plus blanche et moue Il recouvre la graine et est constitué principalement de tanin, cellulose, et de lignine.
- **Endosperme** ou **albumen**, il se situe sous l'épisperme et constitue le tissu de réserve pour la germination de l'embryon. (Melgarejo et Salazar, 2003).
- **l'embryon**, c'est la partie essentielle qui représente 23à25% de la graine .



Figure 05. Les graines du caroubier (*photo. Internet*).

Partier I :Revue bibliographique

3.6. Le tronc

Le tronc peut atteindre 2 à 3 mètres de circonférence ; le caroubier doit se développer et se maintenir sur un seul tronc. le diamètre moyen est de 50 centimètres en fonction de l'âge de l'arbre (Albanell, 1990).Le tronc du caroubier est épais(Fig .06)., robuste avec de clairs canaux de circulation de la sève associés aux racines les plus épaisses, ce qui leur donne un aspect tortueux, particulièrement marqué chez certaines variétés. L'écorce est rugueuse à la base de couleur grise à rougeâtre (Melgarejo et Salazar, 2003).



Figure 06. Le tronc du caroubier (*photo. Internet*).

4. Distribution géographique

Le caroubier est considéré comme une essence dominantes caractéristique des zones inférieures (0-500 m, atteint rarement les 900 m d'altitude) du maquis méditerranéen à feuilles persistantes (Zohary et Orshan, 1959; Folchi Guillén, 1981).

Le caroubier a d'abord été propagé par les grecques, puis par les Arabes et les Berbères de l'Afrique du Nord, en Grèce et en Italie, en Espagne et au Portugal (Rejeb, 1995 ; Gharnit, 2003), ensuite il a été introduit en Amérique du Sud, du Nord et en Australie par les Espagnols. Actuellement le caroubier se trouve aussi aux Philippines, en Iran, en Afrique du sud et en Inde.

Partier I :Revue bibliographique

5. Répartition géographique en Algérie

D'après Quezel et Santa (1963) le caroubier est fréquemment cultivé dans l'Atlas Saharien et il est commun dans le tell On le trouve à l'état naturel en association avec une altitude allant de 100m à 1300m dans les vallons frais qui le protègent de la gelée; avec une pluviométrie de 80mm à 600mm/an une température de 5°C jusqu' à 20°C et (Rebour ,1968). En Algérie Ses lieux de prédilection sont les collines bien ensoleillées des régions littorales ou sublittoral ès: Sahel algérois, Dahra, Grande-Isser, collines d'Oran et des intérieures (1054ha). (Fig .07). Il descend jusqu'à Boussaâda, mais n'y porte pas de fruit, et dans la zone de Traras au Nord de Tlemcen (276ha) (Lavallée ,1962; Zitouni, 2010).

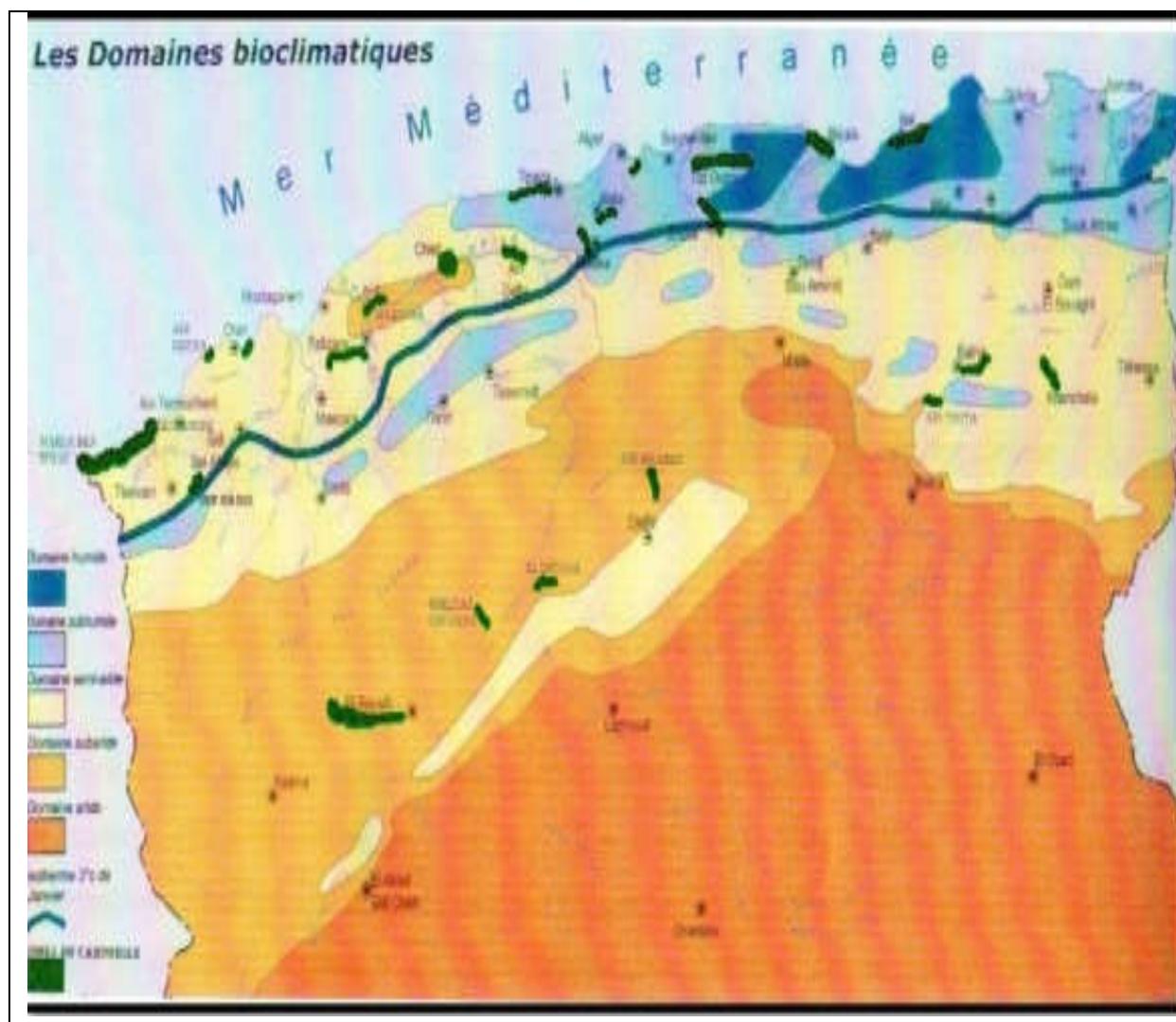


Figure 07. Répartition du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatiques (A.N.R.H, 2004).

Partier I :Revue bibliographique

6. Multiplication du caroubier

6.1. Par semis

La germination par semis est facilement réalisable ; Les graines sont enveloppées par téguments durs ce qui nécessite la scarification pour accélérer la germination (Konaté ,2001).

6.2. Par culture in vitro

C'est une technique qui permet de donner une plante conforme a la plante d'origine, elle a été réalisée a partir des plantules et des plantes adultes (Saidi *et al* ,2007).

6.3. Par greffage

La propagation par greffage est une technique efficace et dominée. Cette approche permet:

- La préservation de la conformité du plant produit par rapport au plant mère sélectionné pour ses caractéristiques de production et de qualité;
- La conservation des avantages (racines profondes, rusticité, résistances aux maladies) offerts par le franc, porte greffe issus de semis. (Ait Chitt *et al.*2007).

7. Utilisations

Le caroubier est un arbre d'importance écologique, socio-économique, industriel et ornemental indiscutable.

le caroubier est souvent utilisé pour le boisement et le reboisement des zones touchées par l'érosion et la désertification en raison de sa rusticité et de son adaptation aux contraintes environnementales, (Boudy, 1950; Rejeb, 1991; Biner *et al.*, 2007). Il est également utilisé comme plante ornementale le long des routes et dans les jardins (Batlle et Tous, 1997).

Partier I :Revue bibliographique

- **Dans l'industrie**, la farine de caroube est utilisée dans l'industrie agro-alimentaire connu sous le code normalisé E 410. Extrêmement employée comme additif pour les glaces, les pâtisseries, les aliments diététiques. Elle est également utilisée dans le lait en poudre pour bébé comme épaississant en remplacement de la traditionnelle farine de blé.

(Rejeb *et al.*, 1991;. Youssif *et al.*, 2000; Makris et Kefalas, 2004; Dakia *et al.*, 2007).

La gomme de caroube issue des graines sert aussi dans l'industrie alimentaire et dans la fabrication du papier, de textiles, de médicaments, de produits cosmétiques. (Haddarah, 2013).

- **En médecine** traditionnelle, la pulpe est utilisée contre la diarrhée et pour le traitement de certaines maladies telles que la gastrite, l'entérite, l'amygdalite, le rhume, le cancer (Crosi *et al.*, 2002; Gharnit, 2004; Ait Chitt *et al.*, 2007).

Le caroubier exerce un rôle de régulateur du transit intestinal grâce à sa teneur élevée en fibres. Soigne les diarrhées chroniques, les affections gastro-intestinales et la constipation (Serairi-Beji *et al.*, 2000).

La gomme de caroube présente des effets bénéfiques dans le traitement des reflux gastriques et l'irritation du côlon, de vomissements, d'anémie et de carences nutritionnelles (Doha *et al.*, 2008 ;Kaderi *et al.* 2014).

Le caroubier est aussi un excellent allié dans les régimes amaigrissants grâce à son importante quantité en tanins, et en offrant une sensation de satiété d'autre part. Ses riches nutriments préviennent les éventuelles carences au cours des régimes amaigrissants.

Partier I : Revue bibliographique

Chapitre 2 Germination

1. Définition

La germination est le passage de la vie latente de la graine à la vie active sous l'effet de facteurs favorables (Roger Prat, 2007). Elle commence par la prise d'eau et se termine par l'allongement de l'axe embryonnaire (Hopkins, 2003).

2. Types de germination

Selon Ammar, (2011) Il existe deux catégories de germination :

- **Germination épigée:** caractérisée par un soulèvement des cotylédons hors du sol car il y a un accroissement rapide de la tigelle.
- **Germination hypogée:** la tigelle ne se développe pas et les cotylédons restent dans le sol.

3. Phases de la germination:

La germination comprend trois phases successives:

- **Phase d'imbibition.** C'est un phénomène d'entrée rapide et passive d'eau, caractérisé par une forte hydratation des tissus, accompagnée d'une élévation de l'intensité respiratoire (Raven *et al.*, 2003 et Meyer *et al.* 2004).

L'eau pénètre par capillarité dans les enveloppes (Chaussant et Deunff, 1975).

- **Phase de germination (stricto sensu).** C'est une phase très importante car elle conditionne la croissance ultérieure (Côme, 1982). Elle se caractérise par une stabilisation de l'hydratation et de la respiration. Elle se termine avec la sortie de la radicule hors des enveloppes séminales.
- **Phase de croissance.** Elle correspond à un processus de croissance de la radicule puis la tigelle.

Elle est caractérisée par une augmentation de la respiration et l'entrer d'eau (Heller *et al.*, 2000).

4. Conditions de la germination

4.1. Les facteurs externes

La graine exige la réunion de conditions extérieures favorables à savoir l'eau, l'oxygène, la température et la lumière (Soltner, 2007).

•L'eau

Selon Chaussat et Ledebunff (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 dans les réserves de la graine, pour être utilisée par l'embryon, et provoque le gonflement de leurs cellules, donc leur division.

•L'oxygène

Une faible quantité d'oxygène peut être suffisante pour permettre la germination. D'après Meyer *et al.*(2004), l'oxygène est contrôlé par les enveloppes qui constituent une barrière, mais en même temps une réserve.

•La température

La température optimale de la germination est en fonction des exigences des espèces. Son importance est telle que chez certaines d'entre elles, une variation de l'ordre de 1°C peut mettre la germination (Panetta, 1979). Elle est a deux action soit direct par l'augmentation de la vitesse des réactions biochimique (Mazliak, 1982), soit indirecte par l'effet sur la solubilité de l'oxygène dans l'embryon (Chaussat *et al*, 1975).

•La lumière

La lumière agit de manière différente sur les espèces. Elle inhibe la germination des graines à photosensibilité négative et stimule celles à photosensibilité positive (Anzala, 2006). Les espèces indifférentes à la photosensibilité sont rares (Heller *et al.* 1990).

4.2. Les facteurs internes

- **La maturité** : on dit une graine mature Lorsque toutes ses parties constitutives sont complètement différenciées morphologiquement et physiologiquement, (Chaussant et Deunff, 1975 ; Heller *et al.* 2004).
- **La longévité** : C'est la durée dont laquelle les semences demeurent vivantes et capables de garder leur pouvoir germinatif pour donner des plantules viables (Vallad, 2002). Elle varie selon l'espèce et la variété (Heller, 1990).

5. Dormances de graines

C'est un état provisoire dans lequel des graines viables ne peuvent pas germer même dans des conditions favorables; (Hilhorst et Koornneef, 2007; Bewley, 1997). La dormance peut être liée à la présence d'inhibiteurs embryonnaire ou bien tégumentaires comme la résistance mécanique des téguments et l'imperméabilité des enveloppes à l'eau ou à l'oxygène.

6. La levée de dormance

- **Naturellement** selon Geneve (2003) La levée de dormances tégumentaires s'effectue par l'altération des enveloppes, sous l'effet de l'alternance de gel et de réchauffement, qui fait craqueler les téguments, ou par des alternances de sécheresse et d'humidité. Les inhibiteurs volatils s'évaporent avec le temps les autres inhibiteurs sont peu à peu lessivés par les pluies. (Heller *et al.* 2000).
- **Artificiellement**, on peut pratiquer la scarification, terme qui désigne tout traitement, mécanique ou autre, qui brise ou affaiblit les téguments

Trois types de traitements sont généralement employés pour scarifier les graines :

a) La scarification mécanique

Incluant souvent des incisions manuelles, agitation ou frottement des semences contre des parois rugueuses avec prudence pour ne pas léser l'embryon (Côme, 1970 ;Heller *et al.* 2000).

b) La scarification thermique

Partier I : Revue bibliographique

Se fait par le trempage des graines dans l'eau bouillante ou par des températures comprises entre 100°C et 150°C (Hartmann *et al.*, 1997).

c) La scarification chimique

D'après Soumahoro *et al.* (2014) le trempage des semences dans l'eau oxygénée ou l'acide sulfurique suffit pour dissocier les enveloppes sans tuer l'embryon et peut fournir pour certaines graines de bons résultats (Côme, 1970).

Partier II :

Matériel et Méthodes

Partier II : Matériel et Méthodes

Les graines fraîches germent normalement bien sans traitement préalable mais une fois qu'elles ont séché elles deviennent très dures et n'absorbent plus l'eau empêchant ainsi la graine de germer.

1 .Matériel végétal

La présente étude a porté sur les graines du caroubier *Ceratonia siliqua* ; Les semences ont été fournies par la conservation des forêts Tébessa (Fig.08).



Figure 08. Les graines du caroubier.

(Cliché Djebbar et Touaibia, 2020)

2. L'objectif de l'essai

L'objectif de ce travail est l'étude de l'effet de prétraitement mécanique, chimique et thermique sur la germination des graines du caroubier.

3. Déroulement de l'essai

Les tests de la germination ont été réalisés dans les conditions de laboratoires. L'expérience comporte 21 traitements (Tableau .01) avec trois répétitions pour chaque traitement.

Dans chaque assiette en plastique, on a place 30 graines sur du papier absorbant (Fig.09).

Les graines sont arrosées de l'eau courante en moyenne deux a trois fois par semaine selon la désexcite de l'arrosage.



Figure 09. Le dispositif expérimental.

(Cliché Djebbar et Touaibia, 2020)

Partier II : Matériel et Méthodes

Tableau 01. Types de traitements des graines

Mode	N°	Traitement
Sans scarification	1	Sans prétraitement
	2	Sans prétraitement puis 72h eau
La scarification mécanique	3	Avec papier de verre
	4	Avec papier de verre puis 24h eau
La scarification thermique	5	Eau bouillante 15 mn puis 24h eau
	6	Eau bouillante 15 mn puis 48h eau
	7	Etuve a 100°C 5 mn
	8	Etuve a 100°C10 mn
	9	Etuve a 100°C 15 mn
	10	Etuve a 150°C 1 mn
	11	Etuve a 150°C 5 mn
	12	Etuve a 150°C10 mn
	13	Etuve a 150°C 15 mn
	La scarification chimique	14
15		H2SO4 30h puis 24h eau
16		H2SO4 1h puis 48h eau
17		H2SO4 30h puis 48 h eau
18		H2SO41h rincage 1h eau
29		H2SO4 30h rincage 1h eau
Scarification mécanique + chimique	20	H2SO4 30 min puis 24h eau
	21	H2SO4 30 min puis 1h eau

- Traitement témoin : sans traitement directement en germination.
- Le traitement à l'acide sulfurique remplace la relation entre la plante et l'animal qui habituellement mange la graine la laisse « mariner dans son tube digestif et ses sucs gastriques quelques heures puis la rejette. La scarification chimique à l'acide sulfurique 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).
- La scarification mécanique qui consiste à utiliser du papier de verre ou papier abrasif.
- La scarification thermique (étuve) : des températures similaires a celles enregistrées lors des incendies naturels dans la couche supérieure du sol ou se trouvent généralement la plupart des graines (Trabaud, 1980).

4. Les paramètres étudiés

4.1 Mesure de la capacité de germination

La capacité de germination (CG) correspond au pourcentage de graines qui ont germé au cours du processus de germination (Labouriau, 1983).

L'expression mathématique de la capacité de germination est la suivante :

$$CG = \frac{\text{Nombre de graines } \textit{gérées}}{\text{Nombre total de graines}} \times 100$$

4.2. Élongation de la radicule

L'élongation de la radicule est mesurée à l'aide d'une règle (prendre en compte les courbures de la radicule). Les relevés doivent être faits chaque deux jours jusqu'à la fin de l'essai.

5. Traitements statistiques

Les résultats obtenus ont été traités par l'analyse de la variance (ANOVA) à l'aide du logiciel Statistica10. Le test de Newman et Keuls est utilisé lorsque les différences sont significatives.

Partier III :
Résultats

Partier III : Résultats

Le but de notre travail est l'accélération de la germination des graines de caroubier sous l'effet de plusieurs types de scarification.

1. Capacité de germination

Aucune germination n'a été observée chez les graines traitées avec la scarification mécanique (sca mec1 et scamec2), la scarification thermique (sca ter6, sca ter7, sca ter8, sca ter9) et la scarification chimique (sca ch1, sca ch2, sca chi3 et sca chi4).

La (fig. 10) montre que le taux de germination des graines de caroubier est variables selon les différents traitements.



Figure 10. Germination des graines de caroubier.

(Cliché Djebbar & Touaibia, 2020)

Le taux le plus élevé a été enregistré chez les graines scarifiées mécaniquement et chimiquement (sca mec chi 1) avec 90 % et (sca mec chi2) avec 80%.

, le taux de germination pour les graines traitées par l'eau chaude et de 40 %, et 64% pour les graines traitées par l'acide sulfurique.

Partier III : Résultats

Tandis que chez les graines La capacité de la germination est moyennement élevée . (Fig.11).

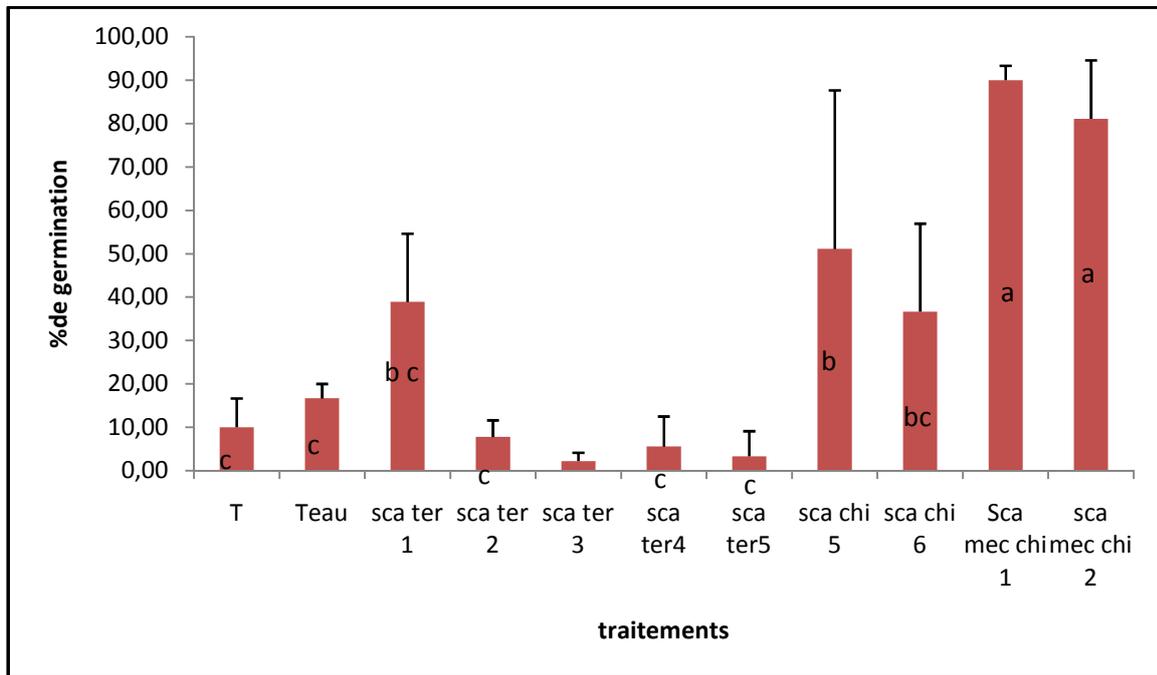


Figure 11. Taux de germination en fonction de traitements.

L'analyse de variance pour le taux de germination final montre qu'il y a des différences très hautement significatives selon les traitements appliqués (tableau .02).

Tableau 02. Analyse de variance de taux de germination.

	SC	Degr. de	MC	F	p
ord. origine	32148,48	1	32148,48	150,8353	0,000000
Traitement	29751,52	10	2975,15	13,9589	0,000000
Erreur	4689,00	22	213,14		

Le test de Newman et Keuls a permis de classer les traitements en 4 groupes distincts (Annexe 01). Le premier groupe rassemble les traitements (sca mec chi 1 et sca mec chi 2) Le deuxième groupe renferme un seul traitement sca chi 5 , le troisième groupes est

Partier III : Résultats

compose de (témoin , teau, scater2 , sca ter 4 , sca ter5) Le dernier groupe est composé de (scchi6 et sca ter1).

2 .Elongation de la racine

La (figure.12) montre les résultats de la longueur de la racine (cm) des graines du caroubier soumises aux différentes scarifications.

Les résultats de ce paramètre ont enregistré une légère augmentation de la longueur de la racine chez les traitements (sca ter1, sca ter2 ,sca ter4 ,sca ter5 ,T ,Teau) avec une moyenne de (2,5 cm;2 cm ,3 cm;2 cm,2 cm;1 cm,8 cm;1 cm,9 cm;2 cm,3cm) respectivement en comparaison le témoin (0,24cm) mais elle augmente de manière importante sous l'effet de traitements (sca mec chi1 et sca mec chi2) avec une moyenne de (8 cm ;10,5 cm) respectivement .



Figure 12. La longueur des racines des graines du caroubier.

(Cliché Djebbar et Touaibia, 2020)

Une inhibition complète de la croissance racinaire a été enregistrée pour les graines traitées par (sca chi1 et sca chi 2) et les graines ont subi une contamination fongique apres leurs germinations (fig . 13).

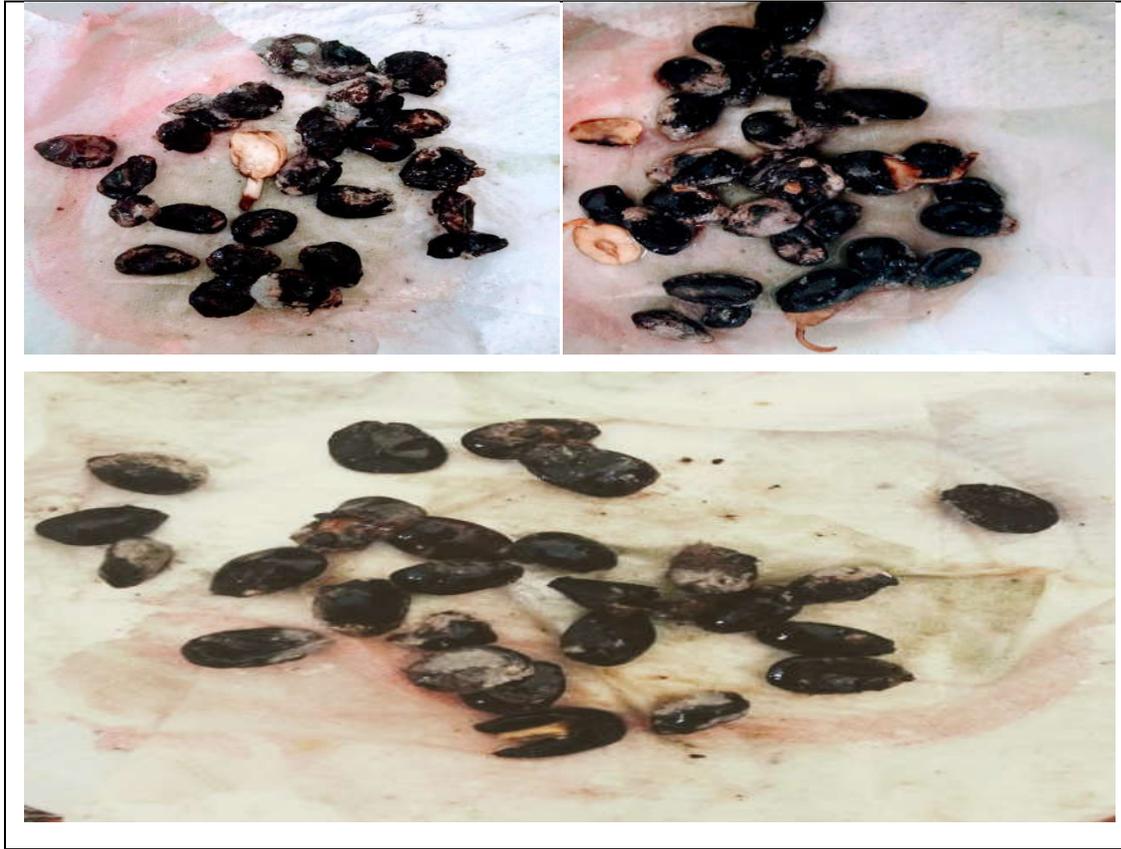


Figure 13. Contamination de graines après la germination.

(Cliché Djebbar & Touaibia, 2020)

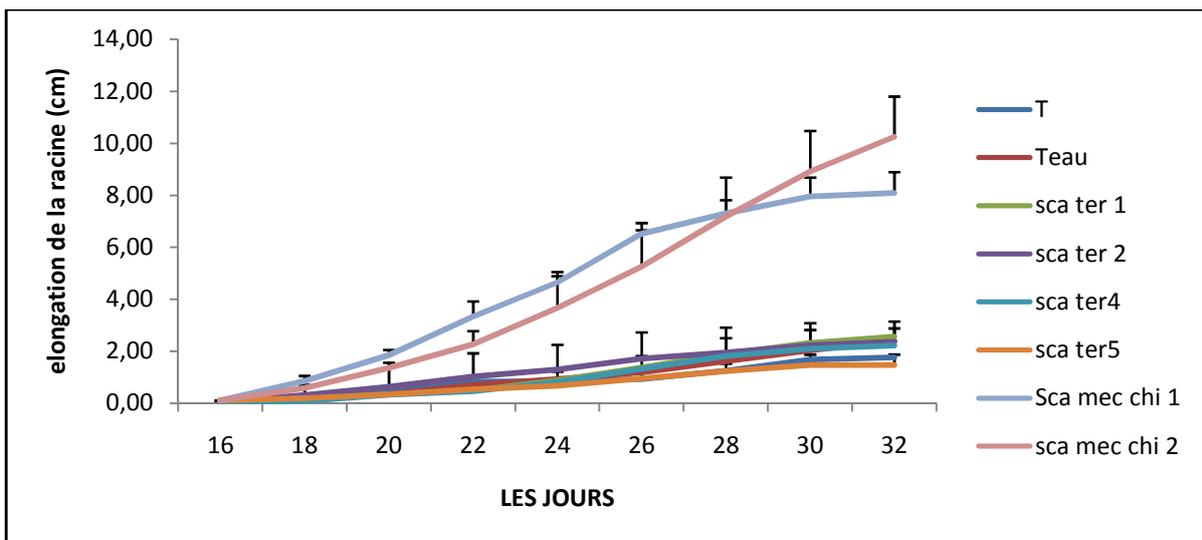


Figure 14. Élongation de la racine en fonction des traitements.

Partier III : Résultats

L'analyse de variance pour l'élongation racinaire a permis de mettre en évidence un effet très hautement significatif pour les traitements appliqués.

Tableau 03. Analyse de la variance de la longueur de la racine.

	SC	DDL	MC	F	p
Traitement	963,831	7	137,690	5,84258	0,000002
Nb jours	932,310	8	116,539	4,94506	0,000008
Traitement*Nb jours	1844,401	56	32,936	1,39755	0,039036
Erreur	8484,010	360	23,567		

Le test de Newman et Keuls pour la longueur de la partie racinaire a permis de faire ressortir trois groupes homogènes (Annexe 01). Le premier groupe est composé de témoin, teau, sca ter1, sca ter2 et sca chi6). Le deuxième groupe englobe (sca ter 4), alors que le troisième est composé de (sca mec chi1 et sca mec chi2).

Partier IV :
Discussion

Partier IV : Discussion

La caroube ou *Ceratonia siliqua* L., de la famille des Caesalpiniaceae est une légumineuse précieuse pour ses productions mais aussi pour le reboisement des zones arides et dégradées menacées par l'érosion des sols et les processus de désertification.

La technique la plus utilisée pour la propagation du caroubier est le semis. Les graines sont dotées d'une enveloppe tégumentaire épaisse et dure, ce qui nécessite une scarification préalable pour faciliter la germination (Ben mahioul, 2011).

Plusieurs traitements de pré-semis ont été testés sur ces espèces pour améliorer la germination des graines. Citons à titre d'exemple le prétraitement avec l'eau bouillante, l'acide sulfurique (H_2SO_4) ou l'acide gibbérellique (AG3) (Batlle et Tous, 1997).

Sous l'action de la scarification, les enveloppes tégumentaires deviennent plus perméables à l'eau ce qui favorise l'imbibition et l'oxygénation de l'embryon, conduisant ainsi à une élimination de la dormance tégumentaire et au déclenchement du processus physiologique de la germination.

1. La germination sans scarification

Sans scarification, le taux de germination est faible (10%) à cause du tégument dur et imperméable qui empêche l'absorption d'eau, gênant ainsi germination. (L'apat ,2003) a rapporté que la germination moyenne des graines de caroube était de 60 à 95% après le traitement Sans aucun traitement, le pourcentage de germination dépasse rarement 10%.

2. L'effet de la Scarification mécanique

Kruger *et al* (2016) ; Pérez-García (2009) ont indiqué que le faible taux de la germination est dû à l'inhibition tégumentaire, cet obstacle peut être traité par une simple scarification mécanique sans risque pour la viabilité de l'embryon. Sous l'action de la scarification mécanique, les enveloppes tégumentaires deviennent plus perméables à l'eau ce qui favorise l'imbibition et l'oxygénation de l'embryon, conduisant ainsi à une élimination de la dormance tégumentaire et au déclenchement du processus physiologique de la germination. Cependant, cette technique de scarification mécanique n'a pas été procédée dans notre étude peut être la technique utilisée à un effet sur la viabilité embryonnaire.

3. L'effet de la scarification thermique

D'après les résultats les températures élevées peuvent causer des problèmes et aboutir au non réussite de la germination, le prétraitement avec la température 100°C et 150° est déconseillé.

Le trempage des graines dans l'eau bouillante pendant 15 min puis 24H eau (sca ter1) a augmenté le taux de germination jusqu'à 38,89%.

Ghamit *et al* (2008) ont noté que le pourcentage de germination chez les graines de caroubier d'origine "Dkar" productive, en moyenne de 68.7 % après l'immersion dans l'eau chaude.

Les travaux de Boublenza (2012) Ont montre également que les graines trempées dans l'eau chaude germés dans le coton le taux de germination est de 52% et dans le sol est 67%.

Les résultats Khalil et Suleman, (2019) ont montré que le traitement à l'eau chaude pendant 60 minutes des graines de caroubier atteignait le pourcentage de germination le plus élevé (96,67%).

L'imbibition des graines de *Brachychiton populneus* et *Brachychiton acerifolius* dans l'eau à température ambiante ou une scarification physique par trempage dans l'eau bouillante jusqu'à refroidissement pendant 24 h permet d'accélérer la vitesse de germination, de réduire le temps de latence et la durée moyenne de germination, ainsi que d'atteindre les taux de germination les plus élevés. Dardour *et al* (2014). De même le prétraitement des graines de caroubier avec l'eau à température ambiante (20 ° C) et dans de l'eau tiède (40 ° C) permet d'élever le pourcentage de germination après 15 jours. (Yildiz et Eti ,1996).

4 .L'effet de la scarification chimique

Le trempage des graines de caroubier dans l'acide sulfurique pendant 30min et 1h puis dans l'eau a inhibé la germination , Par contre le rinçage des graines après l'utilisation de l'acide sulfurique a permet d'améliorer le pouvoir germinatif (51,11%) . on constate que le rinçage de graines et une étape très importante pour atteindre de bons résultats.

Après la germination les graines sont contaminées et aucune élongation racinaire n'a été observée.

Partier IV : Discussion

L'efficacité de l'acide sulfurique pour lever l'inhibition tégumentaire avait été démontrée par plusieurs auteurs.

Pérez-García (2009) a signalé que la scarification mécanique, l'acide sulfurique et l'eau bouillante des graines de caroubier ont considérablement amélioré les pourcentages de germination finale (99, 88 et 80%, respectivement).

Les résultats Abdullah *et al* (2018) ont montré que la scarification des graines de *Ceratonia siliqua* par l'acide sulfurique à 90 min et le trempage à l'eau du robinet pendant 24H permet d'augmenter le pourcentage de germination des graines (65%).

Selon Gharnit et Ennabili (2009) Les caroubes de *C. siliqua* collectées du Nord-Ouest du Maroc sont traitées en utilisant de l'acide sulfurique (H_2SO_4)Ce traitement acide est suivi par 3 rinçages à l'eau distillée stérile durant 10, 10 et 15 minutes. les graines de *C. siliqua* germent à 100 % et donnent des racines de 5 à 6 mm de longueur, après 1 jour de la mise en culture *in vitro*.

5. L'effet de la scarification mécanique et chimique

La scarification mécanique suivie par le trempage à l'acide sulfurique est une technique, qui nous permet d'aboutir à un pourcentage de germination assez appréciable (90%) Les graines de caroubier présentent de comportements positifs vis-à-vis le traitement mécanique et chimique.

L'accélération de la germination due au traitement à la scarification mécanique et l'acide sulfurique est généralement attribuée à ramollissement du tégument de la graine par oxydation, ce qui augmente sa perméabilité à l'air et à l'eau. Chez le caroubier, la durée de traitement sulfurique a été selon les auteurs très variables.

Selon Cavallaro *et al* (2016) un prétraitement de 20 minutes avec de l'acide sulfurique à 96% était nécessaire pour surmonter la dormance du tégument qui ne permet pas la germination des graines de caroubier.

El Kahkahi *et al* (sd) indiquent que le trempage des graines dans l'acide sulfurique a permis d'accélérer la germination des graines de caroubier (90%).

Conclusion

Conclusion

Ceratonia siliqua L. est une espèce méditerranéenne qui s'adapte bien aux conditions des milieux arides et semi-arides (sécheresse, salinité, et sol pauvre et calcaire).

Néanmoins, la réussite des phases de germination de cette espèce passe par un problème de la dormance tégumentaire, où la graine présente des téguments très durs engendrant des problèmes d'inhibitions à la germination.

Dans notre étude on a appliqué 4 types de scarifications pour éliminer l'inhibition tégumentaire la scarification mécanique, chimique, thermique et combiné (mécanique et chimique).

D'après les résultats, l'effet de la scarification mécanique des graines avec le papier verre, la scarification chimique avec l'acide sulfurique sans rinçage des graines et la scarification thermique à 150 présentent un échec total de cette expérience. Il semble que ces traitements ont des effets négatifs sur la viabilité de l'embryon.

Le pouvoir germinatif est moyennement élevé sous l'effet de La scarification thermique par le trempage des graines dans l'eau bouillante.

La scarification mécanique et chimique par l'utilisation de l'acide sulfurique concentré a nettement amélioré le taux de germination et l'élongation racinaire.

Nos résultats sur la germination restent préliminaires, il serait donc intéressant de poursuivre les investigations sur cette plante à savoir appliquer d'autres traitements afin d'améliorer le pouvoir germinatif des graines et la vitesse de la germination.

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

- _ **Aafi 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.
- _ **Abdullah, K. H.; Ahmed, G. B.; Selah-Alden, M. T.; Hassan, H. N.; Mahmood, M. J.; Hameed, N. A. et Amin, S. M.(2018)**. Overcoming seed dormancy of robinia pseudoacacia L. And *Ceratonia siliqua* L. Species using different pretreatments in malta forest nursery–duhok. *Journal of Duhok University*, 21(1), 1-7.
- _ **Abi Azar R .(2007)**. Milk protein complexation by green carob pods extract. Technological properties of obtained coagulums. Thèse de doctorat : AgroParisTech, 197 p.
- _ **Ait Chitt M. ; Belmir H. et Lazrak A.(2007)**. Production de plants sélectionnés et greffés de caroubier. Transfert de technologie en agriculture. Maroc. N° 153:1-4.
- _ **Apat . (2003)**. Seed propagation of Mediterranean trees and shrubs. Rome, Italy.
- _ **Avallone R. Plessi M. ; Baraldi M. et Monzani A.(1997)**. Determination of Chemical Composition of Carob (*Ceratonia siliqua* L.): protein, fat, carbohydrates and tannins. *Journal of Food Composition Anal.*, 10 :166-172.
- _ **Battle I. et Tous J.(1988)**. Lineas de investigación sobre el algarrobo (*Ceratonia siliqua* L.) en el IRTA, Cataluña (España). In: Brito De Carvalho JH, ed. I Encorto Linhas de Investigaçao deAlfarroba. AIDA, Oeiras: AIDA, 92-104.
- _ **Battle, I. et Tous J.(1997)**. Carob tree. *Ceratonia siliqua*, 92p.
- _ **Battle I.(1997)**. Current situation and possibilities of development of the carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) in the Mediterranean region. Unpublished FAO Report. Rome. Italy.
- _ **Battle I. et Tous J.(1997)**. Carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 17. Institute of Plant Genetic .
- _ **Benmahioul, B., Kaid-Harche, M. et Daguin, F.(2011)**. Le caroubier, une espèce méditerranéenne à usages multiples. *Forêt méditerranéenne*, 32(1), 51-58.

Références bibliographiques

- _ **Ben Hsouna A.; Trigui M. et Ben Mansour R.(2011)**. Chemical composition, cytotoxicity effect and antimicrobial activity of *Ceratonia siliqua* essential oil with preservative effects against *Listeria* inoculated in minced beef meat. *International Journal of Food Microbiologie*,148:66–72.
- _ **Ben Hsouna A. ; Trigui M. et Jaoua S.(1986)**. Evaluation of antimicrobial and antioxidant activities of the ethyl acetate extract of endemic *Ceratonia siliqua* L. leaves. *Journal of agricultural and food chemistry*, 34: 827-829.
- _ **Berrougui H.(2007)**. Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.), une richesse nationale aux vertus médicinales. *Maghreb Canada Express* 5, n°9.
- _ **Biner B., Gubbuk H.; Karhan M.; Aksu M. et Pekmezci M.(2007)**. Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.) in Turkey, *Food Chemistry* N°100, pp.1453-1455.
- _ **Bitá, A. M.; Mpika, J.; Saya, R. A.; Ngantsoue, L. et Attibayeba, A. (2017)**. Evaluation des conditions de germination des noyaux de *Grewia coriacea* Mast.(*Malvaceae*). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(6), 2809-2825.
- _ **Boudy P.(1950)**. Economie forestière Nord-Africain, Tome II : Monographie et traitement des essences forestières, Ed. Larose, Paris, pp.443-445.
- _ **Boublenza I.(2012)**. *Contribution à l'étude de multiplication du caroubier: Ceratonia siliqua* (Doctoral dissertation).
- _ **Carvalho AO ., Teodoro CES.; Da Cunha M. ; OkorokovaFacanha AL ., Okorokov LA. et Fernandes KVS.(2004)**; Intracellular localization of a lipid transfer protein in *Vigna unguiculata* seeds. *Physiol Plant* 122: 328–36.
- _ **Cavallaro, V. ; Barbera A. C. ; Maucieri, C. ;Gimma, G. ;Scalisi, C. et Patanè, C.(2016)**. Evaluation of variability to drought and saline stress through the germination of different ecotypes of carob (*Ceratonia siliqua* L.) using a hydrotime model. *Ecological Engineering*, 95, 557-566.
- _ **Come D.(1970)** - Les obstacles à la germination des graines. Ed. Masson et Cie., Paris : 162 p.

Références bibliographiques

- _ **Crosi L.; Avallone R.; Cosenza F.; Farina F.; Baraldi C.R et Baraldi M.(2002).** Antiproliferative effects of *Ceratonia siliqua* L. on mouse hepatocellular carcinoma cell line. *Fitoterapia* 73, p.674-684.
- _ **Dakia P.A. ; Wathelet B. et Paquot M. (2007).** «Isolation and chemical evaluation of carob (*Ceratonia siliqua* L.) seed germ food Chemistry Vol. 102, N°4, pp. 1368-1374.
- _ **Dardour, M., Daroui, E. A., Boukroute, A., Kouddane, N. E. et Berrichi, A.(2014).** Etude de prétraitements des graines de *Brachychiton populneus* (Schott & Endl.) R. Br. et *B. acerifolius* F. Muell. en faveur de leur germination (Study of pretreatment seeds *Brachychiton pop*
- _ **DeCandolle A.(1983).** L'origine des plantes cultivées . Balière, Paris, France.
- _ **Djenidi H.(2011)-**Etude du pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf.): Essais de germination, extraction des polyphénols et activité antimicrobienne. Thèse de Magister En Biologie. Faculté des Sciences Exactes et Sciences de la Nature et de la Vie. Université Mohamed Kheider. Biskra, 52p.
- _ **Djigbodjefe, D. B. et Ouinsavi ,C.(SD)** Test de germination des graines de *Abrus precatorius* Linn au Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, 142, 14540-14550.
- _ **Doha Mohamed A. ; Hamed Ibrahim M. et Al-Okbi Sahar Y.(2008).** *Ceratonia siliqua* Pods as a Cheap Source of Functional Food Components. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*, Vol. 104, N ° 1, pp. 25-29.
- _ **El Kahkahi, R., Zouhair, R., Ait Chitt, M. et Errakhi, R.(SD)** Amélioration de la germination des graines du caroubier (*Ceratonia Siliqua* L.) au Maroc.
- _ **Gharnit, N. et Ennabili, A.(2009).** Essais préliminaires de culture in vitro du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) originaire du Nord ouest du Maroc. *Biomatec Echo*, 3(6), 18-25.
- _ **Ghamit, N., El Mtili, N., Ennabili, A. et Sayah, F.(2008).** Essais de culture in vivo du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) originaire du nord-ouest du Maroc. *Revue AFN Maroc* 2, 3, 107-115.
- _ **Haddarah A.(2013).** L'influence des cultivars sur les propriétés fonctionnelles de la caroube Libanaise. Thèse de doctorat : L'Université Libanaise (Ecole Doctorale des Sciences et Technologie) Et l'Université de Lorraine (France). 132 p.

Références bibliographiques

- _ **Hillcoat D. ;Lewis G. et Verdcourt B.(1980)**. A new species of *Ceratonia* (*Leguminocea-Caesalpinioideae*) from Arabia and the Somali Republic. *Kew bull.* 35:261-271.
- _ **Gabriela Bernardo-Gila M.; Roque R.; Roseiro L. B.; Duarte L. C.; Girio F. et Esteves P.(2011)**. Supercritical extraction of carob kibbles (*Ceratonia siliqua* L.), *Journal of Supercritical Fluid*, 59: 36– 42.
- _ **Genever R. L.(2003)** – Impact of temperature on seed dormancy. *Hort Science* 38: 336-341.
- _ **Gharnit N.; El Mtili N.; Ennabili A . et Sayah F.(2004)**. Floral characterization of carob tree (*Ceratonia siliqua* L) from the province of Chefchaouen (NW of Morocco). *Moroccan J. Biol.* 1:41-51.
- _ **Gharnit, N. et Ennabili, A.(2009)**. Essais préliminaires de culture in vitro du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) originaire du Nord ouest du Maroc. *Biomatec Echo*, 3(6), 18-25.
- _ **Ghamit, N., El Mtili, N., Ennabili, A. et Sayah, F.(2008)**. Essais de culture in vivo du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) originaire du nord-ouest du Maroc. *Revue AFN Maroc* 2, 3, 107-115.
- _ **Gruendel S.; Garcia et Otto B.(2006)**. Carob pulp preparation rich in insoluble dietary fiber and polyphenols enhances lipid oxidation and lowers postprandial acylated ghrelin in humans.1. *Journal of Nutrition*, 136:1533–8
- _ **Kaderi M.; Ben Hamouda G.; Zaeir H., Hanana M. et Hamrouni L.(2014)**. Notes ethnobotanique et phytopharmacologique sur(*Ceratonia siliqua* L.).*Phytothérapie*, p5.
- _ **Klenow S.; Jahns F.; Pool-Zobel B. L. et Glei M.(2009)**. Does an extract of carob (*Ceratonia siliqua* L.) have chemopreventive potential related to oxydative stress and drug metabolism in human colon cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57: 2999-3004.
- _ **Kleynhans, R., Bulangga, M., Nenungwi, L., Lehlaleroa, M. T., Matsiliza-Mlathi, B. et Slabbert, M. M.(2016)**. Preliminary investigations on germination of *Sutherlandia frutescens* and emergence of *Ceratonia siliqua* seed. In *VII International Symposium on Seed, Transplant and Stand Establishment of Horticultural Crops-SEST2016 1204* (pp. 153-160).

Références bibliographiques

_ **Kruger, F. J. L., Araya, H. T., Kleynhans, R. et Du Plooy, C. P. (2016).** Enhancing seed germination of *Ceratonia siliqua* L. for large scale production in southern Africa. In *VII International Symposium on Seed, Transplant and Stand Establishment of Horticultural Crops-SEST2016 1204* (pp. 139-142).

_ **Labouriau, L.G.(1983).** A germinação das sementes. Organização dos Estados Americanos. Programa Regional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Série de Biologia. Monografia 24.

_ **Louca A. et A. Papas .(1973).** «The effect of different proportions of carob pod meal in the diet on the performance of calves and goats., Anim. Prod. 17:139-146.

- **Mazliak P.(1982)-** Physiologie végétale II, croissance et développement. Collection Méthodes des Herman, Paris : 465 p.

-**Niang-diop, F., B. Sambou, et A. M. Lykke A. M.(2010).** Contraintes de régénération naturelle de *Prosopis africana* : facteurs affectant la germination des graines. International Journal of Biological and Chemical Sciences 4:1693-1705.

-**Pérez-García, F. J.(2009).** Germination characteristics and intrapopulation variation in carob (*Ceratonia siliqua* L.) seeds. *Spanish Journal of Agricultural Research*, (2), 398-406.

_ **Quezel P. et Santa, S.(1963),** Nouvelle flore de l'Algérie et de la région désertique méridionale (tomel), Editions du centre national de la recherche scientifique. 557

-**Ranal, M. A. et D.; Garcia de Santana.(2006).** How and why to measure the germination process ? revista Brasil Botanica 29:1-11.

_ **Rejeb M.N.; Laffray D. et Louguet P.(1991).** Physiologie du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) en Tunisie. Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides, Grouped'Etude de l'Arbre, Paris, France, pp. 417-426.

_ **Ruiz-Roso B.; Quintela JC. et de la Fuente E.(2010).** Insoluble carob fiber rich in polyphenols lowers total and LDL cholesterol in hypercholesterolemic subjects. *Plant Foods for Human Nutrition*, 1:50–6.

Références bibliographiques

_ **Saidi R.; Lamarti A. et Badoc A.(2007).** Micro propagation du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) par culture de bourgeons axillaires issus de jeunes plantules. Bull. Soc. Pharm. Bordeaux. 146: 113-129. Baum N., 1989, Arbres et arbustes de l’Egypte ancienne, pp. 354.

_ **Salehzade , H .; Shishvan, M.I.; Ghiyasi, M.; Forouzin, F. et Siyahjani, A.A.(2009).** Effect of seed priming on germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). Res. J. Biol. Sci. 4: 629-631.

_ **Serairi-Beji R.; Mekki-Zouiten L. et Tekaya-Manoubi L.(2000).** Can carob powder be used with oral rehydration solution for the treatment of acute diarrhea. Med Top 60:125.

_ **Trabaud L.(1979).** Etude du comportement du feu dans la garrigue de chêne kermes à partir des températures et des vitesses de propagation. In *Annales des Sciences Forestieres* (Vol. 36, No. 1, pp. 13-38). EDP Sciences.

_ **Vallade J.(2002)**-Structure et développement de la plante : morphogenèse et biologie de la reproduction des angiospermes Edit ;Dunod ;paris, pp 224.

_ **Yildiz, A., et Eti, S.(1996).** Researches on the germination of carob seeds with different methods.

Annexes

Annexe 01 :Tests de Newman-Keuls

Variable logeur racine

Groupes Homogènes, alpha = ,05000

Erreur : MC Inter = 23,567, dl = 360,00

Traitement	longeur racine	1	2
Sca ter5	0,770370	b	
T	0,894444	b	
Teau	1,046296	b	
Sca ter1	1,129630	b	
Sca ter2	1,288889	b	
Sca ter4	2,881481	b	a
Sca mec chi2	4,440741		a
Sca mec chi1	4,514815		a

Test de Newman-Keuls ; variable %germination Groupes Homogènes, alpha = ,05000 Erreur :
MC Inter = 213,14, dl = 22,000

Traitement	%germination	1	2	3
Sca ter3	2,22222	c		
Sca ter5	3,33333	c		
Sca ter4	5,55556	c		
Sca ter2	7,77778	c		
T	10,00000	c		
Teau	16,66667	c		
Sca chi6	36,66667	c	b	

Sca ter1	38,88889	c	b	
Sca chi5	51,11111		b	
Sca mec chi2	81,11111			a
Sca mec chi1	90,00000			a