



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**

Présenté par :

- **BELAID Abdelkadir**
- **BENSASSI Mohamed**

Thème

**Situation et perspectives d'amélioration de la filière du caroubier
dans la wilaya de Tissemsilt**

Soutenu le,

Devant le Jury :

CHOUHIM. Kadda Mohamed	Président	M.A.A	Univ-Tissemsilt
GADOUM. Abdelkader	Encadreur	M.A.B	Univ-Tissemsilt
ZEMOUR. Kamel	Examineur	M.A.B.	Univ-Tissemsilt

Année universitaire : 2020-2021

Remerciements

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements et toutes nos gratitude à notre promoteur Mr. GADOUNM Abdelkader pour le temps qu'il nous a accordé et les conseils qu'il nous a prodigué pour l'élaboration de notre projet de fin d'études.

Nos remerciements s'adressent aussi à Mr CHOUHIM KADA Mohamed pour avoir aimablement accepté de présider ce jury, qu'il me soit permis de lui témoigner mon sincère et profond respect.

Nos remerciements s'adressent aussi à Mr ZEMOUR Kamel pour avoir accepté d'examiner ce modeste travail.

Nous adressons également nos remerciements :

A tous mes collègues de la subdivision agricole de la daïra de Khemisti

A Mohamed , Youcef, Ali et Sofiane : des ingénieurs au niveau de laboratoire du département d' SMV pour leurs aides.

À tous nos enseignants de Master 2 production végétale.

Enfin, qu'il nos soit permis de remercier très sincèrement toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes parents, pour leur, amour, soutien, encouragement, et sacrifices, sans qui je n'aurai pas pu arrivé à ce stade.

A mes chers frères et mes chères sœurs et à toutes la famille "BENSASSI".

A mes chers amis

A ma promotion de Master 2 production végétale 2021.

Mohamed

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à mes parents, pour leur, amour, soutien, encouragement, et sacrifices, sans qui je n'aurai pas pu arrivé à ce stade.

A mes chers enfants :Ayoub, Zakaria et Assil,

A mes chers frères et mes chères sœurs et à toutes la famille "BELAID",

A ma promotion de Master 2 production végétale 2021.

Abdelkadir

Résumé

L'objectif de cette étude est de connaître la situation du caroubier dans La Wilaya de Tissemsilt en raison de son importance socio-économique, ainsi que son rôle dans la lutte contre la désertification et l'érosion, grâce à sa grande capacité d'adaptation aux sévères conditions naturelles telles que le manque d'eau.

L'exposition de graines de caroube à des différentes doses de PEG 6000 a montré que le processus de germination augmente progressivement, mais ne s'arrête pas.

Les résultats obtenus ont montré que, les paramètres biométriques des stations étudiées sont variés de 10 à 14 Cm pour la longueur de la gousse, de 1,02 à 1,89 Cm pour la largeur, épaisseur varié de 0,4 à 0,73Cm et que le nombre des graines par gosses varié de 8,64 à 12,92, et que les taux de germination pour toutes les stations étudiées variés entre 92% à 100% malgré les doses de PEG 6000 appliquées,

Mots clés : caroubier, lutte, adaptation, PEG6000, longueur, largeur, épaisseur, graines, germination, scarification

Abstract

The goal of this study is to know the situation of the carob tree in the Wilaya of Tissemsilt because of its socio-economic importance, as well as its role in the fight against desertification and erosion, thanks to its great adaptability. to severe natural conditions such as lack of water, for example.

Exposure of carob beans to different doses of PEG 6000 has shown that the germination process gradually increases, but does not stop.

The results obtained showed that the biometric parameters of the stations studied varied from 10 to 14 cm for the length of the pod, from 1,02 to 1,89 cm for the width, thickness varied from 0,4 to 0,73 cm and that the number of seeds per pods varied from 8,64 to 12,92, and that the germination rates for all the stations studied varied between 92% to 100% despite the doses of PEG 6000 applied,

Key words: carob tree, control, adaptation, PEG6000, length, width, thickness, seeds, germination, scarification

المخلص

تهدف هذه الدراسة إلى التعرف على وضعية شجرة الخروب بولاية تيسمسيلت لأهميتها الاجتماعية والاقتصادية ودورها في مكافحة التصحر والانجراف وذلك بفضل قدرتها الكبيرة على التكيف مع الظروف الطبيعية القاسية. مثل نقص المياه، على سبيل المثال.

أظهر تعريض حبوب الخروب لجرعات مختلفة من PEG 6000 أن عملية الإنبات تزداد تدريجياً، لكنها لا تتوقف.

أظهرت النتائج المتحصل عليها أن المعلمات البيومترية للمحطات المدروسة تراوحت من 10 إلى 14 سم لطول القرنة ، من 1.02 إلى 1.89 سم للعرض ، وتراوحت السماكة من 0.4 إلى 0.73 سم وأن عدد البذور في القرون يتراوح من 8.64 إلى 12.92 بذرة ، وأن معدلات الإنبات لجميع المحطات المدروسة تراوحت بين 92% إلى 100% على الرغم من جرعات PEG6000 المطبقة

كلمات مفتاحية : أشجار الخروب، مقاومة، التأقلم، PEG 6000، الطول، العرض، السمك، البذور ، الإنتاش ، الخدش.

Liste des tableaux

Tableau N°01: Classification taxonomique du genre <i>Ceratonia</i>	04
Tableau N°02: Différentes variétés du caroubier.....	09
Tableau N°03: La production algérienne de caroube dans la période	13
Tableau N°04: Coordonnées des différents sites d'étude(en UTM).....	19
Tableau N°05: les doses de PEG utilisées dans le test de germination.....	24
Tableau N°06 : Analyse de la variance pour le facteur provenance en relation avec les caractères de la gousse.....	30

Liste des figures

Figure N°01: Arbre de caroubier-.....	05
Figure N°02: Système racinaire de caroubier	05
Figure N°03: feuilles de caroubier (face supérieure et face inférieure).....	06
Figure N°04: Arbre de caroubier fleurit en septembre.....	06
Figure N°05: Les gousses de caroubier avant et après la maturité.....	07
Figure N°06: Graines de caroubier	08
Figure N°07: Coupe transversale d'une graine de caroube.....	08
Figure N°08: Centres d'origine et distribution du caroubier dans le monde	11
Figure N°09 : Distribution de caroubier dans le bassin méditerranéen.....	12
Figure 10: Répartition du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatiques	12
Figure 11: Production mondiale de la caroube en 2017	13
Figure 12: Courbe théorique d'imbibition d'une semence	16
Figure 13: la zone d'étude	19
Figure 14: Exemple sur le choix des gousses de caroube.....	20
Figure 15: Les outils utilisées dans les paramètres biométriques des gousses.....	21
Figure 16: Extraction des graines de caroubes de chaque échantillon.....	21
Figure 17: Préparation des graines de caroube pour le test de germination.....	22
Figure 18: Les différentes doses de PEG 6000.....	23
Figure 19: Longueur moyenne de la gousse.....	27
Figure 20: Largeur de la gousse.....	27
Figure 21: Epaisseur de la gousse.....	28
Figure 22: Nombre des graines par gousse.....	28
Figure 23: Nombre des graines avortées par gousse.....	29
Figure 24: Poids de 25 graines.	29

Figure 25: Précocité de germination des graines (%) du caroubier selon les concentrations de PEG 6000 (Station 01).....	30
Figure 26: Début de germination.....	31
Figure 27: Cinétiques de germination (Station 01).....	31
Figure 28: Coefficient de vélocité (Cv) et temps moyen de germination (Tm) des graines du caroubier stressées au PEG 6000 (Station 01).....	32
Figure 29: La durée de germination des graines de caroubier (Station 01).....	33
Figure 30: Taux final de germination (Station 01).....	33
Figure 31: La précocité de la germination (station 02).....	34
Figure 32: La précocité de la germination (station 02).....	34
Figure 33: Vitesse de germination des graines de <i>C. siliqua L</i> (Station 02).....	35
Figure 34: La durée de germination (Station 02).....	36
Figure 35: Taux final de germination (Station 02).....	36
Figure 36: La précocité de la germination (station 03).....	37
Figure 37: Cinétiques de germination (Station 03).....	37
Figure 38: Vitesse de germination des graines de <i>C. siliqua L</i> (Station 03).....	38
Figure 39: La durée de germination (Station 03).....	38
Figure 40: Taux final de germination (Station 03).....	39
Figure 41: La précocité de la germination (station 04).....	39
Figure 42: Cinétiques de germination (Station 04).....	40
Figure 43: Vitesse de germination des graines de <i>C. siliqua L</i> (Station 04).....	40
Figure 44: La durée de germination (Station 04).....	41
Figure 45: Taux final de germination (Station 04).....	41

LISTE DES ABREVIATIONS

J. C.	Jésus christ
m	Mètre
Cm	Centimètre
Mm	Millimètre
g	Gramme
%	Pourcentage
Kj/g de MS	Kilo joule par gramme de matière sèche
°C	Dégré Celsius
Mr	Masse molaire
A.N.R.H	Agence nationale des ressources hydriques
FAO STAT	Food and Agriculture Organization statistics
ADN	Acide désoxyribonucléique
ARN	acide ribonucléique
PEG6000	Poly éthylène glycol 6000
UTM	Universal Transverse Mercator
Gps	Global Positioning System
g.L ⁻¹	Gramme par litre
T	Température
mL	Millilitre
NT	Nombre total des graines
Ni	Nombre des graines germées
Tg	Taux de germination
EM	Energie métabolique
Cv	Coefficient de vélocité
TM	Temps moyen
Zn	Vitesse de germination
n	Nombre de jours
SAS	Statistical Analysis System
T	Graine témoin
Tsc	Graine témoin scarifiée
D1	Dose de 5% de PEG 6000
D2	Dose de 15% de PEG 6000
D3	Dose de 20% de PEG 6000
D4	Dose de 30% de PEG 6000

SOMMAIRE

Remerciement	
Dédicace	
Résumé	
Abstract	
المخلص	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Listes des abréviations	
Introduction	01
CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	
1. Présentation du caroubier	04
1.1. Taxonomie.....	04
1.2. Morphologie et description des principales parties de l'arbre.....	04
1.2.1. Système racinaire.....	05
1.2.2. Feuilles.....	05
1.2.3. Fleurs.....	06
1.2.4. Fruit.....	07
1.2.5. Graines.....	07
2. Les variétés.....	08
3. L'écologie du caroubier.....	09
4. Multiplication du caroubier.....	10
5. La valeur énergétique.....	10
6. La répartition géographique du caroubier	11
6.1. La répartition dans le monde	11
6.2. La répartition en Algérie.....	12
7. Production de caroubes.....	13
7.1. Production mondiale.....	13
7.2. Production algérienne.....	13
8. Intérêt et utilisation du caroubier.....	14
9. Effet de stress hydrique sur <i>C.silliqua</i>	14
10. Tolérance au stress hydrique.....	15
11. La germination.....	16

12. Effet du stress osmotique sur la germination	17
12.1. Définition de PEG 6000.....	17
12.2. Effet de la PEG 6000.....	17

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

1. Présentation de la zone d'étude.....	19
2. Caractéristiques climatiques.....	19
3. Préparation des échantillons.....	20
4. Paramètres biométriques.....	20
4.1. Paramètres biométriques des gousses.....	20
4.2. Paramètres biométriques de la graine.....	21
5. Test de germination.....	21
5.1. Préparation des graines pour les tests de germination.....	21
5.2. Préparation des doses de PEG 6000.....	22
5.2.1. Effet du stress osmotique sur la germination.....	22
6. Paramètres de germination.....	24
6.1. Précocité de germination.....	24
6.2. Vitesse de germination.....	24
6.3. Durée de germination.....	25
6.4. Taux final de germination.....	25
7. Traitement statistique.....	25

CHAPITRE III : RESULTATS

1. Paramètres biométriques	27
1.1. Paramètres biométriques des gousses	27
1.1.1. Longueur de la gousse.....	27
1.1.2. Largeur de la gousse.....	27
1.1.3. Epaisseur de la gousse.....	28
1.1.4. Nombre des graines par gousse.....	28
1.1.5. Nombre des graines avortées par gousse.....	29
2. Paramètres biométriques de la graine.....	29
2.1. Poids de 25 graines.....	29
3. Paramètres de germination.....	30
3.1. Station 01 (Lazharia)	30
3.1.1. La précocité de la germination.....	30
3.1.2. Cinétiques de germination.....	31

3.1.3. Vitesse de germination.....	32
3.1.4. Durée de germination.....	33
3.1.5. Taux final de germination.....	33
3.2. Station : 02 Beni Amar.....	34
3.2.1. La précocité de la germination.....	34
3.2.2. Cinétiques de germination.....	34
3.2.3. Vitesse de germination.....	35
3.2.4. Durée de germination.....	36
3.2.5. Taux final de germination.....	36
3.3. Station 03 : Larbaa.....	37
3.3.1. Précocité de germination.....	37
3.3.2. Cinétique de germination.....	37
3.3.3. Vitesse de germination.....	38
3.3.4. La durée de germination.....	38
3.3.5. Taux final de germination.....	39
3.4. Station 04 : Boucaid.....	39
3.4.1. Précocité de germination.....	39
3.4.2. Cinétique de germination.....	40
3.4.3. Vitesse de germination.....	40
3.4.4. La durée de germination.....	41
3.4.5. Taux final de germination.....	41
Discussion et Conclusion générale.....	44
Références bibliographiques	

INTRODUCTION

Introduction

Les écosystèmes méditerranéens sont soumis à des conditions climatiques particulières et à une pression anthropique, qui conduisent le plus souvent à une régression de la couverture forestière souvent irréversible, avec de graves conséquences sur l'environnement : érosion rapide des sols et désertification. Face à cette situation critique, le reboisement constitue, plus que jamais, un enjeu majeur et une nécessité absolue. L'utilisation des essences arborescentes pionnières, adaptées aux aléas climatiques et pouvant s'installer sur les sols érodés, reste la solution la plus recommandée. Le caroubier fait partie de ces espèces à grand potentiel, mais malheureusement peu utilisé dans les programmes de reboisement entrepris dans plusieurs pays méditerranéens, notamment dans les pays du grand Maghreb.

Les échecs dans les programmes de reboisement sont très fréquents. Cependant, la sélection et l'utilisation d'espèces endémiques pourraient améliorer le taux de réussite de ces opérations. Grâce à ses caractéristiques morphologiques et physiologiques, le caroubier est capable de développer différentes stratégies pour limiter les contraintes hydriques. C'est une essence qui s'installe avantageusement dans les zones semi-arides et arides, d'où l'importance de son utilisation dans les programmes de reboisement où elle est de plus en plus recommandée (Rejeb, 1994 ; Batlle et Tous, 1997).

Le caroubier (*Ceratonia siliqua L.*) dont l'origine semble être l'Est de la méditerranée est domestiqué depuis 4000 ans avant J.C. ; sa culture extensive date au moins de 2000 ans avant J.C., sa longévité est considérable (jusqu'à 200 ans) ; il peut atteindre jusqu'à quinze mètres de hauteur (Ait Chitt et al., 2007).

Le caroubier présente un intérêt de plus en plus grandissant en raison non seulement de sa rusticité, de son indifférence vis-à-vis de la nature du sol, de son bois de qualité, de sa valeur ornementale et paysagère, mais surtout pour ses graines qui font l'objet de transactions commerciales dont la valeur dépasse de loin celle de la production ligneuse. Ainsi, les gousses entières, la pulpe, les graines et les gommages font l'objet d'un commerce important en direction de l'Europe et sont largement utilisées dans l'industrie agroalimentaire (Biner et al., 2007).

En Algérie, la situation du caroubier demeure méconnue, en particulier dans la région Nord-ouest et cela malgré l'engouement et l'intérêt qui lui sont portés depuis quelques décennies par des industriels, notamment de Tlemcen, pour l'exportation vers le marché Européen. La wilaya de Tissemsilt se caractérise par des périodes de sécheresse à cause de la perturbations de la précipitation surtout dans les dernières années, cette situation exige de

INTRODUCTION

prendre en considération la culture de ce type des arbres pour leur rôle primordial dans la lutte contre la sécheresse et l'érosion.

L'objectif de ce travail consiste à mettre en lumière la situation du caroubier dans la région de Tissemsilt et de proposer une perspective pour un développement durable de cette filière.

Le présent travail comporte trois chapitres. Le premier chapitre pour une synthèse bibliographique, et la deuxième pour une étude expérimentale sur les paramètres biométriques pour les gousses et les graines de *C. siliqua* L, et l'effet de stress hydrique sur leur germination, et en fin on termine par des résultats et conclusion.

CHAPITRE I

Synthèse bibliographique

1. Présentation du caroubier**1.1. Taxonomie**

Le mot « caroubier » vient de l'arabe el kharroube. Le nom scientifique du caroubier, *Ceratonia siliqua* L. dérive du grec Keras (corne) et du latin siliqua désignant une silique ou gousse et faisant allusion à la dureté et à la Forme du fruit, (**Berrougui ; 2007 ; Battle et Tous, 1997**).

L'utilisation des graines entières du caroubier comme unité de poids dans le commerce de substances et matériels précieux a été attribuée aux Arabes. C'est pourquoi "elkilate" en espagnol ou « carat » en français vient du nom arabe (al-karat ou qirat) donné à la graine, à la raison de sa relativité avec la constance du poids (**Albanell, 1990**).

Le genre *Ceratonia* ; appartient à la famille des Fabacées, ordre des Rosales, sous famille des *Caesalpinioideae*. (**Quezel et Santa, 1962**).

Tableau N° :01 : Classification taxonomique du genre *Ceratonia* (**Sbay H., 2008**).

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliosida
Sous-classe	Rosidae
Ordre	Rosales
Famille	Fabacées
Sous-famille	Caesalpinioideae
Sous-tribu	Ceratoninae
Genre	<i>Ceratonia</i>

1.2. Morphologie et description des principales parties de l'arbre

Ceratonia siliqua est un arbre typiquement méditerranéen qui croît sous les climats chauds et peut atteindre une quinzaine de mètres de hauteur (**Quezel et Santa, 1962**). Il possède une cime très étalée et arrondie (voir figure N° 01). Le tronc est épais, très crevassé, tortueux comme l'olivier, car le caroubier pousse aussi lentement et vit longtemps, avec un tronc dont la base peut atteindre 2 à 3 mètres de circonférence (**Benmahioul et al., 2011**). Cette espèce ligneuse a une écorce lisse et grise à l'âge juvénile et brune, rugueuse à l'âge adulte. Son bois est blanc-jaunâtre lorsqu'il est jeune et devient rose veiné puis rouge foncé et dur en vieillissant.

Il est très apprécié en ébénisterie, marqueterie, armurerie charronnage et aussi pour la fabrication du charbon (Benmahioul et *al.*, 2011).



Figure N° 01 : Arbre de caroubier- LARBAA (photo BELAID 2021)

1.2.1. Système racinaire

Cet arbre développe un système racinaire pivotant, qui peut atteindre 18 m de profondeur (Aafi, 1996 ; Gharnit, 2006).



Figure N° 02 : Système racinaire de caroubier Larbaa (photo 2021)

1.2.2. Feuilles

Les feuilles de caroubier sont assez grandes (10 à 20 cm de longueur), composées de 4 à 10 folioles ovales ou elliptiques (3 à 7 cm de longueur) opposées, de couleur verte luisante à la face supérieure et vert pâle à la face inférieure. Le caroubier perd ses feuilles tous les deux ans, au mois de juillet.



Figure N°03 : feuilles de caroubier (face supérieure et face inférieure) photo 2021.

1.2.3. Fleurs

Le caroubier est une espèce dioïque et rarement monoïque (**Linskens et Scholten, 1980; Batlle et Tous, 1988**). Les fleurs groupées en grappes latérales sont de couleur pourpre et parfois rougeâtre.

La morphologie florale chez cette espèce est très complexe : on peut distinguer des inflorescences mâles avec des étamines courtes ou longues, des inflorescences femelles avec des étamines rudimentaires et, occasionnellement, des inflorescences hermaphrodites (**Benmahioul et al., 2011**).

La floraison chez le caroubier a lieu en automne sur le bois de deux ans et les vieux bois. Cette espèce est considérée comme la seule dans la région méditerranéenne qui fleurisse en été. Les floraisons femelles apparaissent à partir de juillet, tandis que les fleurs mâles apparaissent d'août à septembre. Les pieds femelles doivent être pollinisés par des sujets mâles pour produire, à partir de l'âge de 15 ans, des fruits comestibles et sucrés : les caroubes. La pollinisation est généralement anémophile (**Passos de Carvalhos, 1988**), mais elle est assurée aussi par les insectes (entomophile) (**Retana et al., 1990, 1994 ; Rejeb et al., 1991; Ortiz et al., 1996**). Les sujets hermaphrodites pourraient être envisagés en tant que pollinisateurs et producteurs.



Figure N°04 : Arbre de caroubier fleurit en septembre (photo Internet).

1.2.4. Fruit

Les caroubes sont réunies en grappes simples. Ce sont des gousses indéhiscentes, de grande taille : 10 à 30 cm de longueur, 1,5 à 3 cm de largeur et de 1 à 2 cm d'épaisseur.

Chaque caroube pèse environ 15 à 30 grammes. La gousse est séparée à l'intérieur par des cloisons pulpeuses et renferme 12 à 16 graines brunes dont la longueur et la largeur sont respectivement de 8 à 10 mm et de 7 à 8 mm (**Batlle et Tous, 1997**).

La couleur de la caroube est d'abord verte, puis elle devient brune foncée à maturité. Pour arriver à cette maturité, la caroube nécessite généralement 9 à 10 mois, correspondant à trois stades de développement :

- Le premier stade est caractérisé par une lente croissance en automne et en hiver ;
- Le second correspond à un développement actif et une croissance rapide des gousses au printemps ;
- Au dernier stade, la gousse mûrit et se durcit en juin-juillet.

**(A)****(B)**

Figure N°05 : Les gousses de caroubier avant **(A)** et après **(B)** la maturité (**photo BENSASSI 2021**).

1.2.5. Graines

Les graines sont ovoïdes, rigides, d'une couleur qui dépend la variété, elle peut être marron, rougeâtre, ou noir dont la longueur et la largeur sont respectivement de 8 à 10 mm et de 7 à 8 mm, respectivement (**Batlle et Tous, 1997**)

La graine est composée de 30 à 33% d'enveloppe tégumentaire, de 42 à 46% de l'albumen (d'endosperme) et de 23 à 25% d'embryon (le germe) (**Gharnit et al., 2006**). (**Figure 10**)

➤ L'enveloppe tégumentaire contient des antioxydants (**Batista et al, 1996**). Ces antioxydants naturels ne sont autre que les polyphénols naturellement présentes dans l'enveloppe de la graine, qui sont valorisables dans l'industrie alimentaire.

➤ L'endosperme est essentiellement constitué de gomme ou galactomannanes (30 à 40%), qui est un polysaccharide composé de deux unités de sucres, mannose et galactose, combinées par des liaisons glycosidiques, cette gomme renferme très peu de minéraux et de protéines (<2%) (**Battle et Tous, 1997**).

➤ Le germe : La farine de germes est très riche en protéines (50%), en glucides (27%). Elle est principalement utilisée dans les aliments pour les enfants (**Lizardo et al., 2002**). Elle est également utilisée dans l'alimentation diététique humaine ou comme ingrédient potentiel dans les aliments dérivés des céréales pour les personnes cœliaques.

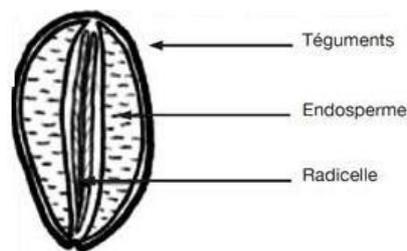


Figure N°06 : Coupe transversale d'une graine de caroube (**Dakia et al., 2008**).



Figure N° 07 : Graines de caroubier (photo **BELAID 2021**).

2. Les variétés

Le caroubier existe sous forme de plus de 80 clones. Coït a pu sélectionner sept entre eux, qui sont ensuite exposés au Centre Citrus Research de l'Université de Californie pour la conservation. Le tableau suivant résume les sept variations (**Battle. et Tous J., 1997**).

Tableau N°02 : Différentes variétés du caroubier.

Variétés	Propriétés
Amele (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 (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, le sucre est de 51,7%.
Arbre de la rue Clifford	La gousse brun clair, légèrement incurvée, (13 cm) de long, (2 cm) de large; teneur en sucre est de 52,9%.
Sfax (de Menzel-bou Zelfa, Tunisie)	La gousse rouge-brun, droites ou légèrement incurvées; (15 cm) de long, (2 cm) de large, le sucre est de 56,6%.
Santa Fe-semis (de Santa Fe Springs, en Californie)	La gousse brun clair, légèrement incurvé, souvent tordu, (18-20 cm) de long, (2 cm) de large, le sucre est de 47,5%. Excellente saveur.
Tantillo (de Sicile, Italie)	La gousse brun foncé, la plupart du temps sec; (13-15 cm) de long (2 cm) de largeur.
Tylliria (de Chypre)	la gousse sombre brun acajou, légèrement incurvée, (15 cm) de long (2-2.5 cm) de large, le sucre de 48,8% . Bonne saveur. La pulpe contient 51% de sucre et les graines 49% de gomme.

Les différents cultivars recensés actuellement dans le monde se distinguent entre eux par leur vigueur, leur taille, leur qualité de gousse, leurs graines, leur productivité et leur résistance aux maladies (**Battle. Et Tous J., 1997**).

3. L'écologie du caroubier

Le caroubier s'adapte à plusieurs types de sols à l'exception des sols hydromorphes et salés et les croûtes schisteuses. On le rencontre sur sols marneux, sur sols pauvres superficiels

et rocaillieux calcaires, sur des pentes rocheuses, des escarpements peu accessibles et des collines incultes (**Nabli, 1989**).

C'est une espèce typique de la flore méditerranéenne, bien définie dans l'étage humide, subhumide et semi-aride. Il croît généralement à l'état disséminé dans l'étage du thuya et du genévrier de Phénicie, dans les peuplements de chêne vert et en association avec *Oléa europea* et *Pistacia lentiscus* (**Boudy, 1950 ; Rejeb et al., 1991**).

4. Multiplication du caroubier

Elle peut se faire par semis, bouturage, greffage, marcottage, ou par micro propagation. Le semis est la méthode classique la plus utilisée pour la multiplication du caroubier. En effet la germination par semis est facilement réalisable, mais elle est entravée par l'impossibilité de connaître le sexe de la plante avant la maturation et la production tardive, qui peut prendre plus de 8 ans (**Rejeb, 1995 ; Gharnit, 2003**).

Le bouturage est moins utilisé, car il demande des soins très minutieux et une température édaphique élevée (**Rejeb, 1995**).

Le greffage consiste à greffer les pieds mâles par les femelles. En effet il s'agit de transférer les bourgeons prélevés sur les pieds femelles et de les greffer sur les pieds mâles. Les 1ers rameaux apparaissent au bout de la 3ème semaine. Cette méthode permet aux arbres mâles de donner des fruits à partir de la troisième année, de produire des races garantissant la fructification et la préservation de la conformité des caractères sélectionnés chez la plante mère (**Gharnit, 2003 ; Ait Chill et al., 2007**).

La micro propagation ou la culture in vitro du caroubier est une technique prometteuse, qui permet d'obtenir une plante conforme à la plante d'origine, elle a été réalisée à partir de plantules et de plantes adultes (**Sebastian et Mc Comb, 1986 ; Batlle et Tous, 1997**), ainsi que de différents explants : nœuds prélevés des plantules issues de germination (**Belaizi et al., 1994**), bourgeons axillaires... (**Saidi et al., 2007**).

5. La valeur énergétique

La valeur nutritionnelle de la gousse du caroubier est considérée similaire à celle de la plupart de céréales (**NAS 1979**). Et la valeur d'énergie métabolique (EM) de la farine de caroube est estimée à 13.1MJ EM/kg de produit frais et la gousse du caroubier présente une valeur énergétique important (17,5 KJ/g de M.S).

6. La répartition géographique du caroubier

6.1. La répartition dans le monde

Selon **Thillot et al. (1980)**, le caroubier est étendu, à l'état sauvage, en Turquie, chypre, Syrie, Liban, Palestine, Sud de Jordanie, Egypte, Arabie, Tunisie, et Libye avant d'atteindre l'Ouest de la méditerranéen (**KONATÉ, 2007**).

Le caroubier a été également, introduit avec succès dans plusieurs autres pays ayant un climat méditerranéen. C'est le cas en Australie, en Afrique du Sud, aux Etats Unis (**Figure 08**) (Arizona, Californie du Sud), aux Philippines et en Iran (**Evreinoff, 1947 ; dans Batlle et Tous, 1997**). Généralement, la distribution des espèces arborescentes, telle que *C. siliqua* est limitée par des stress liés aux froids (**Mitrakos, 1981**).

Le caroubier a d'abord été propagé par les grecques, puis par les arabes et les Berbères de l'Afrique du Nord, en Grèce et en Italie, en Espagne et Portugal (**Rejeb, 1995 ; Gharnit, 2003**), ensuite il a été introduit en Amérique du Sud, du Nord et en Australie par les Espagnols. Actuellement le caroubier se trouve aussi aux Philippines, en Iran, en Afrique du sud et sud et en Inde (**Berrougui, 2007**). (**Figure 08**)

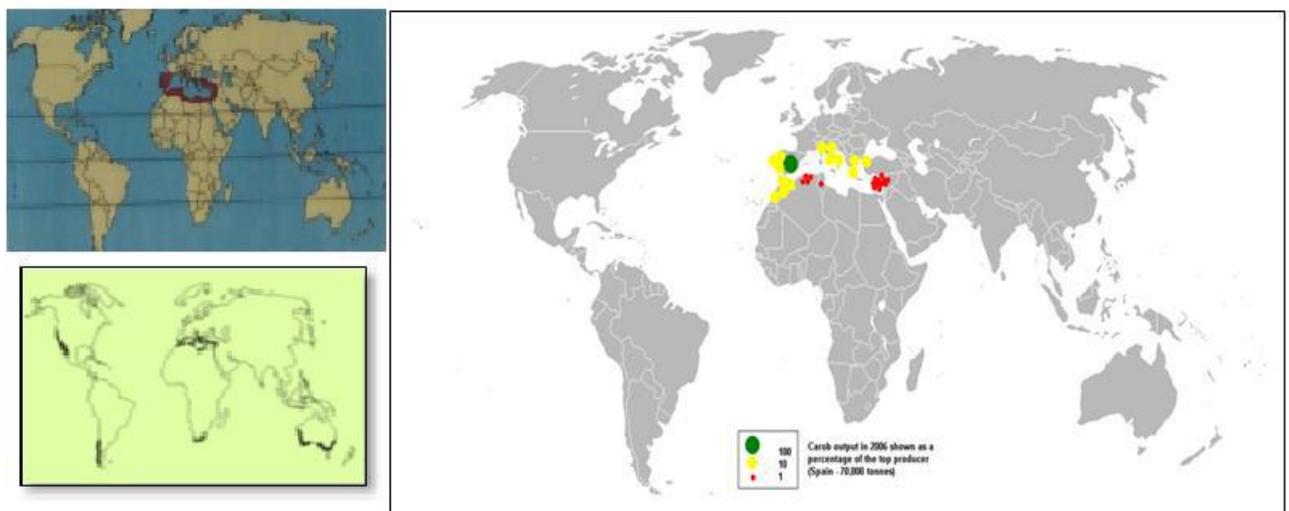


Figure N°08 : Centres d'origine et distribution du caroubier dans le monde (**Batlle et Tous,1997**).

Dans les zones basses méditerranéennes (0- 500m, rarement 900m d'altitude), le caroubier constitue une essence dominante et caractéristique du maquis des arbres sclérophylles (**Folch L, Guillen R. (1981)**). Il s'adapte à plusieurs types de sols.



Figure N°09 : Distribution de caroubier dans le bassin méditerranéen

6.2. La répartition 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 600 mm/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 (Figure 09) Zitouni A. (2010).

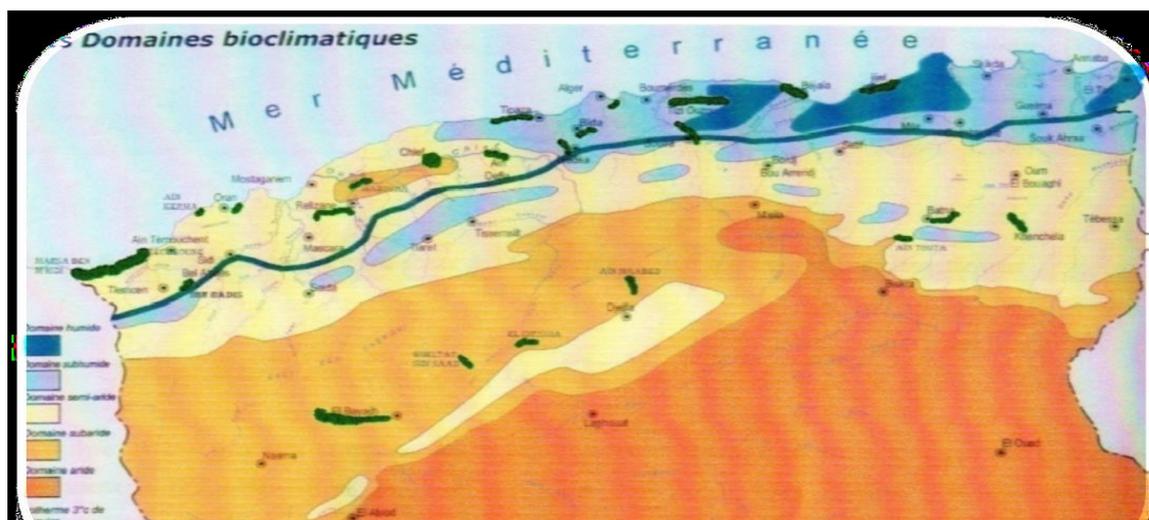


Figure N°10 : Répartition du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatiques (A.N.R.H, 2004).

7. Production de caroubes

7.1. 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 10**)

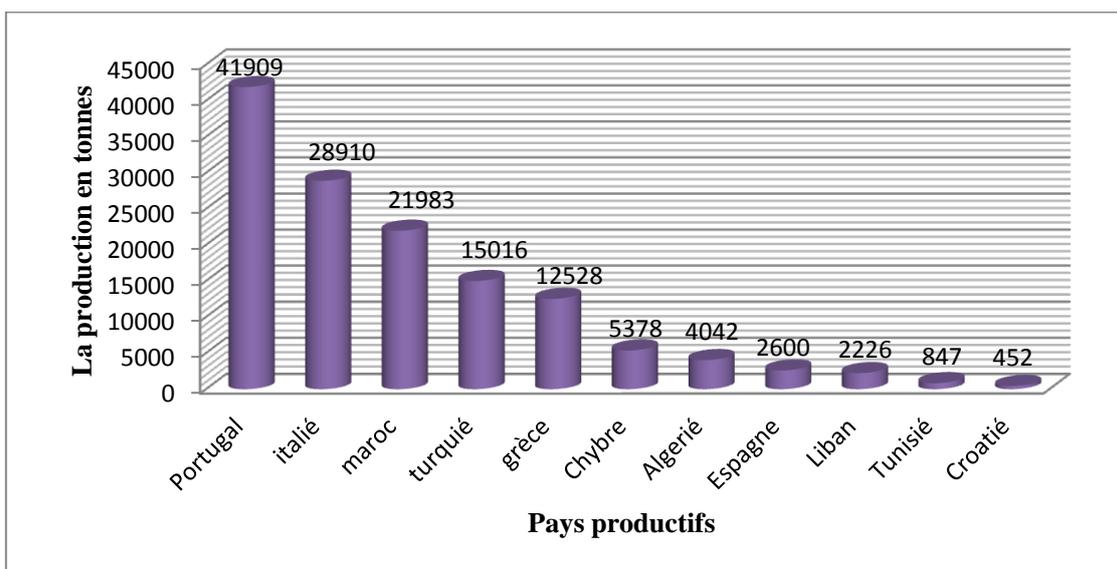


Figure N°11 : Production mondiale de la caroube en 2017 (**FAOSTAT 2019**).

7.2. Production algérienne

Selon le **FAOSTAT (2019)**, la production algérienne totale de la caroube est estimée à 3526 Tonnes. La plus grande production a été enregistrée en 2015 avec une production de 4624 tonnes. (**Tableau N° 03**).

Tableau N°03 : 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)	2829	2865	3136	3053	3655	4624	3257	4042	2880	3526

8. Intérêt et utilisation du caroubier

Le caroubier est cultivé depuis longtemps pour divers usages, il est considéré comme l'un des arbres fruitiers et forestiers les plus performants, puisque toutes ses parties ou organes (feuilles, fleurs, fruits, bois, écorce et racines) sont utiles et ont des valeurs dans plusieurs domaines (**Aafi, 1996**).

L'arbre, est souvent utilisé pour le reboisement des zones affectées par l'érosion, pour la forétation ou reboisement et aussi utilisé comme plante ornementale en bordure des routes et des jardins (**Batlle et al., 1997 ; Rejeb et al., 1995**). Son bois est très apprécié en menuiserie et en charbonnerie grâce à sa dureté et à sa couleur rougeâtre, quand à l'écorce et aux racines sont utilisés dans le tannage grâce à leur richesse en tannins. Les fleurs sont exploitées en apiculture de la production du miel de caroube alors que les feuilles sont utilisées pour l'alimentation des animaux (**Hariri et al., 2009**).

La poudre de caroube tirée des gousses est un édulcorant naturel, qui a la saveur et l'apparence semblable du chocolat. C'est pourquoi il est souvent utilisé comme substitut du cacao.

L'avantage d'utiliser la caroube réside dans le fait que contrairement au chocolat, il ne contient pas de stimulants puisqu'il est dépourvu de caféine et de théobromine (**Bengoechea, 2008**). Par ailleurs, différents aliments pour l'homme peuvent dériver de la pulpe de caroube tels que les sirops de sucre ou de mélasse, la poudre de caroube non torréfié et torréfié utilisés comme substituts de cacao dans les pâtes, les barres de céréales, les confiseries au chocolat, les crèmes glacées et les produits légers (**Loeb H et al., 1989**).

La caroube est utilisée aussi (plus au domaine alimentaire) dans le domaine :

➤ Médical : Actuellement, la caroube est considérée comme une plante d'investigation de nouveaux antioxydants naturels contenus dans l'enveloppe de la graine et la pulpe du fruit.

➤ Et aussi dans la cosmétique : La gomme de caroube est utilisée en cosmétique pour sa capacité à former une solution très visqueuse, à une faible concentration en raison de ses propriétés épaississantes, émulsifiantes et stabilisantes (**Batlle et al., 1997**).

9. Effet de stress hydrique sur *C.silliqua*.

Les stress abiotiques ont des impacts importants sur la physiologie, le développement et la survie des plantes. En effet, les stress abiotiques peuvent conduire à des changements sur le

plan morphologique, physiologique, biochimique et moléculaire. Avec le réchauffement climatique, la pression exercée par certains stress dont le déficit hydrique augmentera très certainement. La sécheresse est déjà l'un des principaux facteurs limitant la productivité et la qualité des récoltes à l'échelle mondiale.

La sécheresse est un processus physico-chimique complexe, dans lequel de nombreuses macromolécules biologiques telles que les acides nucléiques (ADN, ARN, le micro ARN), les protéines, les glucides et de petites molécules, (les lipides, phytohormones, ions, radicaux libres, éléments minéraux) sont impliquées (**Zhao et al.,2008 ; Ahmad et al.,2014**).

Le déficit hydrique, permanent ou temporaire, limite la croissance et la répartition de la végétation naturelle ainsi que le rendement des plantes cultivées, plus que tout autre facteur environnemental (**Zhao et al.,2008**). En effet, la croissance et l'un des processus physiologiques le plus sensible à la sécheresse. De nombreuses adaptations sont conditionnées directement (vitesse de croissance) ou indirectement (réduction du nombre d'organes portant des feuilles) par le déficit hydrique. Sur le plan quantitatif et qualitatif, la croissance des plantes dépend de la division et la différenciation cellulaire, et tous ces événements peuvent être affectés par le stress hydrique (**Correia et al.,2001 ; Cabuslay et al.,2002**).

10. Tolérance au stress hydrique

Il s'agit d'une stratégie permettant à la plante d'assurer ses fonctions physiologiques malgré le déficit hydrique. La tolérance à la sécheresse est le résultat de mécanismes physiologiques, biochimiques et moléculaires complexes (**Tardieu,2005**).

Les différents mécanismes intervenant dans la tolérance à la sécheresse avec maintien du potentiel hydrique élevé sont principalement :

- L'augmentation de la vitesse d'absorption de l'eau,
- La réduction des pertes en eau par transpiration grâce à des traits adaptatifs morphologiques.

Afin de préserver l'intégrité structurale et fonctionnelle de leur tissus, les plantes vont tenter de maintenir la turgescence cellulaire par l'ajustement osmotique qui constitué le processus majeur permettant à la cellule de tolérer à la sécheresse (**Turner, 1986 ; Lew,2004**) grâce à l'accumulation des solutés : sucres, acides aminés et organiques.

En réalité, les notions d'adaptation et de résistances ne sont pas toujours claires. Ces termes sont parfois employés de façon équivoque l'un à la place de l'autre. L'adaptation se traduit, en réponse à la contrainte, par une succession de modifications au niveau cellulaire, sub-cellulaires et moléculaires qui sont dépendantes des potentialités génétiques de l'espèce (DEMARLY, 1984).

L'adaptation correspond donc à une dynamique réactionnelle dont la résultante est la résistance (VARTANIAN et LEMEE, 1984).

11. La germination

La germination d'une graine est définie comme étant la somme des événements qui commencent avec l'imbibition et se terminent par l'émergence d'une partie de l'embryon, généralement la radicule, à travers les tissus qui l'entourent (BEWLEY, 1997).

Elle se compose de trois phases distinctes selon BOVE et al., (2001).

➤ Phase I : correspond à la prise d'eau par la graine et à la restauration d'une intense activité métabolique. Les premières heures suivant l'imbibition sont caractérisées par une activation de la respiration et le début du métabolisme des acides aminés.

➤ Phase II : correspond à la germination sensu stricto.

➤ Phase III : correspond à une phase de croissance avec une accumulation de solutés osmotiques et une acidification des parois cellulaires entraînant une élancement des organes axiaux l'émergence de la radicule (Figure N°11)

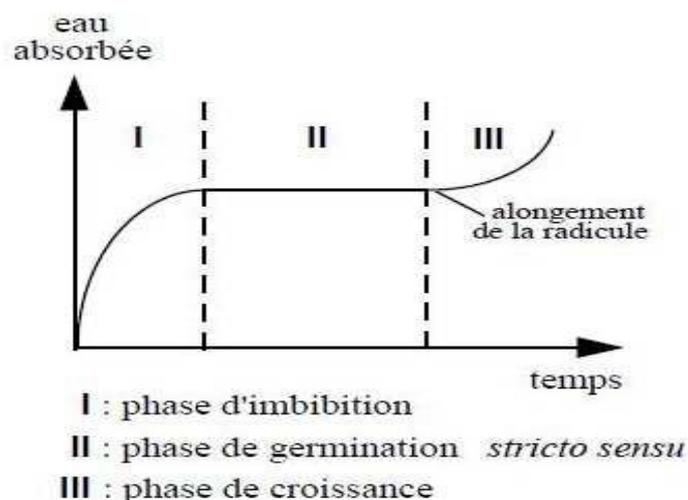


Figure N°12 : Courbe théorique d'imbibition d'une semence selon CÔME (1982).

Une scarification mécanique ou chimique pourrait alors remplacer la stratification et lever la dormance chez certaines espèces (HELLER, 1978). La température jouerait

également un rôle dans l'accumulation des gibbérellines ainsi dans la sensibilité de la graine de ces derniers (**CHIEN et al., 1998; FOLEY, 2001**).

D'autre part, l'acide abscissique joue un rôle important dans la dormance des graines, et réduire son action inhibitrice pourrait contribuer à lever leur dormance. Or, les gibbérellines, en plus d'être connus pour promouvoir la germination et remplacer certains stimuli environnementaux nécessaires à la germination des graines, seraient également efficaces pour contrecarrer l'effet inhibiteur de l'acide abscissique, et ce, souvent sous l'action combinée des cytokinines (**BEWLEY et BLACK, 1994 ; SRIVASTAVA, 2002**).

12. Effet du stress osmotique sur la germination

12.1. Définition de PEG 6000

Les molécules de polyéthylène glycol avec un $M_r \geq 6000$ (PEG 6000) sont des chaînes inertes, non ioniques et pratiquement imperméables qui ont fréquemment été utilisées pour induire un stress hydrique et maintenir un potentiel hydrique uniforme tout au long de la période expérimentale (**Hohl et Peter, 1991 , Lu et Neumann, 1998**).

12.2. Effet de la PEG 6000

Le PEG est principalement utilisé pour la détermination des informations liées au stress hydrique provenant des plantes (**Turkan et al., 2005, Landjeva et al., 2008**). Il est connu que le PEG ne pénètre pas dans l'espace de la paroi cellulaire (**Rubinstein, 1982**) et que les molécules de PEG ayant un poids moléculaire supérieur à 6000 ne sont apparemment pas absorbées (**Tarkow et al., 1996**).

CHAPITRE II

Matériels et méthodes

1. Présentation de la zone d'étude

La présente étude a été faite dans les lieux suivants : Beni Amar, Lazharia, Larbaa et Boucaïd, situées à l'ouest de la wilaya de Tissemsilt, c'est une zone montagneuse caractérisée par un couvert végétal constitué par des formations forestières variées, on trouve principalement le Pin d'Alep, oliviers sauvages (oléastres) et le chêne vert. (Tab N°04 et Fig. N° 13).

Tableau N° 04 : Coordonnées des différents sites d'étude (en UTM).

Station	Coordonnées Gps		
	Latitude	Longitude	Altitude
LAZHARIA 01	369695	3977356	802
BENI AMAR 02	366950	3976593	629
LARBAA 03	360222	3973080	992
BOUCAID 04	378793	3974546	826

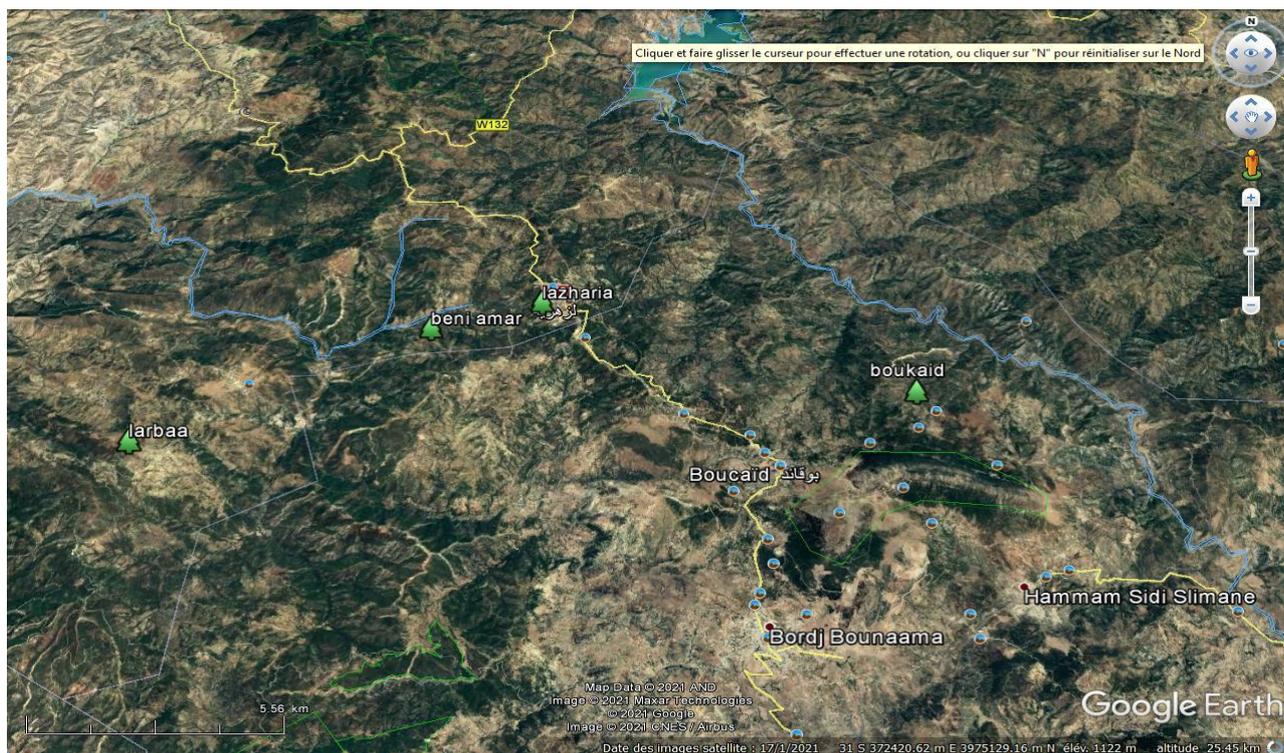


Figure N° 13 : la zone d'étude (photo Google Earth)

2. Caractéristiques climatiques

La température, pluviométrie, vent, gelée..., jouent des rôles déterminants et interviennent d'une façon décisive dans le développement et la répartition géographique des espèces végétales. La zone d'étude se caractérise principalement par un climat continental à

hiver froid, humide et a été chaud et sec. La moyenne pluviométrique calculée sur une période de 31 ans (1976 -2006) est égale 379,84 mm. (A.N.R.H.,2008).

3. Préparation des échantillons

Durant le mois de mai 2021, nous avons récolté quatre échantillons de caroube (production de l'année précédente), appartient à des pieds différents et dans des sites différents : (Beni Amar, Lazharia, Larbaa et Boucaid).

4. Paramètres biométriques :

4.1. Paramètres biométriques des gousses

25 gousses de chaque échantillon ont été choisies sur la base de critères bien définis : des gousses saines, maturation complète, taille et couleur uniforme, ne présentant aucune blessure ou infection (**Fig N°08**).



Figure N°14 : Exemple sur le choix des gousses de caroube

Nous avons étudié les paramètres biométriques suivantes :

- La longueur, la largeur, épaisseur des 25 gousses de chaque échantillon à l'aide d'un pied à coulisse, un mètre à ruban (**Fig N° 15**) ;

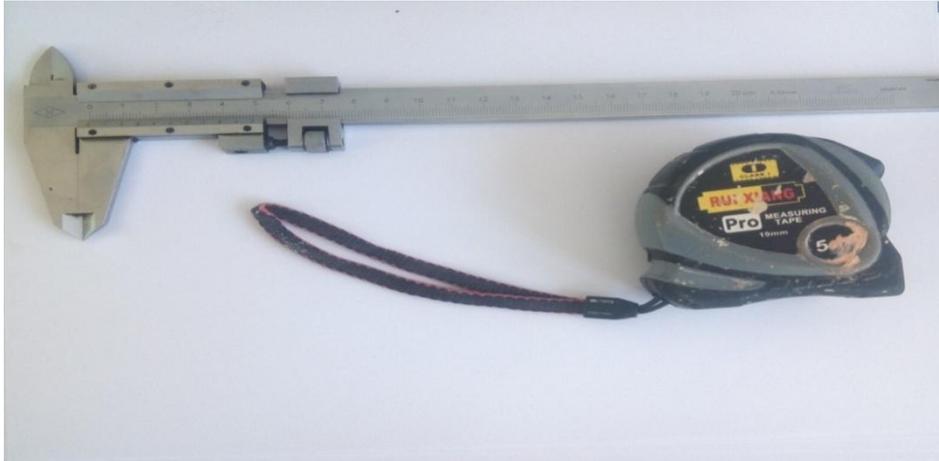


Figure N° 15 : Les outils utilisés dans les paramètres biométriques des gousses.

- Nombre des graines par gousse ;
- Nombre des graines avortées par gousse.

4.2. Paramètres biométriques de la graine

- Poids de 25 graines à l'aide d'une balance de précision,



Figure N° 16 : Extraction des graines de caroubes de chaque échantillon.

5. Test de germination

5.1. Préparation des graines pour les tests de germination

On prend 25 graines mures et saines de chaque échantillon pour faire le test de germination sous stress hydrique par l'utilisation de PEG 6000 à des doses différentes pendant 10 jours.

Le test de germination a été réalisé au niveau de laboratoire de la faculté des sciences et technologie (Université Ahmed Ben Yahia El Wancharissi- Tissemsilt).

Les graines sont désinfectées à l'eau à javel à 12° en les trempant pendant une minute, puis rincées à l'eau distillée plusieurs fois pour éliminer les traces du chlore. Ensuite elles

sèchent par un papier absorbant. Les graines servant pour les essais de germination sont réparties en lots de 25 graines disposées dans 24 boîtes de Pétri de 10 cm de diamètre garnies de deux couches de papier absorbant, étiquetées pour chaque échantillon. (**Fig N°17**).

Nous avons fait une scarification mécanique à l'aide d'une coupe ongle pour favoriser la pénétration de l'eau dans la graine. La répartition des échantillons se fait comme suite (**Fig N°17**)

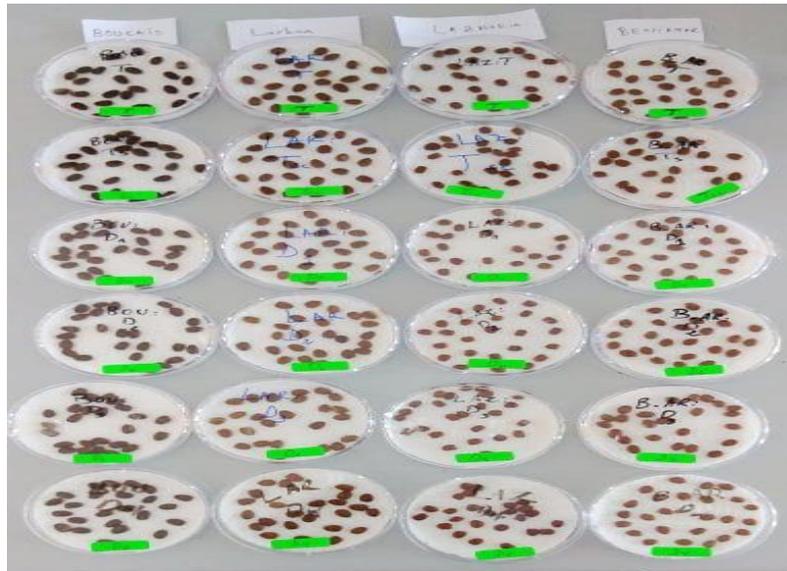


Figure N°17 : Préparation des graines de caroube pour le test de germination.

5.2. Préparation des doses de PEG 6000

5.2.1. Effet du stress osmotique sur la germination

Les graines de *C. siliqua L.* prétraitées par scarification manuelle, sont mises à imbiber séparément dans des solutions de PEG6000 à 5%, 15%, 20%, et 30% correspondant respectivement à des potentiels osmotiques de -0,452, -2,78, -4,65 et -9,80bars, à raison de 25 graines pour chaque concentration. Après 2 heures d'imbibition, les graines de chaque concentration sont mises à germer dans des boîtes de Pétri (8,5 cm de diamètre) tapissées de deux couches de papier filtre saturé avec la solution d'imbibition. Les boîtes de Pétri sont mises à l'obscurité dans une étuve à 25°C. Le comptage des graines germées est réalisé tous les jours, pendant 10 jours.

Le nombre de graines germées est enregistré et exprimé en pourcentage. La précocité de germination, la vitesse de germination ainsi que le pourcentage de la germination sont calculés.

Le potentiel osmotique de la solution de PEG6000 a été calculé selon l'équation empirique, développé par Michel et Kaufmann (1973) :

$$Y_s = (1,18 \times 10^{-2}) C - (1,18 \times 10^4) C^2 + (2,67 \times 10^{-4}) CT + (8,39 \times 10^{-7}) C^2 \times T$$

Où Y_s est le potentiel osmotique (MPa), C la concentration de PEG6000 en g.L-1 et T la température en degré Celsius.

Pour la préparation des doses de PEG, on utilise les matériels suivants :

- Produit de PEG 6000,
- Balance de précision,
- 04 fioles jugées,
- Spatule,
- Bécher de 100 mL.
- Eau distillé.



Figure N°18 : Les différentes doses de PEG 6000

Tableau N°05 : les doses de PEG utilisées dans le test de germination.

La dose de PEG 6000 (%)	Pression Osmotiques (bars)
5%	-0,452
15%	-2,78
20%	-4,65
30%	-9,80

Après les étapes qu'on a citées précédemment, on imbibe les boîtes de pétri par des différentes doses de PEG 6000, bien sûr avec 02 boîtes comme témoins par l'eau distillée, l'une contient des graines non scarifiées et l'autre contient des graines scarifiées).

6. Paramètres de germination

Pour connaître l'effet de stress hydrique par l'utilisation de PEG6000, il est nécessaire d'étudier les paramètres suivants :

6.1. Précocité de germination

En général, chaque espèce dispose d'une précocité de germination spécifique à sa nature, car même placée dans les mêmes conditions expérimentales, le début d'apparition de la radicule à travers la membrane n'aura pas lieu en même temps chez toutes les graines (**RENARD, 1975**).

Ce paramètre est déterminé lorsque nous observons les premières graines germées. Dans ce cas, la précocité de la germination est exprimée par le taux des premières graines germées correspondant à l'intervalle de temps entre le semis des graines et les premières graines germées (**BELKHODJA, 1996**).

6.2. Vitesse de germination

Elle caractérise la variation dans le temps des taux de germination dès l'apparition de la première pointe de la radicule d'une des graines jusqu'à la stabilité de la germination.

Elle peut s'exprimer par :

- Le taux de germination obtenu à un moment donné.
- Le temps nécessaire à l'obtention de 50% de germination.
- Le coefficient de vélocité (Cv) proposé par KOTOWSKI (1926) avec un temps moyen de germination (Tm).

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

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

N1 : Nombre de graines germées au temps T1

N2 : Nombre de graines germées au temps T2

N3 : Nombre de graines germées au temps T3

Nn : Nombre de graines germées au temps Tn.

TIMPSON (1965) a proposé de calculer la vitesse de germination par la somme des Pourcentages partiels obtenus.

$$Z_n = N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n$$

N1, N2, N3,..,Nn représentent les pourcentages de graines germées après 1 jour, 2 jours, 3 jours,....., n jours.

Nous avons retenu la formule de KOTOWSKI consistant à calculer le Coefficient de Vitesse et le Temps moyen de germination.

6.3. Durée de germination

Lorsque les graines placées dans les conditions optimales ne germent pas immédiatement après le semis, on dit qu'elles représentent un délai de germination (COME, 1970). D'après AISSA (1981), l'état de dormance des semences semblerait dépendre de l'arbre semencier. De même, selon ce même auteur, la durée de germination est variable selon les caractéristiques biologiques de la graine, les techniques utilisées et les conditions de germination.

La durée de germination est le temps (en jours) imparti entre les premières graines germées et la fin de la germination.

6.4. Taux final de germination

Sur la base du nombre total de graines utilisées (Nt), nous calculons le pourcentage des graines en germination (Ni) selon la relation :

$$T_g = N_i \times 100 / N_t$$

(Tg : Taux de germination).

7. Traitement statistique

L'ensemble des données a été soumis à une analyse de variance à deux critères de classification :

- Traitement par le PEG6000 et provenance pour le test de germination,
- provenance pour la biométrie des gousses. Une comparaison multiple Post-Hoc des moyennes selon le test de Duncan au seuil de 5 % a été également réalisée pour définir les groupes homogènes. Ces derniers ont été réalisés par la procédure GLM (Modèle Linéaire Général) du logiciel SAS version 9.0.

CHAPITRE III

Résultats

1. Paramètres biométriques

1.1. Paramètres biométriques des gousses

1.1.1. Longueur de la gousse (Cm)

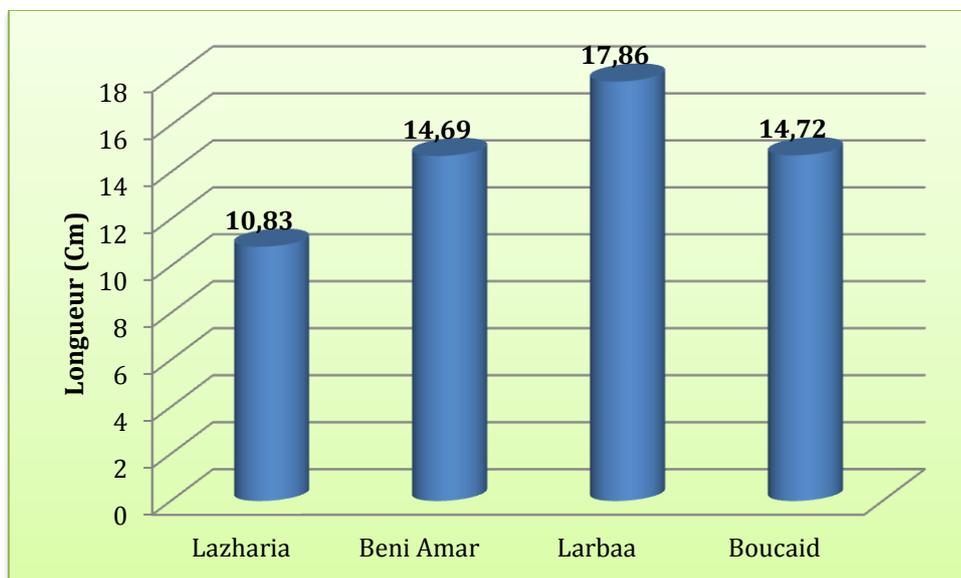


Figure N°19 : Longueur moyenne de la gousse.

La figure N°19 montre que la gousse la plus longue est enregistrée dans la station de Larbaa avec une longueur de 17,86 Cm et que la plus courte est celle de la station de Lazharia avec une longueur de 10,83. Donc, il y a une différence significative remarquable entre les quatre échantillons.

1.1.2. Largeur de la gousse (Cm)

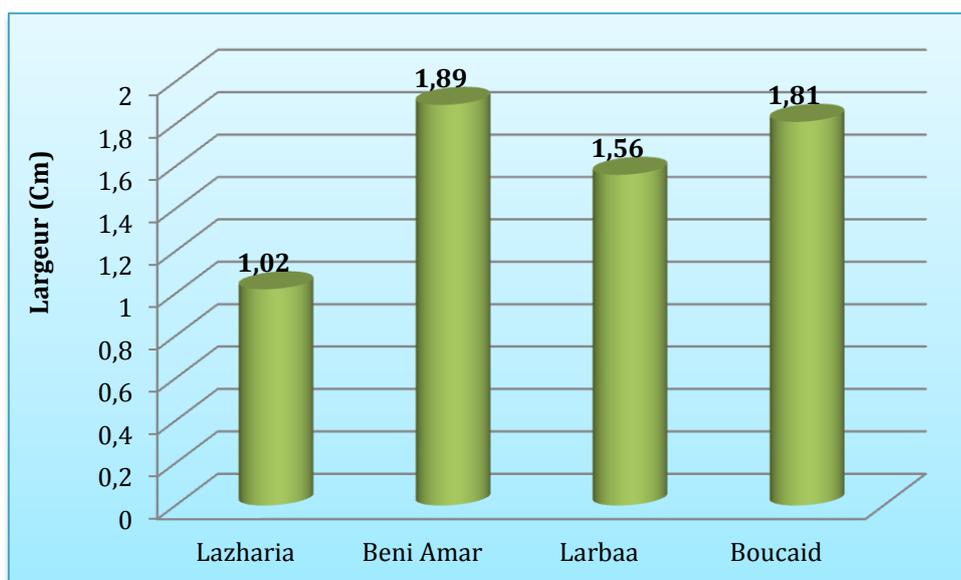


Figure N°20 : Largeur de la gousse.

On a constaté que la largeur des gousses est variée entre 1,02 à 1,89 Cm pour les différentes stations, la largeur la plus réduite est observée pour la station de Lazharia.

1.1.3. Epaisseur de la gousse (Cm)

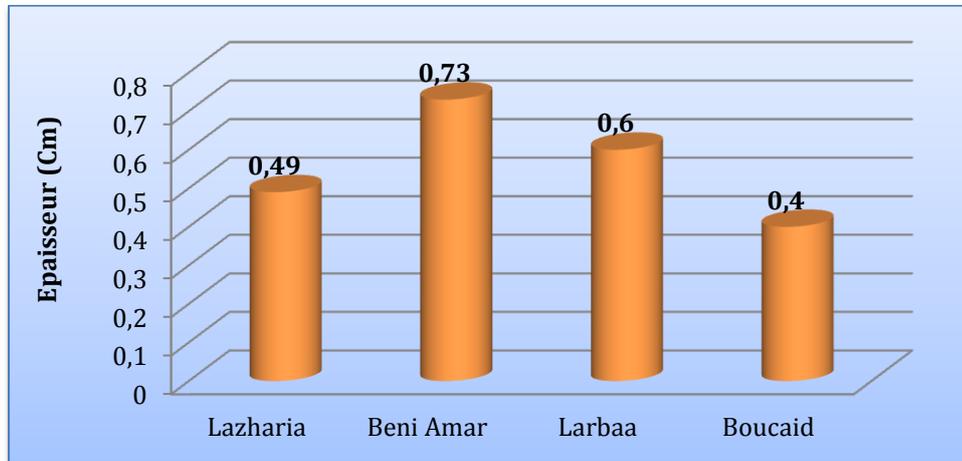


Figure N°21 : Epaisseur de la gousse.

La figure ci-dessus montre la variation de l'épaisseur de la gousse entre les quatre stations dont la gousse la plus épaisse est celle de la station de Beni Amar avec une épaisseur de 0,73 Cm par rapport à la gousse de la station de Boucaid où on a enregistré une épaisseur de 0,40 centimètre.

1.1.4. Nombre des graines par gousse

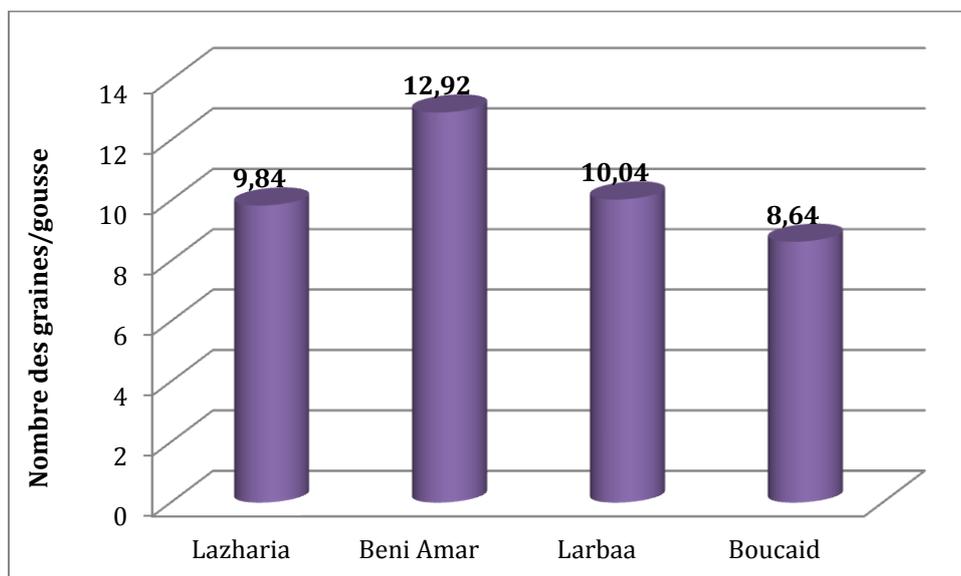


Figure N°22 : Nombre des graines par gousse.

Dans cette figure qui montre le nombre des graines par gousse, on a remarqué que le nombre le plus élevé est celui de la station de Beni Amar avec 12,92 graines/gousses, alors que le plus réduit est celui de la station de Boucaid avec 8,64 graines/gousses.

1.1.5. Nombre des graines avortées par gousse

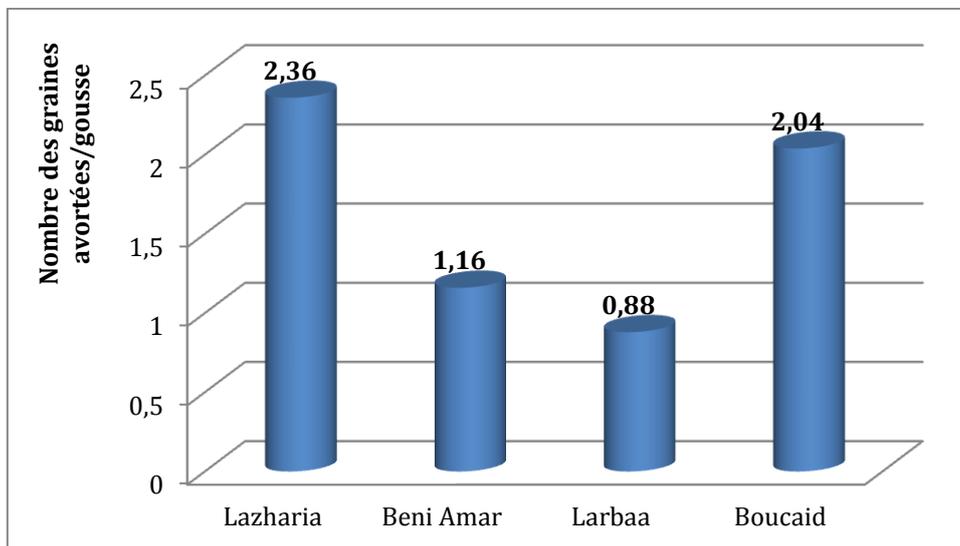


Figure N°23 : Nombre des graines avortées par gousse.

Il y a une différence significative dans le nombre des graines avortées/gousse qui varie entre 0,88 graines/gousse pour la station de Larbaa et de 2,36 graine/gousse pour la station de Lazharia ce qui est observé dans la **figure N°23**.

2. paramètres biométriques de la graine

2.1. Poids de 25 graines

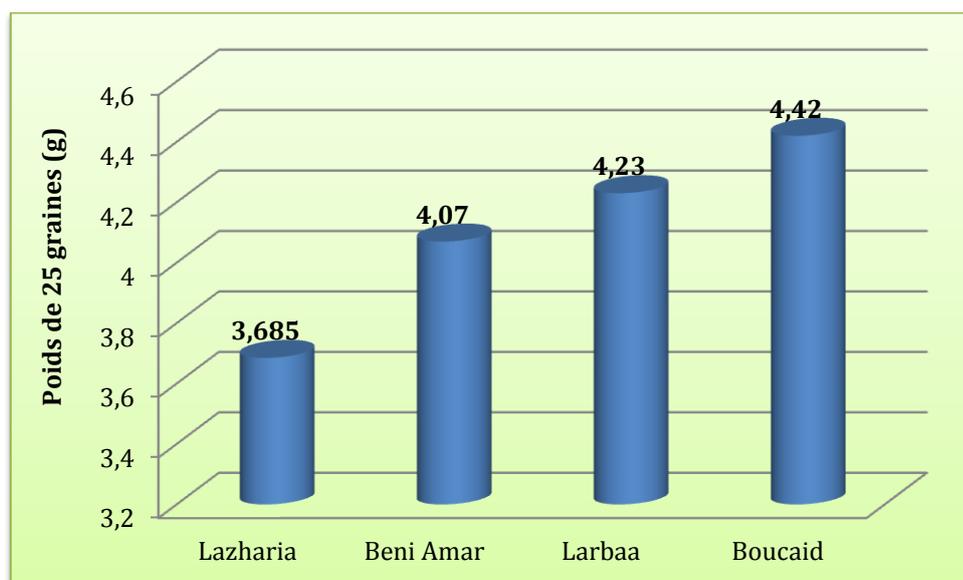


Figure N°24 : Poids de 25 graines.

Cette figure montre qu'il n'a pas une différence significative entre le poids de 25 graines pour chaque station, dont le poids le plus faible est de la station de Lazharia avec 3,68g /25 graines et le poids le plus fort est de la station de Boucaid avec 4,42g/25 graines.

Tableau N°06 : Analyse de la variance pour le facteur provenance en relation avec les caractères de la gousse.

Effet de provenance		
	F	P-valeurs
Longueur de la gousse (cm)	52,68	<0,001
Largeur de la gousse (mm)	142,77	<0,001
Épaisseur de la gousse (cm)	55,47	<0,001
Nombre de graines par gousse	17,81	<0,001
Nombre de graines avortées par gousse	10,77	<0,001

3. Paramètres de germination

3.1. Station 01 (Lazharia)

3.1.1. La précocité de la germination

La précocité de germination s'exprime par le taux des premières graines germé correspondant à l'intervalle de temps entre le semis des graines et les premières graines germées.

La figure suivante montre les variations des taux des premières graines germées selon la concentration en PEG 6000.

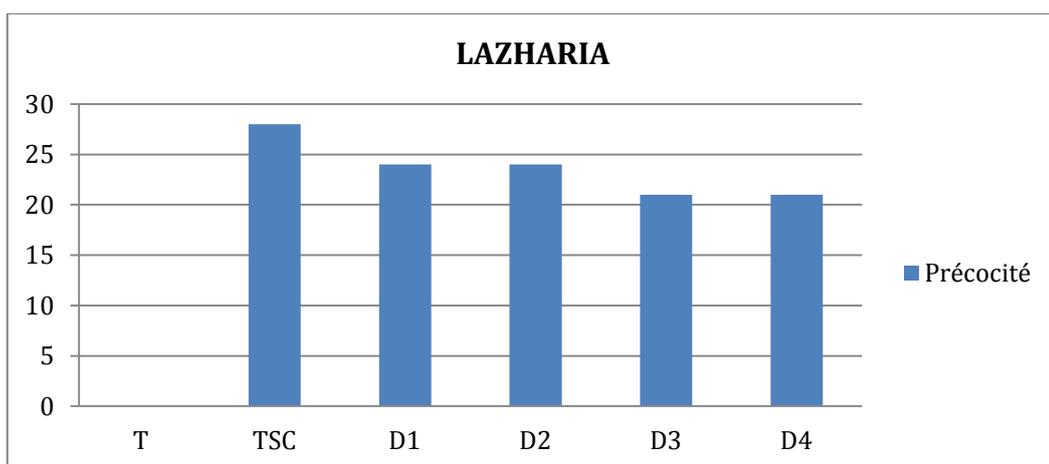


Figure N°25 : Précocité de germination des graines (%) du caroubier selon les concentrations de PEG 6000 (Station 01).

Les graines les plus précoces à germer sont les graines témoins scarifiées trempées dans l'eau distillée avec les taux les plus élevés (28 %) obtenus dès le deuxième jour après le semis.



Figure N°26 : Début de germination

3.1.2. Cinétiques de germination

La cinétique de germination est établie à partir des taux cumulés de graines germées sous toutes les conditions de traitement pression osmotique. Les meilleures vitesses de germination sont notées pour les témoins scarifiées qui ont atteint 50 % de germination au deuxième jour après semis, et au troisième jour pour les différentes doses de PEG 6000 (Fig N°27).

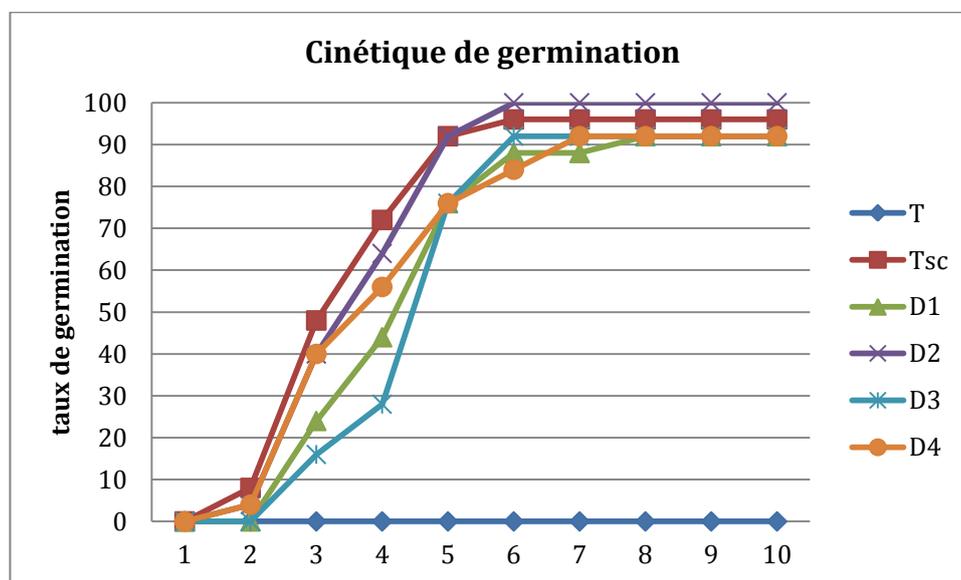


Figure N°27 : Cinétiques de germination (Station 01)

Pour les graines témoin scarifiées, la germination démarre le 2eme jour après le semis avec un taux de 28%. Comme le montre la figure N°27, la germination démarre le 2ème jour pour toutes les graines avec des taux différents selon la concentration en PEG 6000 .

L'évolution des taux cumulés des graines germées des deux lots (Témoin et stressé) progresse en parallèle durant le 4ème et le 5ème jour avec un taux de 92% pour les graines témoins et 76% pour les graines recevant 5%, 15%, et 30% de PEG 6000.

Dès le 6ème jour, les deux courbes d'évolution de la germination se superposent et le taux de germination se stabilise avec 96% de graines germées.

3.1.3. Vitesse de germination

La vitesse de germination est considérée comme étant le temps mis par les graines pour germer (LANG, 1965) déterminée entre le semis et la fin des germinations. Pour mieux étudier les facteurs agissant sur la germination des graines du caroubier, nous adaptons deux formules simples. Le coefficient de vélocité (Cv) et le temps moyen de germination (Tm) proposée par KOTOWSKI (1926).

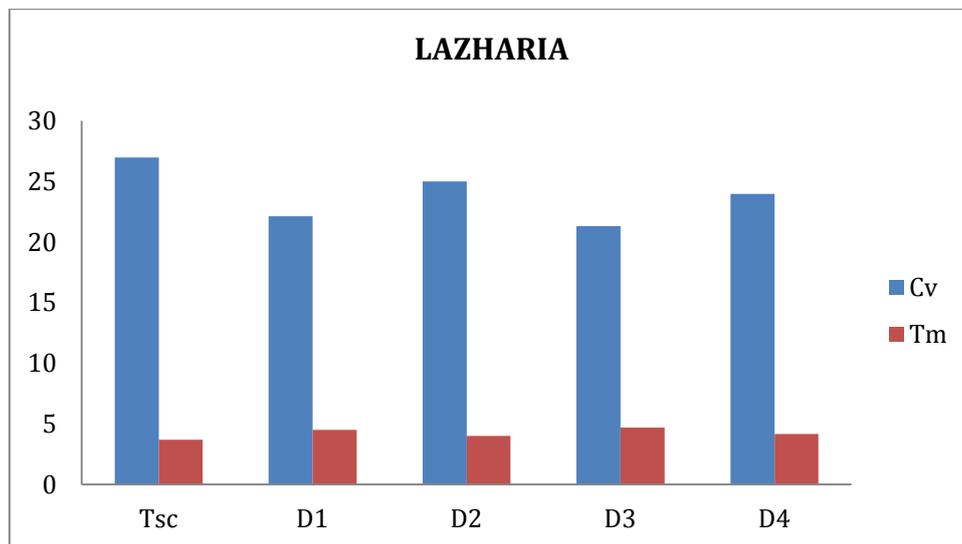


Figure N°28 : Coefficient de vélocité (Cv) et temps moyen de germination (Tm) des graines du caroubier stressé au PEG 6000 (Station 01).

Le coefficient de vélocité le plus élevé est celui des graines témoin (26,96%). Dès que la pression osmotique est appliquée, le Cv répond de différentes valeurs selon les doses de PEG6000 (fig. N°28).

Pour le temps moyen de germination (Tm), il en résulte que le temps le plus court est enregistré pour les graines témoin (3,70 jours) ; il passe à 4,52 jours lorsque les graines reçoivent une dose de 5% de PEG 6000.

3.1.4. Durée de germination

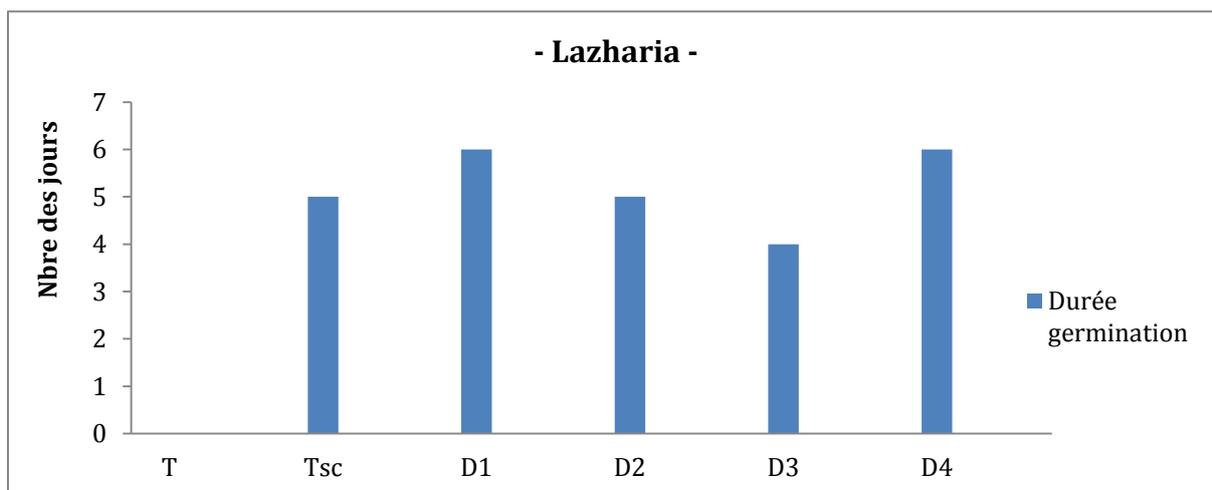


Figure N°29 : La durée de germination des graines de caroubier (Station 01).

La durée de germination est variée entre 4 à 6 jours selon les doses de PEG appliquées, nous avons observé que la durée la plus courte a été enregistrée pour un traitement de 20% de PEG6000, par contre on a 6 jours pour les doses de 15% et de 30% et témoin scarifié.

3.1.5. Taux final de germination

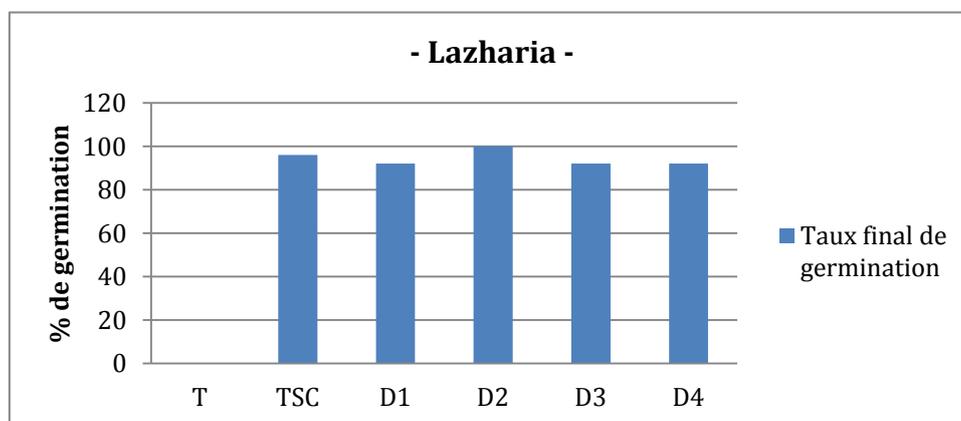


Figure N°30 : Taux final de germination (Station 01).

Nous avons constaté que les taux de germination sont entre 92% à 100 % pour les différentes doses de PEG6000, sauf les graines non scarifiées où nous avons enregistré un échec total de germination.

3.2. Station : 02 Beni Amar

3.2.1. La précocité de la germination

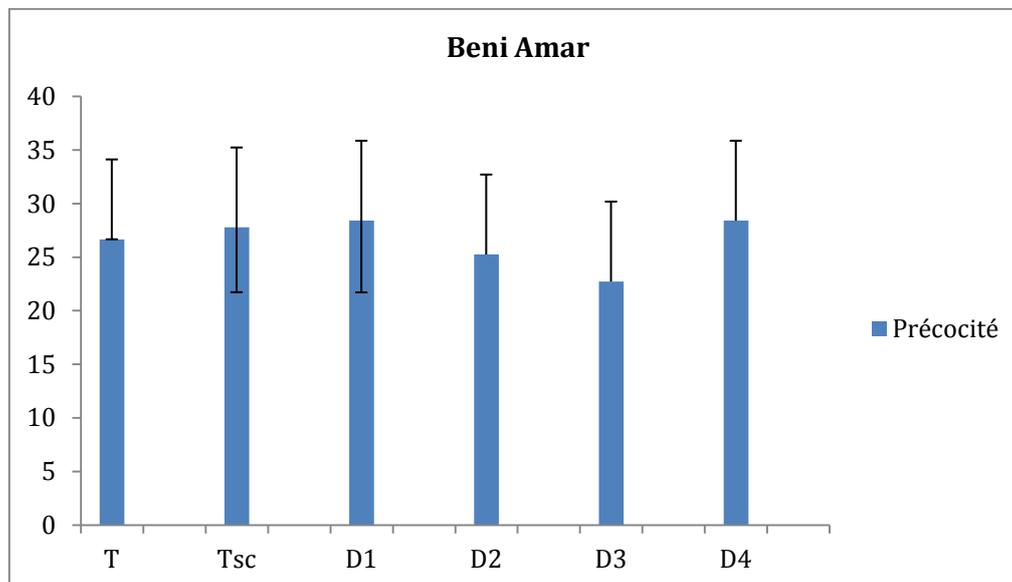


Figure N° 31 : La précocité de la germination (station 02).

Les graines les plus précoces à germer sont les graines imbibées par la dose de PEG 30% avec le taux le plus élevé (28,40 %) obtenu dès le deuxième jour après le semis. Ensuite par des graines trempées dans l'eau distillée et les différentes doses de PEG6000.

3.2.2. Cinétiques de germination

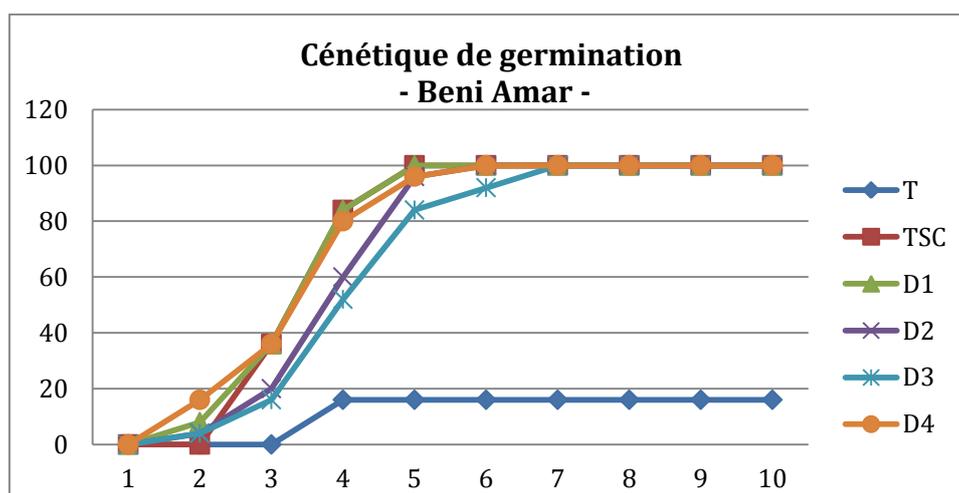


Figure N°32 : Cinétiques de germination (Station 02).

Pour les graines scarifiées trempées dans 30% de PEG 6000, la germination démarre le 2eme jour après le semis avec un taux de 16%.

Nous observons que la germination démarre le 2ème jour pour toutes les graines sauf témoin non scarifié avec des taux différents selon la concentration de PEG 6000 ;

La progression des taux cumulés des graines germées des deux lots (Témoin scarifié et stressé) se fait en parallèle durant le 4ème et le 5ème jour avec un taux de 84% pour les graines témoin scarifiées et 100% pour les graines recevant 5% de PEG 6000.

A partir du 7ème jour, les taux de germination se stabilisent à 100% de graines germées pour l'ensemble des prétraitements sauf la courbe de témoin non scarifié qui stabilise à une valeur de 16%.

3.2.3. Vitesse de germination

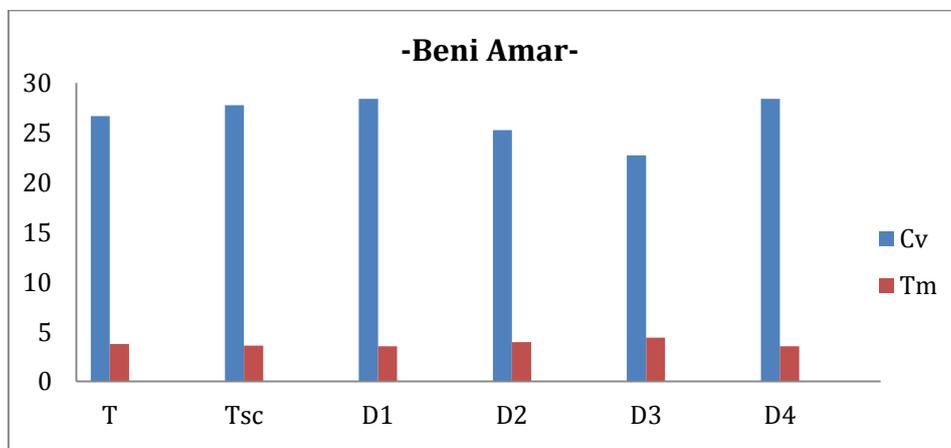


Figure N°33 : Vitesse de germination des graines de C. siliqua L (Station 02).

La valeur du coefficient de vélocité la plus élevée a été enregistrée pour les graines scarifiées traitées par 20% de PEG6000 (22,72%). Dès que la pression osmotique est appliquée, le Cv répond de différentes valeurs selon les doses de PEG6000 (**fig N°33**).

Le temps moyen de germination (Tm) le plus court est enregistré pour les graines scarifiées pour les doses de 15% et 30% avec une valeur de (3,52 jours) ; il passe à 4,4 jours lorsque les graines reçoivent une dose de 20% de PEG 6000.

3.2.4. Durée de germination

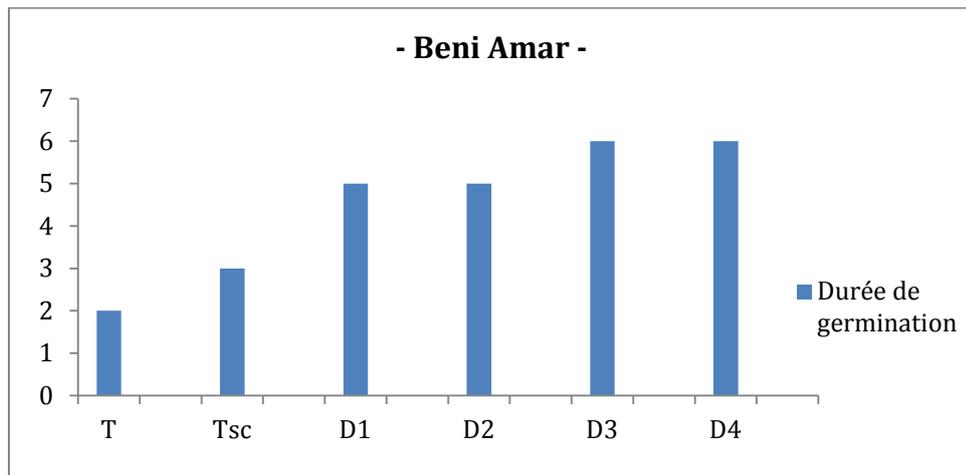


Figure N°34 : La durée de germination (Station 02).

Selon la figure N°34, nous remarquons que la durée de germination la plus courte est enregistré chez les graines témoins non scarifiées de 02 jours.

Lorsque on applique des stress osmotiques par différentes doses de PEG6000, la durée de germination prolonge jusqu'à 06 jours.

3.2.5. Taux final de germination

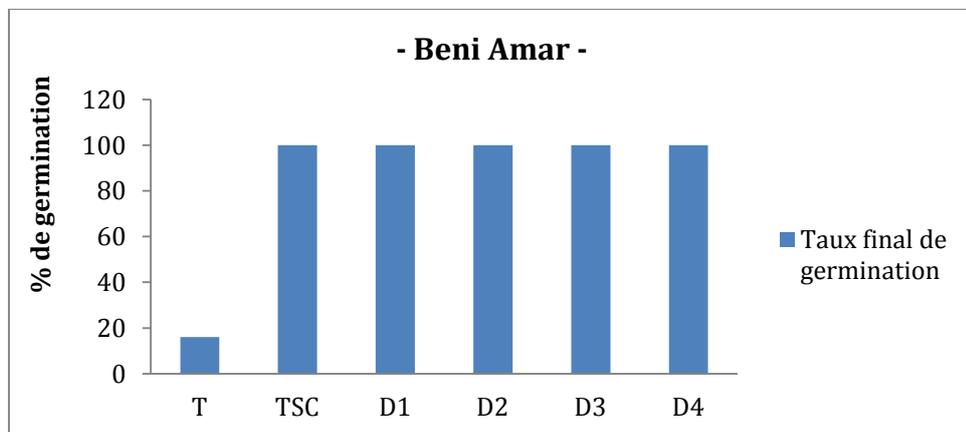


Figure N°35 : Taux final de germination (Station 02).

Le taux le plus faible est observé pour les graines témoins (16 %), par contre les différents prétraitements ont atteint un taux de 100%.

3.3. Station 03 : Larbaa

3.3.1. Précocité de germination

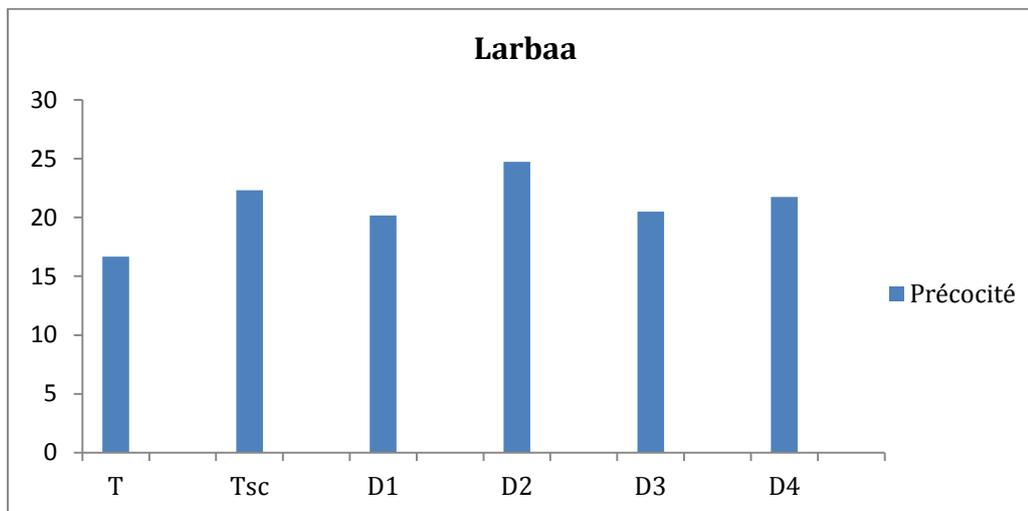


Figure N° 36 : La précocité de la germination (station 03).

Les graines qui germent précocement sont les graines témoins scarifiées avec un taux presque de 50% dès le 4 eme jour après le semis.

3.3.2. Cinétique de germination

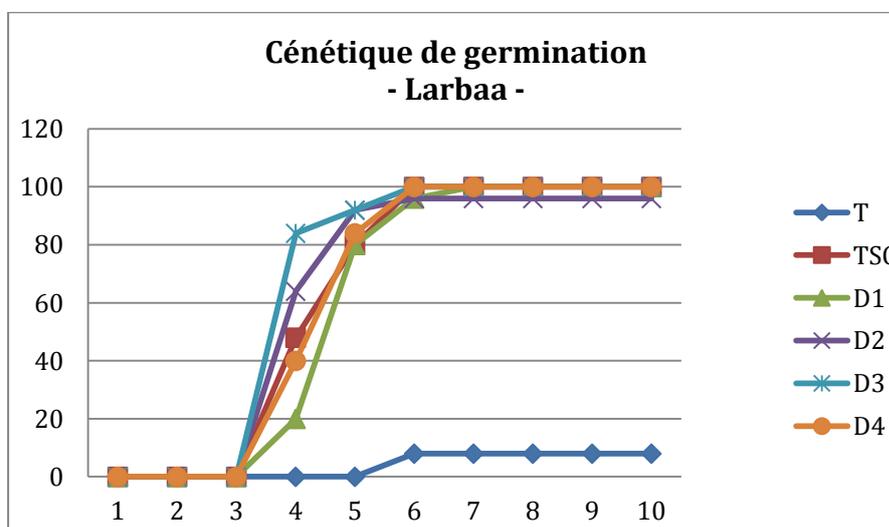


Figure N°37 : Cinétiques de germination (Station 03).

L'évolution de la vitesse de germination a été remarquée dès les 4èmes jours, avec des taux de germination variés entre 20% pour les graines trempées dans la solution de PEG 5% et 84% pour les graines stressées par 20% de PEG 6000.

Les taux de germination des graines témoins scarifiées et stressées augmentent quotidiennement, et se stabilisent entre 96 à 100% dès le 6^{ème} jour.

3.3.3. Vitesse de germination

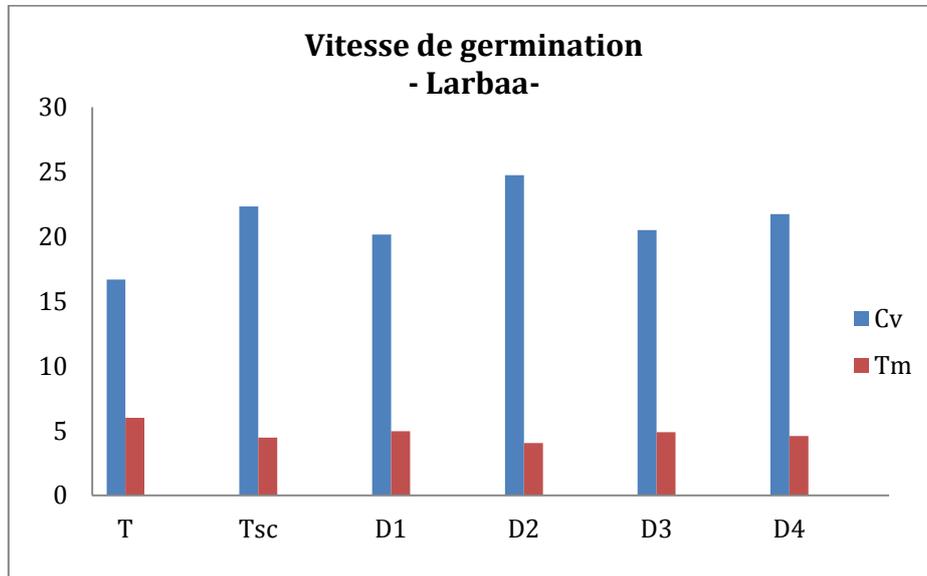


Figure N°38 : Vitesse de germination des graines de *C. siliqua L* (Station 03).

On observe que, la vitesse de germination est très rapide pour les graines témoins scarifié avec un temps moyen de 4 jours. Par contre on a un ralentissement de vitesse pour les autres prétraitements.

3.3.4. La durée de germination

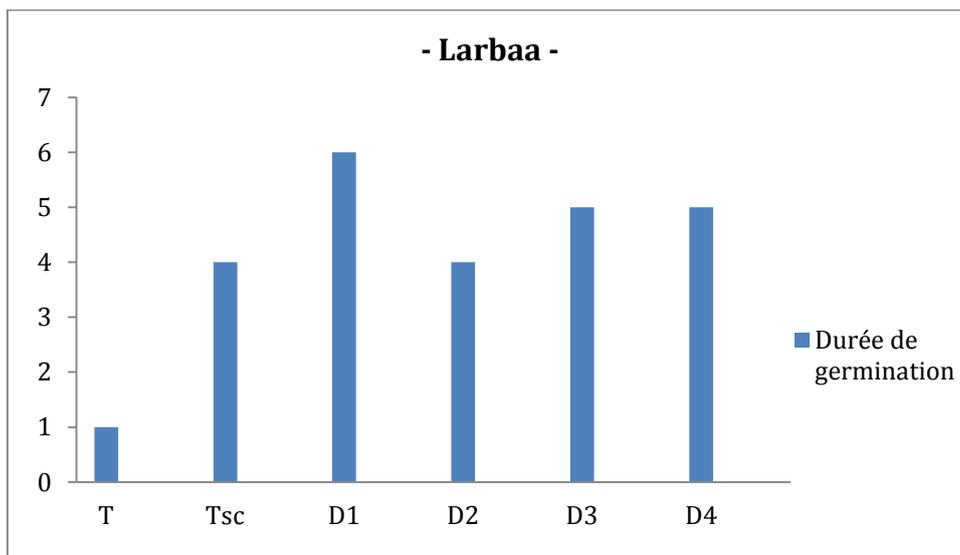


Figure N°39 : La durée de germination (Station 03).

On observe qu'il y a une longue durée de germination de 6 jours enregistrée pour les graines stressées par PEG de dose de 5% avec un taux de 100%. Tandis qu'on a une durée de 4 à 5 jours pour arriver à un taux de 96 à 100% de germination pour les graines témoins scarifiées et les graines recevant des doses de 15%,20% et 30%.

3.3.5. Taux final de germination

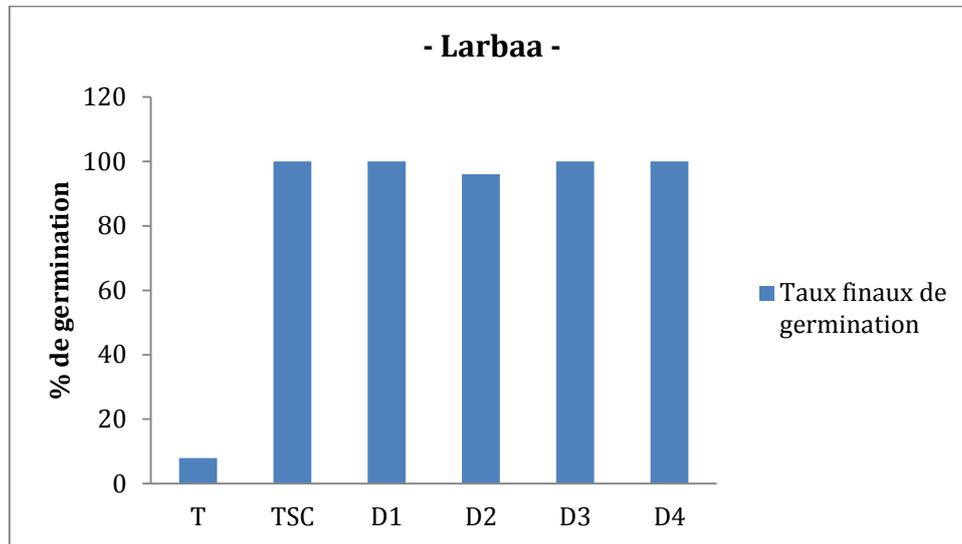


Figure N°40 : Taux final de germination (Station 03).

La figure N°40 montre qu'il y a une germination complète des graines témoins scarifiées et des graines stressées par différentes doses de PEG 6000 sauf quelques échecs enregistrés pour les graines sous pression osmotique de 15% de PEG.

3.4. Station 04 : Boucaid

3.4.1. Précocité de germination

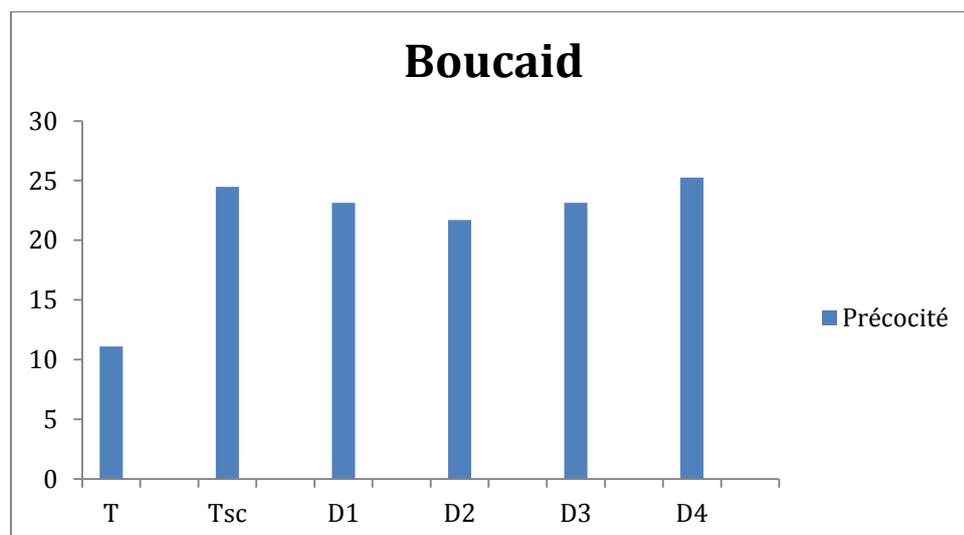


Figure N°41 : La précocité de la germination (station 04).

Nous avons remarqué que les graines qui ont germées les premiers sont des témoins scarifiés avec un pourcentage de 25%, suivies par les autres prétraitements avec des taux rapprochés.

3.4.2. Cinétique de germination

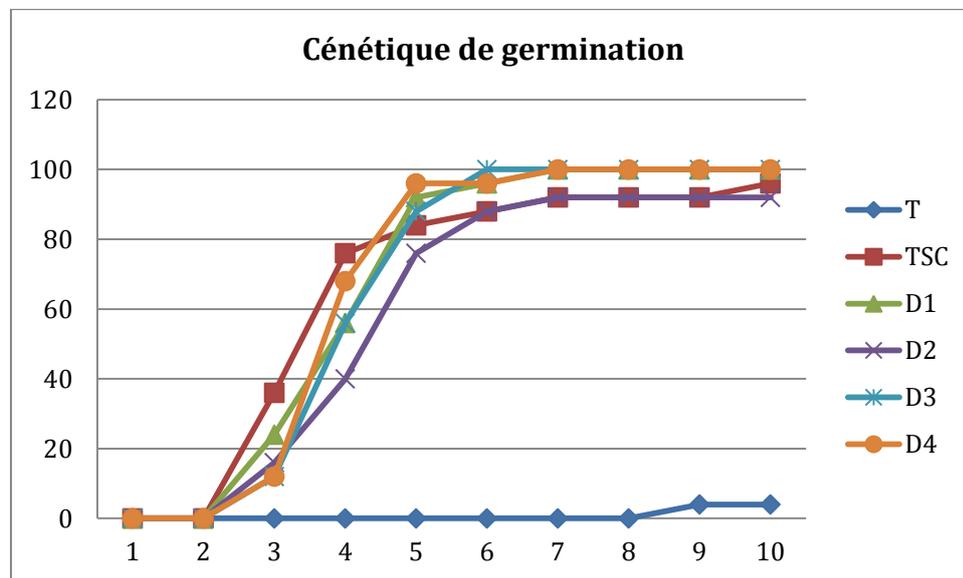


Figure N°42 : Cinétiques de germination (Station 04).

Pour toutes les prétraitements scarifiées et stressées, la germination démarre le 3ème jour après semis, avec un taux de 36% pour les graines témoin scarifiées, et de 16% pour les graines stressées par 30% de PEG6000. Pour les graines non scarifiées, la germination démarre le 9ème jour après semis.

3.4.3. Vitesse de germination

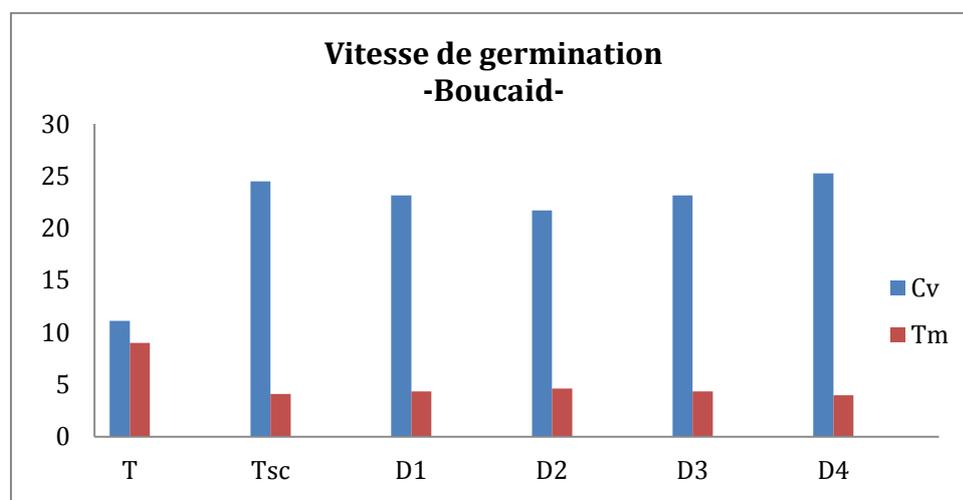


Figure N°43 : Vitesse de germination des graines de C. siliqua L (Station 04).

La valeur de cv la plus élevée est observée pour les graines stressées par 30% de PEG6000 (25%), par contre la valeur la plus faible est remarquée chez le témoin non scarifié (11%).

Le temps moyen (TM) de germination est varié entre 3,96 à 4,60 jours pour les graines scarifiées (témoins et stressées).

3.4.4. La durée de germination

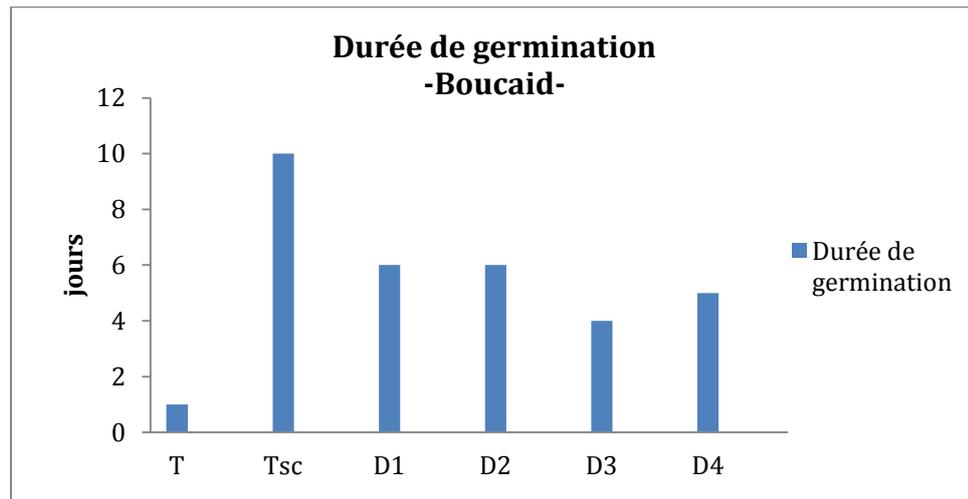


Figure N°44 : La durée de germination (Station 04).

La durée nécessaire pour atteindre des taux de germination entre 92 à 100% est de 4 à 6 jours selon les prétraitements appliqués, mais pour cette station, les graines témoins scarifiées nécessitent une durée de 10 jours pour arriver à un taux de germination de 96%.

3.4.5. Taux final de germination

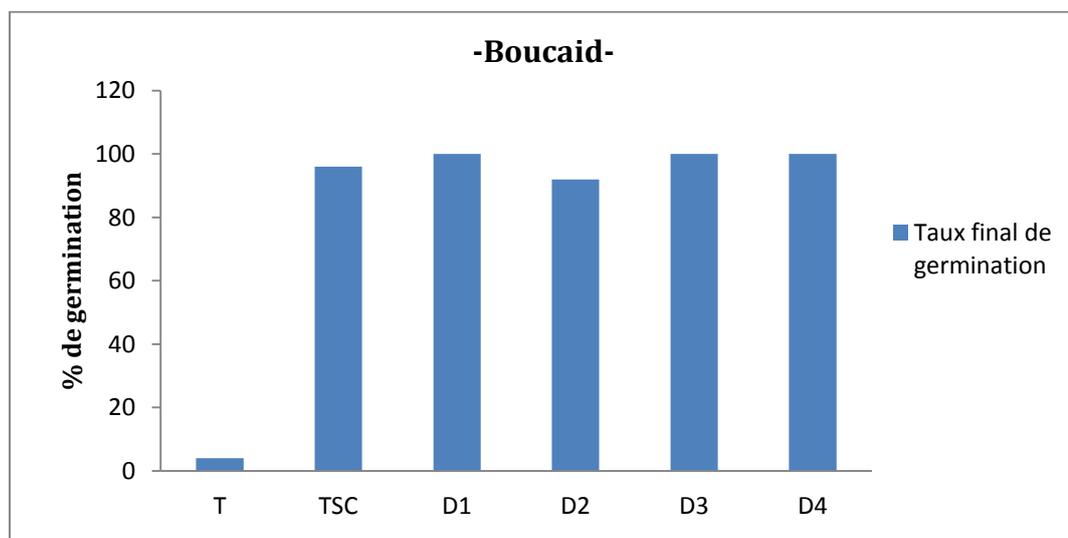


Figure N°45 : Taux final de germination (Station 04).

Le taux final de germination le plus élevé est enregistré pour tous les prétraitements avec des pourcentages de 96% pour témoin scarifié, et de 100% pour les autres graines recevant des doses de 5%,15%,20% et 30% de PEG 6000. Le taux le plus faible est remarqué chez les graines témoin non scarifiées (4%).

Discussion et Conclusion générale

DISCUSSION ET CONCLUSION GENERALE

Discussion et Conclusion générale

La dégradation des parcours naturels se manifeste souvent par une diminution des espèces végétales, la diversité, la faible hauteur de l'herbe, la couverture végétale et de fortes réductions du rendement des plantes. L'un des plus grands défis en écologie de restauration est de semer un type de graine ou cultivar capable de produire une biomasse abondante et couvrir une courte période (**Van den Berg, 2002**).

Le stress hydrique dû à la sécheresse est probablement le facteur abiotique important qui limite la croissance et le développement de la plante (**Hartmann et al 2005**). Les stress dus à la sécheresse sont physiologiquement liés, car ils induisent un stress osmotique. Les plants sont semblables dans une certaine mesure (**Djibril et al., 2005**). Le déficit hydrique affecte la germination des semences et les paramètres de germination négativement (**Van Den Berg et al 2006**). Étant donné que la germination est l'un des caractères les plus importants au stade précoce de la croissance chez la plupart des plantes, il semble que l'accession Larbaa en situation de stress dû à la sécheresse était plus résistant que les autres cultivars et présentait un plus grand potentiel de rendement.

La germination est considérée comme étant une étape critique dans le cycle de développement de la plante. En effet, elle conditionne la croissance et le développement de la plante, et probablement sa productivité ultérieure. (**Tremblin et Binet., 184**). La résistance de la germination à des conditions de stress est un facteur important dans l'établissement des espèces (**Mc William et al., 1970 ; Boydston., 1989**). Les espèces tolérantes au stress hydrique au cours de la germination ne sont pas nécessairement celles qui sont les plus adaptées à la sécheresse au stade adulte (**Mc Ginnies., 1960**).

Le caroubier est une essence qui fait partie du paysage de la méditerranée et qui est fortement adaptée aux conditions extrêmes, notamment à la sécheresse. Il possède des particularités physiologiques et biochimiques lui permettant de s'adapter à certains régimes climatiques caractérisés par une aridité plus ou moins accentuée dans son aire de répartition.

La place du caroubier dans la protection et la valorisation des bassins versants, est indiscutable en raison de sa large envergure écologique, sa rusticité et sa production commercialisée (**Ait Chitt et al. 2007**).

Chaque critère de gousse peut être considéré comme un moyen de distinguer entre les populations ; Chacun de ces six caractères étudiés pourrait, sur le plan agro-morphologique, discriminer nos populations de caroubier. Les fruits ont fait l'objet d'un grand nombre

DISCUSSION ET CONCLUSION GENERALE

d'études agro-morphologiques et économiques (Navarro, 1992 ; Tous et al., 1996 ; Batlle et Tous, 1997 ; Gharnit et al., 2001) au même titre que les inflorescences et les fleurs (Linskens et Schlten, 1980 ; Retana et al., 1994 ; Gharnit et al., 2004) pour différencier les collections locales ou les comparer avec celles des autres pays. Chaque caractère de gousse est discriminant et pourrait, en plus de son utilité dans l'étude de la diversité, comporter un intérêt majeur dans le choix empirique pour la sélection du cultivar.

La taille des gousses, définie par la valeur moyenne de sa longueur a donné lieu à la classification de nos populations en trois catégories : taille légèrement longue ($15 < L \leq 20$ cm), taille moyenne avec ($14 \leq L \leq 15$) et taille légèrement courte avec ($10 \leq L < 14$), conformément aux travaux de catégorisation de taille réalisées par Tutin et al., (1993), Tous et al., (1996) et Batlle et Tous (1997).

Dans le cas de nos collections, la taille légèrement longue (+ de 16 cm) caractérise les accessions de Larabaa, la taille moyenne (14 - 14,5 cm) caractérise les accessions de Boucaid et de Beni amar. Tandis que les accessions de Lazharia sont caractérisées par des gousses de taille courte (10,83 cm).

Ces résultats sont en parfait accord avec ceux de Gharnit (1997) qui a eu 14.22cm comme valeur moyenne et témoignent l'existence d'un niveau considérable de la variabilité de la taille du caroubier.

Largeur de la gousse du caroubier a une indication d'ordre agronomique importante. Elle est indépendante de la taille de la gousse et peut renseigner non seulement sur son état compressé ou élargi, mais aussi sur le volume des graines et de pulpe. Elle varie de 1,5 à 2,5 cm selon Tutin et al., (1993) et de 1,5 à 3,5 selon Batlle et Tous (1997).

Les accessions de Beni Amar et Boucaid sont distinguées par des gousses assez larges (1,8 à 2 cm). Tandis que la plus faible largeur a été enregistrée avec l'accession de Lazharia (1,02cm).

L'épaisseur de la gousse est également très variable d'une accession à l'autre et constitue un critère de distinction entre les gousses comprimées et volumineux. Elle peut atteindre 1cm notamment chez les gousses charnues (Batlle et Tous, 1997).

Cette variable nous a permis de distinguer les accessions caractérisées par des gousses charnues et volumineux à savoir Beni Amar et Larabaa (épaisseur 0,73 et 0,60cm respectivement), des autres accessions ayant des gousses aplaties ou comprimées : Lazharia et

DISCUSSION ET CONCLUSION GENERALE

Boucaïd (épaisseur de 0,40 à 0,49cm). Par ailleurs, **Gharnit (1997)** a rapporté 0,22cm comme valeur moyenne de l'épaisseur des gousses provenant de la région de Tétouan au Maroc.

Comme la plupart des caractères, le nombre moyen des graines par gousse est très variable. Selon nos accessions, nous avons obtenu 8,64 à 12,92 graines par gousse. Les accessions ayant le plus grand nombre de graines par gousse sont celles de Beni Amar (12,92), Larabaa (10,04) et Lazharia (9,84). Par contre, celles caractérisées par un faible nombre de graines par gousse sont Boucaïd (8,64). Par ailleurs, certains auteurs ont rapporté que la gousse du caroubier peut renfermer entre 12 à 16 graines (**Tutin et al., 1993 ; Gharnit, 1997**).

L'abondance des graines dans les gousses d'une production de caroubier, serait un caractère distinctif entre les types sauvages et cultivars. En effet, les types sauvages sont connus pour leur grande production de graines qui sont généralement petites et non charnues (**Marakis et al., 1988 ; Ouchkif, 1988; Di Lorenzo, 1991**).

Toutefois, les fruits de différente accession renferment un nombre variable de graines avortées. Nous avons remarqué que le nombre moyen de graines avortées par gousse varie de 0,88 à 2,36 et le plus grand nombre a été enregistré avec les fruits de Lazharia (2,36 graines avortées par gousse), mais le plus faible a été observé dans les accessions de Larabaa (0,88). Ce paramètre nous renseigne surtout sur la garniture des gousses en graines, plus il est faible, plus les gousses ne renferment que des graines viables et la production est meilleure.

En se basant sur le fait que la production des graines est plus importante chez le caroubier de types sauvages par rapport aux cultivars sélectionnés (**Marakis et al., 1988 ; Di Lorenza, 1991 ; Tous et al., 1995 ; Batlle et Tous, 1997 ; Gharnit et al., 2001**), nous pouvons insinuer que les plantations de notre expérimentation, à l'image de nos différentes accessions, manifestent de traits typiquement sauvages.

Les graines de caroubier (*Ceratonia siliqua*), des quatre stations sont soumis à quatre niveaux de stress différents : un stress osmotique au laboratoire induit par différentes concentrations de PEG6000, L'application de stress provoque des réponses aussi bien au niveau de la morphologie que de la physiologie des graines au cours de la germination.

Pour les concentrations de PEG inférieures à 30%, les graines des quatre stations présentent une cinétique de germination sigmoïde, avec une phase de latence, une phase exponentielle et un plateau. Le temps de latence augmente avec la concentration en PEG ; il est de 9, 21 et 33 heures pour des pressions osmotiques respectives de -1,34, -4,48 et -9,40

DISCUSSION ET CONCLUSION GENERALE

bar. Un plateau optimal avoisinant les 100% de germination est atteint presque simultanément après 4 jours de mise en germination, chez les deux variétés et pour des pressions osmotiques des solutions d'imbibition inférieures ou égales à -4,48 bar. La pression osmotique du milieu externe est moins importante que celle du milieu interne favorisant ainsi une circulation d'eau depuis l'extérieur vers l'intérieur des graines pour permettre une germination maximale. Pour une concentration de 30 % de PEG, la pression osmotique est de -9,40 bar et le taux de germination atteint un maximum de 55% après 4 jours d'expérimentation.

Le PEG étant un polymère hautement hydrophile, va emprisonner une plus grande quantité d'eau ce qui augmente la pression osmotique du milieu externe et qui réduit considérablement la circulation de l'eau depuis la solution vers le milieu interne de la graine, réduisant ainsi le pouvoir germinatif ; le taux de germination reste faible. Lorsque le potentiel hydrique des solutions d'imbibition est abaissé par l'addition de PEG, la pression osmotique des solutions augmente et l'eau n'entre pas dans la graine.

À -9,40 bars, la pression osmotique de la solution d'imbibition est trop forte, les graines témoins des quatre ne sont pas suffisamment imbibées, et la capacité germinative est nulle. La germination des graines n'est pas significativement affectée par des concentrations en PEG engendrant des potentiels hydriques inférieurs à -4,48bar. Cependant une différence hautement significative entre les semences témoins et les semences soumises à un stress osmotique de -9,40 bar est observée chez les quatre stations. Dès l'application d'un stress osmotique de -9,40 bars, la capacité germinative est significativement réduite.

Les résultats relatifs à l'effet du stress osmotique sur la germination montrent que les semences des deux variétés de colza résistent bien à des pressions osmotiques inférieures ou égales à -4,48 bars. Au de-là de cette valeur, plus la pression osmotique est élevée, plus le taux de germination diminue et le temps moyen de germination augmente. La valeur limite du potentiel pour laquelle la totalité des graines ne germe plus se situe entre -9,40 et -16,09 bars.

Les résultats de la présente étude étaient en accord avec d'autres expériences menées dans différentes plantes, dont **Kalefetoglu et al. (2009)** Dans le pois chiche, Al mansouri dans le blé (**Ti-da et al.,2006**).

Les résultats obtenus sur la germination en boîtes de Pétri des graines du caroubier durant les dix jours de l'expérimentation mettent en évidence des différences de comportement sous stress osmotique au PEG6000.

De ces résultats il est possible de retenir l'essentiel :

DISCUSSION ET CONCLUSION GENERALE

Pour les graines scarifiées arrosées à l'eau distillée, les premières germinations apparaissent le 2ème jour après le semis avec un taux de 50% pour la station LARBAA ; la progression de la germination est néanmoins rapide par rapport aux autres traitements. Le taux de germination atteint son maximum à partir du 4ème jour avec 95% et 100% des graines germées pour les quatre stations. La vitesse de germination exprimée par le coefficient de vélocité est la plus élevée (26,96%) chez le lot arrosé à l'eau distillée avec un temps moyen de germination de 4,52 jours pour la station LAZHARIA.

La vitesse de germination, exprimée en coefficient de vélocité (Cv) est proportionnellement inversée par rapport à la sévérité du stress osmotique. Elle diminue avec l'augmentation de la pression osmotique.

Après l'étude statistique par SAS (Waller Duncan) concernant les paramètres biométriques des gousses des quatre stations, on a constaté ce que suit :

- La station de Beni Amar possède les caractéristiques les plus élevées suivi par la station de Larbaa, Boucaid et Lazharia en dernier, vue que les conditions telles que le climat, altitude et topographie sont identiques, on pense que l'âge de l'arbre influe sur les caractères des gousses de caroubier.
- Il y a une corrélation significative entre le nombre des graines avortées et l'épaisseur de la gousse.

En se référant à la production des graines qui représente la valeur marchande la plus importante (**Gaouar, 2011**), les valeurs moyennes (13 graines par gousse et 21% du poids total) ne sont pas très différentes de celles annoncées par **Rejeb (1995)** et par **Batlle et al. (1997)**, soit de 12 à 16 pour le nombre et de 10 à 20% pour la proportion en poids.

La capacité d'adaptation du caroubier à la sécheresse a donné un avantage pour développer cette culture surtout dans des zones montagneuses et steppiques où les risques de dégradations de sol sont fréquents.

Les résultats obtenus de germination des graines de caroubier pour les quatre stations, montrent que la scarification mécanique est une méthode très efficace et donne des taux de germination peut atteindre jusqu'à 100%.

L'exposition des graines de *C. siliqua* à des différentes doses de PEG 6000 montre que la vitesse de germination varié d'une dose de PEG à une autre c'est-à-dire la durée augmente

DISCUSSION ET CONCLUSION GENERALE

selon les prétraitements appliqués, mais les taux finals de germination peuvent atteindre à 100% des graines germées.

Ces résultats sont semblables à des études qui ont été déjà faite sur l'effet de stress hydrique sur la germination des graines de caroubier.

Donc, pour développer la culture de caroubier dans la wilaya de Tissemsilt il devront mettre en considération les recommandations suivantes :

- Intégrer le caroubier dans des programmes de reboisement.
- Identifier l'importance de cette culture dans l'alimentation humaine, animale et sa valeur ajoutée dans l'économie de pays.
- Faciliter la collecte et le stockage les productions destinées soit à transformation ou bien à l'exportation vers les pays européens comme matière première.
- Faire des études dendrométriques sur le caroubier.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- A.N.R.H., 2004 : « L'atlas pratique de l'Algérie, Edition populaire de l'armée (EPA) ». PP :116.
- A.N.R.H.,2008 : « L'atlas pratique de l'Algérie, Edition populaire de l'armée (EPA)
- Aafi A. (1996), Note technique sur le caroubier (*Cératonia siliqua*), Centre Nationale de la Recherche Forestière, Rabat(Maroc), pp.10.
- Ahmad, P., 2014. Oxidative Damage to plants: Antioxidant Networks and Signaling. Academic Press, Elsevier USA.
- AISSA D., 1981 – Etude expérimentale de la germination du Chêne vert (*Quercus ilex* L.). Thèse de doctorat de 3ème cycle. Université d'Aix-Marseille III. P 1-61.
- Ait Chitt M., Belmir M., Lazrak A. (2007). Production des plantes sélectionnées et greffées du caroubier. Transfert de technologie en Agriculture. 153 : 1- 4.
- Albanell E., 1990. Caracterización morfológica, composición química y valor nutritivo de distintas variedades de garrofa (*Ceratonía siliqua* L.) cultivadas en España. Tesis doctoral. Barcelona. España, pp. 209.
- Batista M. T., Amaral M. T. and Proença Da Cunha A., 1996. : « Carob fruits as source of natural antioxidant ». In Proceeding of the III International Carob Symposium. Cabanas- Tavira, Portugal.
- Battle, I. and J. Tous. 1988. Lineas de investigacion sobre el algarrobo(*Ceratonía siliqua* L.) en el IRTA, Cataluna (España). Pp. 92-104 in I Encontro Linhas de Investigacao de Alfarroba (J.H. Brito de Carvalho, ed.). AIDA, Oeiras, Portugal.
- Battle.I., Tous J., 1997. Caroub tree. *Ceratonía siliqua* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops ». 17. Institut of plant Genetic and crops Plant Resarch. Médicinales, Maghreb Canada Express Vol. 5, N°9.
- Belaizi M., Bolen M.R. et Boxus P., 1994. Régénération in vitro et acclimatation du caroubier (*Ceratonía siliqua* L.), in Quel avenir pour l'amélioration des plantes ? Ed. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext. Paris, p. 227-232.
- BELKHODJA M., 1996 – Action de la salinité sur le comportement physiologique,
- Bengoechea, C., Romero, A., Villanueva, A., Moreno, G., Alaiz, M., Milla´ n, F., Guerrero, A., Puppo, M.C., (2008). Composition and structure of carob (*Ceratonía siliqua* L) germ proteins. Food Chemistry 107, 675–683.
- Benmahioul B, M Kaid-Harche, F Daguin., (2011). Le caroubier, une espèce méditerranéenne à usages multiples Forêt méditerranéenne 32, (1), p52.

- Berrougui H., (2007). Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.), une richesse nationale aux vertus médicinales. Maghreb Canada Express 5, 20.
- BEWLEY J. D. and BLACK M. 1994 - Mobilization of stored seeds reserves. In: Seeds: Physiology of development and germination. New York, Plenum Press, p. 293-310. S1Revista Brasileira de Sementes, vol. 24, n° 2, p.43-48, 2002.
- BEWLEY J. D., 1997 – Seed germination and plant dormancy. Plant Cell 9, 1055-1066.
- Biner B., Gubbuk H., Karhan M., Aksu M. et Pekmezci M. (2007). Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.) in Turkey, Food Chemistry. 100 : 1453-1455.
- Boudy P., 1950. Economie forestière Nord-Africain (tome II) : Monographie et traitement des essences forestières. Ed. Larose, Paris, 443-445.
- BOVE J.; JULLIEN M. and GRAPPIN P., 2001 – Functional genomics in the study of seed germination. Genome Biology, 3: 1002. 1-1002. 5.
métabolique chez la fève (*Vicia faba* L.). Thèse doct. Es Science Naturelles, Univ Oran, 255p.
- Cabuslay, G, S., Ito, O; Alejal, A. A (2002). Physiological evaluation of reponses of rice (*Oyza sativa* L.) to water deficit, Plan Sci.63 :815-827.
- Carpita N , Sabularse D, Monfezinos D et Delmer DP. , 1979. Détermination de la taille des pores des parois cellulaires des cellules végétales vivantes Science, 205 (1979), p. 1144 – 1147.
- CHIEN C. T., KUO H., WANG L. L. and LIN T. P., 1998 – Changes in ultrastructure and abscissic acid level, and response to applied gibberellins in *Taxus mairei* seeds treated with warm and cold stratification. Annals of Botany 81 : 41-47.
- CÔME D. ,1982 - Germination. In Croissance et développement. Physiologie Végétale II, P. Mazliak (ed.), Hermann, Paris, 129-225.
- CÔME D., 1970 – Les obstacles de la germination. Ed. Masson ; 162p.
- Correia P.J., Gama F., Pestana M. et Martins-Loucao M.A., (2010). Tolerance of young (*Ceratonia silliqua* L.) carob rootstock to NaCl. Agricultural Water Management. 97 :910-916.
- Dakia P.A, Blecker C., Robert C., Wathelet B. et Paquot M. (2008) .Composition and physicochemical properties of locust bean gum extracted from whole seeds by acid or water dehulling pre-treatment. Food Hydrocolloids Vol. 22, N°5, pp: 807-818.

- DEMARLY Y, 1984 – Mécanismes génétiques de l'adaptation chez les végétaux. Bull. Soc. Bot. Fr, Actual. Bot., 131, p. 125-137.
- Djibril, S., O.K. Mohamed, D. Diaga, D. Diégane, B.F. Abaye, S. Maurice and B. Alain, 2005. Growth and development of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) seedlings under drought and salinity stresses. Afr J. Biotechnol., 4(9) : 968-972.
- Evreinoff, 1947; dans Batlle et Tous, 1997. carob tree *Ceratonia siliqua* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops .17, Gaterleben: institute of plant Genetics and crop plant Research, Rome: international plant Genetic Resources Institute, pp.92.
- FAOSTAT (2019), www.fao.org.com.
- Folch I, Guillen R. (1981), La vegetacio de la 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.
- Gaouar, N. (2011). Etude de la valeur nutritive de la caroube de différentes variétés Algériennes. The se de Magister, université Abou bekr Belkaid, Tlemcen, 95p
- Gharnit N., (2003): Caractérisation et essai de régénération in vivo du caroubier (*Ceratonia siliqua* L) originaire de la province de Chefchaouen.
- Gharnit N., El Mtili N., Ennabili A., Sayah F. (2006). Importance socioéconomique du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) dans la Province de Chef Chaouen (nord-ouest du Maroc). Rev. Tela Botanica.4.02 (33) : 41-48.
- Hariri A., Ouïs N., Sahnouni F et Bouhadi D. (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. 37-55.
- Hartmann, T., M. College and P. Lumsden, 2005 Responses of different varieties of *Lolium perenne* to salinity. Annual Conference of the Society for Experimental Biology, Lancashire.
- HELLER R., 1978 – Abrégé de Physiologie Végétale. Tome II. Développement. Ed. Masson.
- 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 osmotique externe pour ajuster la pression de turgescence Plant Physiology, 95 (1991), pp. 716 – 722.

- Kalefetogllu, T., T. Macar, O. Turan and Y. Ekmekci, 2009. Effect of water deficit induced by PEG and NaCl on Chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivar and lines at early seedling stage. *G.U. J. Sci.*, 22(1) : 5-14.
- KONATÉ, 2007 « Diversité Phénotypique et Moléculaire du Caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) Et des Bactéries endophytes qui lui sont associées » Université Mohammed V-Agdal Faculté des sciences Rabat thèse de doctorat.
- KOTOWSKI F., 1926 – Temperature Relations to Germination of Vegetable Seeds,” *American Society of Horticulture Science Proceedings*, 23, 176–184.
- 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
- Linskens H. and Scholten W. (1980) : The flower of carob. *Potug. Acta. Bilo. (A) XVI* (1-4) :95-102).
- Lizardo R., Canellas J., Mas F., Torrallardona D., Brufau J., 2002 : « L'utilisation de la farine de caroube dans les aliments de sevrage et son influence sur les performances et la sante des porcelets ». *Journées de la Recherche Porcine*, N°34.PP : 97-101.
- Loeb H et Vandenplas Y., 1989: « Tannin-rich carob pods for the treatment of acute-onset diarrhea » *journal of pédiatric, Nutrition*. PP : 35.
- Lu Z et Neumann PM. (1998) . Les semis de maïs, d'orge et de riz soumis à un stress hydrique montrent une diversité d'espèces dans les mécanismes d'inhibition de la croissance des feuilles *Journal of Experimental Botany*, 49 (1998), p. 1945 - 1952
- Mitrakos, 1981. Temperature germination responses in three Mediterranean evergreen sclerophylls. Pp. 277-279 in *Components of Productivity of Mediterranean-climate Regions-Basic and Applied Aspects* (N.S. Margaris and H. A. Mooney, Eds.). Dr. W. Junk Publishers, The Hague/Boston/London.
- Nabli, M.A. (1989) : *Essai de Synthèse sur la Végétation et la Phyto-écologie Tunisienne*. Faculté des Sciences, Tunis.
- NAS., 1979: « Tropical Legumes: Resources for the Future ». *National Academy of Sciences*. Washington DC, USA, PP: 109-116.
- Ortiz P.L., Arista M., Talavera S. (1996). Produccion de nectar y frecuencia de polinizadores en *Ceratonia siliqua* L. (Caesalpinaceae). *Anales del Jardin Botanico de Madrid*. 54 : 540-546.

- Passos de Carvalho J. (1988). Carob pollination aspects In : Arab. (2013). Effet des composés phénoliques de la caroube sur les paramètres du stress oxydatif chez des rates soumises à un rypergras. Mémoire de Master en biologie. Université Abou Bakkr Belkaid-Tlemcen, Algérie.1-75.
- 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.
- Rebour H. (1968), fruits Méditerranéen, la maison rustique Paris, 330pp.
- Rejeb et al., (1991) : Physiologie du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) en Tunisie. Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides, Group d'Etude de l'Arbre, Paris, France. P :417-426.
- Rejeb M. N. (1994) : Le caroubier en Tunisie : Situations et perspectives d'amélioration. Dans Quel avenir pour l'amélioration des plantes ? Edit. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext. Paris : 79-85.
- Rejeb, M.N. (1995) Le Caroubier en Tunisie : Situations et Perspectives d'Amélioration-Quel Avenir pour l'Amélioration des Plantes ? AUPELF-UREF Ed., John Libbey Eurotext, Paris, 79-85.
- RENARD J. L. and QUILLEC G., 1975 – L'Helminthosporiose du cocotier. Etudes préliminaires. Oléagineux 30(5) : 209-213.
- Retana J., Ramoneda J., Garcia Del Pino F. (1990). Importancia de los insectos en la polinizacion delalgarrobo. Bol. San. Veg. Plagas. 16 : 143-150.
- Rubinstein B., Turner N.C. 1982. Regulation of H⁺ excretion. Effects of osmotic shock Plant Physiol., 99 (1982), pp. 355-360
- Saidi R. Lamarti A. Badoc A., 2007. Micropropagation du caroubier (*Ceratonia siliqua*) par culture de bourgeons axillaires issus de jeunes plantules. Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 2007, 146, 113-129.
- Sbay H., 2008 : « Le caroubier au Maroc un arbre d'avenir ». Centre de recherche forestière charia Omar Ibn Khattab, BP.763, Agdal, Rabat, Maroc. PP : 44. PP : 07-31.
- Sebastian K.T. et McComb J.A., 1968. A Micropropagation system for carob (*Ceratonia siliqua* L.). Scientia Horticulturae, 28 (1986) 127-131 Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.
- SRIVASTAVA L. M., 2002 – Plant growth and development. Hormones and Environment. Academic Press, San Diego (CA) 772.

- Tardieu, F. (2005). Plant tolerance to water deficit: physical limits and possibilities for progress. *C.R. Geoscience* 337 :57-67.
- 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.
- Ti-da, G.E., S.O.I. Fang- Gong- Sui., B.A. Ping, L.U. Yingyan and Zh. Guang-sheng, 2006. Effect of Water Stress on the Protective Enzymes and Lipid per Oxidation in Roots and Leaves of Summer Maize. *Agric. Sci. China.*, 5 : 291-228.
- 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.
- Turner, N.C. (1986). Adaptation to water deficits: A changing perspective. *Aust. J. Plant Physiol.*, 13 : 175-190.
- 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.
- VARTANIAN N. ; LEMEE G., 1984 – La notion d'adaptation à la sécheresse. Lab du phytotron, CNRS. Gf sur Yvelle.
- Zhao, Z.H., Liu, M.J. et Tu, P.F. (2008). Characterization of water soluble polysaccharides from organs of Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill. cv. Dongzao). *European Food Research and Technology*, 226 (5) : 980-989.