

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

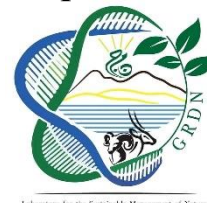
Centre Universitaire - Salhi Ahmed - Nâama

Institut des Sciences et de Technologie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Laboratoire de recherche :

Gestion durable des ressources naturelles dans les zones arides et semi-aride



MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER Académique

En Sciences Biologiques

Spécialité : Biodiversité et physiologie végétale

Présenté Par :

ACHOUR Radhia

SLIMANI Fatima Zohra

Thème

Multiplication de caroubier (ceratonia siliqua) et sterculia diversifolia, réponse aux contraintes environnementales

Soutenu le : 06-07-2022

Devant le jury :

Président : M^r Mahdad Mustapha Yassine

MCB

Centre Universitaire de NAAMA

Examineur : M^r Gordo Belkacem

MAB

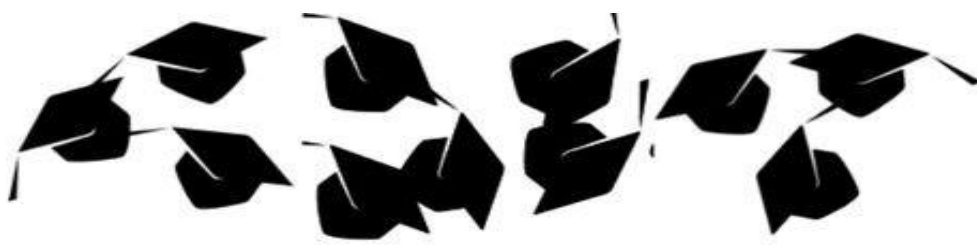
Centre Universitaire de NAAMA

Encadreur : M^r Nouri Tayeb

MCA

Centre Universitaire de NAAMA

Année universitaire 2021/2022



Dédicace

*Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère. A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : **mon cher père ELhachmi .***

*A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse: **mon adorable mère Khatima.***

*A mes chères sœurs **Nawal, Salima, Youssera, Fatima** pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral,*

*A mes chers frères, **Mohammed, Anes, souhaïbe rayene, Ahmed** pour leur appui et leur encouragement,*

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire

***A mon binôme Fatima** pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long des années*

D'études.


A mes chères amies

Samira –Fatima – Douaa – hanane

En souvenir des moments heureux passés ensemble, avec mes vœux sincères de réussite, bonheur, santé et de prospérité.

*« **RANIA** »*





*Tout d'abord, je tiens à remercier DIEU De m'avoir
donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.*

Je tiens à dédier cet humble travail à :

*A l'homme de ma vie , mon exemple éternel mon soutien moral et source de joie
et de bonheur, à toi mon père « **Ben Ahmed** ».*

*A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur,
ma vie et mon bonheur ; maman que j'adore « **Fatna** »*

*A mon soutien moral et source de joie et de bonheur , mon fiancée « **Ali** »
pour l'encouragement et l'aide qu'il m'a toujours accordé .*

*A mes très chers frères **Mohammed , Ilyes , Mostafa Nadir***

*A mes belles sœurs **Nor El Houda , Rihab***

*A mon binôme et ma chère amie pour tous les souvenirs pendant les années
d'études ensemble , qui a partagé avec moi beaucoup de choses « **Rania** » .*

A mes chères amies

Marwa Douaa Radhia Hanan Samira

En souvenir des moments heureux passés ensemble, avec mes vœux sincères


De réussite, bonheur, santé et de prospérité.

*A ma famille, mes proches et à ceux qui me donnent
de l'amour et de la vivacité*






Remerciment



En préambule à ce mémoire nous remercions ALLAH qui nous a aidé et nous a donné la patience et le courage durant ces longues années d'étude.

*Nos remerciements vont également à notre encadreur **Mr Nouri tayeb** pour l'orientation, la confiance, la patience, et son précieux conseil et son aide durant toute la période du travail.*



*On tient à remercier vivement notre Co- encadreur **Monsieur BENOUIS Slimane** pour avoir suivi et dirigé ce travail, pour son aide scientifique, et très grande disponibilité et son encouragement régulier.*

*Remercier à **Monsieur Hamad B**, son aide et ses précieux conseils.*

*Nous adressons nos vifs remerciements à **Monsieur ABD ELGHANI E** l'ingénieure du laboratoire et **Monsieur Miloud A** l'ingénieure de la serre pour leur aide et leur sympathie.*

Nous remercions par ailleurs vivement les membres du jury de nous avoir fait l'honneur de juger notre travail et d'assister à la soutenance.

Finalement, nous remercions toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la concrétisation de ce mémoire.



RESUME

La salinisation constitue une contrainte majeure au développement agricole et la dégradation des sols, en diminuant la productivité végétative dans les zones arides. L'objectif de ce travail est d'étudier la multiplication par semis et l'adaptation de caroubier (*Ceratonia siliqua*) et *Sterculia diversifolia* aux contraintes environnementales (salinité). La germination des deux espèces étudiées a été effectuée par trois méthodes, la scarification mécanique, choc thermique, et traitement par AG3, de plus l'étude de l'effet de la salinité sur la physiologie et la morphologie de caroubier (*Ceratonia siliqua*) et *Sterculia diversifolia* a été faite selon un dispositif expérimental randomisé (07 répétition) avec 3 doses salines 3, 6 et 9 g/l de NaCl.

Les résultats obtenus ont indiqué que le taux de germination était élevé chez les lots traités par la scarification mécanique avec 86 et 54,5 % respectivement pour le caroubier (*Ceratonia siliqua*) et *Sterculia diversifolia*, et on constate un taux de germination 74% chez les graines germées lors de test de choc thermique chez le caroubier, Tandis que les graines de l'espèce *Sterculia diversifolia* traitées par le choc thermique enregistrent des taux de germination faibles, ou on a enregistré un taux de 5%. Le test de phytohormone par AG3 enregistre des faibles taux de germination des graines caroubier (*Ceratonia siliqua*) de 30,5% et *Sterculia diversifolia* de 3%. Les résultats du stress salin obtenus ont montré des diminutions non significatives sur l'ensemble des paramètres étudiés de caroubier (*Ceratonia siliqua*) et *Sterculia diversifolia* au niveau de trois doses salines 3, 6 et 9 g/l de NaCl par rapport à témoin, par contre on a enregistré un effet significatif du stress salin sur les racines de deux plantes étudiées. Les deux espèces étudiées ont ressorti une tolérance vis à vis la forte dose saline de 9 g/l de NaCl.

Mots clés : *Sterculia diversifolia*, caroubier (*Ceratonia siliqua*), Salinité, Multiplication, Adaptation.

Abstract

Salinization is a major constraint to agricultural development and soil degradation, by reducing vegetative productivity in arid areas. The objective of this work is to study the multiplication by sowing and adaptation of carob (*ceratonia siliqua*) and *sterculia diversifolia* to environmental constraints (salinity). The germination of two species study was carried out by three methods, mechanical scarification, thermal shock, and treatment with AG3. in addition, the study of the effect of salinity on the physiology and morphology of carob (*ceratonia siliqua*) and *sterculia diversifolia* was made according to a randomized experimental design (07 repetitions) with 3 doses of saline 3, 6 and 9 g/l of Na Cl.

The results obtained indicated that the germination rate was high in the batches treated by mechanical scarification with 86 and 54.5% respectively for the carob tree (*ceratonia siliqua*) and *sterculia diversifolia*, and there is a 74% germination rate in sprouted seeds during heat shock testing in the carob tree, while seeds of the species *sterculia diversifolia* treated by heat shock have low germination rates, or a 5% germination rate. The phytohormone test by AG3 records low germination rates of carob seeds (*ceratonia siliqua*) of 30.5% and *sterculia diversifolia* of 3%. The results of the saline stress obtained showed non-significant decreases in all the studied parameters of carob tree (*ceratonia siliqua*) and *sterculia diversifolia* at three saline doses 3,6 and 9 g/l of Na Cl compared to the control, in contrast, there was a significant effect of saline stress on the roots of two plants studied, the two species studied show a tolerance towards screw the strong saline dose of 9 g/l of Na Cl.

Key words: *Sterculia diversifolia*, carob tree (*ceratonia siliqua*), Salinity, Multiplication, Adaptation.

ملخص

تعتبر ملوحة التربة عقبة رئيسية أمام التنمية الزراعية و تدهور التربة من خلال تقليل الإنتاجية النباتية في المناطق الجافة. الهدف من هذا العمل هو دراسة التكاثر بالبذر و تكيف شجرتي الخروب (*caroubier (ceratonia siliqua)* و *Sterculia diversifolia* مع القيود البيئية (الملحة). تم إجراء دراسة إنبات هاذين النوعين من خلال ثلاثة طرق ، الخدش الميكانيكي ، الصدمة الحرارية و العلاج باستخدام حمض الجيبيريليك ، بالإضافة إلى دراسة تأثير الملوحة على فيزيولوجية و مورفولوجية الخروب (*caroubier (ceratonia siliqua)* و *Sterculia diversifolia* حسب تصميم تجريبي عشوائي (7 تكرارات) مع ثلاث جرعات من المحلول الملحي بتركيز 3 ، 6 و 9 غ / ل من كلوريد الصوديوم . أشارت النتائج التي تم الحصول عليها إلى أن معدل الإنبات كان مرتفعا في البذور المعالجة بالخدش الميكانيكي بنسبة 86 و 54.5 % على التوالي لشجرتي الخروب (*caroubier (ceratonia siliqua L.)* و *Sterculia diversifolia* . ووجود معدل إنبات 74% في البذور التي تم معالجتها باختبار الصدمة الحرارية بالنسبة لشجرة الخروب، بينما سجلت بذور نوع *sterculia diversifolia* المعالجة بالصدمة الحرارية معدلات إنبات منخفضة حيث سجلت نسبة 5% . أما بالنسبة للبذور التي تمت معالجتها بالهرمون النباتي AG3 سجلت معدلات إنبات منخفضة لبذور الخروب بنسبة 30.5% و *sterculia diversifolia* بنسبة 3% . اظهرت نتائج الاجهاد الملحي انخفاضا غير معنوي في جميع المعلمات المدروسة للخروب (*caroubier (ceratonia siliqua)* و *Sterculia diversifolia* بالنسبة للجرعات الثلاث 3 و 6 و 9 غ / ل من كلوريد الصوديوم مقارنة بالشاهدة . ومن ناحية أخرى ، تم تسجيل تأثير معنوي للإجهاد الملحي على جذور النباتين التي تمت دراستهما . اظهر النوعان المدروسان مقاومة اتجاه جرعة المحلول الملحي 9 غ/ل من محلول الصوديوم .

الكلمات المفتاحية : شجرة الخروب (*caroubier (ceratonia siliqua)* ، *Sterculia diversifolia*، الملوحة، التكاثر، التكيف .

Liste des tableaux

N°	Titre des tableaux	Page
01	Estimation de la surface cultivée, la production et le rendement de la caroube dans le monde	23
02	Surface cultivée, production et rendement de la caroube en Algérie	24
03	Tableau récapitulative sur la sélection de Croit sur les variétés du caroubier	32
04	composition chimique du caroubier	34
05	Superficie affectée par la salinité dans le monde	48
06	Différentes doses des solutions salines	63
07	Composition de la solution nutritive Active	63
08	Moyenne de la longueur des tiges mm de caroubier et <i>sterculia diversifolia</i> se l'effet de stress salin.	69
09	Moyenne de la longueur des racines (mm) de caroubier et <i>sterculia diversifolia</i> se l'effet de stress salin	70
10	Moyenne du nombre des feuilles de caroubier et <i>sterculia diversifolia</i> se l'effet de stress salin	71
11	Moyenne du la surface foliaire de caroubier (<i>ceratonia siliqua</i>) et <i>sterculia diversifolia</i> se l'effet de stress salin.	72
12	Moyenne du la Tenure en chlorophylle de caroubier (<i>ceratonia siliqua</i>) et <i>sterculia diversifolia</i> se l'effet de stress salin	74
13	Taux de germination des différents tests de la germination des graines de caroubier (<i>ceratonia siliqua</i>).	75
14	Taux de germination des différents tests de la germination des graines de <i>sterculia diversifolia</i>	76
15	Analyse de variance de l'effet de salinité sur les paramètres morphologique et physiologique du l'espèce caroubier (<i>ceratonia siliqua</i>) et <i>sterculia diversifolia</i>	77

Liste des figures

Figures	Titre figures	Page
01	Centre d'origine et distribution du caroubier dans le monde	23
02	Arbre du caroubier	25
03	Racine de caroubier	26
04	Feuilles de caroubier	26
05	Inflorescence femelle du caroubier	27
06	Inflorescence mâle du caroubier	27
07	Inflorescence hermaphrodite du caroubier	27
08	Fruits du caroubier	28
09	graine de caroubier	28
10	Tronc du caroubier	29
11	Branches du caroubier	30
12	Fruits de Caroubier	30
13	Stade De Développement du fruit du caroubier	31
14	Principaux ravageurs du caroubier	36
15	Arbre du <i>sterculia diversifolia</i>	37
16	Feuille de plantes <i>sterculia diversifolia</i>	38
17	Fruit d'espèce <i>sterculia diversifolia</i>	39
18	Germination des graines <i>sterculia diversifolia</i>	39
19	Graine de plante <i>sterculia diversifolia</i>	40
20	Multiplication sexuée de l'espèce de caroubier par semis	44
21	Principales étapes du bouturage ligneux chez le caroubier	45
22	Principales étapes du greffage en couronne chez le caroubier	46

23	Micro propagation de caroubier	46
24	Germination des graines	58
25	Préparation de substrat d'sol	60
26	L'analyse de sol par le pH mètre et Conductimètre	60
27	Méthode d'analyse de sol par le pH mètre et Conductimètre.	61
28	Dispositif expérimental des plantes de caroubier et <i>sterculia diversifolia</i>	61
29	Application de stress Salin	62
30	Conduite de l'expérimentation et application du stress	64
31	Prélèvement des racines et préparation pour les analyses	65
32	Mesure de la longueur des tiges	66
33	Méthode de mesure la surface racinaire et foliaire par le logiciel ImagJ	66
34	Mesure de chlorophylle des plantes caroubier (<i>ceratonia siliqua</i>) et <i>sterculia diversifolia</i>	67
35	Effet de stress salin sur les espèces de caroubier (<i>ceratonia siliqua</i>) et <i>sterculia diversifolia</i>	69
36	Effet de Na Cl sur la longueur des tiges de caroubier et <i>sterculia diversifolia</i>	70
37	Effet de Na Cl sur la longueur des racines de caroubier et <i>sterculia diversifolia</i>	72
38	Effet de Na Cl sur nombre des feuilles de caroubier et <i>sterculia diversifolia</i>	72
39	Effet de Na Cl sur la surface foliaire de caroubier et <i>sterculia diversifolia</i>	73
40	Effet de Na Cl sur Teneur en chlorophylle de caroubier et <i>sterculia diversifolia</i>	74
41	Courbes de taux de germination des graines du caroubier (<i>ceratonia siliqua</i>) (%) traité à trois tests.	75
42	Courbes de taux de germination des graines du <i>sterculia diversifolia</i> (%) traité à trois tests.	76
43	Taux de germination final des graines des espèces caroubier (<i>ceratonia siliqua</i>) et <i>sterculia diversifolia</i>	77

Liste des abréviations

C	<i>Ceratonia</i>
m	mètre
Ha	hectare
T	Tonnes
Qx	Quintaux
Cm	Centimètre
Ans	Année
C°	Degré Celsius
CO2	Dioxyde de carbone
FAO	Organisation de la nation unie pour l'alimentation et l'agriculture
Fig.	Figure
Tab	Tableau
G	Gramme
H	Heure
L	Litre
Mm	Millimètre
pH	Le potentiel d'hydrogène
ppm	Particule par million
CE	Conductivité électrique
GA3	Acide gibbérelline
Na Cl	Le chlorure de sodium
Kg	kilogramme
ml	Millilitre
TG	Taux de germination
O₂	Oxygène

Table de matière

Remerciement

Dédicace

Liste des tableaux

Liste des figures

Résumé

Introduction

Chapitre I Généralité du Caroubier et *Sterculia diversifolia*

<i>Introduction générale</i>	15
<i>Première partie bibliographique</i>	19
<i>Chapitre I</i>	20
<i>Généralité sur le Caroubier et <i>sterculia diversifolia</i></i>	20
I- Caroubier	21
I- 1 Origine	21
I-2 Répartition géographique.....	21
I-2-1 Production dans le monde	21
I-2-2 Production dans l'Algérie.....	23
I-3 Systématique et classification botanique	24
I-4 Description morphologique	24
I -4-1 Caractères généraux.....	24
I-4-2 Système racinaire.....	25
I-4-3 Organes aériens	25
I-4-3-1 Feuilles	25
I-4-3-2 Fleurs.....	25
I-4-3-3 Fruits	27
I-4-3-4 Graines.....	27
I-4-3-5 Tronc	28
I-4-3-6 Branches.....	28
I-5 Caractéristiques Biologiques	29
I-5-1 Floraison et fécondation	29
I-5-2 Fructification	29
I-6 Espèces	30
I-7 Utilisations et Intérêt du caroubier.....	31
I-7-1Utilisations du caroubier.....	31
I-7-1-1 Arbre	31
I-7-1-2Feuilles et fleurs	31
I-7-1-3Fruit	32
I-7-1-4Pulpe.....	32
I-7-1-5 Graine.....	32
I-8 Intérêt du caroubier.....	32
I-8-1 Intérêt écologique	32
I-8-2 Intérêt économique	32
I-9 Composition chimique du caroubier	33
I-10 Maladies et Ravageur.....	33
I-11 <i>Sterculia diversifolia</i>	36
I-11-1Classification	36
I-11-2 Description	36
I-11-2-1 Fleurs.....	37
I-11-2-2Fruit	37
I-11-3 Distribution.....	38
I-11-4 Multiplication	38
I-11-5Germination des graines	38
I-11-6 Utilisation	39
I-11-7 <i>Sterculia diversifolia</i> comme une plante médicinale	40

I-11-8 Valeur nutritionnel.....	40
<i>Chapitre II</i>	42
<i>Multiplication et adaptation aux Stress salin</i>	42
II- Multiplication.....	43
II-1 Multiplication sexuée.....	43
II-1-1 Germination.....	43
II-2 Multiplication asexuée.....	44
II-2-1 Types de multiplication végétative (asexuée).....	44
II-2-1-1 Bouturage.....	44
II-2-1-2 Marcottage.....	44
II-2-1-3 Greffage.....	44
II-2-1-4 Culture in vitro.....	45
II-3 Stress abiotique.....	45
II-3-1 Stress salin.....	46
II-3-1-1 Salinité.....	46
II-4 Origine de la salinité.....	46
II-4-1 Dans le monde.....	47
II-4-2 Dans l'Algérie.....	48
II-5 Différents types de la salinisation.....	48
II-5-1 Salinisation primaire.....	48
II-5-2 Salinisation secondaire.....	49
II-6 Impacts de la salinité sur le sol.....	49
II-7 Impacts de la salinité sur la plante.....	49
II-8 Effet du stress Salin sur la plante.....	50
II-8-1 Germination.....	50
II-8-2 Morphologie.....	50
II-8-3 Physiologie.....	50
II-9 Adaptation aux stress salin.....	51
II-10 Stratégies adaptatives des plantes face au stress abiotique.....	51
II-10-1 Proline.....	51
II-10-2 Bétaine.....	51
II-10-3 Sucres solubles.....	52
II-11 Effet des enzymes antioxydant dans l'adaptation des plantes au stress salin.....	52
<i>Deuxième partie expérimentale</i>	53
<i>Chapitre III</i>	54
<i>Matériels et méthodes</i>	54
III- Matériel et Méthodes.....	55
III-1 Matériel végétal.....	55
III-1-1 Première essai.....	56
III-1-1-1 Préparation des graines.....	56
III-1-1-2 Test de germination.....	56
III-1-2-1 Teste mécanique.....	56
III-1-2-2 Test de choc thermique.....	57
III-1-2-3 Test chimique de phytohormone (acide gibbérellique AG3).....	58
III-2 Deuxième essai : Plantation dans la serre.....	58
III-2-1 Substrats d'culture.....	58
III-2-2 Analyse chimiques de sol.....	59
III-2-2-1 Potentiel d'hydrogène (pH) (rapport 1 /2.5 sol/eau).....	59
III-2-2-2 Détermination de la conductivité électrique (CE).....	60
III-3 Dispositif expérimental.....	60
III-3-1 Application du stress salin.....	61
III-3-1-1 Application 1.....	61
III-3-1-2 Application 2.....	61
III-4 Irrigation et fertilisation.....	62
III-5 Analyses statistiques.....	62
III-6-1 Taux de germination (TG).....	64
III-6-2 Prélèvement et préparation du matériel végétal pour les analyses.....	64
III-6-3 Paramètres morphologiques et physiologique.....	64
III-6-3-1 Longueur des tiges et racines de la plante.....	64

III-6-3-3 Nombre de feuille	65
III-6-3-2 Surface foliaire	65
III-7 Paramètres physiologiques et biochimiques	66
III-7-1 Mesure de la chlorophylle.....	66
<i>Chapitre IV</i>	67
<i>Résultat et discussion</i>	67
IV- Effet de stress salin sur le caroubier (Ceratonia siliqua) et sterculia diversifolia.....	68
IV-1 Constat visuel.....	68
IV-2 Paramètres biométriques	68
IV-2-1 Effet de salinité sur la longueur des tiges	68
IV-2-2 Effet de salinité sur la longueur des racines	69
IV-2-3 Effet de salinité sur nombre des feuilles de caroubier (ceratonia siliqua) et sterculia diversifolia	70
IV-2-4 Effet de salinité sur la surface foliaire	71
IV-3 Paramètres physiologiques.....	72
IV-3-1 Effet de salinité sur la teneur en chlorophylle	72
IV-4 Taux de germination d'espèce caroubier (ceratonia siliqua)	74
IV-5 Taux de germination d'espèce sterculia diversifolia.....	75
IV-6 Taux de germination finale de l'espèce caroubier (ceratonia siliqua) et sterculia diversifolia	76
IV-7 Paramètres morphologique et physiologique étudiés sur l'espèce caroubier (ceratonia siliqua) et sterculia diversifolia	76
IV – 7-1 Comparaison entre les deux espèces étudiées sur les paramètres	77
morphologique et physiologique	77
IV -8 Discussion.....	77
IV-8-1 Prétraitements de la germination sur les graines (ceratonia siliqua) et sterculia diversifolia	77
.....	78
IV-8-2 L'effet de stress salin sur les paramètres morphologique et physiologique chez les espèces caroubier (ceratonia siliqua) et sterculia diversifolia	79
<i>Conclusion</i>	82
<i>Références bibliographiques</i>	85

*Introduction
générale*

Introduction générale

Les contraintes environnementales sont les facteurs majeurs limitant de la croissance et la productivité des plantes (**Chaves et al., 2002**). En plus, il existe plusieurs types de stress abiotiques dont la salinité qui considère comme facteur majeur limitant du développement des plantes (**Krasensky et Jonak, 2012**). La salinisation est l'une des formes de dégradation des sols qui connaît une extension spectaculaire en révélant des aspects de plus en plus inquiétants. Elle contribue à la diminution du couvert végétal, notamment dans les zones aride ou semi-aride. (**Chaaou et al., 2020**).

La présence de la salinité dans les sols et les eaux d'irrigation, touchent tous les processus physiologique, perturbent la germination des graines, affectent la croissance des plantules ainsi que leurs développement et réduisent par conséquent la production des plantes (**Ould Mohamedi et al., 2011**). Les stress abiotiques induisent des changement physiologiques (**Langridge et al., 2006**) et des changements dans les processus cellulaires (**Chinnusamy et al., 2006 ; Talame et al., 2007**). Il engendrent généralement une perturbation du potentiel hydrique chez les plantes (**Verslues et al., 2006**). Cette réponse varie considérable en fonction du genre, de l'espèce et même de l'écotype ou de la variété (**Epstein et al., 1980**). Les plantes doivent alors mettre en place plusieurs mécanismes d'adaptation afin de limiter les dégâts engendrés par les stress (**Verslues et al., 2006**).

En Algérie les sols sont menacés par l'érosion éolienne et l'évolution de la salinité des sols, depuis longtemps ces deux phénomènes et ses effets néfastes sur le milieu naturel et l'environnement, constituent un sérieux problème, surtout dans les zones arides et semi-arides. Aujourd'hui nous assistons réellement à un changement profond de l'écosystème steppique ou le sable remplace totalement la végétation steppique, c'est l'ensablement. Le phénomène de l'ensablement s'est amplifié durant ces dernières années où l'ensemble des conditions climatiques et édaphiques fait de la steppe un milieu fragile (**Abdelkrim, 2006**).

Compte tenu de l'intensité de stress abiotique sur les sols en zones steppique, la conservation du sol dans ces zones semi-arides à arides n'est techniquement possible qu'avec la fixation biologique des dunes et la lutte contre la désertification. Pour attient ces objectifs le choix des espèces forestières dépend avant tout à la capacité d'adaptation de ces essences aux conditions du milieu steppique ainsi la maîtrise de l'élevage des plants en pépinière (**Melalih, 2011**).

L'évaluation du comportement écophysologique et de la croissance des essences forestières en réponse à la salinité, sous des conditions expérimentales, contribuerait à mieux cerner la vulnérabilité et la capacité d'adaptation des jeunes plants face à cet aléa climatique et édaphique, notamment en phases de plantation et de croissance juvénile. A partir de ces

Introduction générale

études expérimentales, on peut attendre de nouvelles connaissances pour guider le choix des aménagistes et des gestionnaires en matière d'espèces à prioriser, mais aussi des avancées sur les techniques de maîtrise de l'élevage des plants en pépinière (**Abdenbi et al., 2020**).

La multiplication par semis est une partie intégrante de l'agriculture de conservation que l'on peut définir comme un ensemble de pratiques qui visent : une bonne gestion des ressources édaphiques alternent au minimum la composition et la structure du sol et le préservant de la dégradation et de l'érosion (**Boulal et al., 2007**). La reproduction sexuée est vitale pour assurer la variabilité génétique et pour permettre aux espèces ligneuses (arbres) de s'adapter aux contraintes environnementales notamment dans les zones semi-arides (**Ouedraogo et Thiombiano, 2012**)

Le caroubier (*Ceratonia Siliqua*) et sa multiplication est intégré dans ce travail du fait qu'il s'agit d'une essence forestière méditerranéenne à usages multiples. Cette espèce fait partie de la famille des Fabaceae ; possède des caractéristiques particulières telles la rusticité, la résistance à la sécheresse, la fertilisation des sols et la lutte contre l'érosion (**Chajjai et Bouchra, 2017**).

Le caroubier (*Ceratonia Siliqua*) a une grande importance écologique grâce à son aptitude à développer différentes stratégies d'adaptation aux contraintes hydriques de plus il est utilisé dans le reboisement des zones arides et dégradées, comme étant une ressource précieuse de reforestation ; ainsi qu'une grande importance économique à cause de l'industrialisation de ses produits en raison des multiples utilisations agro-alimentaire, médicale, cosmétique et chimique (**Chial,2020**).

Sterculia diversifolia est une espèce exotique, présent dans les régions chaudes et sèches, à cet égard, nos connaissances restent très limitées sur la multiplication et leur tolérance (à la sécheresse et la salinité) au stade juvénile, stade déterminant dans le processus de développement des essences forestières (**Sterculia diversifolia (Lour) fiori**).

Le présent travail a pour objectifs d'étudier la multiplication par semis et l'élevage des plants du *ceratonia siliqua* et *sterculia diversifolia* et l'effet de la salinité sur le comportement et le développement des plants de ces deux espèces, et de proposer des recommandations sur le choix de ces essences dans le reboisement en Algérie (recréation du barrage vert).

Le présent travail comporte deux parties

Introduction générale

La première partie bibliographique est subdivisée en deux chapitres ; la première chapitre consacrée à la présentation des espèces étudiées (caroubier *ceratonia siliqua* et *sterculia diversifolia*), et le deuxième chapitre sur la multiplication et l'adaptation aux contraintes environnementales (stress salin).

La deuxième partie expérimentale contenant

Chapitre III : matériels et Méthodes.

Le dernier chapitre comporte les résultats obtenus, discussion, ce travail s'achèvera par une conclusion générale et perspective.

Première partie
bibliographique

Chapitre I
Généralité sur le
*Caroubier et *sterculia**
diversifolia

I- Caroubier

I- 1 Origine

Le lieu d'origine du caroubier (*Ceratonia siliqua*) demeure aberrant. Toutefois, de **Candolle (1983)** et **Vavilov (1951)** ont rapporté qu'il serait native de la région Est méditerranéenne (Turquie et Syrie). Par contre, **Schweinfurth (1894)** a insinué qu'il est originaire des pays montagneux du Sud d'Arabie (Yémen). Tardivement, il a été considéré, par **Zohary (1973)**, comme originaire de la flore d'Indo-Malaisie, groupé avec *Olea*, *laurus*, *myrtus* et d'autres plantes. Par ailleurs, *Ceratonia oreothauma* est la seule espèce connue et originaire du Sud-est d'Arabie (Oumane) et des bordures de la corne africaine (Nord de Somalie) (**Hillcoat et al., 1980**).

I-2 Répartition géographique

Selon **Hillcoat et al., (1980)**, le caroubier s'étend dans la nature, en Turquie, Chypre, Syrie, Liban, Palestine, le Sud de la Jordanie, Egypte, Arabie, Tunisie et Lybie avant d'atteindre la méditerranée occidentale. Il a été disséminé par les grecs en Grèce et en Italie, par les arabes le long de la côte nord de l'Afrique et au Sud et à l'Est de l'Espagne, ce qui par la suite a permis sa distribution dans le Sud du Portugal et dans le Sud-est de la France. Il fut aussi introduit avec succès par les espagnols et les anglais dans autres pays à climat entre autres méditerranéen notamment, aux États-Unis (Arizona, Sud de la Californie), au Mexique, en Australie et en Afrique du Sud (**Estrada et al., 2006 in Mahdad, 2013**).

En général, la distribution des espèces arboricoles telles que *C. siliqua* L. est limitée par le stress lié au froid (**Mitrakos, 1981**) ; c'est le cas notamment de *C. oreothauma* (**Hillcoat et al., 1980**). Le caroubier est considéré comme une essence dominante et caractéristique des zones inférieures (0-500 m), atteint rarement les 900 m d'altitude) du maquis méditerranéen à feuilles persistantes (**Folch Guillén, 1981**)

I-2-1 Production dans le monde

La superficie cultivée totale de cette espèce dans le monde est estimée à 60.208ha (Tab.01) ; desquels 57.695ha sont répartis entre l'Espagne, le Maroc, Liban et le Mexique. La production mondiale de la caroube est estimée à 105.762 t et se concentre principalement en Espagne, premier pays producteur avec 55.754 t, ce qui représente 52.17 % de la production mondiale (Tab.01), (Fig.01). L'Algérie occupe le huitième rang avec une production de 4000 t, soit 1,95% de la production mondiale (**Belfetni, 2021**). Les productions de gousses et de graines dans les différents pays ne sont pas en parallèles, car il existe des

différences dans les rendements en graines entre les cultivars et les variétés de type sauvage (Batlle et Tous, 1997). La production de la caroube dans le monde a diminué d'une façon spectaculaire au cours des 60 dernières années, passant de 650.000 tonnes en 1945 (Orphanos et Papaconstantinou, 1969) à 105.762 tonnes en 2020. Rien qu'en Espagne, la production a chuté de 364.000 t, passant de 420.000 t en 1945 (AEA, 1987) à 56.000 t en 2020. (Faostat, 2020)



Figure 1 -Centre d'origine et distribution du caroubier dans le monde (carte élaborée par l'auteur; les cercles représentent les différentes hypothèses qu'existent sur le centre d'origine de *C. siliqua*, tandis que les flèches symbolisent la distribution de l'espèce de par le monde) (Mahdad, 2013).

Tableau 1- Estimation de la surface cultivée, la production et le rendement de la caroube dans le monde (Faostat, 2020)

Pays	Surface Cultivée (Ha)	Production (Tonnes)
Espagne	47000	55754
Maroc	10312	21801
Jordan	0	0
Lebanon	378	4058
Mexico	85	333
Turquie	930	18806
Tunisia	404	818
Algérie	1000	4000
Ukraine	99	192
Total	60208	105762

I-2-2 Production dans l'Algérie

En Algérie, la production de la caroube s'est vue réduite de 83% entre 1961 (24.000 t) et 2011 (4000 t) (FAO ,2009)

La superficie cultivée totale du caroubier en Algérie a fortement baissé, passant de 11000 ha en 1961 à 1000 ha en 2011 (FAO ,2009). En 2009, cette superficie était de 927 ha (Tab.2) dont 645 ha, de la superficie totale se trouvent dans la wilaya de Bejaia (69,58 %). La production nationale de la caroube est estimée à 33841 Qx et se concentre principalement dans la wilaya de Bejaia avec une production de 18.417 Qx, ce qui représente 54,42 % de la production nationale (Fig.4), suivie par la wilaya de Blida (23,79%) et Tipaza (16,55%).

La superficie cultivée du caroubier dans le nord-ouest de l'Algérie (comprenant la wilaya de Tlemcen et Mascara) ne représente que 6 ha, soit 0,65 % de la superficie nationale, tandis que la production de la caroube est de seulement 0,39 %.(Mahdad ,2013)

Tableau 2 - Surface cultivée, production et rendement de la caroube en Algérie, (données fournies par la DSA, 2009)

Wilaya	Surface cultivée (ha)	Production (qx)	Rendement (qx/ha)
Bejaia	645	18417	28.6
Tipaza	105	5600	53.3
Blida	100	8050	80.5
Boumerdes	32	1080	40
Bouira	22	144	6.9
Mila	10	80	8
Tlemcen	5	100	20
B.B. Arreridj	4	20	5
Ain-Defla	2	300	150
Mascara	1	30	30
Tizi-Ouzou	1	20	20
Total	927	33841	36 ,5

I-3 Systématique et classification botanique

Le Caroube (*Ceratonia siliqua* L ; $2n = 24$) est une espèce subtropicale appartenant à la famille des légumineuses, la sous-famille des Caesalpinioideae, le genre *Ceratonia* L, et sur le plan taxonomique, *Ceratonia* est considérée comme l'une des plus archaïques des genres de légumineuses, complètement isolé de tous les autres genres de sa famille (**Barracosa et al., 2007**).

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

I-4 Description morphologique

I -4-1 Caractères généraux

Le caroubier (*Ceratonia siliqua*) est un arbre mesurant de cinq à huit mètres de hauteur et pouvant atteindre exceptionnellement dix-sept mètres, 85 cm de diamètre du tronc, une circonférence à la base du tronc de 2 à 3 m et vivre jusqu'à 200 ans. Son écorce est brune, rugueuse. Il a une écorce lisse et grise lorsque la plante est jeune et brune, rugueuse à l'âge adulte. Son bois de couleur rougeâtre est très dur. Ses feuilles sont persistantes et coriaces de couleur vert sombre, grandes de 10 à 20 cm (**Abderrah et Harmouni, 2021**).



Figure 2 -Arbre du caroubier (Photo prise par Achour et Slimani , 2022)

I-4-2 Système racinaire

Les racines du caroubier est très ramifiée en surface elles se caractérisent par une croissance lente mais avec un développement important au niveau des extrémités, ce qui permet de classer cette espèce parmi celles qui présentent un système racinaire très étendu et spécialement distribué en surface (**Melgarejo et Salazar ,2003**). En plus de fixer vigoureusement l'arbre dans le sol, ce système racinaire permet l'absorption de l'humidité et des éléments nutritifs sur une grande surface de terrain (**Albanell, 1990**).



Figure 3 - Racine de caroubier (Mahdad, 2013)

I-4-3 Organes aériens

I-4-3-1 Feuilles

Les feuilles du caroubier persistantes sont assez grandes (10 à 20 cm de longueur), elles sont composées de 4 à 10 folioles ovales ou elliptiques (3 à 7 cm de longueur) opposées (Fig. 04), elles sont de couleur vert luisant sur leur face supérieure et vert pâle sur leur face inférieure, le caroubier perd ses feuilles tous les deux ans, au mois de juillet (**Benmahioul et al., 2011**)



Figure 4 - Feuilles de caroubier (Sahari et Bensmain , 2021).

I-4-3-2 Fleurs

Les fleurs du caroubier (*Ceratonia siliqua*) sont regroupées en grappes latérales, habituellement dressées ou ascendantes, est trioïque (rapport mâle/femelle 50-50 incluant

quelques hermaphrodites), il figure parmi les rares arbres qui fleurissent en automne (septembre à novembre) à partir de sa sixième année. L'inflorescence femelle consiste en un pistil cylindrique de 6 à 12 mm de long (Fig.05), sur lequel sont disposées en spirale 17 à 20 fleurs brunâtres, unisexuées. L'ovaire est composé de deux carpelles de 5 à 7 mm de long contenant plusieurs ovules. L'inflorescence mâle (Fig.6), consiste en un disque nectarifère volumineux entouré de 5 étamines. (Abderrahim et Harmouni, 2021).



- ✓ Femelles avec un pistil bien développé et des étamines rudimentaires (Fig.5) ils sont les plus abondants ;

Figure 5- Inflorescence femelle du caroubier



- ✓ Mâles avec des fleurs
Caractérisées par des étamines à filament longs et avec un pistil non développé (Fig.06). Ces pieds utilisés comme pollinisateurs sont habituellement nommés en espagnol "borrers" ou "judíos" (Melgarejo et Salazar, 2003)

Figure 6 - Inflorescence mâle du caroubier



- ✓ Polygames avec des fleurs femelles, mâles et hermaphrodites (Fig.07) ; ils sont rares.

Figure 7 - Inflorescence hermaphrodite du caroubier

I-4-3-3 Fruits

Les fruits du caroubier elles sont réunies en grappes simples, est une gousse indéhiscente à bords irréguliers, de forme allongée, rectiligne ou courbée, de 10 à 20 cm de longueur, 1.5 à 3 cm de largeur et de 1 à 2.5 cm d'épaisseur. La gousse est composé de trois parties : l'épicarpe, le mésocarpe et les graines, elle est séparée à l'intérieure par des cloisons pulpeuses transversales et renferme de 4 à 16 graines (**Ait Chitt, 2007**).



Figure 8 - Fruits du caroubier (Photo prise par Achour et Slimani , 2022)

I-4-3-4 Graines

Les graines de caroube présentent des dimensions de 8 à 10 mm de long sur 6 à 8 mm de largeur avec 3 à 5 mm d'épaisseur(**Gharnit et al., 2006**) elles sont brunes, de forme ovoïde aplatie, biconvexes et très dures. Elles sont séparées les unes des autres par des cloisons pulpeuses. On en compte de quinze à vingt par gousse. La pulpe jaune pâle contenue dans les gousses est farineuse et sucrée à maturité. Comestible, au goût chocolaté, elle est parfois consommée dans les pays pauvres. La taille et le poids de ces graines étant assez réguliers (**Dakia et al., 2008**).



Figure 9 - graine de caroubier (Photo prise par Achour et Slimani , 2022)

I-4-3-5 Tronc

Le tronc du caroubier est épais, très crevassé, robuste avec de clairs canaux de circulation de la sève, associés aux racines les plus épaisses, ce qui leur donne un aspect tortueux comme l'olivier, particulièrement marqué chez certaines variétés (**Melgarejo et Salazar, 2003**). Le tronc chez les arbres épais et vieux est tortueux et sinusoidal (Fig.10), le diamètre moyen est de 50 cm en fonction de l'âge de l'arbre (**Albanell, 1990**).



Figure 10 - Tronc du caroubier (Mahdad, 2013)

I-4-3-6 Branches

Selon leur âge, les branches présentent les différentes caractéristiques suivantes (**Albanell, 1990**) : Les branches principales d'âge avancé sont généralement épaisses, tortueuses et avec une tendance à l'horizontalité due à leur poids et aux tailles de formation. Leur rôle principal est celui de servir comme élément support à d'autres branches, même si elles peuvent occasionnellement être productives (Fig. 11).

Les branches secondaires sont de taille moyenne avec une tendance à être plus au moins érigées selon leur âge, en particulier dans la partie supérieure de la couronne. Elles constituent les principales branches de production ;

Les jeunes branches ou rameaux, de taille plus petite, sont situées dans la partie externe de la couronne ou zone de croissance. Elles sont flexibles et ont une écorce lisse recouverte de lenticelles qui permettent les échanges gazeux avec l'atmosphère. Elles présentent généralement et selon les variétés des tons jaune-verdâtres ou rougeâtres dans la zone de bourgeonnement.



Figure 11 - Branches du caroubier (Mahdad, 2013)

I-5 Caractéristiques Biologiques

I-5-1 Floraison et fécondation

La floraison du caroubier apparaît en automne sur le bois de deux ans et les vieux bois. Les fleurs mâles apparaissent d'août à septembre et la durée d'émission du pollen semble dépasser celle de la réceptivité des stigmates. Certains ont observé des anthères mûres de juillet à décembre. Cette période de floraison dépend surtout des conditions climatiques, car dans certaines régions chaudes, la floraison peut avoir lieu même au mois de juin. La fleur femelle apparaît à partir de juillet et est adaptée à une pollinisation aussi bien anémophile qu'entomophile (Boublenza, 2012).

I-5-2 Fructification

Pour arriver à maturité, la caroube nécessite généralement entre 9 et 10 mois. La chute des fleurs et des jeunes fruits a lieu en octobre, elle diminue en janvier et février, et devient presque nulle entre juin et août. Ainsi, 60 à 90 % des gousses tombent durant le premier stade de croissance au printemps. La croissance de la caroube n'est pas rapide, elle passe par trois stades de développement suivant une courbe de croissance, comme la plupart des espèces fruitières (Ilahi et Vardar, 1976)



A. Fruit non mature



B. fruit mature

Figure 12 -Fruits de Caroubier (Boublenza, 2012)

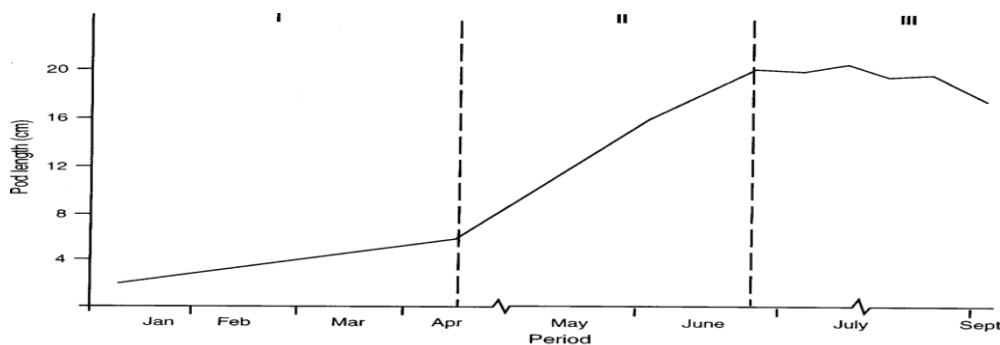


Figure 13 -Stade De Développement du fruit du caroubier

La croissance du fruit passe par trois stades ;

- **Le premier stade** (janvier-avril) : la croissance lente en automne et en hiver durant lequel la gousse montre une légère augmentation du poids.
- **Le deuxième stade** (avril-juin) : la croissance rapide entre avril et août caractérisé par une période d'activité de la gousse en début printemps.
- **Au troisième stade** (juin – septembre) : la gousse s'accroît lentement, mûrit et se durcit en juin, change de la couleur verte en brun. Ainsi, la maturité peut s'écouler une période de 11 mois. Le caroubier est un arbre alternant (Une année de forte production succède une année de récolte faible ou nulle, c'est un phénomène naturel, mais il peut se produire à la suite d'accidents physiologiques). Cette alternance est contrôlée génétiquement, mais elle peut être accentuée par des facteurs climatiques et de stress ou des pratiques culturales inadéquates.

I-6 Espèces

De plus de 80 clones, 7 sélections faites par Croit ont été exposées au Centre Citrus Research de l'Université de Californie pour la conservation. Les 6 sont, brièvement présenter dans ce tableau (Tab.3).

Tableau 3- Tableau récapitulative sur la sélection de Croit sur les variétés du caroubier

Nom	L'origine	Caractéristiques	Saveur
AMELE	Une ancienne variété commerciale de l'Italie	Les gousses de couleur marron clair, droites ou légèrement incurvées (14-16 cm) de long et (2-2.5 cm) de large teneur en sucre de 53,8%	Bonne saveur

CASUDA	Un cultivar très ancien de l'Espagne	Les gousses de couleur brune, la plupart du temps sec, (12 cm) de long, (1,5 cm) de large et le sucre de 51,7%	Bonne saveur
SFAX	De Menzel-Bou Zelfa, Tunisie	La gousse rouge-brun, droite ou légèrement incurvées (15 cm) de long, (2 cm) de large et le sucre de 56,6%	Bonne saveur
SANTA FE	Semis de Santa Fe Springs en Californie	C'est un arbre hermaphrodite (l'auto fertile), La gousse brun clair, légèrement incurvé, souvent tordu, (18-20 cm) de long, (2 cm) de large, le sucre de 47,5%	Excellente saveur
TANTILLO	De Sicile, Italie	C'est un arbre hermaphrodite (l'auto fertile), Gousse brun foncé, la plupart du temps sec ; (13-15 cm) de long (2 cm) de largeur.	Bonne saveur
TYLLIRIA	De Chypre (leur variété principal produit d'exportation)	La gousse sombre brun acajou, légèrement incurvée, (15 cm) de long (2-2.5 cm) de large, le sucre de 47,4%	Bonne saveur

I-7 Utilisations et Intérêt du caroubier

I-7-1 Utilisations du caroubier

Le caroubier et toutes ses composantes (feuilles, fleurs, fruits, graines, bois, écorce et racine) sont utiles et ont des valeurs dans plusieurs domaines, Il est d'une grande importance écologique, socio-économique, industrielle et ornementale indiscutable. **(Boublenza ,2012)** .

I-7-1-1 Arbre

Le caroubier est utilisé pour le reboisement des zones affectées par l'érosion et la désertification, en raison de sa rusticité et de son adaptation aux contraintes de l'environnement. Et il est utilisé pour la fabrication d'ustensiles et la production de combustible et utilisé comme plante ornementale en bordure des routes et dans les jardins **(Biner et al., 2007)** .

I-7-1-2 Feuilles et fleurs

Les fleurs de caroubier sont utilisées par les apiculteurs pour la production du miel de caroube **(Gharnit, 2003)**. Elles sont utiles pour l'alimentation des animaux. Plusieurs études ont montré que l'utilisation des feuilles associées avec le polyéthylène glycol (PEG) améliore

la digestibilité et la qualité nutritionnelle des tanins contenus dans les feuilles (**Priolo et al., 2000**).

I-7-1-3Fruit

Le fruit du caroubier, se compose d'une pulpe enveloppant des graines régulières. En effet la pulpe sucrée de la caroube est employé depuis longtemps, comme nourriture de bétail à côté d'autres aliment comme la farine d'orge pour l'humaine (**Ait Chit et al., 2007**).

I-7-1-4Pulpe

La pulpe est utilisée contre la diarrhée et pour le traitement de certaines maladies la gastrite, l'entérite, les angines, les rhumes, le cancer... (**Ait Chit et al., 2007**).

I-7-1-5 Graine

Tous les constituants de la graine du caroubier (tégument, endosperme et cotylédon), jouent un rôle industriel et médical important, mais la gomme (endosperme) reste la plus importante, puisqu'elle est utilisée, comme agent stabilisateur, gélifiant, fixateur dans différents domaines comme l'agroalimentaire (fromage, mayonnaise, salades...), la cosmétique (crèmes, dentifrices...), l'industrie pharmaceutique (médicaments, sirops...), la tannerie, le textile. (**Biner et al., 2007; Dakia et al., 2007**).

I-8 Intérêt du caroubier

I-8-1 Intérêt écologique

Le caroubier appartient à l'écosystème "maquis du littoral méditerranéen" sur sols calcaires, la sécheresse cyclique a montré que le caroubier résiste mieux au manque d'eau que le chêne vert, le thuya et l'oléastre qui lui sont associés. C'est une essence très plastique, héliophile, thermophile, très résistante à la sécheresse (200 mm/an). Il a un effet important dans la lutte contre la désertification et dans la protection des sols contre la dégradation et l'érosion (**Zouhair, 1996**). Les études de Rejeb (**1995**) confirment que le caroubier se comporte comme une véritable espèce résistante à la sécheresse en s'adaptant morphologiquement et physiologiquement au manque d'eau. De par ses aptitudes d'adaptation aux stress du sol et du climat, le caroubier pourrait contribuer au développement des zones défavorisées (**Gharnit et al., 2006**).

I-8-2 Intérêt économique

La graines de caroubier est très recherchée par son intérêt économique industriel elle est utilisée en imprimerie, photographie, textile, matière plastique, encre crage, matière

adhésive (Johnson et al., 1988) ;(neukom,1988) . Le caroubier constitue une vraie source de profit pour les arboriculteurs puisque le prix de vente de la caroube est très encourageant et la main d'œuvre (pour la cueillette) est moins coûteuse en comparaison avec les pays concurrents (Espagne, Portugal, Italie...) (Fadel et al., 2011)

I-9 Composition chimique du caroubier

La pulpe et les graines sont les deux principaux constituants de la gousse du caroubier et représentent respectivement 90% et 10% de son poids total. Selon plusieurs auteurs, la composition chimique de la pulpe dépend en général, du cultivar, de l'origine et parfois de la période de récolte (Albanell et al., 1991). Selon les travaux Bengoechea et al., (2008), la gousse de caroube est riche en hydrates de carbone et en fibres, elle contient une faible quantité de protéines et des teneurs négligeables en lipides ; quant à la teneur de la caroube en minéraux elle est appréciable .

Tableau 4- composition chimique du caroubier

La pulpe 90%		La graine 10%	
Les constituants	%	Les constituants	%
Glucides	48 à 72 %	L'enveloppe Tégumentaire (cuticule)	30-33%
Protéines	1-2%		
Matières grasses	0.5-0.7 %	L'endosperme (albumen)	42-46%
Cellulose et hémicellulose	18 %		
Minéraux	(Ca ,Mg, k, P)		
Pectines et fibres	4.2 à 9.6 %	L'embryon (germe)	23-25%
Cendres	1.5 -2.4 %		
Poly phénols	16 – 20 %		

I-10 Maladies et Ravageur

Le caroubier est une espèce résistante aux maladies, mais il peut cependant dans certaines conditions faire l'objet d'attaques par le sphaerella du caroubier (*Sphaerella cuprea*) qui macule de noir, parfois abondamment les folioles. De même, le tronc peut être attaqué par la petite cochenille blanche (*Aspidiotus hederae Vallot*) (Fig.14). Cette dernière constitue généralement pour le caroubier une menace plus apparente que réelle car souvent, une

coccinelle (*Chilocorus bipustulatus L.*), se charge de réduire l'invasion avant qu'elle n'ait atteint de trop grandes proportions (Kocherane,2021) .

En Espagne, l'insecte polyphage (*Zeuzera pyrina L.*) (Fig.14), attaque le bois du tronc et des branches et cause ainsi des dégâts importants. Un coléoptère, *Cerambyx velutinus*, peut également creuser des trous dans le tronc (Batlle et Tous, 1997).

Les gousses peuvent être infestées par : la pyrale du caroubier (*Myelois ceratoniae Z.*). C'est un petit polyphage qui pond des œufs sur les fleurs ou les gousses récemment formées, les larves pénètrent par la suite, dans les gousses et les détruisent. Stockées dans des conditions humides, elles peuvent être également attaquées par la mite du caroubier (*Ectomyelois ceratoniae*), et par les larves d'un moucheron, *Asphondylia gennadii*.

Le champignon *Oidium ceratoniae* provoquée la déformation des Jeunes gousses. Ce champignon peut également causer des dégâts sur les feuilles (rouille surtout en atmosphère humide). Les rongeurs, comme des Gophers (*Pitymys spp.*). Et les Gopher de rats (*Rattus spp*), peuvent sévèrement endommager le système de racine de jeunes arbres. Ils sont les parasites importants, peuvent dans certaines conditions, grimper aux arbres et ronger l'écorce jusqu'à ce que les branches meurent (Sbay, 2008).



Figure 14 - Principaux ravageurs du caroubier (Batlle et Tous, 1997)

I-11 *Sterculia diversifolia*

I-11-1 Classification

Sterculia est un genre botanique de la famille des Sterculiaceae selon la classification classique, ou de celle des Malvaceae selon la classification phylogénétique. Il compte 200 à 300 espèces d'arbres tropicaux. (Forster et Guymer, 2002).

- ❖ Règne Plantae
- ❖ Embranchement Tracheophyta
- ❖ Classe Magnoliopsida
- ❖ Ordre Malvales
- ❖ Famille Malvaceae
- ❖ Genre *Sterculia*

I-11-2 Description

Sterculia diversifolia est un arbre caducifolié, monoïque, de taille petite à moyenne atteignant 12–25 m de haut à feuilles caduques avec des branches dressées s'étalant pour former une cime arrondie, avec un tronc épais et cannelé qui peut mesurer 80 cm ou plus de diamètre. L'arbre est récolté dans la nature comme source locale de nourriture, de médicaments et de fibres (Forster et Guymer, 2002).



Figure 15 - Arbre du *sterculia diversifolia* (Photo prise par Achour et Slimani , 2022)



Figure 16-Feuille de plantes *sterculia diversifolia* (Photo prise par Achour et Slimani , 2022)

I-11-2-1 Fleurs

Ils ont des fleurs régulières, apétales et polygames de couleur verdâtres à jaunâtres. Certaines fleurs sont mâles ou femelles, suivant que les carpelles ou les étamines s'arrêtent plus ou moins tôt dans leur évolution, caractérisé par leurs carpelles indépendants. (Cheek et Dorr, 2007)

Le calice gamosépale, souvent coloré, de forme variable, plus ou moins profondément partagé en cinq divisions valvaires et de formes également très-diverses. Dans sa partie supérieure, porte dix anthères, extrorses, biloculaires, déhiscentes par deux fentes longitudinales et disposées sans ordre apparent à l'âge adulte. Au-dessus de ces anthères se trouve le gynécée, formé de cinq carpelles superposés aux divisions du périanthe. Leurs ovaires sont indépendants les uns des autres, uniloculaires, avec un placenta pariétal situé dans l'angle interne. Les styles et leur extrémité stigmatifère se collent entre eux dans une certaine étendue, à partir d'un certain âge. Chaque placenta porte, soit deux ovules ascendants, anatropes, à micropyle extérieur et inférieur, soit, plus ordinairement, deux rangées d'ovules plus ou moins ascendants, ou presque horizontaux. (Baillon, 1872)

I-11-2-2Fruit

Fruits à 1-4 follicules ligneux déhiscent, globuleux ou légèrement coniques à leur extrémité. Les graines dans l'ensemble peu nombreuses (jusqu'à 14) par follicule, baignant le plus souvent dans un liquide mucilagineux interstitiel remplissant la cavité de l'endocarpe, à sarcotesta lisse et épaissi ; albumen absent remplacé par deux cotylédons épais et charnus ; embryon en position normale (non inversé) avec radicule du côté du hile. (Morat, 1986)



Figure 17- Fruit d'espèce *sterculia diversifolia* (Photo prise par Achour et Slimani , 2022)

I-11-3 Distribution

Sterculia diversifolia se trouve généralement dans les Plaines méridionales du Queensland, Ouest de la Nouvelle-Galles du Sud, Est de Victoria. Arbre commun en Australie, c'est un des plus répandus. . Son habitat consiste dans les régions où règne un climat chaud et sec. On le trouve aussi dans les zones où relief est relativement basse (altitude généralement inférieures à 600 mètres), notamment dans les collines rocheuses ou à la limite des régions boisées (Ruffo et al., 2002).

I-11-4 Multiplication

La multiplication peut se faire par graines et par boutures. Le poids de 1000 graines est de 35–190 g. Les graines restent viables pendant 2 mois à température ambiante. (Owusu et Derkyi, 2011)



Figure 18- Germination des graines *sterculia diversifolia* (Photo prise par Achour et Slimani , 2022).

I-11-5 Germination des graines

Les graines germent de manière optimale à des températures comprises entre 20 et 30°C. Ils peuvent être semés en pépinière ou en conteneurs. Un taux de germination d'environ

95%, survenant dans environ 2 semaines, peut être attendu si la graine a été correctement traitée (***Sterculia diversifolia* (Lour)**).

Une dormance physique causée par le tégument dur des graines matures de nombreuses espèces de ce genre peut être surmontée en scarifiant la graine. Ceci est réalisé en coupant ou en abrasant une partie du tégument pour permettre la pénétration d'eau, bien qu'il faille faire très attention à ne pas endommager l'embryon. L'arille entourant la graine doit également être enlevée - c'est plus facile quand elle a été ramollie par trempage dans l'eau. (**Bein et al., 1994**)

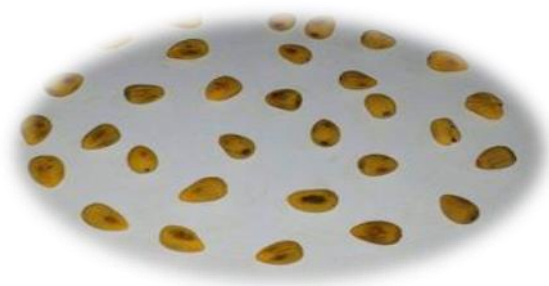


Figure 19- Graine de plante *sterculia diversifolia* (Photo prise par Achour et Slimani , 2022)

I-11-6 Utilisation

Ses graines sont récoltées, pilées et puis tamisées. La farine qui en résulte est cuite avec les légumes tels que les pois ou l'amarante en remplacement des graines d'arachides pilées. Sur le plan médicinal traditionnel, les feuilles et l'écorce sont bouillies et la décoction inhalées pour traiter la fièvre et la grippe. L'infusion de l'écorce est utilisée comme remède contre les morsures de serpents. Son écorce produit une fibre qui sert à fabriquer les cordes et les nattes. Les graines sont récoltées pendant la saison sèche, aux mois de Juillet et Décembre. Cependant les graines peuvent être stockées durant plusieurs mois. (**Ruffo, 2002**)

La fibre de l'écorce est utilisée pour faire des nattes, des ficelles et des cordes, et comme liens dans la construction des maisons. Le bois est utilisé pour les piliers dans la construction de maisons, par exemple pour faire les armatures des habitations mobiles des bergers, l'écorce servant à lier le bois. Il est le bois préféré pour la sculpture de plats à vanner. On utilise également le bois pour le mobilier, pour les clôtures et comme combustible. En Namibie, l'écorce est brûlée pour son arôme. (**Owusu et Derkyi, 2011**)

L'arbre produit une gomme, qui est utilisée comme additif dans les médicaments, mais les quantités sont trop faibles pour une exploitation commerciale. Les feuilles sont broutées par le bétail, les chèvres et les moutons. Les graines se consomment grillées, elles sont

écrasées en une pâte huileuse avant d'être consommées. Une huile est extraite des graines torréfiées. On utilise les graines sèches comme perles. *Sterculia diversifolia* est cultivé comme haie vive et est mellifère. (Ruffo,2002)

I-11-7Sterculia diversifolia comme une plante médicinale

Sterculia diversifolia est couramment utilisé en médecine traditionnelle africaine, une décoction de racines fraîches broyées est absorbée comme vermifuge, et se prend contre les douleurs dorsales, hernies et étourdissements, une infusion de racine se boit comme aphrodisiaque, et des décoctions de feuilles sont absorbées contre les mycoses et les convulsions.

En Afrique de l'Est, les racines, l'écorce et les feuilles sont bouillies puis la vapeur inhalée pour le traitement de la grippe et de la fièvre. Les femmes boivent une décoction d'écorce ou de racines pour traiter les douleurs post-partum et celles de l'estomac, une infusion de feuilles est absorbée contre la toux et les douleurs à la poitrine, et une décoction de fruits sont bue pour soulager les douleurs pendant la grossesse et après l'accouchement (Kidane et al., 2014).

I-11-8 Valeur nutritionnel

Les feuilles séchées sont plus appréciées par le bétail et les chèvres que les feuilles vertes. Du feuillage séché (teneur en matière sèche 88,7%) récolté pendant la saison des pluies contenait par 100 g de matière sèche : protéines brutes 12,7 g, tanins hydrolysables 14,2 g, fibres au détergent neutre 35,7 g, fibres au détergent acide 26,4 g, et lignine au détergent acide 6,9 g. La digestibilité in vitro de la matière sèche était de 78%.Pendant la saison sèche, le feuillage séché (teneur en matière sèche 91,9%) contenait par 100 g de matière sèche : protéines brutes 14,7 g, tanins hydrolysables 12,2 g, fibres au détergent neutre 42,3 g, fibres au détergent acide 21,1 g, et lignine au détergent acide 5,3 g, avec une digestibilité in vitro de la matière sèche de 84%(Ruffo,2002) .

Les fruits ont des poils urticants, des graines contenaient par 100 g de matière sèche : protéines brutes 35,6 g, lipides bruts 22,8 g, tanins 3,5 g, fibres au détergent neutre 15,4 g, fibres au détergent acide 19,0 g, Ca 130 mg, Mg 250 mg et P 260 mg. La digestibilité réelle in vitro de la matière sèche était de 96%. Les graines ont donné environ 32% d'huile, principalement composée d'acide palmitique 17–20%, d'acide stéarique 3–6%, d'acide oléique 17–21% et d'acide linoléique 26–27%. L'huile contient jusqu'à 34% d'acides gras cyclopropénoïdes dont on sait qu'ils provoquent des troubles physiologiques chez les

animaux supérieurs, et pour cette raison elle peut ne pas être préconisée pour des usages alimentaires. L'huile des graines contient également du β -sitostérol, du stigmastérol, du campestérol et du γ -tocotriénol. **(Owusu et Derkyi, 2011)**

Chapitre II
Multiplication et
adaptation aux
Stress salin

II- Multiplication

Les végétaux peuvent être propagés de deux façons: Par le semis (multiplication sexuée), et par la multiplication végétative (asexuée).

II-1 Multiplication sexuée

C'est la multiplication par la technique de semis.

Le semis s'effectue à partir de semences, éléments qui résultent d'un processus sexué : La fécondation (fusion des gamètes mâles et femelles). Les semences sont constituées de graines proprement dites (résultat du développement de l'ovule), de fruits secs (akènes, samares), de fruits composés (glomérules) ou de fruits charnus (drupes) (Priel et Retournard , 2005).



Figure 20- Multiplication sexuée de l'espèce de caroubier par semis (Photo prise par Slimani et Achour le 24/11/ 2021).

II-1-1 Germination

C'est l'étape qui initie le développement de l'appareil végétatif lorsque les conditions climatiques le permettent. Notant que les conditions indispensables à la germination sont des conditions extérieures concernant le milieu entouré de la graine (eau, oxygène, température) et des conditions internes (l'état de la graine, dormance, maturation etc.). La réunion de toutes ces conditions favorisent la germination (Richard et al., 2010). Les prétraitements plus connus, pour lever les éventuels obstacles à la germination :

- ✓ **Traitement mécanique (scarification) :** Les graines sont frottées à l'aide de papier de verre (effet abrasif) pour réduire l'épaisseur du tégument) (Deymie, 1984).
- ✓ **A base d'acide gibbérellique (GA3) La gibbérelline :** Est une phytohormone qui favorise, en général, la levée de dormance des bourgeons et des graines. (Come et Corbineau, 1984)

- ✓ **Choc thermique** : La stratification thermique participe à la levée de la dormance physiologique (Foley, 2001), et physique (Geneve, 2003).

II-2 Multiplication asexuée

La multiplication végétative est un mode de reproduction qui se déroule en dehors des phénomènes de sexualité et qui permet la propagation d'individus génétiquement identiques (Robert et al., 1998).

II-2-1 Types de multiplication végétative (asexuée)

II-2-1-1 Bouturage

Il consiste à reconstituer un nouveau sujet à partir d'un fragment végétal prélevé sur une plante dite « mère ». Placé dans des conditions spécifiques, ce fragment va former des racines dans un premier temps puis un nouvel individu (Retournard, 2000)

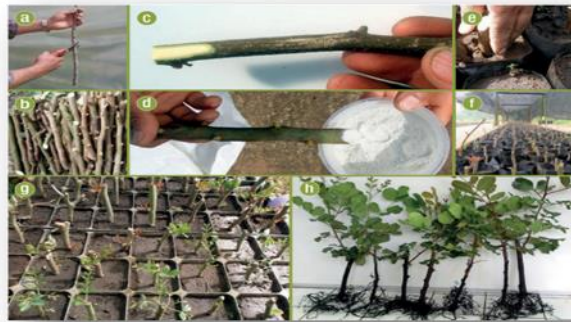


Figure 21- Principales étapes du bouturage ligneux chez le caroubier (Sbay et Lamhamedi, 2015)

II-2-1-2 Marcottage

Le terme « marcottage » recouvre toutes les méthodes de multiplication qui consistent à laisser des racines se former tandis que la tige est encore attachée à la plante-mère. Ce n'est qu'après la formation des racines que l'on détache la marcotte et qu'on la met en terre. (Jaenicke et Beniast, 2003).

II-2-1-3 Greffage

C'est une pratique agronomique qui consiste à implanter dans les tissus d'un végétale un greffon, dans lequel le porte greffe fournit les racines et le greffon donne le système aérien (Robert et al., 1998).



Figure 22- Principales étapes du greffage en couronne chez le caroubier (Sbay et Lamhamedi,2015)

II-2-1-4 Culture in vitro

La multiplication végétative in vitro est un mode de reproduction asexuée artificielle, elle comprend un ensemble de méthodes faisant intervenir, d'une part des éléments d'asepsie, et d'autre part la mise en place d'un environnement parfaitement contrôlé. Ces méthodes s'appliquent autant à des fragments de plante (tissus ou organes), qu'à des cellules isolées ou à des protoplastes (Dutuit et Gorenflot, 2008).

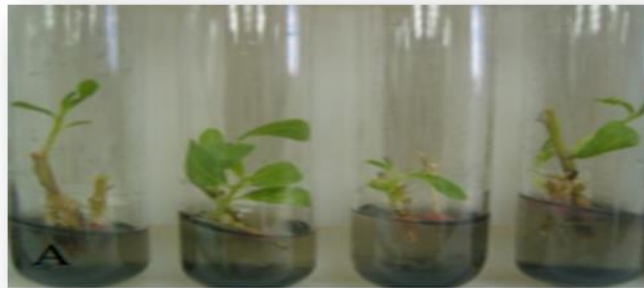


Figure 23- Micropropagation de caroubier (Abd El-Rahman et Ghada , 2014) .

II-3 Stress abiotique

Le stress abiotique est défini comme l'impact négatif des facteurs non vivants sur des organismes vivants dans un environnement spécifique. Les facteurs de stress abiotique, naturels ou anthropiques, influent négativement sur la performance de la population ou la physiologie des individus (Vinebrooke et al., 2004). Ils causent des dommages aux végétaux et aux animaux mais les plantes sont plus affectées du fait qu'elles dépendent des facteurs environnementaux. Le stress abiotique est déclenché par des facteurs environnementaux tels que la sécheresse, la température, l'excès d'eau, pollution par les métaux lourds et la salinité (Badraoui et Meziani, 2019).

II-3-1 Stress salin

Le stress salin intervient quand la concentration des sels dans le milieu est très élevée. Le terme de stress salin s'applique surtout à un excès d'ions en particulier, mais pas exclusivement aux ions Na^+ et Cl^- (**Hopkins, 2003**). Les teneurs élevées de Na Cl diminuent l'absorption du potassium et du calcium et interfèrent avec leurs fonctions physiologiques (**Yoshiba, 2002**). Le stress salin s'applique sur la plante sous deux types de contraintes. D'abord le sel provoque un effet osmotique, lorsque les racines sont en contact avec lui, puis il entraîne un stress ionique au niveau des feuilles lorsque la concentration en sel est élevée et devient toxique (**Munns et Tester, 2008**).

II-3-1-1 Salinité

La salinité du sol est un processus d'enrichissement d'un sol en sels solubles qui aboutit à la formation d'un sol salé (**Mermoud, 2006**). Salinité élevée des sols due essentiellement au chlorure de sodium affecte le tiers des terres à l'échelle mondiale et constitue un facteur limitant prépondérant de la production végétale. La salinité se rencontre en de nombreuses zones arides et semi arides du bassin méditerranéen (**Drevon et al., 2001**).

Les sols salés sont ceux dont l'évolution est dominée par la présence de forte quantité de sels solubles, ou par la richesse de leur complexe absorbant en ions provenant de ces sels et susceptibles de dégrader leurs caractéristiques et propriétés physiques, en particulier leurs structures. On parle en général de sol salé lorsque la concentration des solutions dépasse 0.5g/l (**Robert, 1996**). Selon Calvet (**2003**) un sol est dit salé quand la conductivité électrique est supérieure à 4 ds/m.

La salinité du sol est une contrainte en agriculture parce que la plus part des cultures sont peu tolérantes aux excès de sels. De plus la salinité est associée à l'eau qui est un important facteur d'augmentation des productions végétales. En effet, les 15% des terres irriguées dans le monde participent pour 1/3 dans la production totale mondiale. La réduction de la productivité, suite à la salinité, pose une sérieuse contrainte à l'augmentation de la production pour couvrir une demande alimentaire de plus en plus importante (**Chaves et al., 2003**).

II-4 Origine de la salinité

La salinité des sols a des sources très variées. Elle résulte de l'altération des roches mères contenant des minéraux nécessaires à la formation des sels solubles (minéraux sodiques, potassiques, magnésiens, de produits de l'hydrothermalisme riches en soufre et en

chlore), ou de la dissolution des évaporites (Ird, 2008). L'océan peut être une source principale de la salinité, notamment dans les zones côtières (Kloppmann et al., 2011) où le matériau de base est constitué de dépôts marins anciens. Les eaux salées des nappes phréatiques ou artésiennes peuvent aboutir à la salinité par une remontée de la nappe (Ben Hassine, 2005)

II-4-1 Dans le monde

A l'échelle mondiale, les sols salés occupent des surfaces étendues et constituent une grande ampleur pour l'agriculture. Leurs distributions géographiques se superposent presque entièrement à celle des zones arides et semi arides et des zones côtières (Durand, 1983 ; Fao, 2005). La surface affectée par la salinité dans le monde est évaluée à 954,8 millions d'hectares (Tableau 15), soit 23 % des terres cultivées (Fao, 2008). WRI (2002), propose un classement des zones arides basé sur les valeurs du rapport ratio précipitation annuelle/évapotranspiration potentielle moyenne annuelle, le monde est de ce fait, divisé en :

- ✓ Zone hyper aride couvrant environs 11 millions de Kilomètres carrés, soit 8% des terres totales et elle correspond principalement au désert du Sahara.
- ✓ Zones arides, semi-arides et subhumides sèches qui couvrent près de 54 kilomètres carrés principalement concentrés en Asie et Afrique.

Tableau 5 - Superficie affectée par la salinité dans le monde (Fao, 2008)

Région	Superficie
Afrique	80,5
Europe	50,8
Amérique de nord	15,7
Amérique du sud	129,2
Australie	357 ,3
Mexique et Amérique centre	2
Asie du sud est	20
Asie du centre et nord	211,7
Asie du sud	87,6
Total	954,8

II-4-2 Dans l'Algérie

En Algérie, les sols agricoles sont dans leur majorité affectés par la salinité ou susceptibles de l'être (**Durand, 1983**). Les sols salins sont répandus dans les basses plaines de l'Oranie, dans la vallée de la Mina près de Relizane, sur les hautes plaines Sud de Sétif et de Constantine et aux bords de certains chotts comme le chott Melghir. Ils ont aussi une grande extension dans les régions sahariennes au sud de Biskra jusqu'à Touggourt, Ouargla et au-delà (**Durand, 1983**).

II-5 Différents types de la salinisation

II-5-1 Salinisation primaire

On distingue en général la salinisation primaire, liée à la présence naturelle relativement concentrée de sels (proximité des mers ou d'océans, présence de dépôts de sels...) (**Lahlou et al., 2000**). 80% des terres salinisées ont une origine naturelle. L'origine de cette salinisation est, soit géologique, marine ou lagunaire correspond à une salinisation liée au fonctionnement naturel des terrains, sous l'influence du climat, de l'altération des roches et de la dynamique des eaux (**Baba Sidi Kaci, 2010**). La source principale de sels dans le sol ce sont les minéraux naturels de la croûte terrestre (**Bryssine, 1961**). Les sels solubles peuvent provenir :

- Soit de l'altération des roches contenant des minéraux sodiques potassiques et magnésiques, en régions arides et semi-arides, ces sols se concentrant sur place, dans les dépressions fermées.

- Soit de dissolution des évaporites contenant des chlorures, des sulfates, etc. Les évaporites se localisent essentiellement dans les bassins élémentaires.

- Soit encore de l'altération des roches volcaniques (**Servant, 1976**). Le matériau géologique, par le biais de l'altération peut libérer les éléments nécessaires à la formation des sels solubles (altération de minéraux primaires riches en sodium, de roches volcaniques, des produits de l'hydrothermalisme riches en soufre et en chlore, ou encore dissolution des évaporites, qui sont des accumulations salines anciennes). En effet, durant le processus d'altération chimique, qui implique hydrolyse, hydratation, solution, oxydation et carbonatation, les sels sont libérés progressivement avant de subir une solubilisation. Cependant les causes premières de salure sont fréquemment éloignées dans l'espace du territoire prospecté. L'origine des sels peut se trouver dans les dépôts lagunaires ou matériaux salés plus ou moins récents qui peuvent être eux-mêmes des roches mères des sols et fournir

leurs sels aux oueds qui les transportent jusqu'aux nappes superficielles plus ou moins profondes sous les sols des vallées et basses plaines (**Gaucher et Burdin, 1974**).

II -5-2 Salinisation secondaire

20% des terres salinisées, soit près de 15million hectares sur le continent africain, ont une origine « anthropique ». On parle alors de salinisation « secondaire », induite par l'activité humaine, liée aux pratiques agricoles et en particulier à l'irrigation. La salinisation secondaire est généralement à l'origine de la diminution de la productivité de la terre car la forte concentration de sel dans le sol s'oppose à la bonne production. Par conséquent, les terres cultivées affectées par Na Cl perdent progressivement leur fertilité. A l'échelle globale, la salinité des sols n'est pas un problème spécifique d'une région ou d'un climat donné. Au contraire, si on observe la répartition des sols salins on constate que l'effet de la contrainte saline affecte toutes les régions du monde (**Hosni, 2008**).

II-6 Impacts de la salinité sur le sol

Il existe deux types de sols affectés par le sel ;(i) sols sodiques (ii) sols salins. Les principales différences entre ces deux types de sols résident dans la nature des anions et le pH du sol. Des études démontrent que les ions carbonate ou bicarbonate constituent les sols sodiques dont le pH est supérieur à 8,5, tandis que les ions chlorure ou sulfate dominent les sols salins dont le pH est inférieur à 8,5. (**Mane et al., 2011**). Dans certaines régions, les cultures agricoles sont limitées par l'accumulation de sels dans les sols. Ces quantités excessives de sels, le plus souvent de chlorure de sodium (Na Cl), auront des effets néfastes sur la croissance et la productivité des plantes (**Sobhanian et al., 2010**).

II-7 Impacts de la salinité sur la plante

La salinité provoque un impact négatif sur les rendements des cultures et la production agricole (**Loyer, 1991**). Dans des sols sévèrement touchés par la salinité, il se forme souvent une mince croûte de couleur blanchâtre (efflorescence saline) en surface. Comme conséquence de la salinité sur la plante, le mécanisme essentiel qui limite son développement est la pression osmotique ($PO = 0.036$) (**Chesworth, 2008**). Selon cette formule empirique, la pression osmotique augmente avec la concentration en sels et rend l'absorption de l'eau par la plante plus difficile (**Loyer, 1991**).

II-8 Effet du stress Salin sur la plante

II-8-1 Germination

La germination des graines est une étape importante et vulnérable pour le cycle de développement des Angiospermes terrestres, et de déterminer l'établissement du semi et la croissance des plantes. La réponse des graines à la salinité est un indicateur de la tolérance de la plante, durant les étapes postérieures de développement (**zhang et al., 2014**).

La germination est régulée par les caractéristiques génotypiques, les conditions environnementales et en particulier la disponibilité de l'eau et du sel dans le sol (**Guterman, 1993**). L'effet du stress salin sur la germination peut être attribué soit à un effet osmotique et/ou une toxicité des ions spécifiques à l'émergence de la radicule ou le développement des semis (**Abdelkader et al., 2015**). Le stress salin peut affecter la germination de deux façons :

- ✓ En diminuant la vitesse d'entrée et la quantité d'eau absorbée par les graines.
- ✓ En augmentant la pénétration d'ions qui peuvent s'accumuler dans les graines à des doses qui deviennent toxiques.

II-8-2 Morphologie

Le stress salin entraîne des modifications morphologiques mais c'est le poids de la matière sèche et la longueur des tiges qui représentent le mieux la tolérance ou la sensibilité des plantes aux sels (**Burn et al., 1980**). La comparaison des plantes vivantes dans un milieu non salé et celles des milieux salés, montre que les fortes concentrations de sels solubles dans l'environnement racinaire provoquent la formation de plantes naines ainsi qu'une germination lente chez certaines espèces (**Elmekkaoui, 1987**).

II-8-3 Physiologie

La photosynthèse est le processus bioénergétique qui permet aux plantes et à certaines bactéries de synthétiser de la matière organique en exploitant la lumière du soleil. La photosynthèse est un processus complexe faisant intervenir de nombreuses étapes qui sont affectées de manière différente par les facteurs de l'environnement comme la pollution par les ETM (**Mesnoui, 2016**).

La photosynthèse est négativement affectée par la salinité de diverses manières notamment via l'inhibition de l'entrée du CO₂ en raison de la fermeture des stomates (**Degl'Innocenti et al., 2009**) ou encore la réduction des pigments photosynthétiques, chlorophylle 'a' et chlorophylle 'b' (**Qados, 2011**), ainsi que l'endommagement du processus

photosynthétique (photosystème I et II) et des protéines transporteuses d'électrons (**Sudhir et al., 2005**). La réduction de la photosynthèse est en partie attribuée à la baisse de la teneur en chlorophylle. Elle est également due à l'interruption de l'expansion et le développement des feuilles ou à l'abscission précoce des feuilles, et en cas de stress prolongé à la toxicité des ions, la rupture membranaire et la fermeture totale des stomates (**Farooq et al., 2015**).

II-9 Adaptation aux stress salin

Chez la plupart des plantes cultivées, la réponse à la salinité apparait sous forme d'effet dépressif sur la croissance et le développement. En effet, la réponse à la salinité varie selon l'espèce, le genre, l'écotype, et la variété. Dans un milieu salin, les glycophytes en particulier changent leur comportement morpho-physiologique, biochimique, et minéral en fonction du degré de la salinité (**Chamekh, 2010**).

II-10 Stratégies adaptatives des plantes face au stress abiotique

II-10-1 Proline

Les niveaux de proline augmentent rapidement dans de nombreuses mono- et dicotylédones sous stress salin (**Yoshiba et al., 1999**). La proline agit comme un composé soluble compatible avec l'ajustement osmotique qui peut atteindre des concentrations élevées sans exercer de concentrations sans exercer un effet toxique comme dans le cas des ions (**Silva-Ortega et al., 2008**).

Certaines études ont rapporté l'augmentation de la concentration de de proline dans les plantes stressées par rapport aux plantes sensibles, sa concentration est généralement plus élevée chez les généralement plus élevée dans les plantes tolérantes que dans les plantes sensibles (**Ashraf et Foolad, 2007**). L'importance de la proline dans la tolérance à la salinité a été démontrée dans plusieurs lignées d'*Arabidopsis* hébergeant une construction antisens pour la prolinedéshydrogénase (**Nanjo et al., 2003**).

II-10-2 Bétaine

La glycine bétaine est principalement présente au niveau des chloroplastes où elle joue une fonction vitale dans la protection des membranes thylakoïdes et par conséquent dans le maintien de l'efficacité photosynthétique (**Ashraf et Foolad, 2007**). Certaines plantes cultivées accumulent aussi ce composé lorsqu'elles sont soumises à un stress salin, c'est le cas de l'épinard, du tournesol, du blé, de l'avoine et du maïs (**Ashraf et Foolad, 2007**). La

relation entre l'accumulation de bétaine et la tolérance au stress salin semblerait être liée à l'espèce, voire même au génotype (Ashraf et Foolad, 2007).

II-10-3 Sucres solubles

L'accumulation des sucres et leurs dérivés principalement les alcools lors d'un stress salin a été prouvée chez plusieurs espèces végétales (Sheteer *et al.*, 2001). Les sucres pourraient agir en tant qu'osmoticum, protéger des macromolécules spécifiques (enzymes) et contribuer à la stabilité des structures membranaires (Bartels et Sunkar, 2005).

II-11 Effet des enzymes antioxydant dans l'adaptation des plantes au stress salin

Le stress salin impose un déficit hydrique (Cheeseman, 1988) qui mène à la formation des espèces réactives de l'oxygène (ERO) provoquant un dysfonctionnement membranaire et la mort cellulaire (Bohnert et Jensen, 1996) suite au dommage oxydatif des lipides (Wise et Naylor, 1987), des protéines et des acides nucléiques (Imlay et Linn, 1988). Puisque les concentrations internes d'O₂ sont élevées durant la photosynthèse (Steiger *et al.*, 1977), les chloroplastes sont sujets à générer les espèces réactives de l'oxygène (Asada et Takahashi, 1987).

*Deuxième partie
expérimentale*

Chapitre III
Matériels et méthodes

Matériel et Méthodes

L'objectif de notre travail est d'étudier la multiplication par le mode de semis de deux espèces végétal (*Ceratonia siliqua* et *Sterculia diversifolia*), et évaluer l'impact de contrainte environnementale induit par un stress salin (Na Cl) sur le comportement morphologique et physiologique de ces deux espèces végétales.

Ce travail a été réalisé au niveau de la serre expérimentale de l'université de Naama, et les analyses ont été effectuées au laboratoire d'écologie au sein de la même université.

Cette étude comporte principalement deux essais ;

Le premier essai : Multiplication de deux espèces végétales (*Sterculia diversifolia* et *Ceratonia siliqua*) Par mode de semis.

Le deuxième essai : Etude de l'effet des stress environnementaux (Stress salin) sur les comportements morphologiques et physiologiques de ces deux espèces végétales.

Les plantes sont préserver dans la serre expérimental jusqu'à la fin d'année pour faire un reboisement dans la wilaya de Naama.

III-1 Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est composé de deux espèces végétales différentes : *Ceratonia siliqua* L. (caroubier) et *Sterculia diversifolia*.

La récolte des échantillons a été faite durant la première quinzaine du mois du novembre 2022, la collecte le caroubier a été réalisée dans la région de wilaya d'El Bayadh ; et la collecte de *sterculia diversifolia* a été faite dans la région de Naama (à côté de l'université de Naama).

Les gousses matures des deux espèces végétales sont triés pour séparer les grains de chaque espèce, et les graines sont conservés dans des sachets au chambre froide.

Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) est une espèce distribuée dans toute la région du bassin méditerranéen, Cette plante a été choisie en raison de son rôle écologique important dans la protection des sols contre la dégradation et l'érosion et dans la lutte contre la désertification. Par ailleurs, elle est d'une importance économique considérable, puisque ses gousses qui sont plus riches en sucre. Elles sont utilisées en industrie alimentaire et pharmacologique.

Le *sterculia diversifolia* est une plante à feuille persistant d'origine de l'est et le sud de l'Afrique, elle a été introduite en Algérie en raison de son résistance à la sécheresse, et son utilisation comme un arbre ornemental.

III-1-1 Première essai

III-1-1-1 Préparation des graines

Pour obtenir des graines nous avons débarrassé manuellement les gousses de leur péricarpe

- ✓ Ensuite, les graines sont sélectionnées selon leur morphologie, leur taille, leur couleur et leur aspect sanitaire (absence de contaminations).
- ✓ Les graines de *sterculia diversifolia* sont frottées à l'aide de papier de verre (effet abrasif), cette action mécanique permettant de fragiliser le tégument, de diminuer son épaisseur pour faciliter la germination et accélérer d'autant son processus, ces traitements doivent être maniés prudemment pour ne pas léser l'embryon.
- ✓ Divisé les graines de chaque espèce on trois teste : teste mécanique (le coupe d'angle) (200 graines), teste chimique de phytohormone par Acide gibbérellique GA3 (200graines), et teste de choc thermique (200 graines).

III-1-1-2 Test de germination

III-1-2-1 Teste mécanique

On a fait le test sur 200 graines de chaque espèce.

- ✓ Faire un petit coup sur le tégument épais des graines de caroubier et *sterculia*.
- ✓ Pour tester la viabilité de chaque graine, on dénombre les graines pour chaque espèce, le lot de graines à germer est mis dans un récipient d'eau distillée, les graines qui tombent au fond sont considérées comme mures, celles qui remontent en surface sont soit immatures ou mortes et par conséquent enlevées du lot.
- ✓ Les gaines sont désinfectées dans une solution de l'eau de javel diluée à 8% pendant 10 minutes, suivies de 3 rinçages à l'eau distillée pour éliminer tous les traces de chlore.
- ✓ Imbibées les graines dans l'eau tiède pendant 48h.
- ✓ Nous vidons l'eau tiède dans le thermo, puis nous imbibées les graines dans cette eau pendant 27 heures jusqu'à 48 heures, en changeant l'eau chaque 8 heures.
- ✓ Disposer sur les boites de pétri trois couches de compresse stérile.
- ✓ Dans chaque boîte placer 20 graines à tester, de manière homogène sur le compresse, elles ne doivent pas se toucher

- ✓ Disposer une couche de compresse stérile sur les graines, et faire la répétition 10 fois.
- ✓ Humidifier avec un vaporisateur ou une pipette.
- ✓ Placer le contenant dans un environnement chaud, humide pour garder l'humidité et créer un microclimat (effet de serre). La température doit idéalement être comprise entre 18 et 23°C. Hydrater la compresse absorbant tous les deux jours environ (quand la compresse commence à se dessécher) en prenant soin de ne pas le détremper.



Graine de caroubier

Graine de *sterculia diversifolia***Figure 24** - Germination des graines (Photo prise par Achour et Slimani , 2022)

III-1-2-2 Test de choc thermique

On a fait le test sur 200 graines de chaque espèce.

- ✓ Pour tester la viabilité de chaque graine, on dénombre les graines pour chaque espèce, le lot de graines à germer est mis dans un récipient d'eau distillée, les graines qui tombent au fond sont considérées comme mures, celles qui remontent en surface sont soit immatures ou mortes et par conséquent enlevées du lot.
- ✓ Les gaines sont désinfectées dans une solution de l'eau de javel diluée à 8% pendant 10 minutes, suivi de 3 rinçages à l'eau distillée pour éliminer tous les traces de chlore.
- ✓ Imbibées les graines dans l'eau tiède pendant 48h.
- ✓ Nous vidons l'eau tiède dans le thermo, puis nous imbibées les graines dans cette eau pendant 27 heures jusqu'à 48 heures, en changeant l'eau chaque 8 heures.
- ✓ Placer les graines dans le congélateur pendant 12h, et décongelé directement dans l'eau chaude stérilisée par l'autoclave 120°C.
- ✓ Disposer sur les boîtes de pétri trois couches de compresse stérile.
- ✓ Dans chaque boîte placer 20 graines à tester, de manière homogène sur le papier, elles ne doivent pas se toucher.
- ✓ Disposer une couche de compresse stérile sur les graines, et faire la répétition 10 fois.
- ✓ Humidifier avec un vaporisateur ou une pipette.

- ✓ Placer le contenant dans un environnement chaud, humide pour garder l'humidité et créer un microclimat (effet de serre). La température doit idéalement être comprise entre 18 et 23°C. Hydrater la compresse absorbant tous les deux jours environ (quand la compresse commence à se dessécher) en prenant soin de ne pas le détremper.

III-1-2-3 Test chimique de phytohormone (acide gibbérellique AG3)

On a fait le test sur 200 graines de chaque espèce.

- ✓ Pour tester la viabilité de chaque graine, on dénombre les graines pour chaque espèce, le lot de graines à germer est mis dans un récipient d'eau distillée, les graines qui tombent au fond sont considérées comme mures, celles qui remontent en surface sont soit immatures ou mortes et par conséquent enlevées du lot.
- ✓ Les gaines sont désinfectées dans une solution de l'eau de javel diluée à 8% pendant 10 minutes, suivi de 3 rinçages à l'eau distillée pour éliminer tous les traces de chlore.
- ✓ Imbibées les graines dans l'eau tiède pendant 48h.
- ✓ Nous vidons l'eau tiède dans le thermo, puis nous imbibées les graines dans cette eau pendant 27 heures jusqu'à 48 heures, en changeant l'eau chaque 8 heures.
- ✓ Disposer sur les boîtes de pétri trois couches de compresse stérile.
- ✓ Dans chaque boîte placer 20 graines à tester, de manière homogène sur le papier, elles ne doivent pas se toucher
- ✓ Disposer une couche de compresse stérile sur les graines, et faire la répétition 10 fois.
- ✓ Humidifier avec un vaporisateur ou une pipette par AG3.
- ✓ Placer le contenant dans un environnement chaud, humide pour garder l'humidité et créer un microclimat (effet de serre). La température doit idéalement être comprise entre 18 et 23°C. Hydrater la compresse absorbant tous les deux jours environ par l'acide gibbérellique de dose 100 ppm (quand le compresse commence à se dessécher) en prenant soin de ne pas le détremper

III-2 Deuxième essai : Plantation dans la serre

III-2-1 Substrats d'culture

Le substrat est constitué d'un mélange de sable et de l'argile avec les proportions suivantes ; 2 volumes de sable et 1 volume d'argile .Avant de l'utilisation du sable, il a été tamisé afin d'éliminer les débris végétaux et animaux, afin d'obtenir un sable fin.

Le substrat de culture est mis dans des sacs en plastiques pour la plantation. Ces sacs sont tapissé par une couche de gravier pour assurer le drainage, et remplis par le mélange de

substrat de culture en raison de 1 kg /sac .Un échantillon du substrat est analysé au laboratoire pour déterminé le pH et la conductivité électrique du sol.



Figure 25 - Préparation de substrat d'sol (Photo prise par Achour et Slimani , 2022)

III-2-2 Analyse chimiques de sol

III-2-2-1 Potentiel d'hydrogène (pH) (rapport 1 /2.5 sol/eau)

Le pH renseigne sur la basicité ou l'acidité des sols. Il est déterminé à l'aide d'un pH-mètre basé sur la méthode électro métrique à l'électrode de verre.

Selon Baize (1988), la mesure consiste à prendre 40g de sol dans un bêcher de 100 ml, ajouter 100 ml d'eau distillée, faire agiter énergiquement sur un agitateur magnétique pendant 20 minutes et laisser reposer pendant 30 minutes.

Avant de procéder à la mesure du pH il faut étalonner le pH mètre, agiter le contenu du bêcher et nettoyer l'électrode, ensuite plonger l'électrode dans la solution du sol et la lecture sera affichée sur l'écran du pH-mètre (pH= 7,84).



Figure 26-L'analyse de sol par le pH mètre et Conductimètre (Photo prise par Achour et Slimani , 2022)

III-2-2-2 Détermination de la conductivité électrique (CE)

La mesure de la conductivité électrique permet d'obtenir rapidement une estimation de la teneur globale en sels dissous (Aubert, 1988). Elle a été déterminée d'un conductimètre (Méthrom) sur un extrait aqueux. Sa mesure consiste à prendre 20g de sol dans un bécher de 100ml, ajouter 100ml d'eau distillée. Agiter 20 minutes, et laisser reposer 30 minutes.

- ✓ Effectuer les mesures de la conductivité à l'aide d'un conductimètre électronique sur la solution du sol. (CE=778)



Figure 27 - Méthode d'analyse de sol par le pH mètre et Conductimètre. (Photo prise par Achour et Slimani, 2022)

III-2-3 Plantation dans les sacs

Après les tests de germination, toutes les graines germées sont transplantées dans les sacs remplis par le substrat de culture. Ces sacs sont installés sur une table dans la serre. La culture a été réalisée dans des conditions de température moyenne de 25°C de la journée et 18°C de la nuit. Les plantes sont préservés dans la serre afin d'appliquer le stress salin, et pour faire un reboisement de ces deux espèces végétales dans la willaya de Naama.

III-3 Dispositif expérimental

Les plantes subit un stress salin sont en nombre de 56 plante, elles sont réparties en deux lots pour chaque espèce végétale, caroubier (Lot 1) et *Sterculia diversifolia* (Lot 2), chaque lot est subdivisé en sept (07) niveaux de traitement, chaque niveau de traitement est répété 07 fois. Les niveaux de traitement représentent des doses appliquées de stress salin plus les témoins (Fig.28)



Figure 28- Dispositif expérimental des plantes de caroubier et *sterculia diversifolia* (Photo prise par Achour et Slimani, 2022).

III-3-1 Application du stress salin

III-3-1-1 Application 1

Le stress salin (sous forme de Na Cl) sont appliqués après 90 jours de la culture des plantes, ont été effectuée après 20 jours de la première application avec les doses suivantes :

Na Cl : 0, 3 ,6 et 9 g/l.

III-3-1-2 Application 2

La deuxième application a été effectuée après 20 jours de la première application avec les mêmes doses.

Le dispositif expérimental (Fi) représente les différentes doses de sel (Na Cl) sur les plantes. Chaque dose appliquée dans ce traitement est répétée sept fois, dont le nombre total des plantes stressées et témoins est de 56 plantes.



Figure 29 -Application de stress Salin (Photo prise par Achour et Slimani , 2022)

Tableau 6 - Différentes doses des solutions salines

<i>Sterculia diversifolia</i>				
Stress salin (Na Cl)				
Doses	Témoins	D.S1-03g/l	D.S2-06g/l	D.S3-09g/l
	R 1	R 1	R 1	R 1
	R 2	R 2	R 2	R 2
	R 3	R 3	R 3	R 3
	R 4	R 4	R 4	R 4
	R 5	R 5	R 5	R 5
	R 6	R 6	R 6	R 6
	R7	R7	R7	R7

<i>Caroubier</i>				
Stress salin (Na Cl)				
Doses	Témoins	D.S1-03g/l	D.S2-06g/l	D.S3 -09g/l
	R 1	R 1	R 1	R 1
	R 2	R 2	R 2	R 2
	R 3	R 3	R 3	R 3
	R 4	R 4	R 4	R 4
	R 5	R 5	R 5	R 5
	R 6	R 6	R 6	R 6
	R7	R7	R7	R7

D.S : Dose de salinité (Na Cl), **R** : Répétition

III-4 Irrigation et fertilisation

La capacité de rétention en eau est déterminée par la différence entre P1 (poids d'un sac contenant de substrat sec avant l'irrigation) et P2 (poids de saturation après 24h de décantation). Elle est égale à 40 ml.

L'irrigation est effectuée une fois tous les trois jours avec de l'eau du robinet. La solution nutritive Activeg a été ajoutée une fois toutes les trois irrigations afin d'obtenir suffisamment de matériel végétal pour l'analyse.

La fertilisation minérale avec l'activeg a été apporté avec la dose de 40 ml, ce produit commerciale est composé de NPK 20-20-20, et les oligo-éléments nécessaires au bon développement de la plante (Tab.7).

Tableau 7 - Composition de la solution nutritive Active

Elément chimique	Quantité
N	20%
P ₂ O ₅	20%
K ₂ O	20%
S	0.8%
MgO	0.4%
Fe EDTA	650 ppm
Mn	650 ppm
Mo	50 ppm
SO ₃	0.8%
Cu	60 ppm
Zn	300 ppm
Bore (B)	300 ppm

III-5 Analyses statistiques

Les résultats trouvés sont présentés en moyennes \pm écart-type. Les données obtenues sont traité statistiquement à l'aide de logiciel Statbox version 6.4. Cette étude est basé sur

l'analyse de la variance à deux facteurs à un seuil de probabilité ($P < 0.05$). La comparaison entre les moyennes est effectuée selon le Test de Newman-Keuls

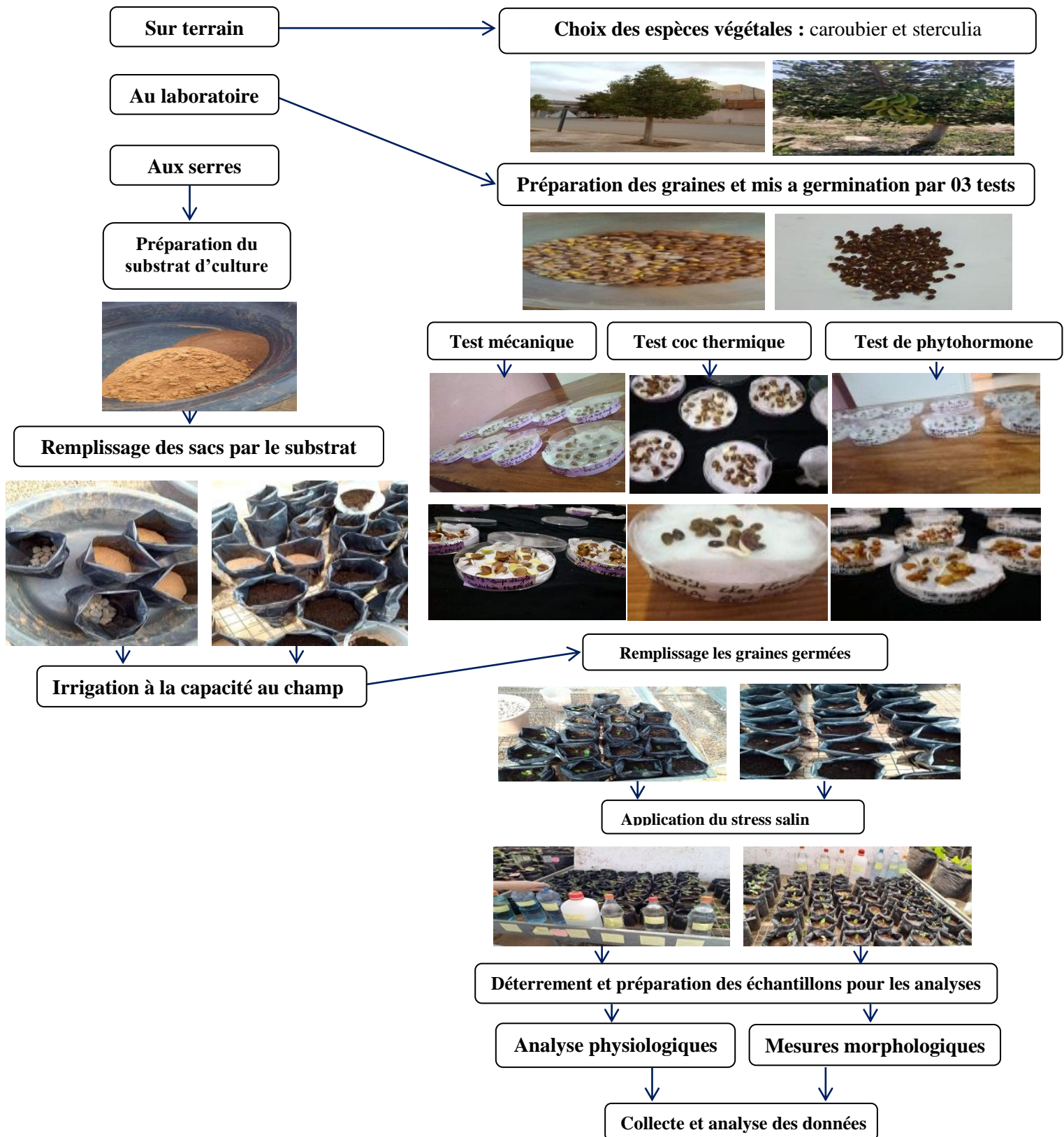


Figure 30 - Conduite de l'expérimentation et application du stress (Photo prise par Achour et Slimani, 2022).

III-6-1 Taux de germination (TG)

Le taux de germination selon **come (1970)** correspond au pourcentage maximal de graines germées par rapport au total des graines semées. Le taux de germination est calculé par la formule suivante :

$$(TG) = \frac{\text{nombre des graines germées}}{\text{nombre total mis en germination}} \times 100$$

III-6-2 Prélèvement et préparation du matériel végétal pour les analyses

Après 5 mois de la plantation, les plantes de caroubier (*ceratonia siliqua*) et *sterculia diversifolia* sont prélevées. Les feuilles et les racines sont séparées.

- Les racines ont été rincées soigneusement à l'eau de robinet pour éliminer toute trace du substrat, Ils ont été essorés rapidement avec du papier filtre.
- Les feuilles sont récupérées et mises sur des papiers blancs.



Figure 31- Prélèvement des racines et préparation pour les analyses (Photo prise par Achour et Slimani , 2022).

III-6-3 Paramètres morphologiques et physiologique

III-6-3-1 Longueur des tiges et racines de la plante

La croissance en longueur de la partie aérienne et racinaire de la plante a été mesurée à la fin de l'expérimentation. La hauteur des tiges et la longueur racinaires ont mesurées en millimètres (mm) par l'appareil de pied à coulisse



Figure 32- Mesure de la longueur des tiges (Photo prise par Achour et Slimani , 2022)

III-6-3-3 Nombre de feuille

Le nombre des feuilles de chaque plante caroubier (*ceratonia siliqua*) et *sterculia diversifolia* a été déterminé après l'application de stress salin .

III-6-3-2 Surface foliaire

Les feuilles sont scannées à l'aide d'un scanner type Epson Sx218 puis les images traitées grâce au logiciel ImagJ, après la conversion de l'échelle de l'image du Pixel au cm.

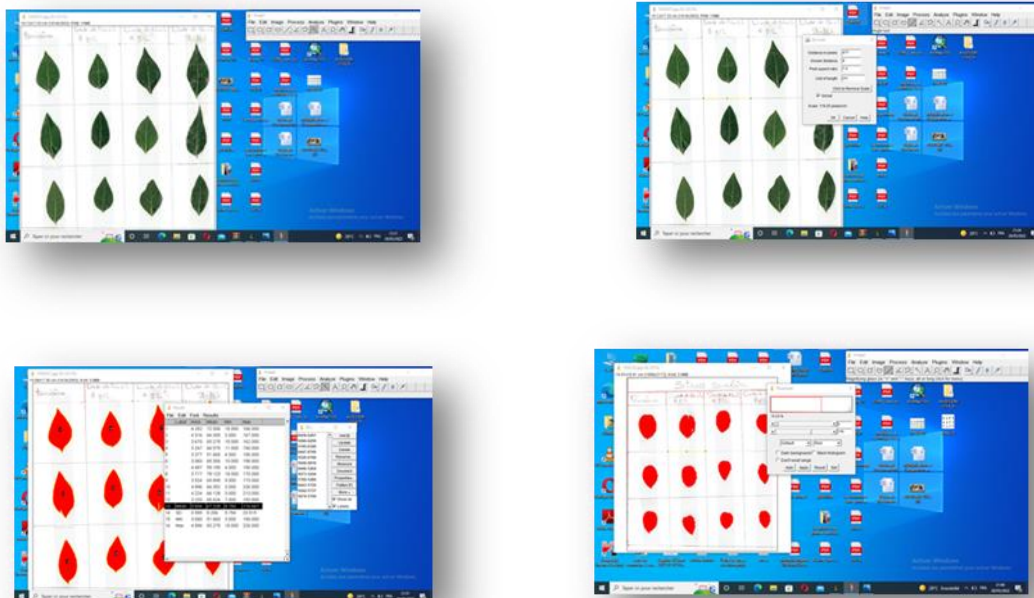


Figure 33- Méthode de mesure la surface racinaire et foliaire par le logiciel ImagJ (Image capturée par slimani et Achour ,2022).

III-7 Paramètres physiologiques et biochimiques

III-7-1 Mesure de la chlorophylle

Le dosage de chlorophylle a été réalisé directement sur les feuilles par l'appareil de chlorophylle mètre.



Figure 34- Mesure de chlorophylle des plantes caroubier (*ceratonia siliqua*) et *sterculia diversifolia* (Photo prise par Achour et Slimani, 2022)

Chapitre IV
Résultat et discussion

IV- Effet de stress salin sur le caroubier (*Ceratonia siliqua*) et *sterculia diversifolia*

IV-1 Constat visuel

Constat visuel montre une adaptation biométrique des plantes de *sterculia diversifolia* et caroubier (*ceratonia siliqua*) (Fig.35) sous l'effet de contrainte salin. Outre, la longueur des tiges et racines a été évoluée de manière significative chez les lots qui reçoive des dose salin de 6 et 9 g/l de Na Cl, sans aucune Symptômes négative s'apparaître sur les feuilles de caroubier (*ceratonia siliqua*) *sterculia diversifolia* progressivement



Figure 35-Effet de stress salin sur les espèces de caroubier (*ceratonia siliqua*) et *sterculia diversifolia* (Photo prise par Achour et Slimani, 2022)

IV-2 Paramètres biométriques

IV-2-1 Effet de salinité sur la longueur des tiges

Le tableau et la (Fig.36) ci-dessous représentent l'évolution de la longueur des tiges (mm) des deux espèces étudiés ; caroubier et *sterculia diversifolia* sous l'effet de Na Cl.

Tableau-8 Longueur des tiges (mm) de caroubier et *sterculia diversifolia* sous l'effet de Na Cl.

Na Cl (g/l)	Caroubier		<i>Sterculia diversifolia</i>	
	Longueur des tiges (mm)	Evolution (%)	Longueur des tiges (mm)	Evolution (%)
0	81,8±12,9	/	42,8±10,6	/
3	73,4±14,4	-9.4	37,7±26,8	-11.9
6	74.1±9.5	-8.6	34,5±4,2	-19.3
9	82,5±9,3	1.7	42,4±11	-0.9

Les résultats obtenus (Fig.36) montrent que l'application de stress salin provoque une faible diminution de la longueur des tiges pour les doses 3 et 6 g/l par rapport à la plante

témoin. Par contre, on a constaté une faible variation de longueur des tiges à la dose 9 g/l chez les deux espèces étudiées.

Chez l'espèce caroubier, la diminution de la longueur des tiges est évaluée à 9,4 et 8,6% respectivement pour les doses 3 et 6 g/l (Tab.8). Par contre, à la dose de 9 g/l de Na Cl on observe une faible augmentation de 1,7% par rapport au témoin. Chez l'espèce *sterculia diversifolia*, on a enregistré des diminutions de l'ordre de 11,9 et 19,3% respectivement pour les doses de 3 et 6 g/l. par contre on constate une faible variation de 0,9% de la longueur de tige à la dose 9g/l.

L'analyse statistique montre un effet non significatif ($P > 0.05$) de la salinité sur la longueur des tiges.

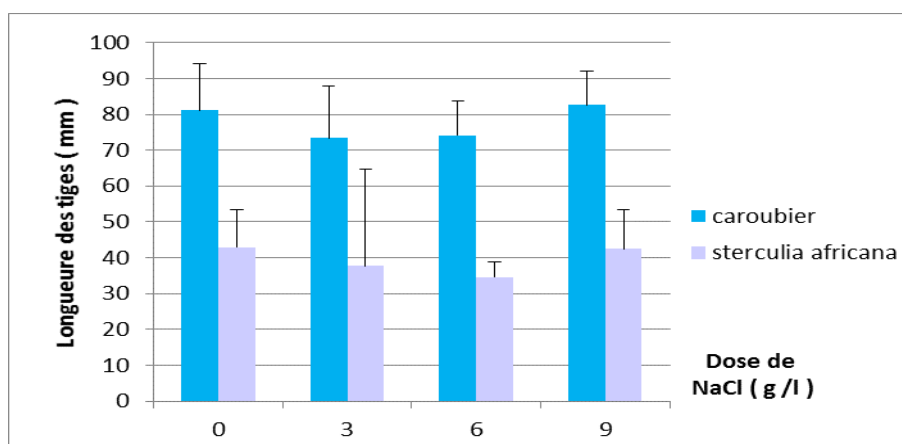


Figure 36- Effet de Na Cl sur la longueur des tiges de caroubier et *sterculia diversifolia*

IV-2-2 Effet de salinité sur la longueur des racines

Les résultats de l'effet de la salinité sur la longueur des racines de l'espèce de caroubier (*ceratonia siliqua*) et *sterculia diversifolia* sont résumés dans le tableau 9.

Tableau-9 Moyenne de la longueur des racines (mm) de caroubier et *sterculia diversifolia* sous l'effet de stress salin.

Na Cl (g/l)	Caroubier		<i>Sterculia diversifolia</i>	
	Longueur des racines (mm)	Evolution (%)	Longueur des racines (mm)	Evolution (%)
0 ^a	216,4±17,3	/	102,2±38,1	/
3	133,4±15,2	-38.3	91,9±7,7	-10
6	169,2±38,8	-21.8	67,3±19,2	-34.1
9	204,6±56,6	-5.4	86,4±6,4	-15.4

La longueur de la racine diminue sous l'effet de Na Cl chez les deux espèces étudiées (Fig.37), cette diminution est importante à la dose de 3 et 6 g/l chez l'espèce de caroubier, et à la dose de 6 g/l chez l'espèce de *sterculia diversifolia*.

Chez l'espèce de caroubier, On a enregistré des diminutions de l'ordre de 38.3 et 21.8% respectivement chez les plantes stressés par les doses de 3 et 6 g/l par rapport au témoin.

Chez l'espèce *sterculia diversifolia*, on a enregistré une diminution de 34.1% de la longueur des racines à la dose de 6g/l (par rapport au témoin).

L'étude statistique montre un effet significativement du stress salin sur la variation de la longueur des racines (P=0.04).

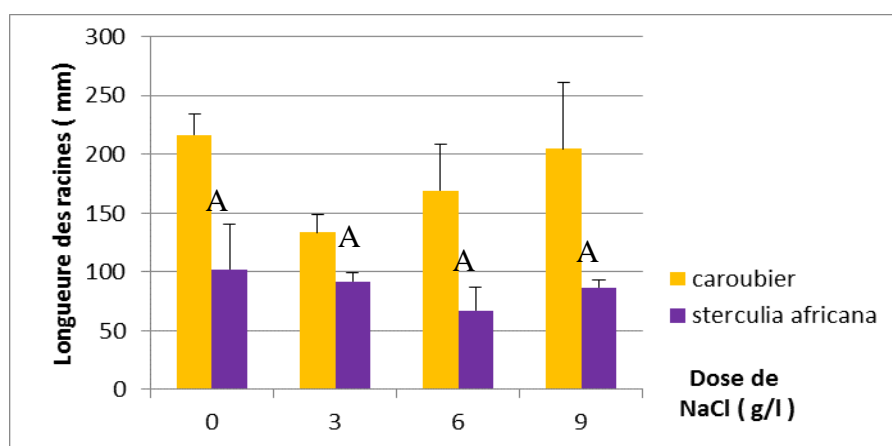


Figure 37 -Effet de Na Cl sur la longueur des racines de caroubier et *sterculia diversifolia*

IV-2-3 Effet de salinité sur nombre des feuilles de caroubier (*ceratonia siliqua*) et *sterculia diversifolia*

Le tableau 10 et la figure 38, représentent l'effet de différente dosse de Na Cl sur le nombre des feuilles des espèces de caroubier (*ceratonia siliqua*) et *sterculia diversifolia*.

Tableau 10- Moyenne du nombre des feuilles de caroubier et *sterculia diversifolia* sous l'effet de stress salin.

Na Cl (g/l)	Caroubier		Sterculia diversifolia	
	Nombre des feuilles	Evolution (%)	Nombre des feuilles	Evolution (%)
0	12,8±2,7	/	5,7±1,1	/
3	12,2±2,4	-4.6	4±1,1	-29
6	13±1,5	1.5	4,4±2,1	-22.8
9	12,7±2,4	-0.7	5,5±1,2	-3.5

Le stress salin provoque une faible variation du nombre des feuilles chez l'espèce de caroubier (Fig.38). Par contre, l'application croissante des doses de Na Cl chez l'espèce *sterculia diversifolia* provoque une diminution de nombre des feuilles aux doses de 3 et 6g/l.

Chez l'espèce de caroubier, la variation du nombre des feuilles et de l'ordre de 4.6 ; 1.5 et 0.7% respectivement pour les doses 3 ; 6 et 9g/l par rapport au plante témoin.

Chez l'espèce *sterculia diversifolia* , les diminutions de nombre des feuilles sont évaluées à 29 et 22.8% respectivement pour les doses de 3 et 6 g/l par rapport au témoin.

L'analyse statistique montre un effet non significatif (P=0.4) de salinité sur la variation le nombre des feuilles

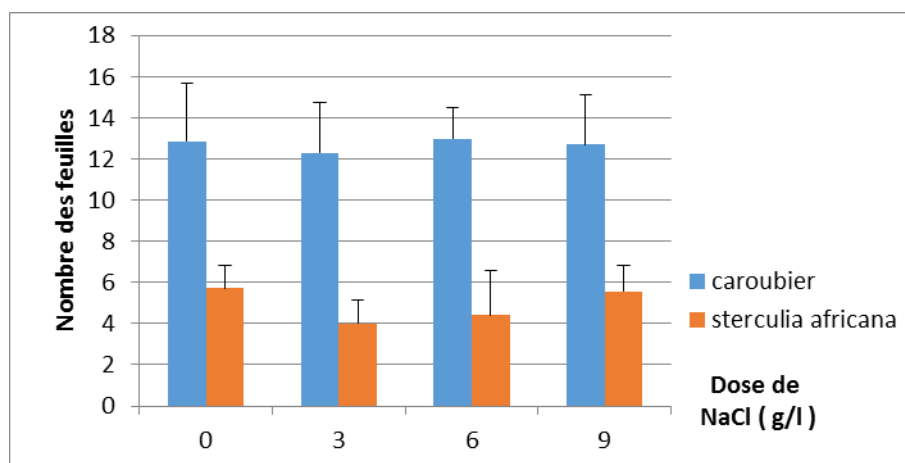


Figure 38- Effet de Na Cl sur nombre des feuilles de caroubier et *sterculia diversifolia*

IV-2-4 Effet de salinité sur la surface foliaire

Le tableau 11 et figure 39 indiquent l'effet de la salinité sur la surface foliaire des deux espèces étudiés caroubier (*ceratonia siliqua L.*) et *sterculia diversifolia*).

Tableau11 - Moyenne de la surface foliaire de caroubier (*ceratonia siliqua*) et *sterculia diversifolia* sous l'effet de stress salin

Na Cl (g/l)	Caroubier		Sterculia diversifolia	
	Surface foliaire	Evolution (%)	Surface foliaire	Evolution (%)
0	3.2±0.5	/	4,0±0.3	/
3	2.6±0.6	-18,7	3,2±0,1	-20
6	2.1±0.4	-34,3	3,9±0,5	-2.5
9	1.8±0.2	-43,7	4,1±0,8	2.5

Les résultats obtenus révèlent que la surface foliaire diminue en fonction de l'augmentation des doses de Na Cl chez l'espèce caroubier (*ceratonia siliqua*). Tandis que, on constate une diminution importante de la surface foliaire à la dose de 3 g/l Chez l'espèce de *sterculia diversifolia*.

Chez l'espèce caroubier (*ceratonia siliqua*), la diminution de la surface foliaire sont de l'ordre de 18.7 ; 34.3et 43.7% respectivement pour les doses de 3 ; 6 et 9 g/l par rapport au témoin.

Chez l'espèce *sterculia diversifolia*, on observe une diminution de 20% à la dose 3 g/l. Par contre, on constate des faibles variations de 2,5% aux de doses de 6 et 9 g/l de la surface foliaire.

L'effet de salinité sur la surface foliaire de caroubier (*ceratonia siliqua*) et *sterculia diversifolia* est non significatif (P=0.1)

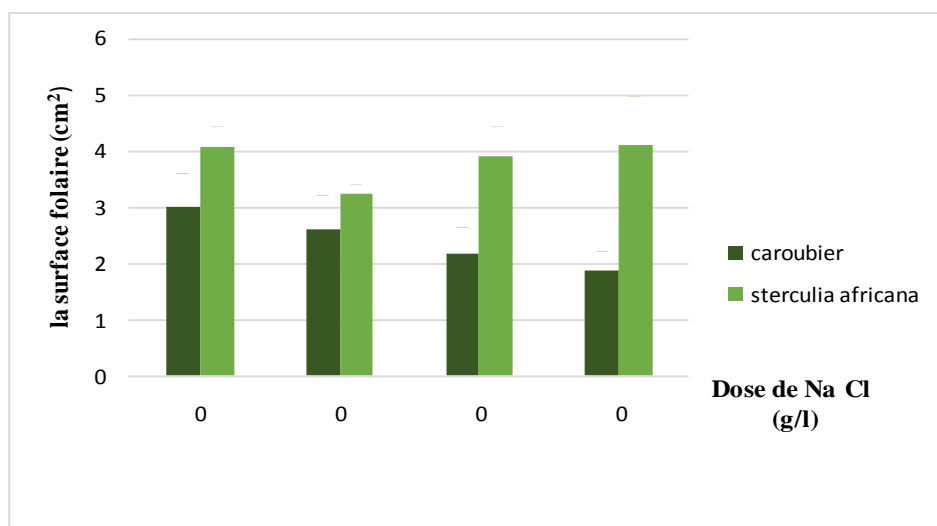


Figure 39- Effet de Na Cl sur la surface foliaire de caroubier et *sterculia diversifolia*

IV-3 Paramètres physiologiques

IV-3-1 Effet de salinité sur la teneur en chlorophylle

Le tableau 12 et la Fig.40, représentent l'effet de stress salin sur la teneur en chlorophylle des feuilles de l'espèce caroubier (*ceratonia siliqua*) et *sterculia diversifolia*.

Tableau 12 - Moyenne du teneur en chlorophylle de caroubier (*ceratonia siliqua*) et *sterculia diversifolia* sous l'effet de stress salin.

Na Cl (g/l)	Caroubier		Sterculia diversifolia	
	Chlorophylle	Evolution (%)	Chlorophylle	Evolution (%)
0	17,5±3,8	/	18,7±3,9	/
3	14,7±6,9	-16	15,9±1,8	-14,9
6	21,2±8,2	21	14,7±5,9	-21,3
9	24,3±3,4	38,8	15,9±1,8	-14,9

Les résultats obtenus révèlent une diminution de la teneur en chlorophylle sous l'effet de Na Cl (3 ; 6 et 9 g/l) chez l'espèce de *sterculia diversifolia*. Par contre, l'application de stress salin chez l'espèce de caroubier provoque des augmentations de la teneur en chlorophylle à la dose de 6 et 9 g/l, et une diminution à la dose de 3 g/l.

Chez l'espèce de caroubier, On a enregistré des augmentations de 21 et 38,8% respectivement pour les doses de 6 et 9g/l par rapport au témoin, par contre, on constate une diminution de 16% de la teneur en chlorophylle à la dose de 6g/l, par rapport au témoin. Chez l'espèce *sterculia diversifolia*, on a enregistré une diminution important de la teneur en chlorophylle (21,3% par rapport au témoin) à la dose 6g/l. Ainsi, l'application des doses de 3 et 6 g/l provoque des diminutions de 14,9% de la teneur en chlorophylle.

L'analyse statistique montre que la teneur en chlorophylle T sous l'effet du stress appliqué est non significativement ($P>0.05$).

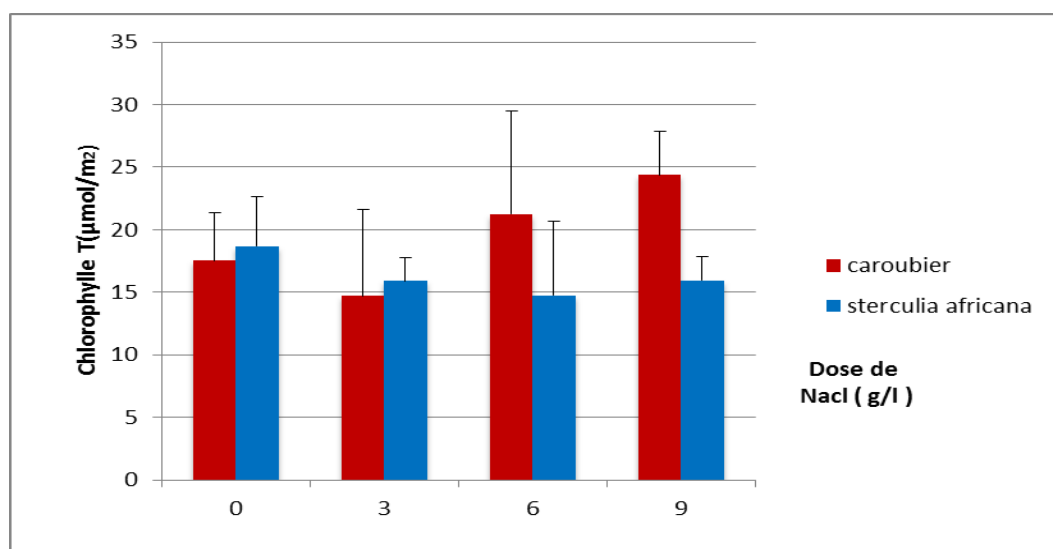


Figure 40 -Effet de Na Cl sur la teneur en chlorophylle de caroubier et *sterculia diversifolia*

IV-4 Taux de germination d'espèce caroubier (*ceratonia siliqua*)

Tableau 13 et la figure 41 représentent le taux de germination en (%) des graines de caroubier (*ceratonia siliqua*) en fonction du temps pour les tests appliqués.

Tableau 13- Taux de germination des différents tests de la germination des graines de caroubier (*ceratonia siliqua*).

Caroubier							
Test de choc thermique	Jours	1	2	3	4	5	Total
	Nombre des graines germée/jour		0	58	60	22	9
Taux de germination (%)		0	29	30	11	4,5	74
Test mécanique	Jours	1	2	3	4	5	Total
	Nombre des graines germée/jour		0	51	46	49	26
Taux de germination (%)		0	25.5	23	24.5	13	86
Test de phytohormone (AG3)	Jours	1	2	3	4	5	Total
	Nombre des graines germée/jour		0	15	26	16	4
Taux de germination (%)		0	7.5	13	8	2	30.5

Les résultats de la figure 40 montrent que la cinétique de germination des graines de caroubier (*ceratonia siliqua*) est variable selon les tests utilisés. En effet, les graines sont germées dès le deuxième jour de semis dans tous les trois tests de germination, avec des taux de germinations importantes chez les graines traitées par le choc thermique (29 %) et par le test mécanique (25.5%).

Les taux de germination enregistrés chez les graines soumises au choc thermique sont maximaux durant le 2^{ème} et 3^{ème} jour de semis. Ainsi que, les graines traitées avec le test mécanique affichent des taux de germination importantes au bout de 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} jour de semis. Le test de phytohormone enregistre des faibles taux de germination par rapport aux autres tests de germination.

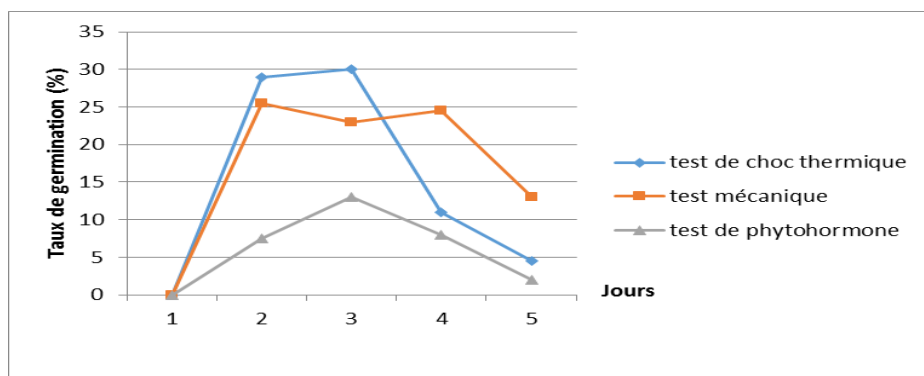


Figure 41 - Cinétique de germination des graines du caroubier (*ceratonia siliqua*) (%) traité par trois tests.

IV-5 Taux de germination d'espèce *sterculia diversifolia*

Tableau 13 et la figure 42 représentée le taux de germination en (%) des graines de *sterculia diversifolia* en fonction du temps pour les tests appliqués.

Tableau 14- Taux de germination des différents tests de la germination des graines de *sterculia diversifolia*.

<i>Sterculia diversifolia</i>							
Test de choc thermique	Jours	1	2	3	4	5	Total
	Nombre des graines germée/jour	0	7	2	1	0	10
	Taux de germination (%)	0	3.5	1	0.5	0	5
Test mécanique	Nombre des graines germée/jour	0	32	34	31	12	109
	Taux de germination (%)	0	16	17	15.5	6	54.5
Test de phytohormone (AG3)	Nombre des graines germée/jour	0	0	4	1	1	6
	Taux de germination (%)	0	0	2	0.5	0.5	3

Les résultats obtenus montrent que la cinétique de la germination varie distinctement avec les tests utilisés. En effet, les graines traitées lors de test mécanique et celles de choc thermique germent dès le deuxième jour de semis avec des taux respectif de 3.5% et 16%. Par contre, les graines traitées par la phytohormone ne germent qu'au bout le 3^{ème} jour, avec un faible taux de germination qui évalué à 2%.

Les graines soumises au test mécanique affichent des taux de germination maximale durant tous jours par rapport aux autres tests de germination. Tandis que, les graines traitées avec la gibbérelline et avec le choc thermique affichent des taux de germination faibles.

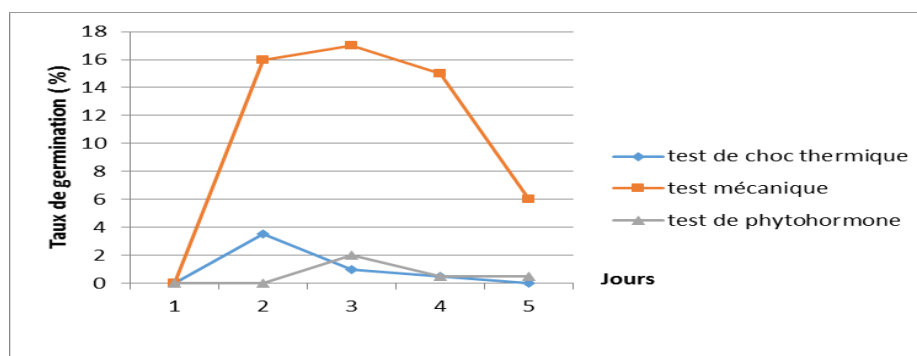


Figure 42- Taux de germination des graines du *sterculia diversifolia* (%) traitées par trois tests de germination.

IV-6 Taux de germination finale de l'espèce caroubier (*ceratonia siliqua*) et *sterculia diversifolia*

Les taux de germination obtenue par des tests de germination pour les deux espèces (caroubier et *sterculia diversifolia*) sont présentés dans la figure 43

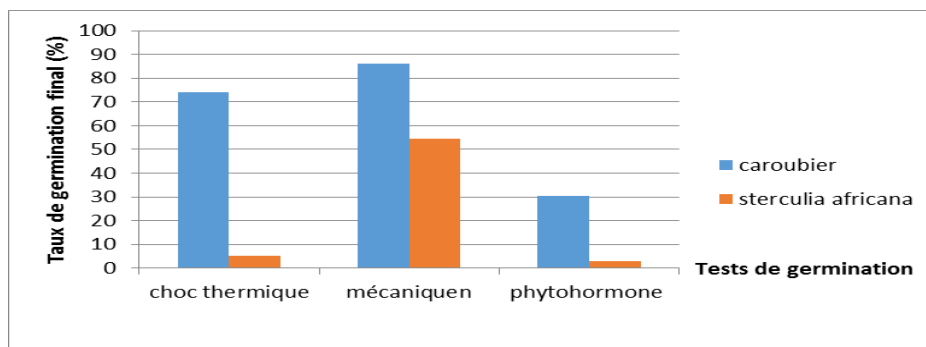


Figure 43- Taux de germination final des graines des espèces caroubier (*ceratonia siliqua*) et *sterculia diversifolia*.

Chez l'espèce de caroubier (*ceratonia siliqua*), on constate un taux de germination maximal 86% chez les graines germées lors de test mécanique, suivi de celui germées sous l'effet de choc thermique 74%. Tandis que les graines traitées par la GA3 enregistrent un taux de germination faible 30.5% par rapport aux autres tests de germination.

Chez l'espèce de *sterculia diversifolia*, les taux de germination sont faibles par rapport à l'espèce de caroubier pour tous les tests utilisés. En effet, le taux de germination est également maximal (54.5%) chez cette espèce lors de test mécanique. Tandis que les graines traitées par le choc thermique et par la phytohormone (GA3) enregistrent des taux de germination faibles, ou on a enregistré respectivement des taux de 5 et 3%.

IV-7 Paramètres morphologique et physiologique étudiés sur l'espèce caroubier (*ceratonia siliqua*) et *sterculia diversifolia*

Tableau 15- Analyse de variance de l'effet de salinité sur les paramètres morphologique et physiologique du l'espèce caroubier (*ceratonia siliqua*) et *sterculia diversifolia*

Paramètre	PROBA	E.T
longueur de tige	0.2	NS
longueur des racines	0.04	*
Nombre des feuilles	0.4	NS
Surface foliaire	0.1	NS
Tenure en Chlorophylle	0.09	NS

NS: Non significatif.

* : Significatif

IV – 7-1 Comparaison entre les deux espèces étudiées sur les paramètres morphologique et physiologique

A travers la comparaison entre les deux plantes caroubier (*ceratonia siliqua*) et *sterculia diversifolia* traitées au stress salin, on constate une concordance entre elles dans le nombre des feuilles.

L'effet de salinité sur la teneur en chlorophylle chez l'espèce caroubier (*ceratonia siliqua*) montre une augmentation. Par contre, chez l'espèce *sterculia diversifolia* on a enregistré une diminution de la teneur en chlorophylle.

IV -8 Discussion

IV-8-1 Prétraitements de la germination sur les graines (*ceratonia siliqua*) et *sterculia diversifolia*

Les résultats obtenus sur le Taux de germination des espèces caroubier (*ceratonia siliqua*) et *sterculia diversifolia* nous a permis de constater ce qui suit :

Chez les deux espèces étudiées le caroubier (*ceratonia siliqua*) et *sterculia diversifolia*, on a enregistré un taux de germination important chez les graines traitées par le test mécanique de 86% et 54.5 % respectivement, Ces résultats ont confirmé ce qui a été annoncé par **Laouer et Touahar (2019)**, que la scarification mécanique a amélioré de manière significative la germination des graines de deux fabacées (*Genista saharae* et *Retamaretam*) et d'une Resedaceae (*Randonia diversifolia*). Ainsi, les mêmes prétraitements ont permis d'améliorer considérablement la germination des graines d'une Brassicaceae (*Oudneya diversifolia*). L'effet de la scarification mécanique sur la germination des graines de *Nitraria retusa* a également été clairement observé. Ces prétraitements ont également permis d'augmenter les périodes de germination des graines de ces espèces.

Le traitement par scarification mécanique des graines *Dialium guineense* à l'aide de la lame à rasoir sur le côté à l'embryon semble avoir un impact sur la vitesse et la durée de germination. En conséquence, les meilleurs taux de germination (98 % pour les graines scarifiées) ont été obtenus 7 jours après la germination, ce qui indique que la scarification est la meilleure méthode pour la germination des grains de *Dialium guineense* (**Assongba et al., 2013**).

Les dormances physiques sont levées par les méthodes de scarification qui provoquent des microfissures tégumentaires. Elles permettent ainsi, de faciliter les échanges entre l'embryon et le milieu extérieur (Nivot, 2005)

Assongba et al., 2013 ont utilisé le prétraitement de la scarification sur diverses espèces de graines à enveloppe dure, ce qui a permis d'augmenter le taux et la vitesse de leur germination.

La scarification mécanique a également augmenté le pourcentage de germination des graines de *Sterculia urens* Roxb (85,3 %) (Subhashini et al., 2012).

Les résultats obtenus par (Touré et al., 2009) ont montré que la scarification manuelle et le traitement à l'acide permettent d'obtenir des taux élevés de germination (> 80%) des graines *Sterculia setigera*.

Hartmann et al., 1997, qui ont déclaré que la scarification manuelle est efficace pour lever la dormance physique, mécanique et chimique. Cependant, elle doit être effectuée de manière à ne pas endommager les tissus internes de la graine.

Subhashini et al., 2012 montre que la scarification mécanique a également le pourcentage de germination des graines *Sterculia urens* (85,3 %) et l'indice de résistance des graines (7.7) par rapport au témoin.

Chez l'espèce de caroubier (*Ceratonia siliqua*), on constate un taux de germination 74% chez les graines germées lors de test de choc thermique par rapport aux autres tests de germination. Tandis que les graines de l'espèce *sterculia diversifolia* traitées par le choc thermique enregistrent des taux de germination faibles, ou on a enregistré un taux de 5%. Ce test est amélioré les délais de germination des graines de ces espèces. Par ailleurs, (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. 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.

Selon les résultats de (Abd el wadoud et al., 2020), les traitements à l'eau chaude ont produit un pourcentage de germination des graines de *Sterculia setigera* plus élevé de 44.0% et 41.0% pour bouillir 10 et 5 minutes respectivement. Le trempage dans l'eau chaude rend les

enveloppes des graines perméables à l'eau et les graines absorbent et gonflent lorsque l'eau refroidit.

Le traitement à l'eau chaude a donné des résultats significatifs chez les graines de légumineuses (Mwase et Mvula, 2011).

Le test de phytohormone par AG3 enregistre des faibles taux de germination des graines caroubier (*ceratonia siliqua*) de 30.5% et *sterculia diversifolia* de 3%. Par ailleurs, Laouer et Touahar (2019) ont trouvé que l'effet de l'acide gibbérellique est similaire à ceux obtenus par la scarification mécanique sur les graines *Oudneya diversifolia*.

Les acides gibbérelliques (GA) sont des hormones de croissance qui sont couramment utilisées pour lever la dormance dans nombreuses graines (Ma et al., 2003).

L'augmentation des gibbérellines pourrait soit favoriser la germination en ramollissant les structures qui peuvent empêcher la croissance des racicules, soit faire disparaître la dormance embryonnaire associée à l'acide abscissique en augmentant la capacité de croissance des racicules, soit faire les deux. (Foley, 2001).

Subhashini et al., 2012 a traité les graines de *Sterculia urens Roxb.* Avec GA3 qui entraîne à une augmentation significative du pourcentage de germination des graines (94,7 %) et de l'indice de résistance des graines (8,7).

IV-8-2 L'effet de stress salin sur les paramètres morphologique et physiologique chez les espèces caroubier (*ceratonia siliqua*) et *sterculia diversifolia*

Ce travail vise à étudier l'effet de la salinité sur la morphologie et la physiologie des espèces de caroubier (*ceratonia siliqua*) et *sterculia diversifolia*. Les résultats obtenus au terme de notre étude ont permis de constater ce qui suit :

- L'application de stress salin provoque une faible diminution de la longueur des tiges pour les doses 3 et 6 g/l par rapport à la plante témoin. Par contre, on a constaté une faible variation de longueur des tiges à la dose 9 g/l chez le caroubier (*ceratonia siliqua*) et *sterculia diversifolia*.
- La longueur de la racine diminue sous l'effet de Na Cl chez les deux espèces caroubier (*ceratonia siliqua*) et *sterculia diversifolia*, cette diminution est importante à la dose de 3 et 6 g/l.

- Le stress salin provoque également une faible variation du nombre des feuilles chez l'espèce de caroubier. Par contre, l'application croissante des doses de Na Cl chez l'espèce *sterculia diversifolia* provoque une diminution de nombre des feuilles aux doses de 3 et 6g/l.
- La mesure de la surface foliaire montre une diminution en fonction de l'augmentation des doses de Na Cl chez l'espèce caroubier (*ceratonia siliqua*). Tandis que, on constate une diminution importante de la surface foliaire à la dose de 3 g/l Chez l'espèce de *sterculia diversifolia*.
- La teneur en chlorophylle diminue sous l'effet de Na Cl (3 ; 6 et 9g/l) chez l'espèce de *sterculia diversifolia*. Par contre, l'application de stress salin chez l'espèce de caroubier provoque des augmentations de la teneur en chlorophylle à la dose de 6 et 9 g/l, et une diminution à la dose de 3 g/l.

Selon (**Fahad et al.,2018**), Le résultat obtenu à partir des paramètres morphologiques, le rendement de la biomasse et les paramètres biochimiques sur deux variétés de palmier-dattier ont indiqué que, le variété Ajwa est plus tolérante à la salinité que la variété Mabroom.

La teneur en chlorophylle a diminué avec le augmentation de la salinité et résultats significatifs entre les cultivars, Une plus grande réduction dans la teneur en chlorophylle a été observé dans le Mabroom cultivar que celui de l'Ajwa (**Fahad et al., 2018**).

chez *Acacia albida*, (**Karoune et al.,2016**) ont remarqué qu'il n'y a pas de différence significative entre les plants témoin et les plants irrigués avec une dose de 50 mM de Na Cl pour la partie aérienne et la partie racines. Les plants d'*Acacia albida* continuent à résister à ces doses élevées de sel.

Selon **Karoune et al., (2016)**, la teneur en chlorophylle totale des plants d'*Acacia albida* sous l'effet des concentrations croissantes de sel a 50 mM une légère augmentation par rapport au témoin. Ont enregistré pour le témoin une teneur égale à 9.7 µg/ ml. Sous l'effet d'une dose de 50 mM, la teneur a augmenté pour atteindre 12.2 µg/ml.

Les plantes ornementales *Ceratonia* et *Senna*, ont montré une augmentation de la superficie foliaire totale et le nombre de feuilles (25 et 46%, respectivement). (**Stefania et al.,2020**)

la salinité induit une augmentation de la concentration de chlorophylle des plantes ornementales jusqu'à ce qu'elle atteigne une valeur maximale, Cette augmentation de la chlorophylle est due à l'adaptation (**Stefania et al., 2020**)

Les résultats obtenus dans étude de (**Lustosa et al., 2017**) sur les deux espèces ligneuses, *Sterculia foetida* et *Bombacopsis glabra* ont une certaine tolérance au stress salin en dose 100 mM Na Cl.

Expérience de (**Correia et al., 2010**) a montré que le porte-greffe de caroubier, après deux mois d'exposition à la salinité, était capable de tolérer jusqu'à 6,5 ds m1 (ECI) ou plus de 40 m mol Na Cl.

le porte-greffe de caroubier est plus tolérant que la plupart des cultures d'arbres fruitiers, comme les agrumes, la mangue, l'avocat et la pêche (**Zuazo et al., 2004**).

Conclusion

Conclusion

Notre travail vise à étudier la multiplication de deux espèces Caroubier (*ceratonia siliqua*) et *Sterculia diversifolia* ainsi que la réponse de ces espèces au stress salin, à partir de cette étude on peut relever les points essentiels suivants :

L'ensemble des résultats relatifs à cette étude prouvent que la multiplication du caroubier (*ceratonia siliqua*) par semis a montré que la méthode la plus efficace pour lever la dormance tégumentaire est la scarification mécanique et thermique.

La scarification mécanique et thermique peut être recommandée pour la production de plante à faible cout. La scarification à l'eau bouillante rester la technique la plus rapide et plus simple et plus pratique. L'étude de germination chez *sterculia diversifolia* a montré que la méthodes la plus efficace pour lever la dormance tégumentaire est la scarification mécanique qui consiste à effectuer une petite entaille au niveau du tégument de la graine cette technique pour la production des plantes à faible cout , mais reste difficile pour les Pepinster.

Les résultats obtenus de l'effet de stress salin sur les paramètres morphologique montre les points suivants :

- La longueur des tiges de caroubier (*ceratonia siliqua*) et *sterculia diversifolia* à diminué chez la dose de 3 g/l.
- La longueur de la racine diminue sous l'effet de Na Cl chez les espèces caroubier (*ceratonia siliqua*) et *sterculia diversifolia*, pour la dose 3 g/l.
- l'application stress salin provoque une faible variation du nombre des feuilles chez l'espèce de caroubier (*ceratonia siliqua*) et *sterculia diversifolia*.
- la surface foliaire montre une diminution en fonction de l'augmentation des doses de NaCl chez l'espèce caroubier (*ceratonia siliqua*). Par contre, on constate une diminution importante de la surface foliaire à la dose de 3 g/l Chez l'espèce de *sterculia diversifolia*.
- La salinité appliqué chez le caroubier a révélé une augmentation de la teneur en chlorophylle tandis que ce paramètre a diminué chez *sterculia diversifolia* chez les doses 3 ; 6 ; 9 g/l.

Ces espèces montrent une résistance vis-à-vis la salinité moyenne, Il serait plus avantageux d'introduire ces espèces dans les programmes de pépinière dans le cadre de la réhabilitation du barrage vert.

Les deux plantes étudié dans c'est condition d'expérimentation 3 ; 6 et 9 montre un effet non significative c'est à-dire les deux plantes peuvent résister à un stress salin jusqu'au

Conclusion

9 g/l, par contre on a enregistré un effet significatif du stress salin sur les racines de deux plantes étudiées.

Dans ce contexte, il serait plus avantageux d'introduire les espèces caroubier (*ceratonia siliqua*) et *sterculia diversifolia* dans le cadre de la réhabilitation du barrage vert vu leurs tolérances vis-à-vis la salinité

Il serait souhaitable d'opter une étude approfondie sur le génotype et moléculaires des espèces étudiées notamment leur tolérance vis-à-vis les contraintes environnementales.

L'étude de la germination a montré que la méthode la plus efficace pour lever la dormance tégumentaire chez le caroubier (*ceratonia siliqua*) et *sterculia diversifolia* est la scarification mécanique de 86% et 54.5 % respectivement.

*Références
bibliographiques*

Référence bibliographique

- Abdelkader , S., c., Mustapha , R., houcine , b., m'barek , b.n., inagaki , m.n., et abdallah , b. 2015. Effect of salt stress on germination et biological growth of 50 genotype of durum wheat (*triticum durum* desf) . *Pakistan journal of nutrition*, 14 (12) , 957.
- Abdelkrim Bensaïd . 2006 . Sig et télédétection pour l'étude de l'ensablement dans une zone aride : le cas de la wilaya de naâma (ALGÉRIE). Thèse Docteur en Géographie . Université Joseph Fourier-Grenoble 1.
- Abdenbi Zine El Abidine, Mohamed Bouderrah, Mohammed Sghir Lamhamedi, Fouad Mounir, Vanessa Has-Marleang Saint Jean et Quentin Ponette .2020. Choix des essences de reboisement pour la forêt de la Maâmora (Maroc) sur la base de la tolérance des plants juvéniles à la sécheresse .*Physio-Géo .Géographie physique et environnement* . p 138 .
- Abderrahim et Harmouni, 2021. Amélioration du flux de production pour l'entreprise SARL BOUBLENZ. Ministry of higher education and scientific researc.P 12.
- Ait Chitt M., Belmir M. Et Lazrak A., (2007), Production des plantes sélectionnées et greffées du caroubier. *Transfert de technologie en Agriculture*, N° 153, IAV Rabat. 1-4
- 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.
- Albanell, et al, e. (1991). Characterization of Spanish carob pod and nutritive value of carob kibbles. Dans *Caja, & Plaixats, Options Méditerranéennes* (pp.135- 136).
- Asada K, Takahashi M. 1987. Production and scavenging of active oxygen radicals in photosynthesis. In : Kyle D J, Osmond C B, Arntzen C J. (Eds.), *Photoinhibition*, Elsvier, Amsterdam. 9 : 227–288.
- Ashraf, M. Foolad, M.R. 2007.Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environ. Exp. Bot.*, 59(2): 206-216.
- Assongba Y. Faustin , Julien G. Djègo , Brice Sinsin .2013 . Capacité de germination de *Dialium guineense* willd (Fabaceae) une espèce Agroforestière . *Journal of Applied Biosciences* 62: 4566 – 4581. ISSN 1997–5902 . Université d'Abomey Calavi
- Avallone, et al, e. (1997). Determination of Chemical Composition of

Référence bibliographique

- Carob (*Ceratonia siliqua*). Plessi, Baraldi, & Monzani, Protein, Fat, Carbohydrates, and Tannins (Vol. 10, pp. 166–172). Journal of food composition and analysis.
- Baba Sidi – Kaci, S., 2010. Effet du stress salin sur quelques paramètres phoenologiques (biométrie, anatomie) et nutritionnels de l’Atriplex en vue d’une valorisation agronomique. Thèse de magister .2010 Université Ourgla .Algerie.
 - Badraoui H, Meziani S. Effet de la contrainte saline sur la germination et la croissance de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) [En ligne]. Mémoire de Master. Algérie : Université 8 Mai 1945 Guelma, 2019, p 248. Disponible sur consulté le (04/06/2020).
 - Baillon, H 1872. Histoire des plantes monographie des malvacées. Librairie hachette. Paris
 - Barracosa, et al, e. (2007). Evaluation of fruit and seed diversity and characterization of carob(*ceratonia siliqua*) Cultivars in algarve region. Dans osorio, & cravador.
 - Bartels, D. Sunkar, R. 2005. Drought and salt tolerance in plants. Crit. Rev. Plant Sci., 24(1): 23-58.
 - Battle I. Et Tous J., 1997. « Carob tree. *Ceratonia siliqua* Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops». 17. Institue of plant Genetic and crops Plant Research. Gatersleben/International Plant Ressources Institue. Rome. Italy.92- 97 p.
 - Bein, E., Habte, B., Jaber, A., Birnie, A. & Tengnäs, B., 1996. Useful trees and shrubs in Eritrea: identification, propagation and management for agricultural and pastoral communities. Technical Handbook No 12. Regional Soil Conservation Unit, Nairobi, Kenya.
 - Belfetni M A . 2021. Etude de la reproduction et la croissance du caroubier - *Ceratonia siliqua* - . MEMOIRE MASTER IN Ecophysiologie végétale. UNIV DE Tébessa . P : 09-10
 - Ben Hassine H., 2005. Effets de la nappe phréatique sur la salinisation des sols de cinq périmètres irrigués en Tunisie. Étude et Gestion des Sols, Vol.12, pp 281-300.
 - Bengoechea, et al, e. (2008). Composition and structure of carob (*Ceratoniasiliqua* L.) Germ proteins. Dans R. Ro, Villanueva, Moreno, Alaiz, & Millán. Food Chemistry.

Référence bibliographique

- Benmahioul, B., Kaid-Harche, M., & Daguin, F. (2011). Le caroubier, une espèce méditerranéenne à usages multiples. *Forêt méditerranéenne*, 32(1), 51-58. Biner B., Gubbuk H., Karhan M et Aksu M. Et Pekmezci M, 2007, Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (*Ceratonia siliqua*) In Turkey, *Food Chemistry*, N°100 . PP : 1453-1455
- Bohnert H J, Jensen R G. 1996. Strategies for engineering water stress tolerance in plants. *Trends Biotechnol.* 14 : 89–97.
- Boublenza I ,2012 - Contribution à l'étude de multiplication du caroubier : *Ceratonia siliqua* - mémoire de magister en agronomie - univ tlemcen - p 34
- Boulal, H., Zaghouane O., El Mourid M., Rezigui S. 2007. Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (Blés et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). pp 63- 68.
- Bruno Melo Lustosa , Lígia Gomes Ferreira de Souza , Gabriella Frosi , Hiram Marinho Falcão ,Silvia Pereira , Marciel Teixeira Oliveira , Mauro Guida Santos . 2017. Strategies of two tropical woody species to tolerate salt stress . Universidade Federal de Pernambuco.
- Bryssine ., 1961 . la salinité du sol et ses problèmes dspace . univ tlemcen.dz/bitstream/112/7177/1/BOUMAAZA-Boualem.
- Burn A.1980, Effets comparés de différence concentrations de Na Cl sur la germination ; la croissance et l a composition d quelques populations de luzernes annuelles d'Algérie Thèse.Doc Cycle .Montpellier
- Calixto, et Canellas. (1982). Components of nutritional interest in carob pods *Ceratonia siliqua*. *Journal of the Science of Food Agriculture*(N°33), pp. 1319–1323.
- Candolle A. (1983). *L'origine des plantes cultivées*. Balière, Paris, France.
- Catarino F., 1993. Le caroubier une plante exemplaire. *Naturopa conseil de l'Europe*. Centre Naturopa. N° 73, pp. 14-15.
- Catarino F.M. & Bento-Pereira F., 1976. Ecological characteristics and CO2 fixation in a xerophytic plant (*Ceratonia siliqua*). Vardar, Sheikh, Ozturk. Turquia.
- Chaaou, A., Chikhaoui, M., Naimi, M., Kerkour El Miad, A., & Achemrk, A. (2020). Cartographie Du Risque De Salinité Des Sols À L'aide De L'approche Des Indices Et Des Données Multi-Sources: Cas De La Plaine De Tadla Au Maroc. *European Scientific Journal*, ESJ, 16(33), 206. <https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n33p20>.
- Chajjai, Bouchra .2017. Le Caroubier (*Ceratonia siliqua*) : arbre aux intérêts multiples (médicinaux, alimentaires, écologiques ...)Université de Montpellier .

Référence bibliographique

- Chamekh, 2010. analyse de la réponse de quelques génotypes de blé dur (*Triticum turgidum* ssp *durum*) à la contrainte saline dans trois Gouvernorats du centre de la Tunisie. Institut national agronomique de Tunisie - Master en agronomie et biotechnologie végétale
- Chaves M M, Pereira J S, Rodrigues M L, Ricardo C P P, Osório M L, Carvalho I, Faria T, Pinheiro C. 2002. How plants cope with water stress in the Field : photosynthesis and growth. *Annals of Botany*. 89 : 907-916.
- Chaves. M., Pereira. J. S., 2003. Understanding plant responses to drought-from genes to the whole. *Funct. Plant. Biol*, 30: 239 - 264.
- Cheek, M. & Dorr, L., 2007. Sterculiaceae. In: Beentje, H.J. & Ghazanfar, S.A. (Editors). *Flora of Tropical East Africa*. Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, United Kingdom. 134 pp.
- Cheeseman J M. 1988. Mechanism of salinity tolerance in plants. *Plant Physiol*. 87 : 547–550.
- CHESWORTH W., 2008. *Encyclopedia of Soil Science*, Ed. Springer Dordrecht, Berlin, 902 p.
- CHIAI, 2020. Le caroubier : utilisations et intérêt économique. Université des Frères Mentouri Constantine 1
- Chinnusamy, V., Zhu, J., Zhu, JK. (2006). Gene regulation during cold acclimation in plants. *Physiol Plantarum* 126 (1), 52-61.
- Come D., Corbineau F., (1984): Primary dormancy sets in during seed development .
- Dakia, et al, e. (2008). Composition and physicochemical properties of locust bean gum extracted from whole seeds by acid or water dehulling pre-treatment. Blecker, Robert, Wathelet, & Paquot, *Food Hydrocolloids* (Vol. 22, pp. 107-818).
- Degl’Innocenti , 2009 .L’effet de la salinité sur l’activité photosynthétique chez les espèces d’orge déficientes en potassium. Dipartimento di Chimica e Biotecnologie Agrarie, Université de Pise, Via del Borghetto 80, 56124 Pise, Italie
- Deymie B., (1984): Factors affecting germination such as dormancy of germination capacity are basic quality traits.

Référence bibliographique

- Drevon J.J., Saadallah K., Hajji M., Abdelly C. (2001) : “Genotypic variability for tolerance to salinity of N₂-fixing common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) “, *Agronomy*, 21, 675-682.
- Durand J.H, 1983. Les sols irrigables, Agence de coopération culturelle et technique. P.U. France, 190 p.
- Dutuit P. Et R. Gorenflot. 2008. Glossaire pour le développement durable : des mots pour les maux de la planète, Ed des archives contemporaines, p 182.
- Eid Mohamed Zaen El Deen, Omima Mostafa El-Sayed, Abd El-Rahman Ibrahim El-Sayed, Ghada Abd El-Moneim Hegazi 2014 . Studies on Carob (*Ceratonia siliqua*) Propagation
- Elmekaoui m, 1987, Etude de la tolérance du NaCl chez le blé dur, tendre et l’orge ; Thèse ing ENSA MONTPELLIER ; France.
- Epstein.E, Norlyn.D.W, Ruch .R.W, Kinsbury, A.F, Cunningham, A.F, Wrona; (1980). Saline culture of crops:ageneticapproach, *Science* (2310), p399– 404.
- Estrada C., Vázquez M., Melis B. & Vadell J., 2006. Fruticultura de secano. El Algarrobo. In: Labrador. J, Porcuna. J.L & Bello. A (Cords), *Manual de agricultura y ganadería ecológica*. Eumedia. España, pp. 186-195.
- Estrada et al, 2006.fruticultura de secano .El Algarrobo.In :Labrador.J, Porcuna .JL et Bello.A(Cords),Manual de agricultura y ganaderia ecologica .Eumedia .España,pp.186-195.
- Evaluation of Different Parameters to Screen Ornamental Shrubs for Salt Spray Tolerance . Università degli Studi di Catania .
- F.A.O, 2008. Annuaire statistique de la FAO.
- Fadel, F., Chebli, B., Tahrouch, S., Benddou, A., & Hatimi, A. (2011). Activité antifongique d'extraits de *Ceratonia siliqua* sur la croissance in vitro de *penicillium digitatum*. *Bulletin de la Société de Pharmacie de Bordeaux*, 150, 19-30
- Fahad Al-Qurainy, Salim khan , Mohamed Tarroum, Mohammad Nadeem, Saleh Alansi, Aref Alshameri and Abdel-rhman Gaafar . 2018. Comparison of salt tolerance between two potential cultivars of phoenix dactylifera l. Growing in saudi arabia . Department of botany and microbiology, college of science, king saud university, riyadh-11451, saudi arabia .
- FAOSTAT 2020.The Statistics division of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (www.faostat.fao.org)

Référence bibliographie

- Farooq & Mubshar Hussain & Abdul Wakeel & Kadambot H. M. Siddique. Salt stress in maize: effects, resistance mechanisms, and management. A review. Department of Agronomy, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan.
- Folch i Guillen R.(1981). La vegetació dels Països Catalans. Ed. Ketres, Barcelona.
- Foley M.E., (2001). Seed dormancy: an update on terminology, physiological genetics, and quantitative trait loci regulating germinability. *Weed Science*, 49: 305-317.
- Forster, P I & Guymer, G P (2002) Sterculiaceae in U. Eggli (ed.) *Illustrated Handbook of Succulent Plants: Dicotyledons*. Springer, Berlin, pp. 444–446.
- Gaucher, G., Burdin., 1974. *Géologie, géomorphologie et hydrologie des terrains salés*, presses, presses Universitaire de France, 230 P.
- Geneve, R. L. 2003. Impact of Temperature on Seed Dormancy. *HortScience* 38:336-341.
- Gharnit N., 2003 : Caractérisations et essai de régénération in vivo du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) Originaire de la province de chefchaou en (Nord-ouest du Maroc). Thèse de Doctorat en science. Université Abdelmalek Essaadi. Tanger
- Gharnit, N., N. El Mtili, A. Ennabili, F. Sayah (2006). Importance socio-économique du caroubier (*Ceratonia siliqua*) Dans la Province de Chefchaouen (nord-ouest du Maroc). *J. Bot. Soc. Bot. France* 33, pp : 43-48.
- Gutterman Y(1993). *Seed germination in desert plants adaptation of desert organisms*. Berlin Springer-verlag.
- Hariri A, N.OUIS, Sahnouni F et D.Bouhadi (2009), mise en œuvre de la fermentation de certains ferments lactiques dans des milieux a base des extraits de caroube, *rev. Microbiol. Ind. San et environn.* Pp. 37-55.

Référence bibliographie

- Hartmann T.H., Kester D.E., Davies F.T.Jr. and Geneve R.L., (1997). Plant Propagation: Principles and Practices, 6th ed. Prentice-Hall Inc., Upper Saddle River, New Jersey,U.S.A., 770 p.
- Hillcoat D., Lewis G. & Verdcourt B., 1980. A new species of *Ceratonia* (leguminoceacaesalpinioideae) from Arabia and the Somali Republic. Kew bull. 35: 261-271
- Hopkins W. G., 2003. Physiologie végétale. 2ème édition. De Boeck, Bruxelles: 61-476.
- Hosni, S., 2008 .La tolérance au sel (rapport).écophysiologicals végétales <http://hosni.unblog.fr/2009/01/13/la-tolérance-au-sel/>.
- Ilahi, I. Et Vardar Y., 1976. Studies in Turkish carob (*Ceratonia siliqua*). IV Acidic Auxin-like and inhibitory substances in fruit morphogenesis. Planta 129:105-108. 1976
- Imlay J A, Linn S. 1988. DNA damage and oxygen radical toxicity. Science. 240 : 1302– 1309.
- IRD, 2008. Les dossiers thématiques de l’Institut de recherche pour le développement. Les sols sont fragiles. 21p.
- Jaenicke et Beniést., 2003 - la multiplication végétative des ligneux en agroforesterie. Manuel de formation et bibliographie, World Agroforestry Centre p 1
- Jaouadi W., Hamrouni N., Souayeh N., Khouja M. (2010).Étude de la germination des grains d’Acacia tortilis sous différentes contraintes abiotiques. Biotéchnol. Agron. Soc, 14 :643-652.
- Johnson, et al, e. (1988). Application of LBC in food and pet food systems. Dans Bruun, okkala, Neukom, P. Fitoanf, & A. Mulet (Éds.), in Proceedings of the II Internationa Carob Symposium (pp. 577-587). Valencia, Spain.
- Karpe A, Nikam A A, Chimote K P, Kalwade S B, Kawar P G, Babu H Devarumath R M, Suprasanna P. 2012. Differential responses to salinity stress of two varieties (CoC 671 and Co 86032) of sugarcane (*Saccharum Officinarum* L.). African Journal of Biotechnology. 11 : 9028-9035
- Khouas A et Hamamou M 2019 . Caractérisation morphologique, anatomique et biochimique de l’espèce *Ceratonia siliqua* (Caroubier) provenant des régions Blida et Tipaza .Mémoire Master in Biodiversité et Physiologie Végétale. Univ Blida .P 06

Référence bibliographique

- Kidane, B., T. van Andel, L. J. van der Maesen, Z. Asfaw. 2014. Use and management of traditional medicinal plants by Maale and Ari ethnic communities in southern Ethiopia Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine, 10:46 (2014).
<http://www.ethnobiomed.com/content/10/1/46>
- Kloppmann W., Bourhane A., Asfirane F., 2011. Méthodologie de diagnostic de l'origine de la salinité des masses d'eau, BRGM, Orléans, 123p
- Kocherane R 2021 - Caractérisation morpho-écologique et phytochimique du caroubier (*Ceratonia siliqua*) En Algérie – these de doctorat en sciences agronomiques univ Djelfa p 27-28
- Krasensky J, Jonak C. 2012. Drought, salt and temperature stress-induced metabolic rearrangement and regulatory networks. J Exp Bot. 4 : 1593-1608.
- Lahlou, A., 2000. Quel environnement pour l'Afrique du nord. Ed. Dar El Qualam, Rabat (Maroc), 265 p.
- Langridge, P., Paltridge, N., Fincher, G. (2006). Functionnal genomics of abiotic stress tolerance in cereals. Brief Funct Genomic Proteomic 4, 343-354.
- Laouer Zoulikha et Touahar . 2019. Latifa. Etude de l'aptitude de germination et la levée de la dormance des graines des espèces spontanées sahariennes vivaces les plus broutées par le dromadaire. Mémoire de Master Académique. en Parcours et Elevages en Zones Arides Univ ouargla . p 27-28
- LÊ C, L, Thomas, D, Nowbuth, L ., 2002. Conservation des pommes de terre in vitro et caractérisation des variétés cultivées en suisse .suisse Agric 34(3):133-136.
- LE PAGE R. et RETOURNARD D., 2000. « L'ABC de bouture, geste par geste ». Ed. Rustica éditions, Paris. (p 9,15)
- Liphshitz, 1987. *ceratonia siliqua* L .in Israel: An ancient or a newcomer. Israël J.Bot.36 :191- 197.
- LOYER, 1991. Classification des sols salés : les sols Salic. Cahiers ORSTOM, sér. Pédol., vol. XXVI, pp 51- 61
- Ma Y., Feurtado A. and Kermodé A.R., 2003- Effect of solid matrix priming during moist chilling on dormancy breakage and germination of seeds of four fig species. New Forests, 25: 49-66.
- Mahdad M Y. 2013. Situation et perspectives d'amélioration du caroubier (*Ceratonia siliqua*) Dans le Nord-ouest de l'Algérie. Mémoire Magister en agronome. Univ de Tlemcen. P : 05 – 18

Référence bibliographique

- Mane, AV., Deshpande, TV., Wagh, VB., Karadge, BA., Samant, JS. (2011). A critical review on Références bibliographiques 147 physiological changes associated with reference to salinity. *Inter J Environ Sci* 1, 1192–1216.
- Melalih Ahmed .2011. Analyse des techniques de conservation de l'eau et du sol dans la zone aride cas bassin versant d'AIN SEFRA. MEMOIRE de magister en sciences agronomiques. Université de Tlemcen .
- Melgarejo P. & Salazar D.M., 2003. Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas. Vol. II. Mundi-Prensa. España, pp. 19-162.
- Mermoud A., 2006. Cours de physique de sol : Maîtrise de la salinité des sols. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, 23 p.
- Mesnoua, 2016. Stress abiotiques sur *Atriplex halimus* L : Effet des métaux lourds et caractérisation des biomarqueurs et bioindicateurs. Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem
- Mitrakos K.(1981). Temperature germination responses in three mediterranean evergreen sclerophylls. In: Margaris N.S. & Mooney H.A., (Eds). *Components of Productivity of Mediterranean-climate Regions - Basic and Applied Aspects*. Dr.W. Junk Publishers, The Hague/Boston/London. Pp. 277-279.
- Mohamedi Mod. 2011. Etude de l'effet du stress salin (NaCl) chez deux variétés de tomate (Campbell 33 et MongaL). Vol. 5 No. 3. DOI: 10.4314/ijbcs.v5i3.72171
- Morat PH. 1986. Rappel historique du genre *Sterculia* L. en Nouvelle-Calédonie et réhabilitation du genre *Acropogon* Schltr. (*Sterculiaceae*) . *Bull. Mus. natn. Hist. nut.* Paris, 4 : 351-364.
- Munns, R. 2008. Sodium excluding genes from durum wheat and sea barleygrass improves sodium exclusion of bread wheat. 2nd International Salinity Forum Salinity, water and society-global issues, local action.
- Mwase W. F., Mvula T., 2011 . Effect of seed size and pre-treatment methods of *Bauhinia thonningii* Schum. on germination and seedling growth. *African Journal of Biotechnology*, 10 : 5143-5148.
- Nanjo, T. Fujita, M. Seki, M. Kato, t. Tabata, S. and Shinozaki, K. 2003. Toxicity of free proline revealed in an *Arabidopsis* T-DNA-tagged mutant deficient in proline dehydrogenase. *Plant Cell physiol.*, 44(5): 541-548.
- Neukom. (1988). Carob bean gum: properties and applications. (In: P. Fito, & A. Mulet, Éds.) *Proceedings of the II International Carob Symposium*, pp. 551-555.

Référence bibliographique

- Nivot, N. 2005. Essais de germination et de bouturage de six espèces indigènes sciaphytes du Canada. Thèse. Université Laval.
- Orphanos, et Papaconstantinou. (1969). The carob varieties of Cyprus Tech, Bull 5. Cyprus Agricultural Research Institute, Cyprus Agricultural Research Institute.
- Ouedraogo A. et A. Thiombiano, 2012, Regeneration pattern of four threatened tree species in sudanian savannas of Burkina Faso, *Agroforestry Systems*, 86, 1, pp. 35-48. DOI : 10.1007/s10457-012-9505-9
- Owusu, F.W. & Derkyi, N.S.A., 2011. *Sterculia diversifolia* (Lour.) Fiori. [Internet] Fiche de PROTA4U. Brink, M. & Achigan-Dako, E.G. (Editeurs). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Pays Bas. <<http://www.prota4u.org/search.asp>>.
- P. Subhashini Devi, B. Satyanarayana, A. Arundhati & T. Raghava Rao (2012) Effect of storage temperature and dormancy-breaking treatments on seed germination, moisture content and seed vigor in gum karaya (*Sterculia urens* Roxb.), *Forest Science and Technology*, 8:1, 11-15, DOI:10.1080/21580103.2012.658235
- P.J. Correia, F. Gama, M. Pestana, M.A. Martins-Louçã. 2010. Tolerance of young (*Ceratonia siliqua*) carob rootstock to NaCl. *Agricultural Water Management*. journal homepage.
- Priel B., Retournard D., 2005. « Multipliez toutes les plantes de jardin, espèce par espèce, geste par geste », Ed. Rustica éditions, Paris.
- Priolo A., Waghorn GC., Lanza M. Et al. (2000) Polyethylene glycol as a means for reducing the impact of condensed tannins in carob pulp: Effects on lamb growth performance and meat quality. *J animsci*, 78: pp810–6.
- Qados, 2011 ; Effet du stress salin sur la croissance des plantes et le métabolisme de la plante de haricot *Vicia faba* (L.)
- Rao, N.K., Hanson, J., Dulloo, M.E., et Ghosh, K. (2006). Manipulation des semences. (Ed.), Bioversity International. 181 p. I
- Rejeb M. N. (1995). « Le caroubier en Tunisie : Situations et perspectives d'amélioration, in Quel avenir pour l'amélioration des plantes ? Edit. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext. Paris : pp. 79-85.
- Richard D., Chevalet P., (2010): Biologie licence. 2^{ème} édition. Ed. DUNOD. Paris.

Référence bibliographique

- Robert D, Dumas C, Bayon C., 1998. La reproduction .Edt .Doun initiatives santé pp 373.
- Robert, M., 1996. Le sol : interface dansl'environnement, ressource pour le développement. Masson, Paris, p.241.
- Ruffo; C.K. Ann Birnie & BO Tengnas. 2002. *Edible Wild Plants of Tanzania*, Nairobi, Kenya, English Press, ISBN 9966-896-62-7, p. 768
- Sahari Abdelkader Bensmain Abdelwahab . 2021. Inventaire variétale du caroubier *Cerantonia siliqua*.(Fabacées) dans la région du Tlemcen: comparaison phréologique. Master en Agronomie .univ Tlemcen
- S. Karoune, M.S.A. Kechebar, Y. Halis1, A. Djellouli et C.2016. Rahmoune.Effet du stress salin sur la morphologie, la physiologie et la biochimie de l'Acacia albida. Université Mentouri de Constantine Algérie.
- Sbay, H., 2008. Le caroubier au Maroc, Un arbre d'avenir. CRF Collection Maroc Nature. 50 p
- Sbay, H.et M.S. Lamhamedi, 2015 (éds.). Guide pratique de multiplication végétative des espèces forestières et agroforestières : Techniques de valorisation et de conservation des espèces à usages multiples face aux changements climatiques en Afrique du Nord. Royaume du Maroc, Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification, Centre de Recherche Forestière, 33- 55 p.
- Schweinfurth G. (1894). Sammlung arabisch-aethiopischer Pflanzen, Ergebnisse von Reisen in dem Jahren 1881, 1888-89, 1891-92. Bull, Herb. Boissier 2:1-114.
- Seeds Abdelwadoud A. Elkhalifa, Amani Abdelrahim Kobbail and Elkheir Mugadam Salih .2020 . Characteristics and Germination BehaviorOf *Sterculia setigera* (L.) Del. Faculty of Forestry and Range Science, Sudan University of Science and Technology. Sudan Journal of Science and Technology.
- Servant, J. M., 1975: Etude pédologique des sols halomorphes. Thèse. Doc. Uni. Montpellier, 194 p.
- Silva-OrtegaaAna E.Ochoa-AlfaroaJuan A.Reyes-AgüerobGerardo A.Aguado-SantacruzJuan F.Jiménez-Bremont, 2008. Salt stress increases the expression of *p5cs* gene and induces proline accumulation in cactus pear. División de Biología Molecular, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, Camino a la Presa de San José 2055, Apartado Postal 3-74 Tangamanga, 78210 San Luis Potosí, San Luis Potosí, Mexico.

Référence bibliographie

- Sobhanian, H., Razavizadeh, R., Nanjo, Y., Ehsanpour, AA., Jazii, FR., Motamed, N., Komatsu, S. (2010). Proteome analysis of soybean leaves, hypocotyls and roots under salt stress. *Proteome Science* 8(1), 19.
- Stefania Toscano , Ferdinando Branca , Daniela Romano , and Antonio Ferrante .2020. An
- Steiger H M, Beck E, Beck R. 1977. Oxygen concentration in isolated chloroplasts during photosynthesis. *Plant Physiol.* 60 : 903–906.
- *Sterculia diversifolia* (Lour.) Fiori .
- Sudhir, Denys Pogoryelov , László Kovács et Győző Garab, 2005 , The Effects of Salt Stress on Photosynthetic Electron Transport and Thylakoid Membrane Proteins in the Cyanobacterium *Spirulina platensis*. Department of Biochemistry, Sri Venkateswara University, Tirupati, India-517502 . Institute of Plant Biology, Biological Research Center, Hungarian Academy of Sciences, H-6701 Szeged, P.O. Box 521, Hungary
- Talame, V., Ozturk, NZ., Bohnert, HJ., Tuberosa, R. (2007). Barley transcript profiles under dehydration shock
- Tantra, I. G. M., 1976. - A revision of the genus *Sterculia* L. in Malesia (*Sterculiaceae*). Depart. Pertanian, Lembaga Penilitian Hutan. Communication 102.
- Tazir Y et Bendoukhane I .2019. Etude in vivo de l'effet d'extrait de caroube « *Ceratonia siliqua* » sur le syndrome métabolique induit par le fructose . Mémoire master in Biochimie appliquée univ CONSTANTINE P : 06
- Touré M , Samba A.N.S, Dramé A.,Wade M , Gaye A., Niang D, Gassama Y.K. . 2009. *Sterculia setigera* Del.: germination et propagation végétative. *Journal des Sciences et Technologies* . Vol. 8 n°1 pp. 35-44.
- Vardar, & al, e. (1972). Preliminary results on the chemical composition of the Turkish carob beans. Dans Seçurenand, & Ahmed, *Qual Plant Mater* (Vol. XXI, pp. 318- 327).
- Vavilov N.I., (1951). *The Origin, Variation, Immunity and Breeding of Cultivated Plants* [translated from the Russian by K.S. Chester]. The Ronald Press Co., New York.
- Verslues, P., Agarwal, M., Katiyaragarwal, S., Zhu, J. (2006). Methods and concepts in quantifying resistance to drought salt and freezing abiotic stresses that affect plant water Stans. *Plant J* 45, 523-530. and drought stress treatments: a comparative analysis. *J Exp Bot* 58,229–240.

Référence bibliographique

- Vinebrooke rolf D., cottingham k.l. , norberg J ., scheffer M . Dodson S . I ,Maberly S. C ET SOMMER U. , 2004 , impacts of multiple stressors on biodiversity and ecosystem fonctionnig the role of species co- tolerance . OIKOS. , 104/ 4516 457.
- Wang, J., Zuo, K., Wu, W., Song, J., Sun, X., Lin, J., Li, X., Tang, K. (2003). Molecular cloning and characterization of a new Na⁺/H⁺ antiporter gene from Brassica napus. Mitochondrial DNA: J DNA Map, Seq, Anal 14, 351-358
- Wise R R, Naylor A W. 1987. Chilling-enhanced photooxidation: evidence for the role of singlet oxygen and endogenous antioxidants. Plant Physiol. 83 : 278–282
- Wri, 2002. Drylands, people, and ecosystem goods and services: a web-based geospatial analysis.
- Yoshiba, Y. Nanjo, T. Miura, S. Yamaguchi-Shinozaki, K. Shinozaki, K. 1999. Stress-responsive and developmental regulation of Delta (1)-pyrroline -5-carboxylate synthetase 1 (P5CS1) gene expression in Arabidopsis thaliana. Biochem. Biophys. Res. Commun., 261: 766-772.
- Younes A et Abdelhakim H. 2021. Amélioration du flux de production pour l'entreprise SARL BOUBLENZA . Mémoire d'ingénieur in Management industriel et logistique. Univ Tlemcen. P 10 – 12
- Yshida, k. 2002. Plant biotechnology genetic engineering to enhance plant salt tolerance. J. Biosci. Bioeng., 94: 585-590.
- Zegeur A Bissar M 2019 - Le caroubier en Algérie : Valorisation et perspectives- Mémoire MASTER ACADEMIQUE in Sciences alimentaires – UNIV M'SILA P 17 – 18
- Zhang , H., liu, Y., Wen ,f., Yao, D., Wang , L., Guo , J. and Jiang , M. 2014. A novel rice c2 h2 –type zinc finger protien , ZFP36, is a key player involved in abscisic acid – induced antioxidant defence and oxidative stress tolerance in rice . Journal of experimental botany, 65(20), 5795-5809.
- Zohair O. (1996). « Le caroubier, situation actuelle et perspectives d'avenir », Document interne, Eaux de Forêt, Maroc, pp 22.
- Zohary M. Et Orshan G.(1959). The maquis of Ceratonia siliqua in Israel. Palest. J. Bot.
- Zohary M., 1973. Geobotanical Foundations of the Middle East, 2 vols. Stuttgart.
- Zuazo, V.H.D., Martí´nez, R.A., Ruiz, J.A., 2004. Impact of salinity on the fruit yield of mango

