



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



Faculté des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie
Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme
de Master académique en
Filière : Sciences agronomiques
Spécialité : Production végétale

Présentée par :

ADA Halima

SAFOU Sara

Thème

*Etude de la germination des graines de *Ceratonia
siliqua* sous différentes contraintes abiotiques*

Soutenu le /06/2023

Les membres de jury:

Devant le Jury :			
ZEMOUR.Kamel	Président	M.C.B	Univ-Tissemsilt
GADOUM.Abdelkader	Encadreur	M.C.B	Univ-Tissemsilt
CHOHIM. KadaMohamedAmine	Examineur	M.C.B	Univ -Tissemsilt

Année universitaire : 2022/2023.



Remerciement

*Nous voulons d'abord remercier Dieu Tout-Puissant de nous avoir
Compte tenu de la force, de la volonté et de la patience tout au long de nos
années scolaires.*

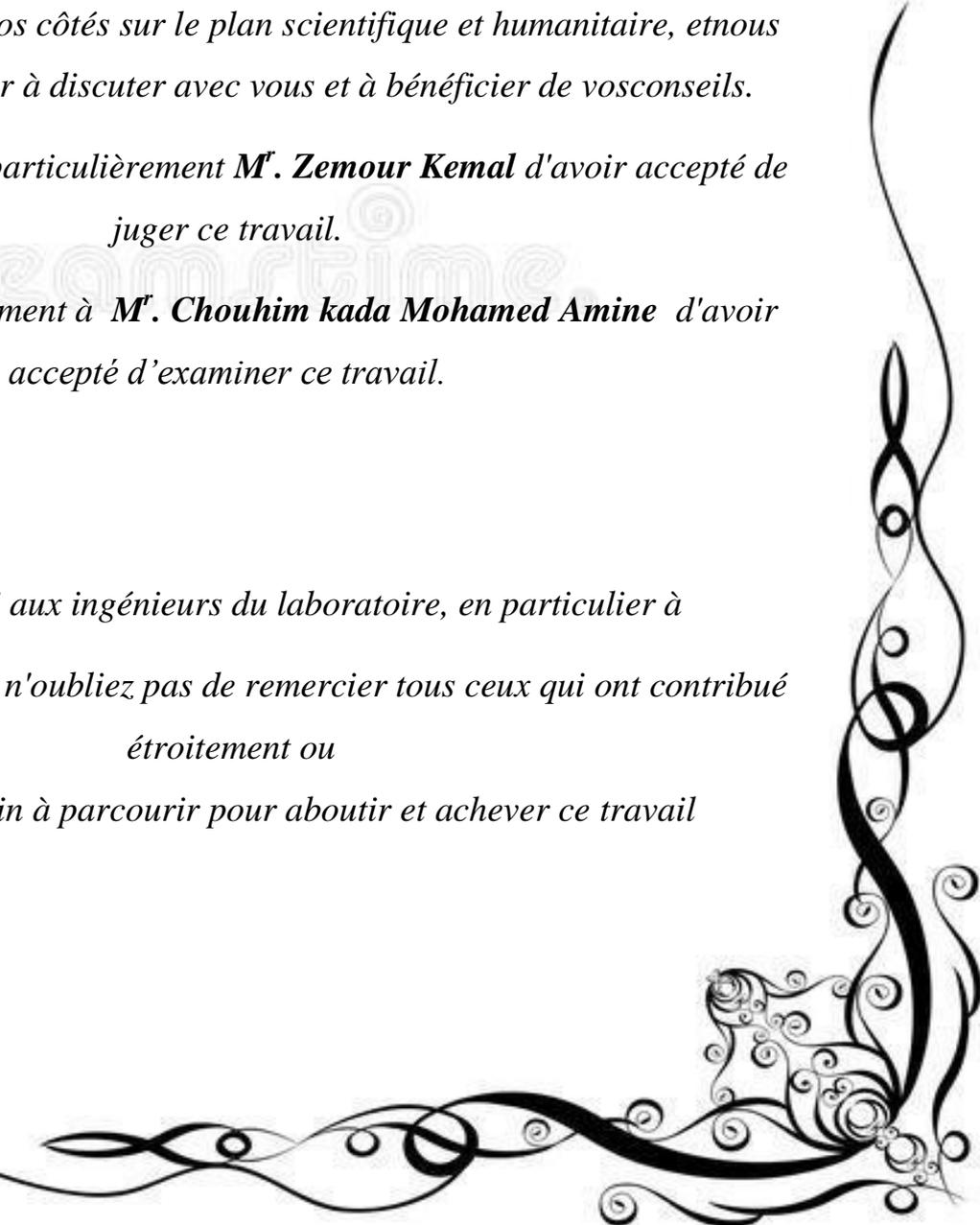
*Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à notre encadrant
M^rGadoum Abdelkader pour ses précieux conseils, sa disponibilité, sa
gentillesse et sa patience tout au long de ce travail. Nous avons beaucoup
apprécié travailler à vos côtés sur le plan scientifique et humanitaire, et nous
avons toujours plaisir à discuter avec vous et à bénéficier de vos conseils.*

*Nous remercions tout particulièrement **M^r. Zemour Kemal** d'avoir accepté de
juger ce travail.*

*Nos sincères remerciement à **M^r. Chouhim kada Mohamed Amine** d'avoir
accepté d'examiner ce travail.*

*Un grand merci aux ingénieurs du laboratoire, en particulier à
M^{me} chaheh Hadjira et n'oubliez pas de remercier tous ceux qui ont contribué
étroitement ou*

Un long chemin à parcourir pour aboutir et achever ce travail





Dédicaces

Avec l'aide de Dieu, j'ai pu faire mon humble travail que j'ai consacré:

A mes chers parents,

Naturellement, mes pensées les plus fortes iraient vers ma mère, à qui je dois ma vie et une partie essentielle de ma personnalité. J'espère que vous savez que l'amour que vous me donnez continue de m'émouvoir et me permet de voir l'avenir comme un défi, et cet humble travail est le fruit de tous les sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et ma formation.

Mes chères sœurs, Khadija et Khaldia

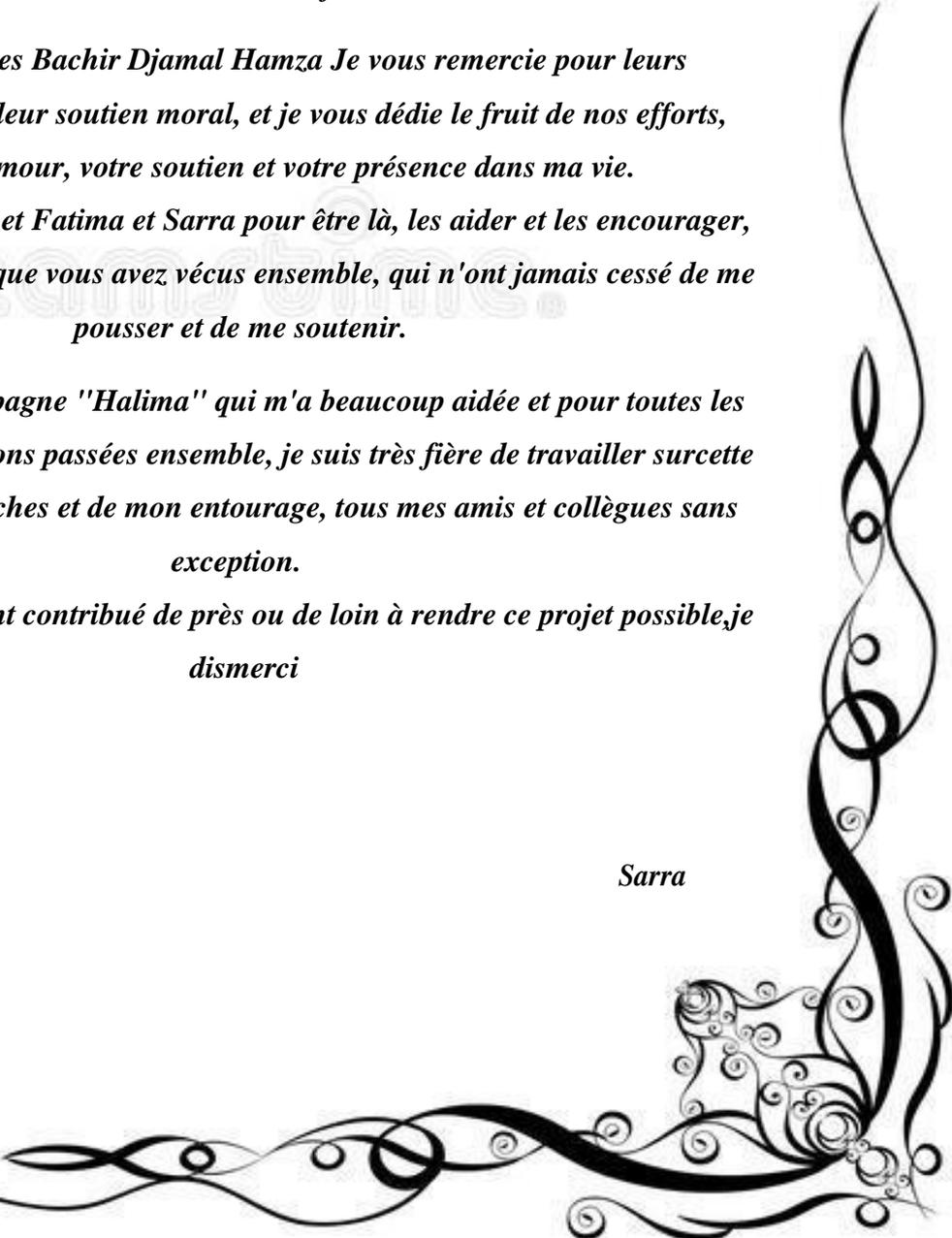
A mes chers frères Bachir Djamal Hamza Je vous remercie pour leurs encouragements et leur soutien moral, et je vous dédie le fruit de nos efforts, pour votre amour, votre soutien et votre présence dans ma vie.

A mes amies Ahlam et Fatima et Sarra pour être là, les aider et les encourager, et pour les moments que vous avez vécus ensemble, qui n'ont jamais cessé de me pousser et de me soutenir.

A ma très chère compagne "Halima" qui m'a beaucoup aidée et pour toutes les journées que nous avons passées ensemble, je suis très fière de travailler surcette mémoire de mes proches et de mon entourage, tous mes amis et collègues sans exception.

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à rendre ce projet possible, je dismerci

Sarra





Dédicaces

Je suis reconnaissant envers Dieu pour m'avoir accordé la foi qui m'a permis d'atteindre ce point, et je souhaite dédier ce travail à mes parents ainsi qu'aux personnes les plus bienveillantes de mon cœur qui m'ont toujours encouragé tout au long de mes études. Mes remerciements spéciaux vont à MansouriSouhila, Belaid Abdel Kadir. mes sœurs Chaima et Hadjer, mes frères Bin Amar, Sid Ali et Ramadan, mes amis et petites amies Yasmine, Ahlam et SoumiaSoker, OuazirAbed Kadir, AzelilSarah .et mon amie AmraneAbir qui m'ont soutenu dans mon travail. Je tiens également à mentionner les portfolios de chaque classe de production végétale de ma deuxième année de master, ainsi que toutes les personnes qui me sont chères."

Halima



Liste des tableaux

	Titre	Page
01	Classification de Caroubier	5
02	Composition chimique de la caroube	9
03	la production algérienne de caroube dans la période (2010-2019)	11
04	Préparation de doses de PEG 6000	28
05	Préparation de doses de Nacl	28
06	le protocole de préparation des graines du caroubier pour le test de germination	29
07	les mesures biométriques des gousses de caroubier	35

Liste des figures

N°	Titre	Page
01	Racines du caroubier.	6
02	tronc de caroubier	6
03	Feuilles du caroubier	7
04	fleurs du caroubier	7
05	Fruit du caroubier	8
06	Les graines du caroubier	8
07	Centre d'origine et distribution du caroubier dans le monde (BOUBLENZA,2012)	10
08	Répartition du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatiques	10
09	Production mondiale de la caroube en 2017	11
10	Les différentes phases de la germination	15
11	Deux échantillons de caroube	25
12	exemple de choix de 100 gousses	25
13	Les outils utilisés dans les mesures biométriques des gousses	26
14	désinfection des graines de caroube par l'eau de javel diluée	27
15	disposition des graines dans la boite de pétri	27
16	Préparation des Doses de PEG6000	28
17	Préparation des Doses de NaCl	28
18	Répartition des boites de pétri dans l'étuve	30
19	Développement des radicules des prétraitements différents	32
20	Centrifugeuse	33
21	Spectrophotomètre	33
22	Précocité de germination des graines (%) du caroubier.	35
23	Cinétique de germination des graines de <i>Cératoniasiliquas</i> sous stress hydrique.	36
24	Cinétique de germination des graines de <i>Cératoniasiliquas</i> dans stress salin.	36
25	Cinétique de germination des graines de <i>Cératoniasiliquas</i> dans stress hydrique +salin.	37
26	Coefficient de vitesse (Cv) et temps moyen de germination (Tm) des graines du caroubier.	37

27	La durée de germination.	38
28	Taux final de germination.	39
29	Longueur de radicule de graines germées.	39
30	Représente le pourcentage de chlorophylle A dans la plante de caroubier.	40
31	Représente le pourcentage de chlorophylle B dans les graines de caroube.	41
32	Teneur en sucre soluble dans les graines de caroube.	42
33	Représente le pourcentage de poly phénols dans les graines de caroube.	42

Liste des abréviations

m	Mètre
Cm	Centimètre
Mm	Millimètre
g	Gramme
µg	Micro gramme
C°	Dégré Celsius
%	Pourcentage
Faostat	Food and agriculture organisat
PEG	Poly éthylène glycol 600
Nacl	Chlorure de sodium
mL	Millilitre
NT	Nombre total des grains
Ni	Taux de vélocité
Tg	Temps de germination
T	Temps moyen
Tm	Témoin
T	Dose de 20%de PEG 6000
D1	Dose de 30%de PEG 6000
D2	Dose des 45%de PEG 6000
D3	Dose 600mM de Nacl
D1	Dose 800mM de Nacl
D2	Dose1000Mm de Nacl
D3	Folincioaltea
FC	Stress salin
Ss	Stress hydrique
Sh	

Remerciement	
Dédicaces	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abréviations	
SOMMAIRE	
Introduction	1
CHAPITRE I: GENERALITES SUR LE CAROUBIER SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	
1- Généralités sur les caroubier	5
2- Classification botanique	5
3- Description botanique	5
3-1 Le Systèmeracine	6
3-2 Le tronc	6
3-3 Feuille	7
3-4 Fleurs	7
3-5 Fruit	8
3-6 Graines	8
4- Composition chimique de la caroube	9
5- Répartition géographique	9
5-1 Dans le monde	9
5-2 En Algérie	10
6- Production de caroubes	11
6-1 Production mondiale	11
6-2 Production algérienne	11
7- Intérêt et utilisation du caroubier	12
CHAPITRE II: GENERALITES SUR LA GERMINATION	
1- Définition de germination	14
2- Types de germination	14
3- Les phases de la germination	14
3-1 Phase d'imbibition	14
3-2 Phase de germination	14
3-3 Phase de croissance	15
4- Conditions de la germination	15
4-1 Les facteurs internes	15
4-1-1 La maturité	15
4-1-2 La longévité	16
4-2 Les facteursexternes	16
4-2-1 L'oxygène	16
4-2-2 La lumière	16
4-2-3 Température	16
4-2-4 L'eau	16
CHAPITRE III: LE STRESSE ABIOTIQUE	
1- Stress abiotique	18
2-Stress hydrique	18
3-Effet du stress hydrique sur le développement des plantes l'eau dans la plante	18
3-1 Effet du stress hydriquesur la germination	18

3-2 Effet du stress hydrique sur les traits morphologiques	19
4-Mécanisme d'adaptation des plantes au stress hydrique	19
5- Définition de PEG 6000	19
5-1 Effet de la PEG 6000	20
6- Le stress salin	20
6-1 Effet de la salinité sur la germination	20
6-1 Effet de la salinité sur la croissance et le développement	21
6-2 Effets de la salinité sur l'état physiologique de la plante	21
1- Mécanismes de réponse de la plante au stress salin	22
PARTIE EXPERIMENTALE	
MATERIEL ET METHODE	
1- La préparation des échantillons	25
2- Paramètres biométriques	25
2-1 Les mesures biométriques des gousses	25
3- Test de germination	26
3-1 Préparation des graines pour les tests de germination	26
3-2 Matériels utilisés	27
3-3 Préparation des doses de PEG 6000	28
3-4 Préparation des doses de NaCl	28
4- Les paramètres étudiés dans le test de germination	30
4-1 Précocité de germination	30
4-2 Vitesse de germination	30
4-3 Durée de germination	31
4-4 Taux final de germination	31
5- Paramètre biométrique de radicule	31
6- Dosage de chlorophylle	32
7- Dosage des sucres solubles	32
8- Dosage de polyphénols totaux	33
9- Traitement statistique	33
RESULTATS ET DISCUSSION	
1- Les mesures biométriques des gousses	35
2- Paramètres de germination	35
2-1 Précocité de germination	35
2-2 Cinétique de germination	35
2-3 Vitesse de germination	36
2-4 Durée de germination	37
2-5 Taux final de germination	38
3- Longueur de radicules	39
4- Chlorophylle A	39
5- Chlorophylle B	40
6- Sucres solubles	41
7- polyphénol	
Discussion	45
Conclusion	48
References bibliographiques	
Résumé	

Introduction

Introduction

Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) est un arbre appartenant à la famille des Fabacées (Kaderiet al., 2014). Cette espèce agro-sylvo-pastorale possède d'énormes intérêts socio-économiques et écologiques (Bouazizet al., 2013 ; Gadoum et al., 2021). En effet, il est utilisé depuis des milliers d'années comme culture fourragère ou comme aliment pour la consommation humaine (Zohary, 2002). La valeur pharmaceutique de ses gousses et ses graines se traduit par son effet positif contre la diarrhée et certains maux d'estomac (Berrougui, 2007).

En Algérie le caroubier est largement répandue dans les zones côtières et semi-arides sous forme de forêts autonomes (Benmahiou et al., 2011). La diversité des utilisations de cette espèce peut constituer une source de revenus supplémentaires pour les communautés rurales vivant dans les régions montagneuses, qui sont souvent confrontées à une certaine instabilité. Cette situation a des répercussions directes sur la préservation des ressources forestières (Naggaret Lahssini, 2015).

Les stressés abiotiques, tels que la sécheresse, la salinité et le stress thermique, peuvent fortement affecter la croissance et le développement des plantes (Jeyasri et al., 2021). Généralement, ces obstacles sont très complexes et compromettent les différents dynamismes végétaux au niveau du transcriptome, des processus cellulaires et physiologiques tels que la floraison, le remplissage des grains et la maturation (Maiti et al., 2014).

Avec l'augmentation rapide de la population humaine, la croissance économique, l'expansion de l'agriculture irriguée et l'évolution des modes de consommation, ces stressés environnementales menacent la santé humaine, le cadre de vie et le développement durable en conséquence (Wang et al., 2021). Parmi eux, le stress hydrique et le stress salin sont les plus affectant où ils entravent grandement la croissance et la productivité des cultures (Yang et al., 2023 ; Wang et al., 2021 ; Masmoudi et al. 2010). Ces deux stressés agissent négativement sur les plantes à différentes stades de leur développement (Waqas et al., 2019 ; Shavrukov et al., 2017).

La germination des graines est l'étape cruciale qui détermine la bonne installation ultérieure de la plante. Nonobstant, elle est considérée comme les phases les plus sensibles au stress salin et au déficit hydrique. Ainsi, l'étude de sa réponse à ces deux contraintes pourrait emmener à définir les caractéristiques de réponse et d'adaptation des plantes (Lu et al., 2022). De ce fait, les caractéristiques de germination des graines de caroubier ont été étudiées et analysées dans cette étude, ainsi que les caractéristiques de tolérance au sel et au déficit hydrique. Autre objectif est non seulement de mieux comprendre leur effet sur ce stade

Introduction

végétatif et mais également d'estimer leur degré d'impact.

**SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE**

Chapitre I :
Généralités sur le caroubier

1- Généralités sur le caroubier

L'origine du caroubier (*Cératoniasiliqua*.L) semble être en Méditerranée orientale, où il a été domestiqué depuis 4000 av. (Aït Chitte et al. 2007). C'est un arbre tolérant à la sécheresse avec une durée de vie de plus de 200 ans (Rejeb et al.1991). Cette plante est une espèce agrosylvopastorale de grand intérêt socio-économique et écologique. En raison de sa capacité à développer différentes stratégies d'adaptation au stress hydrique, l'arbre est adapté à la croissance dans les régions arides et semi-arides (Rejeb, 1995).

2- Classification botanique

Tableau N° 1 : Classification de Caroubier (Ait Chitt M. Belmir M. et Lazrek A., 2007).

Régne	Plantae
Sous-régne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Fabales
Famille	Fabaceae
Nom latin	Pistacialentiscus
Genre	Cératonia
Nom binominal	<i>Ceratoniasiliqua</i> L

3- Description botanique

Le caroubier est un arbre dioïque, parfois hermaphrodite, rarement monoïque, d'une hauteur de 5 à 7 m, surtout jusqu'à 15 m, et d'une circonférence de 2 à 3 m à la base du tronc (Battle I. and Tous J. (1988). L'âge de l'arbre peut aller jusqu'à 500 ans, l'écorce des jeunes arbres est lisse et grise, et l'écorce des adultes est brune et rugueuse, et le bois est rouge (Battle I. et Tous J., (1997). Le système racinaire de cette plante est fort et agressif, atteignant une hauteur de 8 à 15 mètres (Ait Chitt M., Belmir M. et Lazrek A., (2007).

3-1 Le Système racine

L'arbre développe un système racinaire pivotant qui peut atteindre des profondeurs de 18 m ou plus (Ait Chitt M. ; Belmir H. et Lazrak A.(2007).



Figure N°01: Racines du caroubier.

3-2 Le tronc

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



Figure N°02 : Le tronc de caroubier

3-3 Feuille

Ses feuilles mesurent 10 à 20 cm de long, sont plates, pubescentes et ont des pétioles cannelés. Il se compose de 4 à 10 folioles, vertes en dessous et vert clair ventralement. Il perd ses feuilles tous les deux ans en juillet (KICHER et LADJOUZI, 2016).



Figure N°03 : feuilles du caroubier (photo original ,2023).

3-4 Fleurs

Les fleurs du caroubier sont bisexuées (initialement elles sont bisexuées, et au cours de leur développement l'une des fonctions sexuelles mâles ou femelles est réprimée), nombreuses et très petites, de 6 à 12 mm de long ; Elle est constituée d'un calice violet sans corolle, réuni en panicules axillaires cylindriques, généralement dressées ou ascendantes, à pédoncules courts, disposées selon un axe, vert jaunâtre ou rouge, de 4 à 10 cm de long, 10 à 30 fleurs répertoriées. Le caroubier est le seul arbre méditerranéen qui fleurit en été d'août à octobre ou en automne de septembre à novembre (Battle et tous 1997).



Figure N°04: fleurs du caroubier.

3-5 Fruit

Ces fruits Les fruits dits "caroube" sont des gousses non déhiscentes aux bords irréguliers, de forme allongée, droite ou courbe, de dix à trente centimètres de long et de un et demi à trois centimètres de large, initialement vertes, à maturité deviennent brun foncé (**AitChitte et al. 2007**).



Figure N°05 : fruit du caroubier (photo originale 2023)

3-6 Graines

Les graines sont plates-ovales, dures, biconvexes et la couleur varie selon la variété. Elles peuvent être brunes, rougeâtres ou noires et mesurent 8 à 10 mm de long et 7 à 8 mm de large (**Battle et Tous, 1997**). Ces graines sont de taille et de poids assez réguliers, de 8 à 10 mm de long et de 6 à 8 mm de large, et sont constituées de trois parties : L'ectoderme, ou gencive, qui se compose de deux enveloppes distinctes, une extérieure appelée le testa, qui est colorée et dure, et une intérieure appelée le tegmen, qui est plus blanche et plus douce Il recouvre les graines et est principalement composé de tanins, de cellulose et de lignine. L'endosperme, ou albumen, se trouve sous l'endosperme et constitue le tissu de réserve pour la germination embryonnaire. (**Melgarejo et Salazar, 2003**). L'embryon est la partie principale de la graine, comprenant 23% à 25% de la graine.



Figure N°06 : Les grains du caroubier. (photo original ,2023)

4- Composition chimique de la caroube

La pulpe et les graines sont les deux composants principaux de la gousse de caroube, représentant respectivement 90% et 10% de son poids total. Selon plusieurs auteurs, la composition chimique de la pulpe dépend généralement de la variété, du lieu d'origine et parfois du moment de la récolte (Gaour, 2011).

Tableau N°2 : Composition chimique de la caroube.

<i>Constituants</i>	<i>Pourcentage</i>
Galactomannanes	80 – 85
Protéines	4
Celluloses et lignine	1 – 4
Cendres	1
Humidité	13
Lipides	1

5- Répartition géographique

5-1 Dans le monde

Le caroubier s'est répandu en Turquie, à Chypre, en Syrie, au Liban, en Israël, dans le sud de la Jordanie, en Égypte, en Tunisie et en Libye avant d'atteindre la Méditerranée occidentale. La caroube a d'abord été élevée par les Grecs, puis par les Arabes et les Berbères en Afrique du Nord, en Grèce et en Italie, en Espagne et au Portugal, puis introduite par les Espagnols en Amérique du Sud, en Amérique du Nord et en Australie. La caroube est actuellement également présente aux Philippines, en Iran, en Afrique du Sud et en Inde (GAOUAR, 2011).

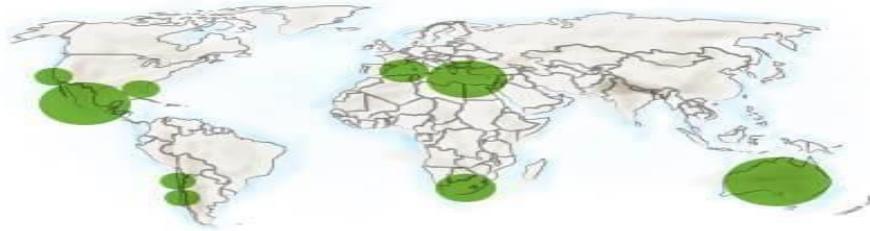


Figure N° 07 : Centre d'origine et distribution du caroubier dans le monde (BOUBLENZ,2012)

5-2 En Algérie

En Algérie, le caroubier est fréquemment cultivé dans l'Atlas Saharien et il est commun dans le tell (Quezel et Santa, 1962). Dans les étages semi-aride chaud, subhumide et humide, avec une altitude allant de 100 m à 1300 m dans les vallons frais qui le protègent de la gelée ; avec une température de 5°C jusqu'à 20°C et une pluviométrie de 80mm à 600mm/an (Rebour, 1968).

La distribution de caroubier suivant le critère de production, se trouve dans les wilayas suivantes : Bejaia, Blida, Tipaza, Boumerdés, Ain-Defla, Bouira, Tlemcen, Mascara, Tizi-Ouzou Zitouni A. (2010).

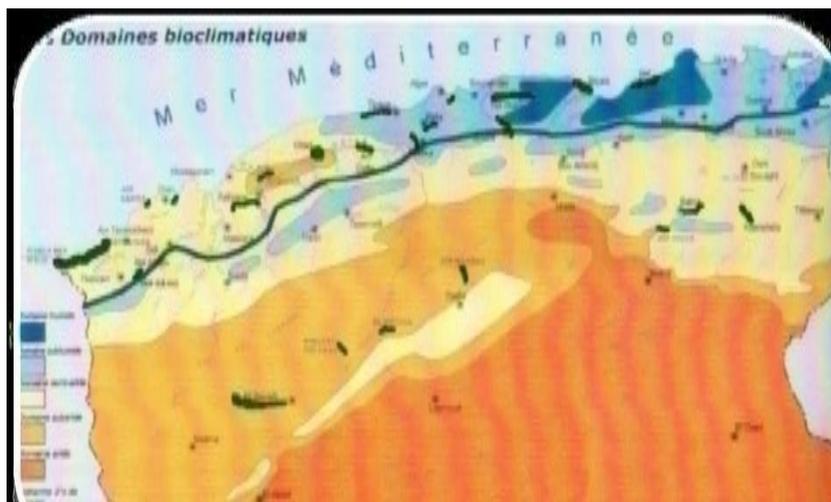


Figure N°08: Répartition du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatiques (A.N.R.H, 2004).

6- Production de caroubes

6-1 Production mondiale

Selon le **FAOSTAT (2019)**, la production mondiale totale de la caroube est estimée à 136 539 tonnes. La plus grande production 41 909 tonnes, est celle du Portugal, contre une production de l’Algérie estimée à 4042 tonnes.

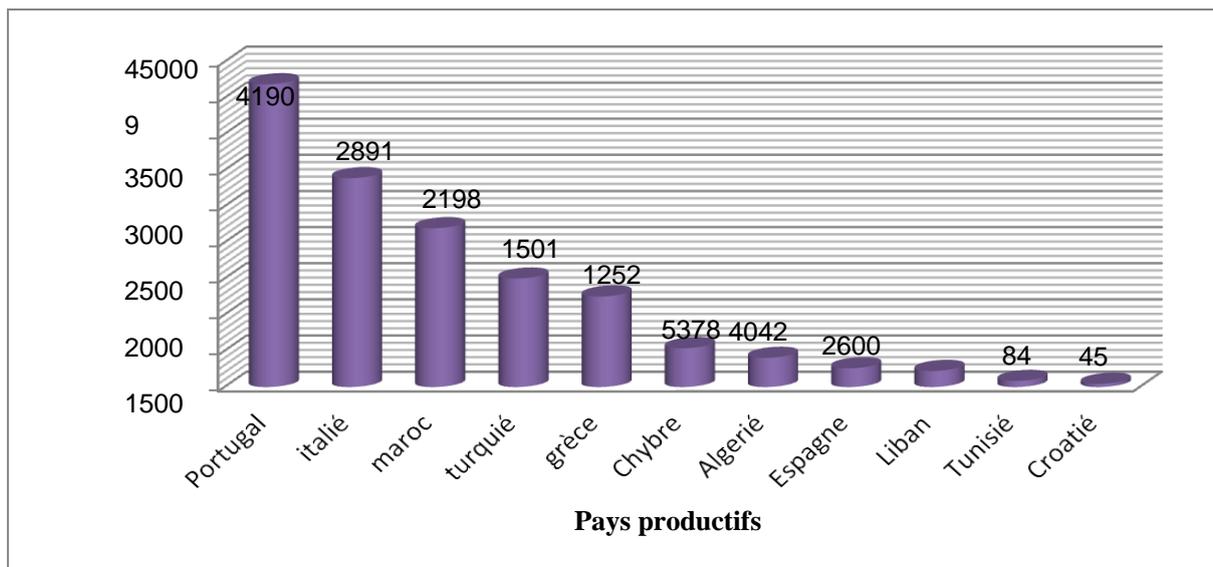


Figure N°09 : Production mondiale de la caroube en 2017 (FAOSTAT 2019).

6-2 Production algérienne

Selon le **FAOSTAT (2019)**, la production algérienne totale de la caroube est estimée à 3526Tonnes.Laplusgrandeproductionaétéenregistréeen2015avecuneproductionde4624 tonnes. (Tableau N°03)

Tableau N°3 : la production algérienne de caroube dans la période (2010-2019) (FAOSTAT2020).

Année	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
La production (tonnes)	829	865	136	053	655	624	257	042	880	526

7- Intérêt et utilisation du caroubier

Le caroubier est cultivé depuis longtemps à des fins diverses et il est considéré comme l'un des arbres fruitiers et forestiers les plus performants car toutes ses parties ou organes (feuilles, fleurs, fruits, bois, écorce et racines) sont utiles et ont de multiples valeurs de terrain (Aafi, 1996). L'arbre est souvent utilisé pour le reboisement, le boisement ou le reboisement des zones érodées, et comme plante ornementale le long des routes et des jardins (Batlle et al., 1997 ; Rejeb et al., 1995). Son bois est très apprécié dans le travail du bois et la fabrication de charbon de bois en raison de sa dureté et de sa couleur rougeâtre, tandis que l'écorce et les racines sont utilisées pour le tannage en raison de leurs tanins riches. L'apiculture utilise les fleurs pour produire du miel de caroube, tandis que les feuilles sont utilisées pour l'alimentation animale (Hariri et al., 2009).

La poudre de caroube contenue dans les gousses est un édulcorant naturel dont le goût et l'apparence ressemblent au chocolat. C'est pourquoi il est souvent utilisé comme substitut du cacao. L'avantage d'utiliser la caroube est que, contrairement au chocolat, elle ne contient pas de stimulants car elle ne contient ni caféine ni théobromine (Bengoechea, 2008). Aussi, différents produits alimentaires pour l'homme peuvent être extraits de la pulpe de caroube, comme le sirop de sucre ou de mélasse, la poudre de caroube non torréfiée et torréfiée, utilisée comme substitut du cacao dans les pâtes, les barres de céréales, la confiserie chocolatée, la crème glacée et les produits allégés (Loeb H et al., 1989).

Le caroubier est également utilisé dans le domaine médical (et plus encore dans le domaine alimentaire) : le caroubier est actuellement considéré comme une plante pour la recherche de nouveaux antioxydants naturels contenus dans le tégument et la pulpe.

Chapitre II :

Généralités

sur

lagermination

1- Définition de germination

La germination est le processus par lequel une graine passe de la vie latente à la vie active sous l'action de facteurs favorables (Roger Prat, 2007), commençant par l'absorption d'eau et se terminant par l'allongement de l'hypocotyle (Hopkins, 2003).

Cet phénomène par lequel un embryon se développe en utilisant la réserve de graines". Selon Rollin (2014), la fin de ce processus est lorsque la plantule devient autotrophe, c'est-à-dire qu'elle est capable de se nourrir en obtenant de l'eau et des sels minéraux du soleil et du dioxyde de carbone de l'air. Quand cela devient possible. Cette définition de la germination est commode pour les jardiniers et les agriculteurs, mais elle n'est pas partagée par les physiologistes qui pensent que la germination commence par l'absorption des graines et s'arrête dès que la racine aperçoit le chaume (Evenari, 1957, Heller, 2000).

2- Types de germination

Selon Ammar (2011), la germination se divise en deux catégories :

- a. Germination : Caractérisée par le cotylédon qui s'élève du sol au fur et à mesure que la tige pousse rapidement.
- b. Germination sous-embryonnaire : Les bourgeons ne se développent pas et les cotylédons restent sous terre.

3- Les phases de la germination

3-1 Phase d'imbibition

Il s'agit d'un phénomène d'entrée d'eau rapide et passif caractérisé par une forte hydratation des tissus accompagnée d'une intensité respiratoire accrue (Raven et al., 2003 et Meyer et al. 2004).

3-2 Phase de germination

Également connue sous le nom de période de germination, elle se caractérise par une hydratation et une activité respiratoire très stables. L'absorption d'eau est suivie d'une activation générale du métabolisme des graines (Hopkins, 2003). A ce stade, les graines peuvent être déshydratées et réhydratées de manière réversible sans altérer significativement leur viabilité (HELLER et al., 2000).

L'hydratation des tissus et des enzymes est complète. L'eau circule et active les hormones végétales hydrosolubles stockées dans les graines. C'est le cas des gibbérellines qui sont transportées vers la couche d'aleurone et activent la synthèse d'enzymes hydrolytiques telles que les alpha-amylases, les nucléases et les protéases. Ils sont impliqués dans la rupture des réserves, la division cellulaire et l'allongement nécessaire.. (Anzara, 2006).

3-2 Phase de croissance

Elle correspond à un processus de croissance de la radicule puis la tigelle. Elle est caractérisée par une augmentation de la respiration et l'entrée d'eau (Heller et al., 2000).

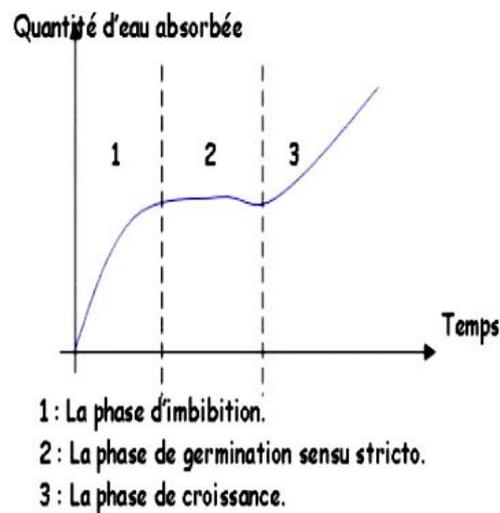


Figure N°10: différentes phases de la germination.

4- Conditions de la germination

4-1 Les facteurs internes

4-1-1 La maturité

On dit une graine mature Lorsque toutes ses parties constitutives sont complètement différenciées morphologiquement et physiologiquement, (Chaussant et Deunff, 1975 ; Heller et al., 2004).

4-1-2 La longévité

C'est la durée dont laquelle les semences demeurent vivantes et capables de garder leur pouvoir germinatif pour donner des plantules viables (**Vallad,2002**).

4-2 Les facteurs externes**4-2-1 L'oxygène**

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

4-2-2 La lumière

Agit de manière différente sur les espèces. Elle inhibe la germination des graines à photosensibilité négative et stimule celles à photosensibilité positive (**Anzala,2006**).

4-2-3 Température

Elle joue un rôle sur l'augmentation de la vitesse des réactions chimiques pour stimuler la germination (**Domonique, 2007**) et elle favorise la solubilité d'oxygène dans l'embryon (**Chaussant., 1975**).

4-2-4 L'eau

Il est nécessaire pour la germination, il peut utiliser par l'embryon pour avoir un gonflement des cellules suite par la sortie de radicule (**Doménique.,2007**).

Chapitre III :

Lestresse abiotique

1- Stress abiotique

Il est dû principalement à des facteurs environnementaux tels que l'excès d'eau, la salinité, la sécheresse et les températures extrêmes (**Hopkins, 2003**).

2- Stress hydrique

Peut être défini comme le rapport entre la quantité d'eau nécessaire à la croissance d'une plante et la quantité d'eau disponible dans son environnement, sachant que la réserve d'eau disponible pour les plantes est la quantité d'eau dans le sol par son système racinaire (**Laberche, 2004**).

Le stress hydrique affecte la croissance et la productivité encore plus que tous les autres stress (**Masmoudi et al., 2010**) ; . Parfois, des changements dans la génétique ou la biochimie d'une plante peuvent augmenter la productivité, par exemple lorsqu'une plante pousse de nouvelles racines, en particulier à la surface, pour pouvoir absorber plus d'eau. Au niveau cellulaire, la conformation membranaire, l'organisation des chloroplastes et l'activité enzymatique sont affectées.

3- Effet du stress hydrique sur le développement des plantes l'eau dans la plante

Les multiples rôles que joue l'eau dans les plantes en font un facteur majeur limitant leurs opérations. Parmi ces rôles on peut citer (**Laberche, 2004**) : Il aide à maintenir la structure cellulaire, en particulier la structure colloïdale du cytoplasme, qui est le siège de réactions métaboliques, il interfère avec des réactions métaboliques telles que l'hydrolyse ou la photosynthèse, c'est donc une plante alimentaire. Il gonfle les cellules et, à leur tour, les tissus et les organes. Il fournit des nutriments minéraux et des métabolites. Il emprunte la chaleur latente d'évaporation des plantes en l'expulsant dans l'atmosphère sous forme de vapeur. L'eau résiste au rayonnement solaire et aux divers réchauffements climatiques.

3-1 Effet du stress hydrique sur la germination

En l'absence d'humidité suffisante, la graine même si elle est correctement placée dans le sol, elle n'évolue pas, retardant ainsi, la levée, et en cas de persistance de sécheresse, la situation peut se traduire par une absence de levée (**FELIACHI et al., 2001**).

La sécheresse est l'un des principaux facteurs environnementaux qui affecte grandement la germination des espèces cultivées et réduit leur survie dans les premiers stades de développement. Durant cette phase, le métabolisme des glucides est fortement affecté (INGRAM et al., 1996) en perturbant les fonctions enzymatiques impliquées dans le processus.

3-2 Effet du stress hydrique sur les traits morphologiques

La rareté de l'eau, qu'elle soit persistante ou temporaire, limite la croissance et la distribution de la végétation naturelle et le rendement des plantes cultivées plus que tout autre facteur environnemental (Shao et al., 2008). En fait, la croissance est l'un des processus physiologiques les plus sensibles à la sécheresse. De nombreuses adaptations sont directement (vitesse de croissance) ou indirectement (diminution du nombre d'organes épiphyllés) affectées par le déficit hydrique. Quantitativement et qualitativement, la croissance des plantes dépend de la division et de la différenciation cellulaire, toutes pouvant être dues au stress hydrique (Correia et al., 2001 ; Cabuslay et al., 2002) est dû au stress hydrique (Correia et al., 2001 ; Cabuslay et al., 2002).

Le stress hydrique réduit considérablement l'expansion cellulaire et la croissance cellulaire en raison de la pression de turgescence réduite. Il réduit significativement la longueur de croissance des racines et la biomasse (Nativetal., 1999; Marronet al., 2002 ; Kusaka et al., 2005).

4- Mécanisme d'adaptation des plantes au stress hydrique

D'un point de vue physiologique, la résistance d'une plante au stress hydrique peut être définie par sa capacité à survivre et à se développer, et d'un point de vue agronomique, par l'obtention de rendements plus élevés que les plantes sensibles (Madhava Rao et al., 2006).

La résistance globale des plantes au stress hydrique se manifeste par de nombreuses modifications phénologiques, anatomiques, morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui interagissent pour maintenir la croissance, le développement et la production (Hsissou, 1994).

5- Définition de PEG6000

Les molécules de polyéthylène glycol (PEG 6000) avec $MP \geq 6000$ sont des chaînes inertes, non ioniques et à faible perméabilité couramment utilisées pour induire un stress hydrique et maintenir un potentiel hydrique uniforme tout au long de l'expérience (**Hohl et al. Peter, 1991**).

5-1 Effet de la PEG 6000

Le PEG est principalement utilisé pour identifier des informations sur le stress hydrique chez les plantes (**Turkan et al., 2005; Landjeva et al., 2008**). Le PEG ne pénètre pas dans l'espace de la paroi cellulaire (Rubinstein, 1982) et les molécules de PEG ayant un poids moléculaire supérieur à 6000 sont moins susceptibles d'être absorbées (**Tarkow et al., 1996**). Le polyéthylène glycol (PEG 6000) crée une pression osmotique, ce qui réduit le taux de photosynthèse, affectant ainsi la teneur en chlorophylle.

6- Le stress salin

Il est défini comme une concentration excessive de sel. Le terme stress salin s'applique principalement aux ions en excès, en particulier Na^+ et Cl^- (**Hopkins, 2003**). La salinité des sols est l'un des principaux stress abiotiques limitant la croissance des plantes cultivées. Cette salinité peut être naturelle ou causée par des activités agricoles telles que l'irrigation ou l'utilisation de certains types d'engrais (**Jabnoue, 2008**).

La salinité des sols constitue l'un des principaux stress abiotiques limitant la croissance des plantes cultivées. Cette salinité peut être naturelle ou induite par les activités agricoles comme l'irrigation ou l'utilisation de certains types d'engrais (**Jabnoue, 2008**).

6-1 Effet de la salinité sur la germination

Le stade de semis est le stade le plus variable du cycle de vie d'une plante, et la germination détermine quand et où les semis pousseront. Ce stade de germination est souvent limité par la salinité du sol et est plus sensible que les autres stades (**Said et al., 2011**). Selon **Rejili et al. (2006)**, les graines réagissent au stress salin, réduisant le nombre total de graines germées et retardant l'initiation du processus de germination. La modification de l'équilibre hormonal parmi les causes d'inhibition de la germination en présence de sel.

Cependant, la salinité du sol est un facteur limitant en agriculture car elle inhibe la germination et le développement des semis. Le chlorure de sodium présent dans le sol peut retarder la germination des graines (**Siddiquee et al., 2015**). Selon les mêmes auteurs, la présence de chlorure de sodium entraîne une augmentation de la durée du processus de germination et retarde ainsi la levée, le stress salin et osmotique étant responsable d'inhiber ou de retarder la germination et la levée des graines.

D'autres études ont montré que les effets du stress salin sur la germination peuvent être attribués à des effets osmotiques et/ou à la toxicité d'ions spécifiques à l'émergence des racines ou lors du développement des semis (**Abdelkadeetal., 2015**). Ainsi, la germination, l'émergence et la survie précoce sont particulièrement sensibles à la salinité du substrat. Cependant, le succès des semis dépend de la fréquence et de la quantité des précipitations et de la capacité des graines à germer et à émerger, avec une diminution de l'humidité du sol et du potentiel osmotique (**Cha-um et al., 2013**).

6-2 Effet de la salinité sur la croissance et le développement

La réponse directe au stress salin est une diminution du taux d'expansion de la surface foliaire, qui s'arrête si la concentration en sel augmente (**Wang et Nil, 2000**), et le stress salin entraîne également une réduction de la masse foliaire sèche et fraîche, de la tige et de la tige. (**Chartzoulakis et Klapaki, 2000**).

Ainsi, la salinité affecte fortement la croissance et la morphologie des racines, avec différentes réponses détectées aux niveaux physiologique, biochimique et moléculaire, même dans différentes zones racinaires (**Sharp et al., 2004**). Ces modifications du système racinaire entraîneront des modifications de l'équilibre hydrique et ionique et la production de signaux (hormones) qui transmettent des informations à la tige (**Munns et al., 2000**). Lorsque les racines se développent dans un environnement salin, la plante entière est affectée ; la biomasse racinaire est affectée négativement (**Saboora et al. 2006**).

6-3 Effets de la salinité sur l'état physiologique de la plante

La salinité est l'un des facteurs limitant la croissance des plantes. Les effets de la salinité sont : un retard de croissance, la mort des tissus, suivie d'une perte de turgescence, une défoliation et enfin la mort des plantes (**Zaid, 1982**). **Julie, 1979 ; Fers, 1990 ; Boukachabia, 1993**) et en général la longueur, le diamètre de la tige et la taille des fruits des différentes espèces (**Khan et al., 1997 Bouaziz, 1980**). L'environnement salin a

plusieurs effets négatifs sur le comportement physiologique des plantes en raison de la faible capacité osmotique de la solution du sol.

Effets spécifiques aux ions (stress salin), groupes de **(Kausar et al., 2014)**. Ces facteurs ont des effets négatifs sur la germination, la croissance et le développement des plantes, ainsi que sur les activités physiologiques et biochimiques **(Rasool et Al, 2013)**.

7- Mécanismes de réponse de la plante au stress salin

Les plantes sont connues pour avoir deux stratégies principales pour la tolérance au sel : restreindre l'entrée de Na à la racine ou séquestrer le Na au niveau des feuilles **(Berthomieu et al., 2003)**.

La tolérance au sel est la capacité d'une plante à croître et à terminer son cycle de vie sur un substrat contenant de fortes concentrations de sels solubles. Les plantes ont développé un certain nombre de mécanismes biochimiques et cellulaires pour faire face au stress salin.

Partie

Expérimentale

Matériels
et
Méthodes

Matériels et méthodes

Objectif d'étude

L'objectif de ce travail est d'évaluer la réponse physicochimique des graines de caroubes aux différentes doses de PEG 6000 et de NaCl. Il a pour autre objectif de comprendre les mécanismes de tolérance à ces deux stressés abiotiques.

1-La préparation des échantillons

Deux lots des graines de caroube (Médéa et Tissemsilt.) d'origine différentes ont été testés dans ce travail.



(01) échantillon de Médéa



(02) échantillon de Tissemsilt

Figure N°11 : les graines de caroube (**photo original ,2023**).

2- Paramètres biométriques

2-1 Les mesures biométriques des gousses

Nous avons choisis 100 gousses de chaque station en fonction des critères suivants : gousses saines, pleinement matures et de même taille et couleur.



Figure N° 12: Un exemple de choix de 100 gousses (**photo original , 2023**).

Matériels et méthodes

Dans cette étude plusieurs paramètres ont été calculés qui sont comme suit : Longueur, largeur (Utilisation de pied à coulisse numérique), Nombre de graines dans la gousse, Hauteur de 100 gousses pour l'échantillon étudié.



Figure N°13 : Les outils utilisés dans les mesures biométriques des gousses (photo original ,2023).

3- Test degermination

3-1 Préparation des graines pour les tests degermination

Cette étape de germination est réalisée au sein du laboratoire de la Faculté des Sciences et Techniques (Université de Tissemsilt). Le test de germination des graines de caroube a été réalisé en fonction de la variation du potentiel hydrique en utilisant PEG6000 et de sous stress salin induit par NaCl.

En effet, 10 graines matures saines de chaque échantillon sont menées dans chaque boîte de pétrie diamètre tapissées de deux couches de papier absorbant et contenant la solution hydrique et saline étudiée. Avant cette mise en place, les graines sont désinfectées avec de l'eau de Javel diluée 10 fois pendant une minute, puis rincées plusieurs fois à l'eau distillée pour éliminer toute les traces de chlore, puis séchées avec du papier absorbant.



Figure N°14: Désinfection des graines de caroube par l'eau de javel diluée gousse (photo original ,2023).

Les graines destinées aux expériences de germination ont été réparties en 10 lots de graines placés dans 72 boîtes de Pétri de 10 cm de diamètre tapissées de deux couches de papier absorbant, et chaque échantillon a été étiqueté

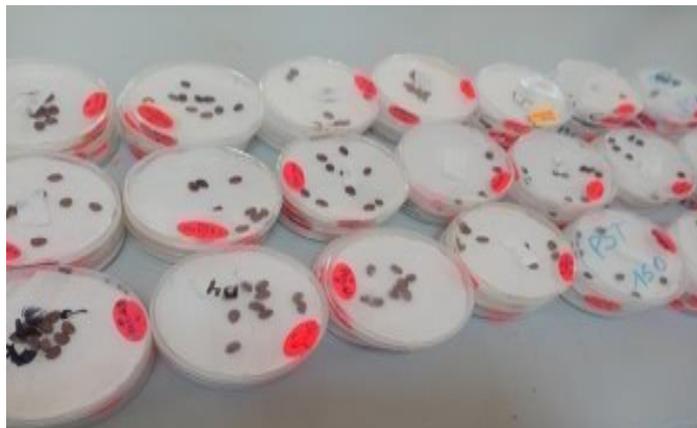


Figure N° 15: Disposition des graines dans la boîte de Pétri gousse (photo original ,2023).

3-2 Matériels utilisés

Pour la préparation des solutions dosées de PEG6000 et de NaCl , nous avons utilisés:

- Produit PEG 6000 ;
- Produit deNacl

Matériels et méthodes

- Balance de précision
- 03 Erlenmeyerjuguées
- Spatule
- Bécher de 100ml
- Eaudistillée

3-3 Préparation des doses de PEG6000

Tableau N°04:Préparation des doses de PEG6000

Solution de PEG	Quantité de PEG	Quantité d'eau ajoutée
20%,	20 mg	100 ml
30%	30 mg	100 ml
45%	45 mg	100 ml



Figure N°16 : Préparation des Doses de PEG6000 gousses (photo original ,2023).

3-4 Préparation des doses deNaCl

Tableau N° 05: Préparation des doses deNaCl

Concentration	Quantité de NaCl	Quantité d'eau ajoutée
600Mm	3.5g	100 ml
800Mm	4.6g	100 ml
1000Mm	5.8g	100 ml

Matériels et méthodes



Figure N°17 : Préparation des Doses de NaCl (photo original ,2023).

Pour le test de germination nous avons utilisé le protocole Suivant

Tableau N°06: Protocole de préparation des graines du caroubier pour le test de germination (sous un stress osmotique par PEG 6000).

Site	Témoin scarifiée	Dose 1 (20%)	Dose 2 (30%)	Dose 3 (45%)
Médéa	10 graines x 3 Boite pétri	10 graines x3 Boite pétri	10graines x3 Boite pétri	10 graines x3 Boite pétri
Tissemsilt	10 graines x3 Boite pétri	10 graines x 3 Boite pétri	10graines x 3 Boite pétri	10 graines x3 Boite pétri

Site	Témoin scarifiée	Dose1 (600mM)	Dose2 (800mM)	Dose (1000mM)
Médéa	10 graines x 3 Boite pétri			
Tissemsilt	10 graines x 3 Boite pétri			

Dans chaque boîte de Pétri, nous mettons 20 ml d'eau distillée pour contrôler les graines et favoriser la germination.

Matériels et méthodes

Même volume de différentes doses de PEG6000 et de NaCl pour les semences sous stress hydrique. Les boîtes de Pétri sont placées dans une étuve à 27 °C.



Figure N°18 : Répartition des boites de pétri dans l'étuve (photo original ,2023).

4- Les paramètres étudiés dans le test de germination

4-1 Précocité de germination

En général, chaque espèce a une germination précoce caractéristique de sa nature, puisque l'émergence des racines ne se produit pas simultanément dans toutes les graines même dans les mêmes conditions expérimentales (RENARD, 1975). Celles-ci sont déterminées lors de l'observation des premières graines germées. Dans ce cas, la germination précoce est indiquée par le taux de la première graine germée correspondant à l'intervalle entre le semis et la première graine germée (BELKHODJA, 1996).

4-2 Vitesse de germination

Caractérise la vitesse de germination dans le temps, depuis le premier point d'émergence de la racicule dans l'une des graines jusqu'à la stabilité de la germination. Il peut être exprimé comme suit : Le taux de germination est la donnée obtenue à un instant donné. Temps nécessaire pour atteindre 50% de germination. Coefficient de vitesse (Cv) et temps moyen de germination (Tm) proposés par KOTOWSKI (1926).

$$Cv = (N1+N2+N3+...+Nn/N1T1+N2T2+N3T3+...+NnTn) \times 100$$

$$Tm = N1T1+N2T2+N3T3+...+NnTn/N1+N2+N3+...+Nn$$

N1 : nombre de graines germées à l'instant ;

T1 N2 : nombre de graines germées à l'instant ;

Matériels et méthodes

T2 N3 : nombre de graines germées à l'instant;

T3 Nn : nombre de graines germées à l'instant Tn.

TIMPSON (1965) a proposé de calculer le pourcentage de germination en additionnant les pourcentages fractionnaires obtenus.

$Z_n = N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n$ N1, N2, N3, . . , Nn représentent le pourcentage de graines germées après 1 jour, 2 jours, 3 jours, ..., n jours, respectivement. Nous avons retenu la formule de KOTOWSKI, incluant le calcul du coefficient de vitesse et du temps moyen de germination.

4-3 Durée degermination

Lorsque les graines placées dans des conditions optimales ne germent pas immédiatement après le semis, on parle de germination retardée (COME, 1970). La dormancedesgrainessembledépendredel'arbreàgrainesselonAISSA(1981).Aussi,selon les mêmes auteurs, la durée de germination varie selon la biologie de la graine, latechnique utilisée et les conditions de germination. Le temps de germination est le temps (en jours) entre la germination de la première graine et la fin de lagermination.

4-4 Taux final degermination

A partir du nombre total de graines utilisées (Nt), nous avons calculé le taux de germination des graines (Ni) selon la relation suivante : $T_g = Ni \times 100 / N_t$ (Tg : taux de germination).

5- Paramètre biométrique deradicule

Pour connaître le comportement des graines dans un environnement sous pression, il est nécessaire de mesurer la longueur des racines.

Nous sélectionnons dans chaque boîte de Pétri des graines où elles sont bien enracinées et il a été mesuré avec un fil et un fil a été placé sur une règle pour connaître sa longueur



Figure 19 : Développement des radicules dans des différents prétraitements (photo original ,2023)

6- Dosage de chlorophylle

Dosage des pigments chlorophylliens et des caroténoïdes: Les graines prélevées sont pesées et broyées immédiatement et de l'eau distillée est ajoutée. Le résultat a été centrifugé à 2 500 g pendant 5 minutes. Le devenir optique du surnageant total obtenu a été mesuré à 663 nm, à 645 nm et à 460 nm. Les concentrations en chlorophylles (Ca et Cb) et en caroténoïdes (Ccar) sont exprimées en mg. g⁻¹ MF, par les formules:

$$Cha = (12.7D_{663} - 2.63 * 0.0645) \quad Chb = 122.900645 - 4.68 D_{663}$$

7- Dosage des sucres solubles

100 mg de graines germées provenant de différents milieux sont trempées pendant 24 heures dans 5 ml d'éthanol à 8%, dans des tubes à essai propres, mettre 2 ml de la solution à analyser, ajouter 1 ml de phénol à 5% (le phénol est dilué dans de l'eau distillée eau après cela, 5 ml d'acide sulfurique concentré à 96% ont été ajoutés pour éviter de renverser l'acide sur les parois du tube. Une solution jaune-orange obtenue sur la surface est mise en rotation pour uniformiser la couleur de la solution. Les tubes sont laissés pour 10 minutes et placés dans un bain-marie de 10 à 20 min à une température de 30°C de couleur stable pendant

Matériels et méthodes

plusieurs heures. La mesure de la chaleur est effectuée à une longueur d'onde de 485 nanomètres.

8- Dosage de poly phénoltotaux

La teneur totale en phénol a été éluee selon la méthode décrite en utilisant 1 g de graines de caroubes pesées, 20 ml d'eau distillée ajoutés, du réactif Folin seocalto 100 μ l et de l'acide gallique ajoutés en standard dans un bref tube contenant 10 μ L d'extrait sous agitation vigoureuse après 3 min, 80 μ L de Na_2CO_3 (75 g L^{-1}) le tube a été incubé à 25°C dans l'obscurité pendant 40 min. L'absorbance à 725 nm contre un blanc contenant du méthyle au lieu d'extraire la teneur en phénol de l'extrait a été éliminée de la courbe de titrage de l'acide gallique et le résultat a été exprimé en équivalents d'acide gallique par kg.



Figure N°20 : Centrifugeuse (photo original ,2023).



Figure N° 21 : Spectrophotomètre (photo original,2023).

9- Traitement statistique

Les données collectées ont été traitées à une ANOVA en utilisant deux critères de classification :

- Source de traitement au PEG6000 et NaCl et le test de germination,
- Provenance de la biométrie du pod.

Matériels et méthodes

Des comparaisons multiples post hoc de moyennes ont également été effectuées à un seuil de 5% selon le test de Duncan. Cette dernière a été réalisée à l'aide du programme GLM (GeneralizedLinearModels) du logiciel SAS version 9.0.

Résultats

Résultats

A travers nos expérimentations sur les cultivars, Tissemsilt et Medea, la variété Tissemsilt n'a pas germé dans tous les cas par rapport à la variété Medea.

1- Les mesures biométriques des gousses

Tableau07: les mesures biométriques des gousses de caroubier.

<i>Paramètres biométriques</i>	<i>Longueur (mm)</i>	<i>Largeur (mm)</i>	<i>Epaisseur (mm)</i>
<i>Moyenne</i>	130,467	15,997	8,001
<i>Ecart type</i>	10,565	1,327	1,304

2- Paramètres de germination

2-1 Précocité de germination

La précocité de germination est le pourcentage des premières graines germées après le semis et dans un moment précis

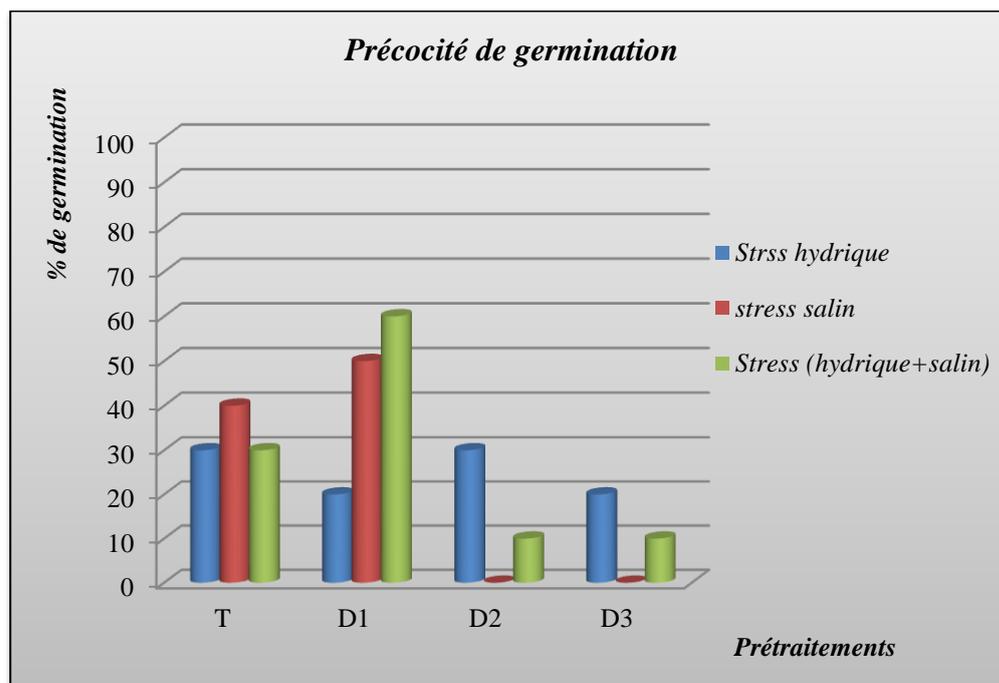


Figure N° 22 : Précocité de germination des graines (%) du caroubier.

Les graines qui ont germé les plus précoces sont des graines témoins avec un taux variant entre 30% et 40% pour les graines qui ont été trempées dans du PEG 6000, la germination a commencé à partir du 3^{ème} jour, tandis que les graines qui ont été mises dans des boîtes de pétri irriguées par la solution de NaCl ont commencé à germer à partir du 4^{ème} jour. Par contre, les graines qui ont été trempées dans (PEG6000 + NaCl), la germination a commencé le 4^{ème} jour.

Résultats

2-2 Cinétique de germination

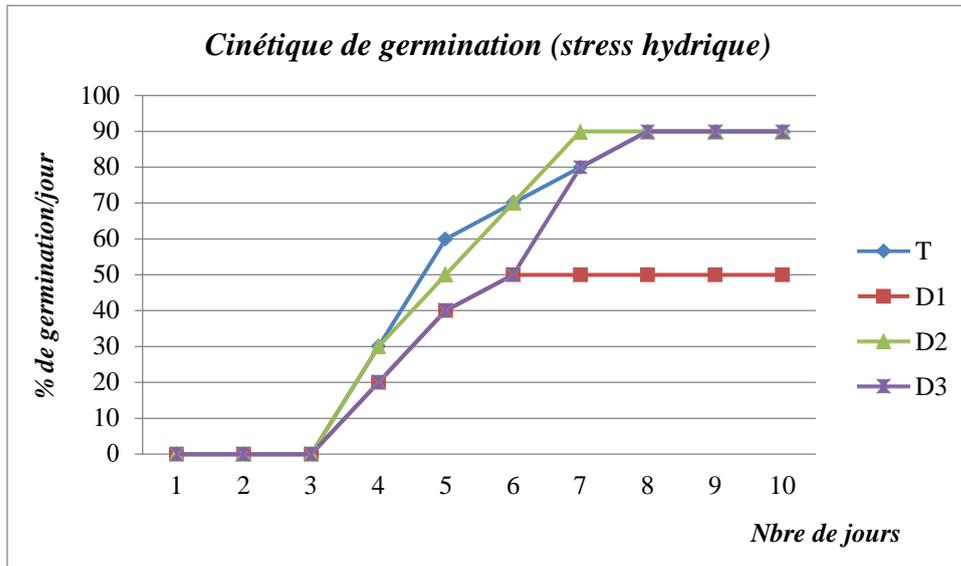


Figure N° 23 : Cinétique de germination des graines de *Cératoniasiliquas* sous stress hydrique.

Pour le stress hydrique, nous avons remarqué que la germination des graines a commencé à partir du 3^{ème} jour pour les témoins, D2 et D3 atteignent jusqu'à 90%, et pour D1 on a plus de 50% des graines germées.

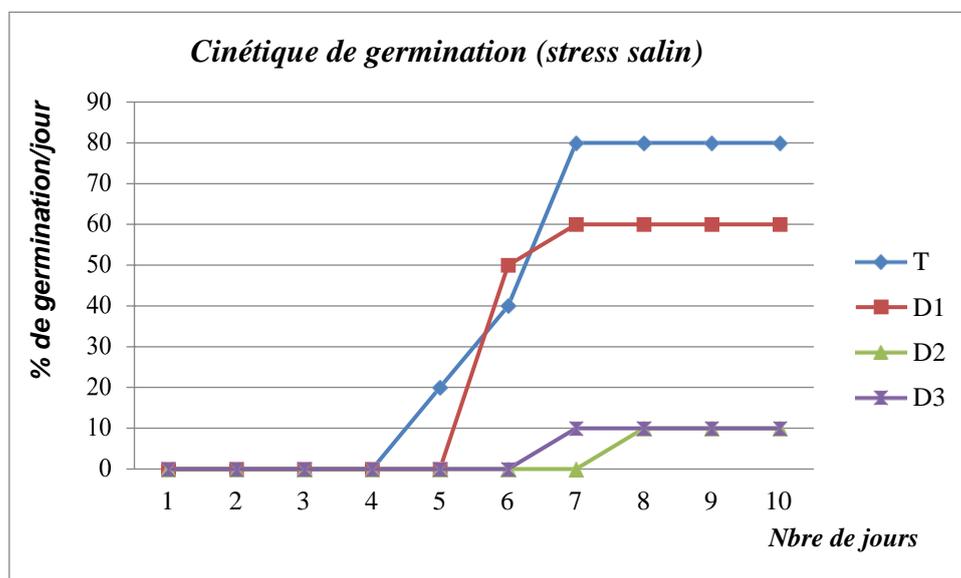


Figure N24 : Cinétique de germination des graines de *Cératoniasiliquas* dans un stress salin.

Résultats

La germination des graines sous un stress salin a commencé à partir du 4^{ème} jour de semis où nous avons enregistré un taux de 90% pour les témoins, et de 10% à 60% pour les autres doses de NaCl.

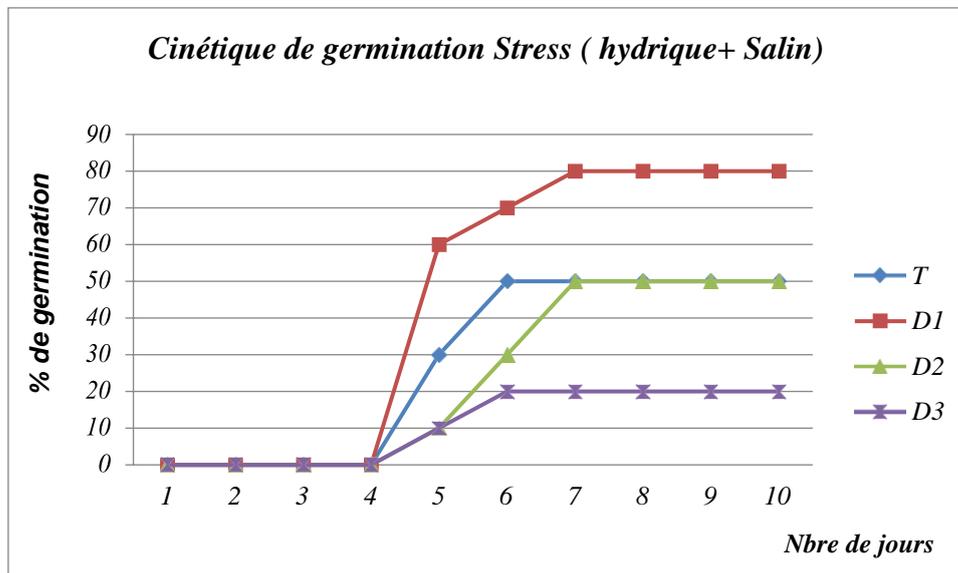


Figure N° 25 : Cinétique de germination des graines de *Cératoniasiliquadas* stress hydrique + salin.

Concernant le stress (hydrique + salin) nous avons remarqué que la germination commence à partir du 4^{ème} jour, jusqu'à atteindre à 80% pour D 1. Par contre, on a enregistré 50% des graines germées à pour et 20% pour la dose D3 de (PEG6000+NaCl).

2-3 Vitesse de germination

La vitesse de germination est le temps nécessaire de la graine à germer elle s'exprime le temps entre le semis et la fin des germinations.

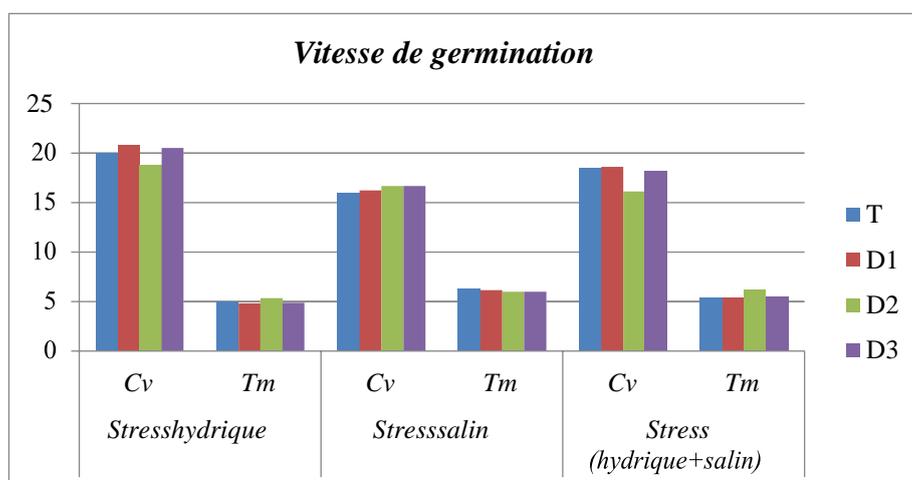


Figure N° 26 : Coefficient de vitesse (Cv) et temps moyen de germination (Tm) des graines du caroubier.

Résultats

Nous avons constaté que le coefficient CV le plus élevé a été enregistré dans les graines trempées dans du PEG 6000 à toutes les doses étudiées qui s'élève à environ 22 %. Pour Tm, nous avons enregistré que le temps d'ensemencement maximum sous pression d'eau était de 4 jours.

Le coefficient de vitesse CV était de 17 % dans les deux graines imbibées de NaCl à toutes les doses étudiées. Quant à Tm, le temps de germination maximum sous stress salin était de 5 jours.

Le coefficient de vitesse cv pour chacun des PEG 6000 + NaCl a atteint une valeur de 18% Tm. Le temps de germination le plus court sous pression a été enregistré en 5 jours.

2-4 Durée de germination

La durée de germination est l'intervalle du temps entre le début et la fin de germination.

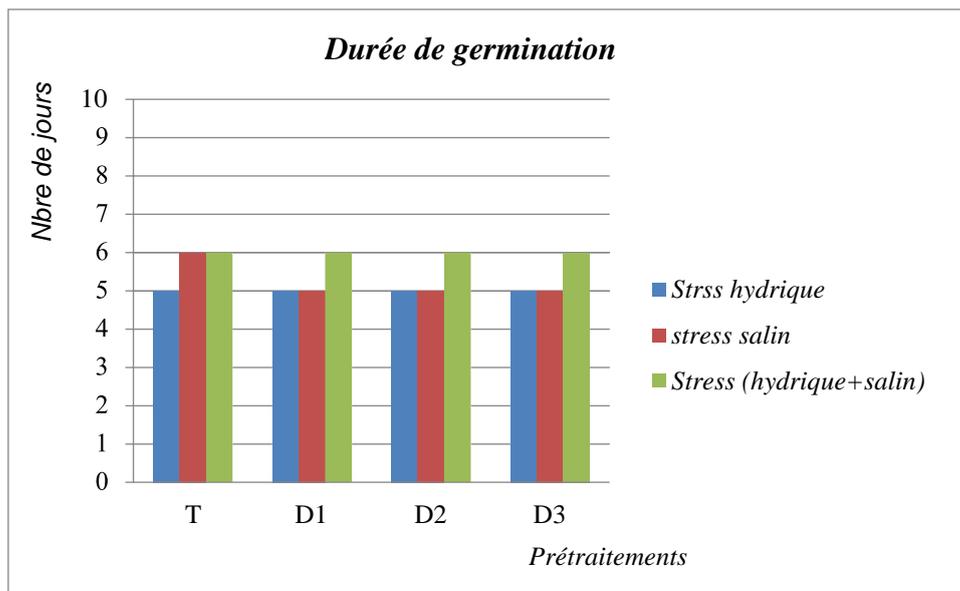


Figure N° 27 : La durée de germination.

Nous avons remarqué que le temps de germination est de 5 jours pour Témoin. Toutes les doses de chacun (stress hydrique, stress salin, stress hydrique+salin), le temps nécessaire de germination est varié entre 5 à 6 jours.

Résultats

2-5 Taux final de germination

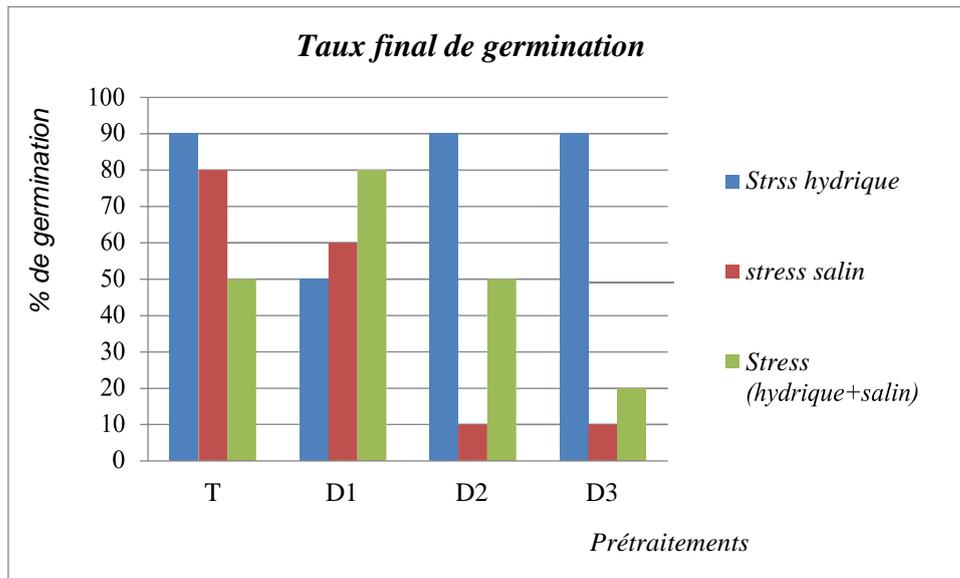


Figure N° 28 :Taux final de germination.

Ala fin du test de germination, nous avons enregistré des performances différentes à chacune des doses étudiées, et le taux final de germination pour le stress hydrique était d'environ 90%. Par rapport, au stress salin qui varie de 60 à 80%. Tandis que nous avons marqué un taux entre 50% à 80% pour le milieu composé (stress hydrique +salin).

3- Longueur deradicules

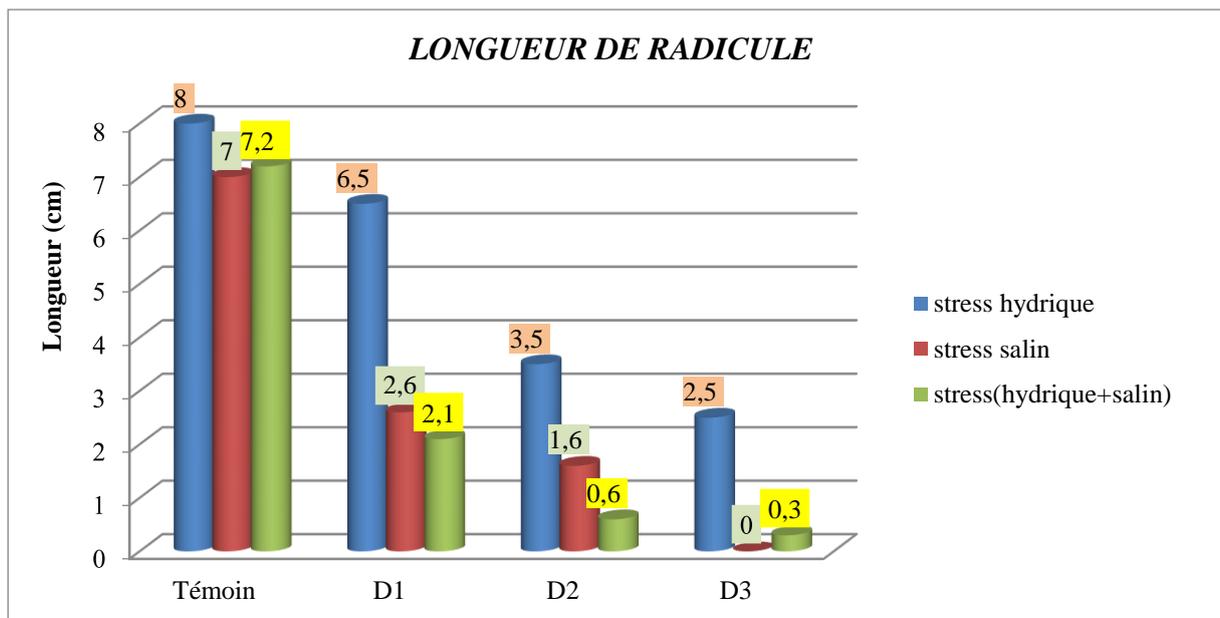


Figure N° 29 : longueur de radicule de graines germées.

Résultats

- stress hydrique A noter que la longueur de la longour pour un témoin était de 8 cm, pour D1 elle était de 6,5 cm, pour D 2 elle était de 3,5, et pour D3 elle était de 2,5cm
- Le stress salin était de 7,5 cm de long, mais pour D 1 il était de 2,6 et pour D 2 il était de 1,6 cm..Pour D3 nous n'avons pas remarqué de manque de longueur deracine.
- stresshydrique+.salin,lepourcentage delongeurdutémoinétaitde7,2,D1étaitde2,1, D 2 était de 0,6 et D 3 était de0,3.

4- ChlorophylleA

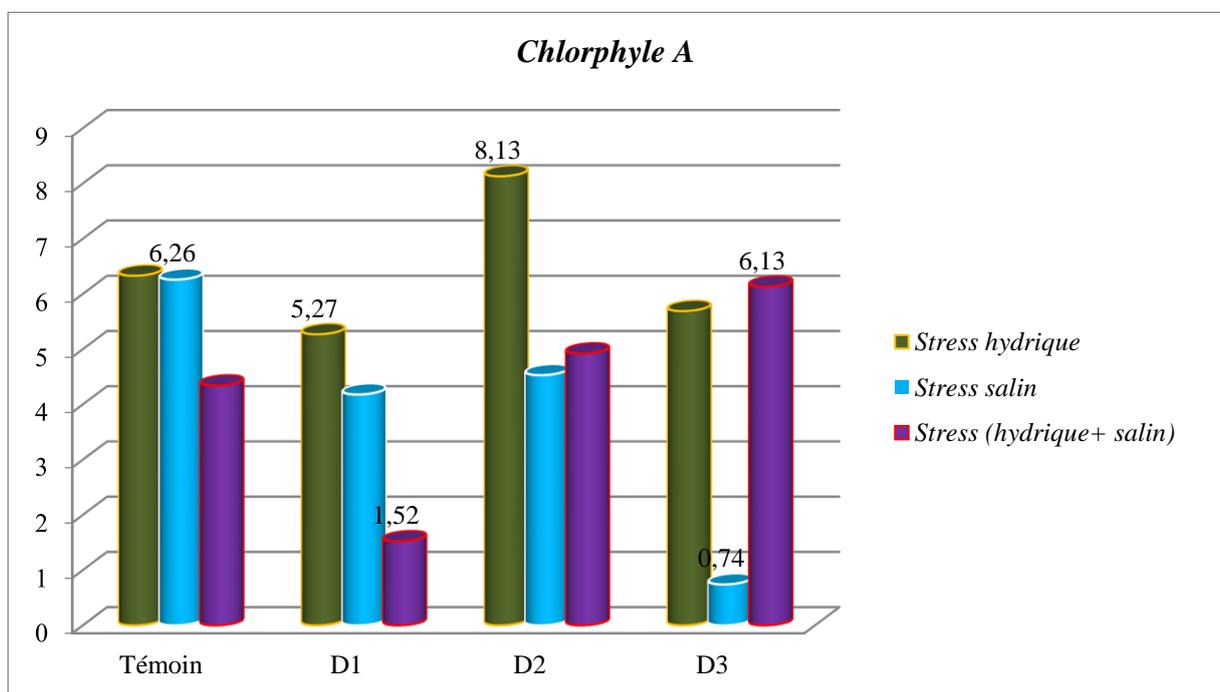


Figure N° 30 : représente le pourcentage de chlorophylle A dans les graines de caroubier.

Pour le stress hydrique, nous avons remarqué une diminution du chlorophylle A dans les témoins, avec une valeur de 6,33, par rapport à D2, avec une valeur élevée de 8,13.

Pour le stress salin Nous avons remarqué un témoin avec une valeur élevée de 6,33 par rapport à D3, où il n'était que de 0,74.

Dans le stress (hydrique + salin) nous avons enregistré une différence dans chacun des ratios, où le pourcentage était faible en témoin, avec une valeur de 4,13 par rapport à D3, nous avons enregistré un pourcentage élevé en chlorophylle A, qui s'élevait à 6,13.

5- ChlorophylleB

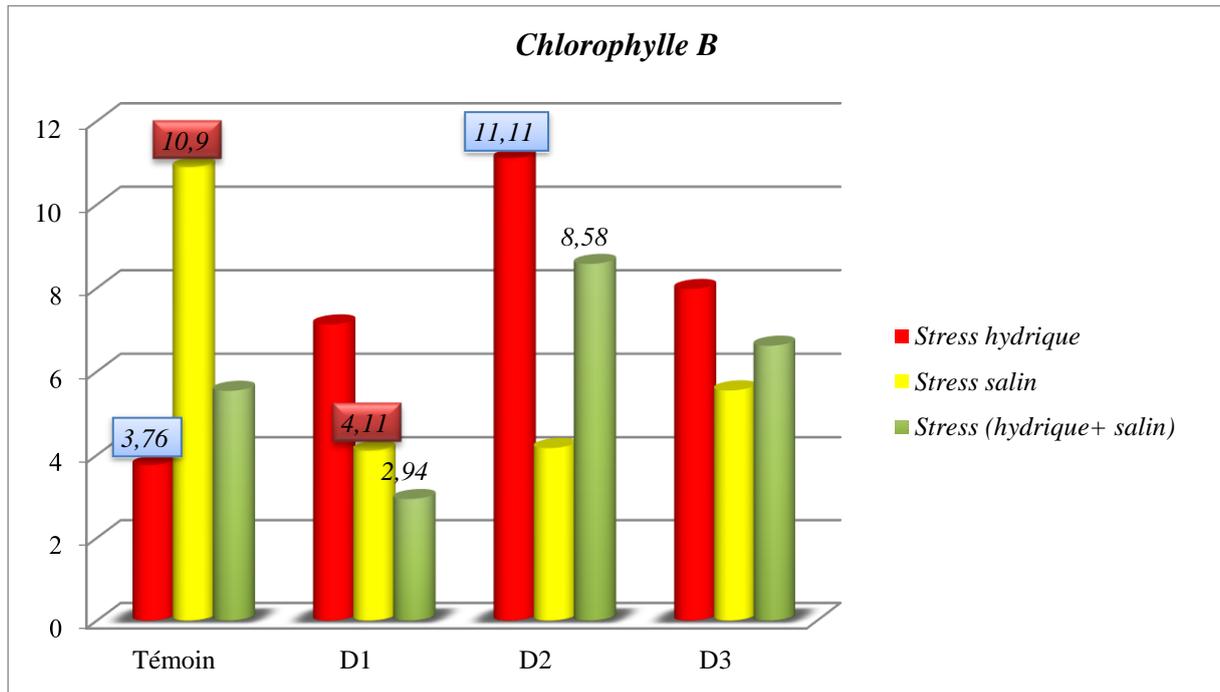


Figure N° 31: représente le pourcentage de chlorophylle B dans les graines de caroube.

Stress hydrique, la valeur de la chlorophylle B en témoin était faible avec une valeur de 3,76 par rapport aux autres doses, où la valeur la plus élevée de la chlorophylle B a été enregistrée à D2 avec une valeur de 11,11.

Stress salin, comme pour les effets du stress salin, une valeur témoin élevée de la chlorophylle B a été enregistrée avec une valeur de 10,90 par rapport aux autres doses, et la plus petite valeur trouvée en D1 était de 4,11.

Stress (hydrique + salin) La valeur de la chlorophylle a été enregistrée dans un témoin faible de 4,34 par rapport à D3, c'était une valeur légèrement élevée de 6,13.

6- Sucres solubles

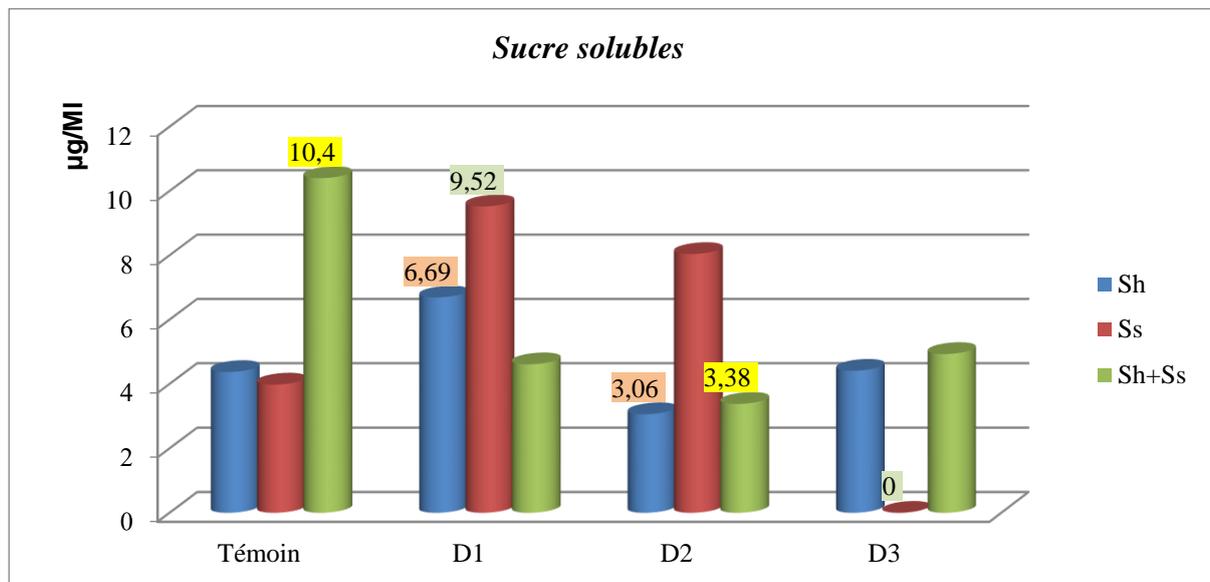


Figure N° 32 : Teneur en sucre soluble dans les graines de caroube.

La teneur en sucres extraits des graines de caroube, où l'on a enregistré dans chacun des stress hydrique un fort pourcentage en D 1 valeur = 6,69 par rapport aux autres doses étudiées puis D 3 puis témoin puis D 2 avec une valeur de 4,41, 4,37 , 3,06 ug/ml, tandis que la valeur saline de stress était D1 qui est la plus grande valeur, suivie de D2, puis témoin avec une valeur. 9,52 , 8,04 , 3,98 µg/ml stress hydrique + salin Voici la plus grande valeur pour le sucre au témoin, puis suivi des doses étudiées, le pourcentage était de 10,43, puis 4,93, puis 4,61, et enfin 3,38 µg/ml.

7- Polyphénol

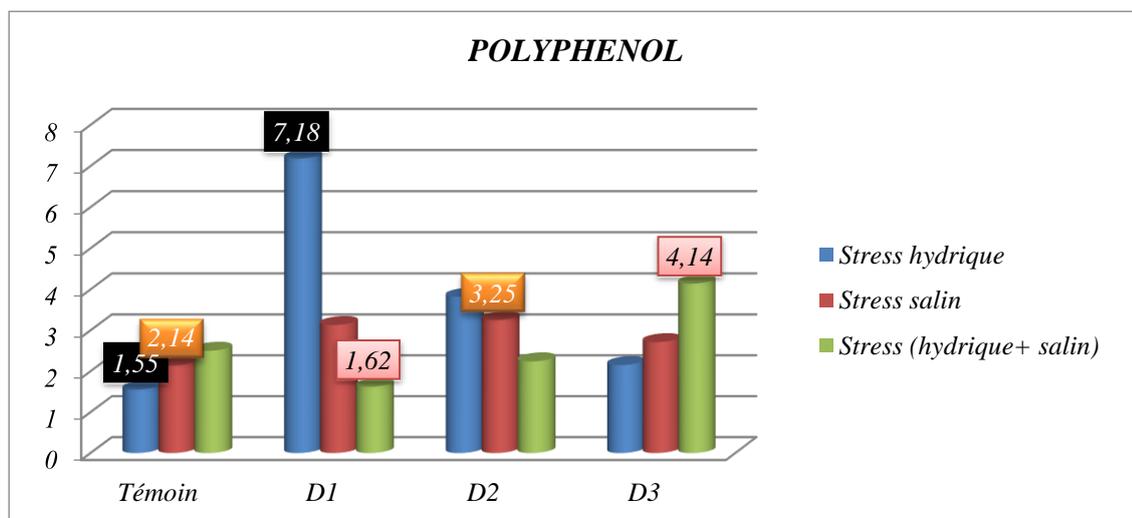


Figure N° 33 : Représente le pourcentage de poly phénols dans les graines de caroube.

Résultats

Le stress hydrique a enregistré une diminution de la valeur témoin de 1,55 par rapport aux doses étudiées, où D 1 était très significatif avec une valeur de 7,18.

La valeur de témoin de stress salin était de 2,14 contre D 2 3,25 et pour le stress eau + sel, la valeur témoin était de 2,5. Comparé à la 3D, il a une valeur de 4,14.

Discussion générale

Discussion générale

Discussion générale

La sécheresse et la salinité sont deux des défis les plus urgents auxquels sont confrontés les écosystèmes méditerranéens, impactant également les systèmes naturels, les cultures agricoles et le vert urbain (**Christoforidi et al., 2022**).

Ces stress environnementaux peuvent affecter négativement les paramètres de germination des plantes (**Van DenBerg et al., 2006**).

Étant donné que la germination est l'une des caractéristiques les plus importantes de la croissance précoce de la plupart des plantes, la réussite de leur installation ultérieure dépend grandement de la bonne réussite de cette phase. Les résultats obtenus ont montré que les taux de germination des graines de caroube variaient de 80 à 90 %, quelque soit la nature de stress abiotique du milieu.

Ces résultats sont similaires aux études déjà menées sur l'effet du stress hydrique et du stress salin sur la germination des graines de caroube. Selon cette étude il a été démontré que le caroubier a une capacité de germer et de tolérer à des conditions de vie très difficiles.

Le taux final de germination lie d'une part à la qualité de semences (maturité, état sanitaire de la graine) et d'autre part aux conditions externes telles que l'eau, oxygène et la température optimale (**Elzbieta et al., 2018**).

Les polyphénols sont des composés bioactifs secondaires naturels dérivés de sources végétales, qui présentent un large éventail de bioactivité contribuant à la promotion d'une bonne santé (**Rathod, et al., 2023**).

Chez les plantes, la synthèse et l'accumulation de polyphénols sont souvent stimulées par des stress tels que la salinité (**Naczk et Shahidi, 2004**). Ce sont les composés phénoliques impliqués dans la défense contre les ERO (espèces réactives de l'oxygène) produites lors de la photosynthèse sous stress environnemental.

Les concentrations de polyphénols tissulaires ont augmenté en réponse à l'augmentation de la salinité, suggérant que l'induction du métabolisme secondaire est une défense de la plante contre le stress salin mais réduit la production de biomasse.

Cependant, les stress osmotique et salin ne provoquent pas aucune influence sur la quantité de polyphénols dans les tissus cellulaires. En ce qui concerne les agrégats de pigments, en particulier la chlorophylle (a), la chlorophylle(b) et la chlorophylle, les résultats rapportés étaient dus au NaCl suite aux modifications des membranes thylakoïdes et photosynthèse des chloroplastes.

Discussion générale

D'autres travaux ont montré des résultats similaires, notamment sous l'effet de Stress hydrique.

Nos résultats montre que les graines de caroube sont très riche en chlorophylle A et B sous l'effet de stress hydrique et salin appliqués.

De nombreuses études ont montré que le stress salin provoque une augmentation de la teneur en sucres solubles dans la plupart des plantes, telles que: le blé tendre (**Datt Al., 2009**), l'orge (**Hassani et al., 2008**) et la tomate (**Khavarinejad et Mostafi, 1998**). Il a également été constaté que des concentrations élevées de sel entraînaient une forte diminution de la teneur en sucre soluble des graines de caroube.

Nos résultats étaient tout à fait cohérents avec ces études, qui reflètent la capacité des espèces à s'adapter au stress salin en utilisant des sucres solubles comme agent d'adaptation au stress. Signifie réinitialiser leur potentiel osmotique.

En revanche, une augmentation progressive de la teneur en sucres solubles a été constatée chez les graines placées dans un milieu de culture composé (stress hydrique + salin) avec une dose très élevée. En effet, les glucides (sucres solubles) s'accumulent même sous l'influence du chlorure de sodium.

Conclusion

Conclusion

Conclusion

Cette étude évalue le potentiel germinatif et la tolérance aux stress hydriques et salins de deux colonies de caroubiers dans les états de Tissemsilt et l'état de Médéa pendant la phase de germination.

Nos travaux ont également montré que le comportement germinatif de ces grappes étudiées en conditions de stress hydrique et salin variait avec la population au stade de germination et les concentrations en PEG 6000 et NaCl. Ainsi que la connaissance des proportions de polyphénols, de chlorophylle et de sucres solubles dans les graines de caroube, mais aucun résultat n'a été donné dans le cas de Tissemsilt par rapport aux graines de Médéa

Selon les résultats obtenus, l'inhibition de la germination est interdépendante, ainsi augmenter le taux de germination par traitement physique ou chimique ne peut être que bénéfique pour améliorer le taux de germination en pépinière.

D'un part, le contrôle de la germination et de la croissance des plantes est essentiel pour mieux gérer la sélection des variétés candidates d'élite pour leurs succès potentiels dans l'amélioration des systèmes agroforestiers (tolérance à la sécheresse), et d'autre part peut augmenter les chances de succès et réduire le coût de planter des arbres.

Nous avons également conclu que des groupes avec des taux de germinations similaires peuvent avoir des taux de croissance différents.

D'un autre point de vue, les expériences qui ont donné des taux de germination élevés n'étaient pas nécessairement corrélées avec leur croissance rapide après transplantation.

Cependant, il est encore nécessaire de poursuivre les recherches sur les différents stades de développement de la caroube avant de déterminer la tolérance de la caroube au stress hydrique et salin et de sélectionner les populations optimales pour l'amélioration dans les régions arides et semi arides.

Références

Bibliographiques

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **A.N.R.H., 2004** : « L'atlas pratique de l'Algérie, Edition populaire de l'armée (EPA). ». PP:116.
- **Aafi A. (1996)** : Note technique sur le caroubier (*Ceratoniasiliqua*), Centre Nationale de la Recherche Forestière, Rabat(Maroc), pp.10.
- **Abdelkader, S., Ramzi, C., Mustapha, R., Houcine, B., M'barek, B. N., Inagaki, M. N., & Abdallah, B. 2015**: Effect of Salt Stress on Germination and Biological Growth of 50 Genotypes of Durum Wheat (*Triticum durum Desf*). Pakistan Journal of Nutrition, 14(12),957.
- **AISSA D., 1981** – Etude expérimentale de la germination du Chêne vert (*Quercus ilexL.*).Thèse de doctorat de 3^{ème} cycle. Université d'Aix-Marseille III.P1-61.
- **Ait Chitt M.; Belmir H. et Lazrak A. (2007)**. Production de plants sélectionnés et greffés de caroubier. Transfert de technologie en agriculture. Maroc. N°153:1-4.
- **Ait Chitt M., Belmir M. et Lazrek A., (2007)**. « Production des plantes sélectionnées et greffées du 2005). The use of macronutrients and water in marginal Mediterranean areas : the case of carob tree. Field Crops Res., 91, 1 Cowan MM.,(1999), Plant products a santi microbial agents caroubier». Transfert de technologie en Agriculture. N°153. IAV Rabat, pp.1-4.
- **Anzala F.J., 2006**: contrôle de la vitesse de germination chez le maïs(*zeamays*): étude de voie de biosynthèse des acides amines issus de l'aspartate et recherche de QTLs. Thèse de doctorat. Université d'Angers. 148p. Algérie.
- **Battle I. and Tous J. (1988)**. Lineas d'investgati3n sobre el algarrobo (*CeratoniasiliquaL.*) en el IRTA, Catalu3a(España). In: Brito de Carvalho JH, ed. I Encorto Linhas de Investiga3o de Alfarroba. AIDA, Oeiras: AIDA, 92-104
- **Battle. I., Tous J., 1997**. Caroubtree. *CeratoniasiliquaL.* Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops ». 17. Institue of plant Genetic and crops Plant Resarch. Médicinales, Maghreb Canada Express Vol. 5, N°9
- **BELKHODJAM., 1996** – Action de la salinité sur le comportement physiologique,
- **Bengoechea, C., Romero, A., Villanueva, A., Moreno, G., Alaiz, M., Millán, F., Guerrero, A., Puppo, M.C., (2008)**. Composition and structure of carob (*Ceratoniasiliqua*

- **Berkat O. & Briske DD 1982.** Use polyethylene glycol to develop the water potential of the three germination substrates. *Journal of Agronomy*, 74,518.521.
- **Berthomieu,P; Conéjéro,G; Nublat,A; Brackenbury,W.J; Lambert,C; Savio,C; Uozumi**
- **BOUBLENZA,2012:**Centre d'origine et distribution du caroubier dans le monde
- **BOUBLENZA.I,2012:**Contribution à l'étude de multiplication du caroubier :*Ceratoniasiliqua*. . (Mémoire de magister ingénieur d'état); Université ABOUBEKR Belkaïd.
- **Bousnina M.2010.**Water relations of olive trees cultivated under deficit irrigation regimes. *Scientia Horticulturae*
- **Cabuslay, G. S., Ito, O., & Alejar, A. A. 2002.** Physiological evaluation of responses of rice (*Oryza sativa* L.) to water deficit. *Plant Science*, 163(4),815.827.
- **Cha-um, S., Takabe, T., and Kirdmanee, C. 2013.** Osmotic potential, photosynthetic abilities and growth characters of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) seedlings in response to polyethylene glycol-induced water deficit. *African Journal of Biotechnology*, 9(39),6509-6516.
- **Chaussat R., Ledebunff Y., 1975.** la germination des semences. Ed Bordas, paris, 232p2.
- **Chaussat R., Ledebunff Y., 1975.** la germination des semences. Ed Bordas, paris, 232p2
- **Chebuti, S; Li Jie; Wang, S; Hartman, A; Altman, A (2001).** Salt, nutrient uptake and transport, and ABA in *Populus euphratica*; response of hybrids to increased soil NaCl. *Plant Physiology*
- **Christoforidi, I; Kollaros, D.; Manios, T.; Daliakopoulos, I.N.** Drought- and Salt-Tolerant Plants of the Mediterranean and Their Diverse Applications: The Case of Crete. *Land* 2022, 11, 2038
- **CÔMED.,1970**—Les obstacles de la germination. Ed. Masson; 162p.
- **Correia P. & Martins-Loucao M. Clin. Microb Battle. I., Tous J., 1997.** Caroub tree. *Ceratoniasiliqua* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops». 17. Institute of plant Genetic and crops Plant Resarch. Médicinales, Maghreb Canada Express Vol. 5, N°9
- **Datta J., Nag S., Banerjee A. et Mondal N., 2009.** Impact of salt stress on five
- **Dominique S. 2007.** Les bases de la production végétale tome III, la plante.

- **FELIACHI K., AMROUNE R. et KHALDOUNEe, 2001** : Impact de la sécheresse sur la production des céréales cultivées dans le nord de l'Algérie: céréaliculture N0 35.ED. ITGC.
- **GAOUAR.N,2011**: Etude de la valeur nutritive de la caroube de différentes variétés Algériennes.(Mémoire de magister en Agronomie).
- **HaririA.,OuïsN.,SahnouniFetBouhadiD.(2009)**. Mise en œuvre de la fermentation de certains ferments lactiques dans des milieux à base des extraits de caroube, Rev. microbiol. ind. san et environn.37-55.
- **Hartmann, T., M. College and P. Lumsden,2005** Responses of different varieties
- **HassanI.,DellaLA.,BelkhodjaM.,Kaid-HarcheM.,2008**. Effet de la salinité sur l'eau et certains osmolytes chez l'orge (*Hordeum Vulgare*). European Journal of Scientific Research, 23,1:61-69.
- **HELLER R., ESNAULT R. et LANCE C., 2000**. Physiologie végétale II. Développement. Ed Dunod. Paris. pp64.260.)
- **Hohl .M et Pierre S. Peter, 1991**. Relations hydriques des coléoptiles de maïs en croissance. Comparaison entre le mannitol et le polyéthylène glycol 6000 comme osmolyte externe pour ajuster la pression de turgescence Plant Physiology, 95 (1991), pp. 716 –722.
- **HOPKINS W.G., 2003**. Physiologie végétale. Traduction de la 2ème édition américaine par SERGE R. Ed de Boeck. pp309.362.
- [https://image .app.goo.gl/9onP6ehZCa8UaRe6](https://image.app.goo.gl/9onP6ehZCa8UaRe6)
- [https : //www.bio-engline.com/image/aprops produits/caroubier -ceratonia siliqua .jpg](https://www.bio-engline.com/image/aprops produits/caroubier -ceratonia siliqua .jpg).
- [https : //image. app.goo.gl/5mcahdfMcpGprg8](https://image.app.goo.gl/5mcahdfMcpGprg8).
- **Hsissou D. 1994**. Sélection In vitro et caractérisation de mutants de blé dur tolérants à la sécheresse. Thèse de doctorat. Univ. Catholique de Louvain.
- **INGRAM J. et BARTLZQ D., 1996**. The molecular basis of dehydration tolerance in plants. Annual Review of Plant Physiology. And plant mol. Biolo., 47:377.403
- **Jabnourne,M.(2008)**. Adaptation des plantes au stress salin: caractérisation de transporteurs de sodium et potassium de la famille HKT chez le riz. Thèse doctorat. Université de Montpellier II ,France.127
- **Kausar, A., Ashraf, M. Y., and Niaz, M. 2014**. Some physiological and

genetic determinants of salt tolerance in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench): Biomass production and nitrogen metabolism. *Pakistan Journal of Botany*, 46(2), 515-519.

- **Khan, M.A; Hamid, A; Salahuddin, A.B.M; Quasem, A; Karim, M.A. (1997).** Effect of sodium chloride on growth, photo synthesis and mineralions accumulation of different types of rice(*Ovsya sativa*). *J. Agronomyandscience*:149-161.
- **Khavarinejad R.A., Mostofi Y., 1998.** Effects of NaCl on photosynthetic pigments, saccharides, and chloroplast ultrastructure in leaves of tomato cultivars. *Photosynthetica*, 35: 151-154.
- **KOTOWSKI F., 1926** – Temperature Relations to Germination of Vegetable Seeds, "American Society of Horticulture Science Proceedings, 23, 176–184.
- **Kusaka, M., Lalusin, A. G., & Fujimura, T. 2005.** The maintenances of growths and tirgor in pearls millets (*Pennisetum glaucum* [L.] Leake) cultivar with different roots structures and osmo.régulation under droughts stress. *Plant Science*, 168(1), 1.14.
- **Laberche J.C, 2004.** La nutrition de la plante In *Biologie Végétale*. Dunod, Vol2:154-163.
- **Landjeva S., Neumann K., Lohwasser U., Borner M. 2008.** Molecular mapping of genomic regions associated with wheat seedling growth under osmotic stress *Biol. Plan.*, 52 (2008), pp.259.266.
- **Loeb Het Vanden plas Y., 1989:** «Tannin-rich carob pods for the treatment of acute-onset diarrhea » *journal of pédiatric, Nutrition*. PP :35
- **Madhava Rao K.V., Raghavendra A.S. & Janardhan Reddy K. 2006.** Printed in the Netherlands. *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants*.
- **Maiti, R.; Satya, P.** Research advances in major cereal crops for adaptation to abiotic stresses. *GM Crop. Food* 2014, 5, 259–279.
- **Marron, N., Delay, D., Petit, J. M., Dreyer, E., Kahlem, G., Delmotte, F. M., & Brignolas, F. 2002.** Physiological traits of two *Populus × euramericana* clones, Luisa Avanzo and Dorskamp, during a water stress and re-watering cycle. *Tree Physiology*, 22(12), 849.858.

- **Masmoudi C.C., Ayachi M.M., Gouia M., Laabidi F., Reguaya S.B., Amor A.O et Mehari, A. ; Ericsson, T. And Weih, M. 2005.** "Effects Of NaCl On Seedling Growth, Biomass Production And Water Status Of *Acacia Nilotica* And *A. Tortilis*." *Journal Of Arid Environments* 62(2):343-349
- **Melgarejo P. & Salazar D.M., 2003.** Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas. Vol. II. Mundi.Prensa. España, pp.19.162.
- **Munns, R., Hare, R. A., James, R. A. and Rebetzke, G. J. 2000.** Genetic variation for salt tolerance of durum wheat.—*Aust. J. Agric. Res.* 51: 69– 74.
- **Quezel P. et Santa. S., 1962/63 :** « Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques Méridionales (tome 1) ». Edition du centre national de la recherche scientifique, Paris. PP : 557.
- **Rasool, R., Hameed, A., Azooz, M.M., Rehman, M., Siddiqi, T.O. and Ahmad, P. 2013.** Salt stress: causes, types and responses of plants. *Ecophysiology and responses of plants under salt stress. Acta Physiologiae Plantarum.* Volume 35, Issue 4, pp 1039-1050.
- **Rathod, N.B.; Elabed, N.; Punia, S.; Ozogul, F.; Kim, S.-K.; Rocha, J.M.** Recent Developments in Polyphenol Applications on Human Health: A Review with Current Knowledge. *Plants* 2023, 12, 1217.
- **Rebour H. (1968),** fruits Méditerranéen, la maison rustique Paris, 330pp.
- **Rejeb M.N.; Laffray D. et Louguet P.(1991).** Physiologie du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) en Tunisie . Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides, Groupe d'Etude de l'Arbre, Paris, France, pp.417-426
- **RENARD J. L. and QUILLEC G., 1975 –** L'Helminthosporiose du cocotier. *Etudes préliminaires. Oléagineux* 30(5) :209-213.
- **Rollin P.(2014).** GERMINATION, ©Encyclopædia Universalis France [URL
- **Rubinstein B., Turner N.C. 1982.** Regulation of H⁺ excretion. Effects of osmotic shock *Plant Physiol.*, 99 (1982), pp.355-360
- **Saboora, A., Kiarostami, K., Behroozbayati, F., and Hajhashemi, S. 2006.** Salinity (NaCl) tolerance of wheat genotypes at germination and early seedling growth. *Pakistan J. Biol. Sci.*, 9(11), 2009-2021.
- **Said, B.; Abdelmajid, H.(2011).** Effet de stress salin sur la germination de quelques espèces de dune triplex *Revue « nature & technologie ».* N°05/juin 2011.
- **Sharp, R.E., Poroyko, V., Hejlek, L.G., Spollen, W.G. Springer, G.K. et al. 2004.** Ro

of growth maintenance during water deficits: physiology to functional genomics. *Journal of Experimental Botany* 55:2343-51.

- **Shavrukov Y, Kurishbayev A, Jatayev S, Shvidchenko V, Zotova L, Koekemoer F, et al.** Early flowering as a drought escape mechanism in plants: How can it aid wheat production? *Frontiers in Plant Science*. 2017;17:8.

- **Siddique, M.A., Sundaram, S., Chandrasekaran, M., Kim, K., Selvakumar, G., and Sa, T.**

2015. Halotolerant bacteria with ACC deaminase activity alleviates salt stress effect in canola seed germination. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, 58(2), 237-241.

- **Tarkow H., Feist W.C., Southerland C.F. 1996.** Interaction of wood and polymeric materials. Penetration versus molecular size *Forest Prod. J.*, 16 (1996), pp.61.65.

- **Turkan I, Bor M, Ozdemir F et Koca H. 2005.** Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius* Gray and drought-sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress *Plant Sci.*, 168 (2005), pp.223.231.

- **Vallade J. (2002)-**

Structure et développement de la plante: morphogénèse et biologie de la reproduction des angiospermes Edit ;Dunod ;paris, pp224).

- **Van Den Berg, L. and Y.J. Zeng, 2006.** Response of 3 South African indigenous grass species to drought stress induced by polyethylene glycol (PEG) 6000. *Afr. J. Bot.*, 72:284-286.

- **WANG, Y.; NIL, N. (2000).** Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 75:623-627.

- **Wang, D.; Hubacek, K.; Shan, Y.; Gerbens-Leenes, W.; Liu, J.** A Review of Water Stress and Water Footprint Accounting. *Water* 2021, 13, 201.

- **Yang, W.; Zhou, Z.; Chu, Z.** Emerging Roles of Salicylic Acid in Plant Saline Stress Tolerance. *Int. J. Mol. Sci.* 2023, 24, 3388.

- **Wolny, Elzbieta; Betekhtin, Alexander; Rojek, Magdalena; Braszewska-Zalewska, Agnieszka; Lusinska, Joanna; Hasterok, Robert (2018).** Germination and the Early Stages of Seedling Development in *Brachypodium distachyon*. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(10)
- **Waqas MA, Kaya C, Riaz A, Farooq M, Nawaz I, Wilkes A and Li Y (2019)** Potential Mechanisms of Abiotic Stress Tolerance in Crop Plants Induced by Thiourea. *Front. Plant Sci.* 10:1336.
- **Zemour ,K ,Labdelli,A,Adda,A ;Dellal ,A ;Talou,T ;Merah ,O.**phenol content and antioxidant and antiaging activity of safflower seedoil.
- **Zhao, C. X., Shao, H. B., & Chu, L. Y. 2008.** Aquaporin structure–function relationships: water flow through plant living cells. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 62(2),163.172.

Résumé

Résumé

Cette étude vise à connaître l'effet de trois milieux, le premier sous pression osmotique PEG6000, l'autre un milieu salin contenant du NaCl et le troisième composé des deux, afin de découvrir la capacité de germination des graines de caroube et leur adaptation à ces milieux. Les résultats obtenus étaient les suivants :

Le taux de germination variait de 50% à 90% pour les graines qui étaient sous l'influence du PEG6000 à différentes concentrations ;

Les graines de caroube sont capables de germer dans un milieu à faible concentration en solution de NaCl ;

Il y avait une grande difficulté dans la germination des graines lorsqu'elles étaient placées dans le milieu composé de PEG6000 et de NaCl ;

Les graines de caroube contiennent des quantités importantes de chlorophylle A et B, ainsi que des sucres dissous, malgré leur présence dans les milieux précédents.

Mots clés:

Graines de caroube, stress osmotique, glycoéthylène PEG 6000, chlorure de sodium NaCl, germination, chlorophylle, sucres dissous.

Abstract

This study aims to know the effect of three media, the first under osmotic pressure PEG6000, the other a saline medium containing NaCl and the third component of both, in order to discover the germination capacity of carob seeds and their adaptation to these environments.

The results obtained were as follows:

The germination rate varied from 50% to 90% for seeds that were under the influence of PEG6000 at different concentrations ;

Carob seeds are able to germinate in a medium with a low concentration of NaCl solution ;

There was a great difficulty in the germination of the seeds when they were placed in the medium composed of PEG6000 and NaCl.

Carob seeds contain significant amounts of chlorophyll A and B, as well as dissolved sugars, despite their presence in the previous mediums.

Keywords :

Carob seeds, osmotic stress, glycoethylene PEG 6000, sodium acid NaCl, germination, chlorophyll, dissolved sugars.

الملخص

تهدف هذه الدراسة الى معرفة مدى تأثير ثلاثة اوساط الاول تحت ضغط اسموزي PEG6000 و الآخر وسط ملحي يحوي حمض الصوديوم NaCl و الثالث مكون منهما معا و ذلك قصد اكتشاف قدرة الانتاش لدى بذور الخروب و كذا تأقلمها مع هذه الاوساط. النتائج المحصل عليها كانت كالآتي:

كانت نسبة الانتاش تتراوح بين 50% الى 90% فالبنور التي كانت تحت تأثير PEG6000 في تراكيز مختلفة،

بذور الخروب قادرة على أن تنتش في وسط به تركيز منخفض من محلول NaCl ،

كان هناك صعوبة كبيرة لإنتاش البنور عند وضعها في الوسط المركب من PEG6000 و NaCl .

تحتوي بذور الخروب على كميات معتبرة من الكلوروفيل أ و ب وكذا على السكريات المذابة بالرغم من وجودها في الاوساط السابقة.

الكلمات المفتاحية:

بذور الخروب، الاجهاد الأسموزي، غليكوإيثانولان PEG 6000، حمض الصوديوم NaCl، الإنتاش، الكلوروفيل، السكريات المذابة.