

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة مولاي الطاهر، سعيدة
Université MOULAY Tahar, Saida



كلية العلوم
Faculté des Sciences
قسم البيولوجيا
Département de Biologie

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master
En Sciences biologiques
Spécialité : protection des écosystèmes
Thème

Contribution à l'étude de la germination des graines du Caroubier (*ceratonia siliqua*)

Présenté par :

- Boulouma Tayeb
- Amer Zamalache Abderraouf

Soutenu le :

Devant le jury composé de :

| | | |
|------------|--------------------|--------------------------|
| Président | Mr. ANTEUR Djamel | MCA Université de Saida |
| Examineur | Mr. HENNI Mustapha | MCA. Université de Saida |
| Rapporteur | Mr. TERRAS Mohamed | Pr. Université de Saida |

Année universitaire 2025/2026

Dédicace

À ceux qui, après Dieu, ont été la cause de mon arrivée à cette étape de ma vie,

*À ceux qui font battre mon cœur, éclairent mon chemin, et me soutiennent dans la
vie...*

*À mes chers parents, sans leurs prières et leurs sacrifices, je ne serais jamais
arrivé là où je suis .*

À mon cher frère Mohamed, qui m'a toujours soutenu et encouragé.

*À mes sœurs Kheira et Asia, qui m'ont offert leur amour et leur appui sans
réserve.*

À ma chère tante Aïcha, à qui j'adresse tout mon respect et ma gratitude.

À mon cousin Louni Abdelkrim, modèle de sincérité et d'aide précieuse.

*À tous les membres de ma famille, dont je ne peux citer les noms un à un, mais qui
occupent une place immense dans mon cœur.*

À tous ceux qui m'ont aidé, soutenu, par un mot, un geste ou une prière.

À vous tous, je dédie le fruit de mes efforts et le travail de toutes ces années.

Que Dieu vous récompense pour tout le bien que vous m'avez apporté.

Tayeb



Dédicace

Après de longue année des efforts ce modeste manuscrit voit en fin le jour

Je le dédie a mes deux adorable et agréable parents, mon guide dans ma vie, pour tous leur sacrifices, leur amour, leur tendresse, Le symbole de tendresse ma chère mère et le généreux père qui m'avez soutenue pendant au long de mes études, qui m'ont toujours laissée libre de mes choix

A mes sœurs qui m'a toujours soutenu et encouragé et mes chers frères pour leur soutien moral

A toute ma famille AMER dont je ne peux citer les noms un à un, mais qui occupent une place immense dans mon cœur.

À ma cousine Aicha, pour leur aide précieuse

A mon cher binôme Tayeb J'espère que Dieu Tout-Puissant perpétuera l'amour et la faveur entre nous et vous accordera la paix de l'esprit et le bonheur mon amie.

A tous ceux qui me sont chers

Abderraouf



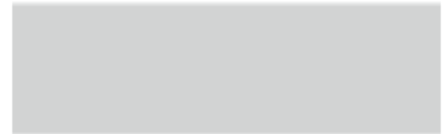
Remerciements

Louange à Dieu qui m'a accordé l'aide et le soutien nécessaires pour mener à bien ce mémoire. Que la paix et les bénédictions soient sur notre prophète Mohammed, ainsi que sur sa famille et ses compagnons.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et ma sincère reconnaissance à mon directeur de mémoire, Pr. Terras Mohamed, pour son encadrement scientifique, ses conseils judicieux et son soutien tout au long de l'élaboration de ce travail. Ses remarques pertinentes ont grandement contribué à l'amélioration de ce mémoire.

J'adresse également mes remerciements aux membres du jury, en particulier Dr. Anter Djamel, président du jury, et Dr. Henni Mustapha, pour avoir accepté d'évaluer ce travail et pour leurs observations constructives qui ont enrichi la qualité de cette recherche.

Je ne saurais oublier de remercier tous ceux qui m'ont soutenu tout au long de mon parcours universitaire, qu'ils soient enseignants, camarades ou membres de ma famille. À tous, j'adresse mes plus vifs remerciements et ma profonde reconnaissance.



Résumé

Cette étude vise à évaluer l'effet du stress salin, stress hydrique et les traitements préalables sur la germination des graines de caroubier (*Ceratonia siliqua*), une espèce importante dans la région méditerranéenne. Plusieurs traitements ont été testés, dont le trempage dans l'eau pendant 72 heures qui s'est révélé efficace pour améliorer le taux de germination. Les résultats ont montré que la température de 20°C était optimale pour une germination élevée. La résistance de cette espèce vis-à-vis le stress salin et hydrique est acceptable. L'importance écologique de cette espèce lui permet de d'être un bon candidat pour les programmes de reboisement (dans l'aire écologique de cette espèce). L'étude souligne également l'importance de maîtriser les paramètres environnementaux pour améliorer la germination et la croissance, et ainsi élargir son aire de répartition.

Mots-clés : caroubier, germination, traitement préalable, stress thermique. Stress salin et hydrique.

المخلص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثير الإجهاد الحراري و المعالجات المسبقة على إنبات بذور الخروب (*Ceratonia siliqua*) أحد الأنواع المهمة في منطقة البحر الأبيض المتوسط. تم اختبار عدة معالجات حيث أظهر النقع في الماء لمدة 72 ساعة فعالية في تحسين معدل الإنبات. أظهرت النتائج أن درجة الحرارة 20°C كانت الأنسب لتحقيق نسبة إنبات مرتفعة. تبرز أهمية هذا النوع في قدرته البيئية العالية، مما يجعله مرشحاً مناسباً لإعادة التحريش. كما تؤكد الدراسة على أهمية التحكم في العوامل البيئية لتحسين إنبات و نمو هذا النوع وتوسيع مجاله الحيوي.

الكلمات المفتاحية : الخروب , إنبات , المعالجة المسبقة , الإجهاد الحراري

Abstract

This study aims to assess the effect of heat stress and pre-treatment methods on the germination of carob seeds (*Ceratonia siliqua*), a key species in the Mediterranean region. Several treatments were tested, and soaking the seeds in water for 72 hours proved effective in enhancing germination rates. The results indicated that 20°C was the optimal temperature for achieving high germination. The ecological value of this species makes it a suitable candidate for reforestation programs. The study also emphasizes the importance of controlling environmental factors to improve germination, growth, and the species' potential distribution.

Keywords: carob, *Ceratonia siliqua*, germination, pre-treatment, heat stress.

Sommaire

| | |
|---------------|---|
| Introduction: | 1 |
|---------------|---|

Chapitre I: présentation de la zone d'étude

| | | |
|------|--|----|
| 1 | Présentation de la zone d'étude | 2 |
| 1.1 | Situation géographique de la wilaya de Saida : | 2 |
| 1.2 | Climat | 3 |
| 1.3 | Orographie | 4 |
| 1.4 | Géologie | 5 |
| 1.5 | Pédologie | 9 |
| 1.6 | Hydrologie | 11 |
| 1.7 | La population | 13 |
| 1.8 | Le cheptel | 13 |
| 1.9 | Les espaces forestiers de la wilaya de Saida | 14 |
| 1.10 | Composition : | 15 |
| 1.11 | Différents types de formations végétales | 20 |

Chapitre II: le caroubier

| | | |
|-----|-------------------------------------|----|
| 1.1 | Généralités sur le caroubier | 23 |
| 1.2 | Classification | 23 |
| 1.3 | Caractéristiques botaniques | 24 |
| 1.4 | Distribution géographique | 29 |
| 1.5 | Répartition géographique en Algérie | 29 |
| 1.6 | Multiplication du caroubier | 31 |
| 1.7 | Importance écologique : | 31 |

Chapitre III: la germination

| | | |
|------|------------------------------|----|
| 1.8 | Définition | 33 |
| 1.9 | Types de germination | 33 |
| 1.10 | Phases de la germination: | 33 |
| 1.11 | Conditions de la germination | 34 |
| 1.12 | Dormance des graines | 35 |

| | |
|------------------------|----|
| 1.13 Levée de dormance | 35 |
|------------------------|----|

Chapitre IV: matrièls et méthodes

| | |
|----------------|----|
| Prétraitements | 35 |
|----------------|----|

| | |
|---|----|
| 1-Préparation des solutions de PEG et Na Cl : | 38 |
|---|----|

| | |
|---|----|
| 2-Préparation des graines pour les tests de germination : | 39 |
|---|----|

| | |
|------------------------|----|
| 3- L'expérimentation : | 41 |
|------------------------|----|

Chapitre V: résultats et discusion

| | |
|---|----|
| 1-Les résultats des prétraitements à 20c° : | 44 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| 2-Résultats de germination de stress hydrique et salin : | 45 |
|--|----|

| | |
|-------------|----|
| Conclusion: | 50 |
|-------------|----|

| | |
|---------------------|----|
| Conclusion général: | 51 |
|---------------------|----|

| | |
|--|----|
| Listes des références bibliographiques | 52 |
|--|----|

Table des figures :

| | |
|---|----|
| Figure 1. Découpage administratif de la wilaya de Saida. | 3 |
| Figure 2. Les étages et sous étages bioclimatique de l’Oranie | 4 |
| Figure 3. Carte géologique de la wilaya de Saida | 7 |
| Figure 4. Carte pédologique de la wilaya de Saida | 11 |
| Figure 5. Carte des sous bassins | 11 |
| Figure 6. Carte du réseau hydrographique de la wilaya de Saida | 12 |
| Figure 7. Répartition du cheptel de la zone d’étude par commune | 13 |
| Figure 8. Carte des surfaces forestières et préforestières | 14 |
| Figure 9. Principales formations forestières de la wilaya de Saida | 16 |
| Figure 10. Carte des groupements forestiers de la wilaya de Saida | 22 |
| Figure 11 : les racines du caroubier | 25 |
| Figure 12 : les feuilles du caroubier | 26 |
| Figure 13 : les fleurs du caroubier | 26 |
| Figure 14 : les fruits du caroubier | 27 |
| Figure 15 : les graines du caroubier | 28 |
| Figure 16 : le tronc du caroubier | 29 |
| Figure 17 : répartition du caroubier en Algérie suivants les domaines bioclimatique | 30 |
| Figure 18 : les graines du caroubier | 37 |
| Figure 19 : les graines en boites de pétri | 38 |
| Figure 20 : incubation des boites dans l’étuve | 39 |
| Figure 21: les graines dans les boites de pétri | 41 |
| Figure 22 : la relation entre les prétraitements et la cinétique de la germination..... | 44 |
| Figure 23 : : Début de germination des graines de prétraitement de 72h (EDR)..... | 45 |
| Figure 24 : la relation entre la concentration du PEG et la cinétique de germination | 46 |

| | |
|---|----|
| Figure 25 : germination des grains dans le stress hydrique (PEG= 24g/l)..... | 47 |
| Figure 26 : la relation entre la concentration du NaCl (g/l) et la cinétique de germination..... | 48 |
| Figure 27 : germination des grains dans le stress salin (S.S=2g/l)..... | 48 |
| Figure 28 : germination des grains dans le stress salin (S.S =4g/l)..... | 49 |
| Figure 29 : germination et croissance des graines du caroubier dans le sol..... | 49 |

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 1: Les unités de paysage et géomorphologie..... | 7 |
| Tableau 2. Population recensée en 2008, et estimé à 2018..... | 13 |
| Tableau 3. Importance des formations forestières. | 15 |
| Tableau 4. Répartition des forêts denses par commune. | 17 |
| Tableau 5. Répartition des forêts claires par communes..... | 17 |
| Tableau 6. Répartition des matorrals denses par communes..... | 18 |
| Tableau 7. Répartition des matorrals denses par communes..... | 19 |
| Tableau 8. Répartition des reboisements par communes. | 20 |
| Tableau 9 : Résultats de la germination à 20c° (prétraitement)..... | 44 |
| Tableau 10 : Résultats de la germination à 20 (stress hydrique)..... | 45 |
| Tableau 11 : Résultats de la germination à20 (stress salin)..... | 47 |

Liste des abréviations.

EDR :eau du robinet.

PEG :polyéthylène glycol.

NaCl :chlorure de sodium.

TG :taux de germination.

MNT :modèle numérique de terrain.

DSA :direction des services agricoles.

DGF :direction générale des forêts.

B.N.E.D.E.R :bureau national d'études pour le développement rural.

FAO :Food and agriculture organization.

GIS: système d'information géographique.

MCA : maitre de conférences A.

MCB : maitre de conférences B.

Introduction

Introduction:

Le caroubier (*Ceratonia siliqua*) est une espèce indigène du bassin méditerranéen, cultivée depuis l'Antiquité, en particulier dans les zones arides et semi-arides caractérisées par un climat sec et tempéré ainsi que des sols pauvres. Il se distingue par sa remarquable capacité à s'adapter à des conditions environnementales rigoureuses, ce qui en fait une espèce privilégiée pour l'agriculture dans les régions confrontées à la dégradation des sols et à la pénurie d'eau. . (Batlle et Tous, 1997 .)

La superficie mondiale dédiée à sa culture est estimée à environ 200 000 hectares, avec une production annuelle avoisinant les 310 000 tonnes, bien que ces chiffres varient selon les variétés, les régions et les techniques culturales. L'Espagne est le principal pays producteur, suivie de l'Italie, du Portugal, du Maroc, de la Grèce, de Chypre, de la Turquie, de l'Algérie et d'autres pays méditerranéens. (Barracosa,et al.2007.)

L'intérêt croissant pour le caroubier tient à ses nombreuses applications économiques, écologiques et agro-industrielles. En plus de son rôle ornemental et paysager, il joue un rôle important dans la lutte contre la désertification, la stabilisation des sols et les programmes de reforestation. Ses gousses, graines et la gomme extraite de ces dernières sont largement utilisées dans l'industrie agroalimentaire comme agents épaississants et émulsifiants naturels. La pulpe des gousses sert également d'aliment pour le bétail, tandis que le bois est utilisé comme combustible dans certaines régions. Les feuilles, quant à elles, sont consommées par les animaux, ce qui souligne la polyvalence de cette espèce. (Yousfi, et al. 2009).

Malgré ces atouts, la propagation du caroubier reste entravée par un problème majeur : la dormance de ses graines. Celle-ci est principalement due à l'imperméabilité du tégument, qui empêche l'absorption de l'eau et l'échange gazeux, retardant ainsi la germination parfois pendant plusieurs mois. Pour favoriser une germination rapide et homogène, il est nécessaire de soumettre les graines à des traitements pré-germinatifs, qu'ils soient mécaniques, thermiques ou chimiques. L'évaluation de l'impact de ces traitements sur la germination des graines de caroubier revêt donc une importance particulière dans les stratégies actuelles de développement agricole durable et de réhabilitation des écosystèmes dégradés à l'aide d'espèces locales résistantes. (.Khoukhi,et al ;2016).

Dans ce travail l'objectif fixe sur l'analyse des facteurs qui influencent la germination des graines de caroubier, en particulier l'impact des traitements préliminaires tels que le trempage dans l'eau chaude ou l'emploi de produits chimiques, sur l'augmentation du taux et de la rapidité de germination. Il souligne également l'importance de l'étude de l'effet du stress salin et hydrique afin de renforcer les initiatives de reboisement et de promouvoir une agriculture durable.

Chapitre I

1 Présentation de la zone d'étude

1.1 Situation géographique de la wilaya de Saida :

C'est dans l'ensemble géographique de causses et des hauts plateaux que se situe la wilaya de Saida qui est limitée naturellement au Sud par la wilaya d'El-Bayad et localisée au nord-ouest de l'Algérie (Labani 2005), la wilaya de Saïda couvre une superficie de 6765,40 km² (D.P.A.T 2010), elle est limitée :

Au nord par la wilaya de Mascara.

Au sud par la wilaya d'El-Bayad.

A l'ouest par la wilaya de Sidi-Bel-Abbès.

A l'est par la wilaya de Tiaret.

La wilaya de Saïda regroupe 06 daïrate coiffant 16 communes totalisent une population de 344455 habitants (D.P.A.T 2010). Elle est caractérisée par un espace Agro-sylvo-pastoral (Labani 2005).

Cette position qui lui donne un rôle de relais entre les wilayas steppiques au sud et les wilayas telliennes au nord, correspond en fait à l'extension du territoire de la wilaya de Saida sur deux domaines naturels bien distincts, l'un est atlasique Tellien au nord et l'autre est celui des hautes plaines steppiques (Labani 2005).

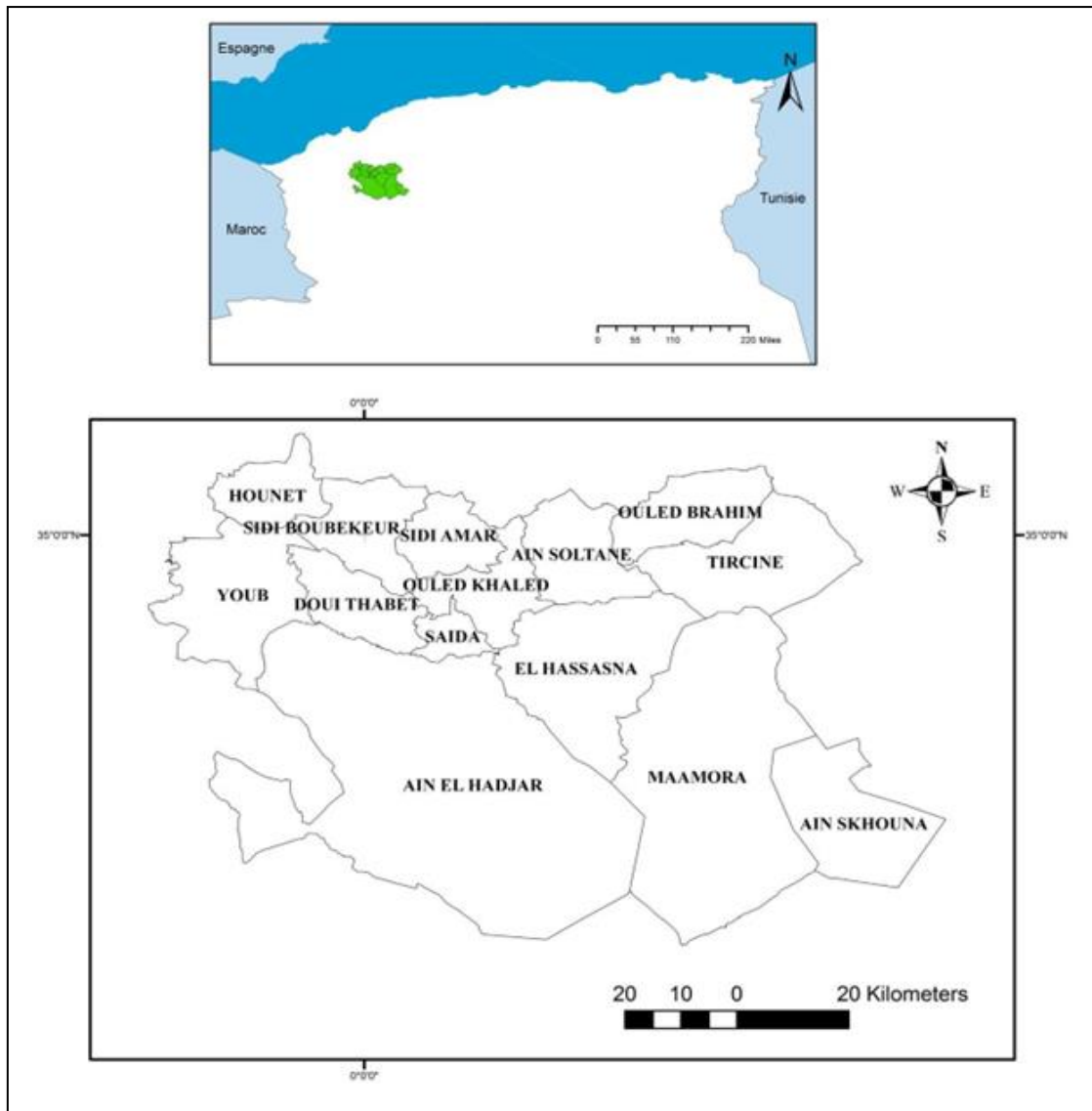


Figure 1. Découpage administratif de la wilaya de Saida.

1.2 Climat

Le type de climat dans notre zone d'étude est méditerranéen appartenant à l'étage bioclimatique semi-aride frais (Figure 02), avec des précipitations irrégulières et faibles (entre 300 et 370mm/an). On y distingue deux périodes contrastées, une période humide et froide, l'autre sèche et chaude. Les précipitations estivales sont souvent des pluies torrentielles et les températures présentent des amplitudes importantes. Les mois de Janvier et Février sont les mois les plus froids durant toute l'année (3.3°C) et le mois de Juillet et Août sont les mois les plus chauds (35.5°C). Le vent est de direction dominante NW avec une présence du vent chaud

(sirocco) pendant la période estivale qui peut accélérer le phénomène de l'érosion éolienne dans les zones dépourvus de couvert végétal, et le déficit hydrique s'étale sur une période de 5 mois (Terras 2011a).

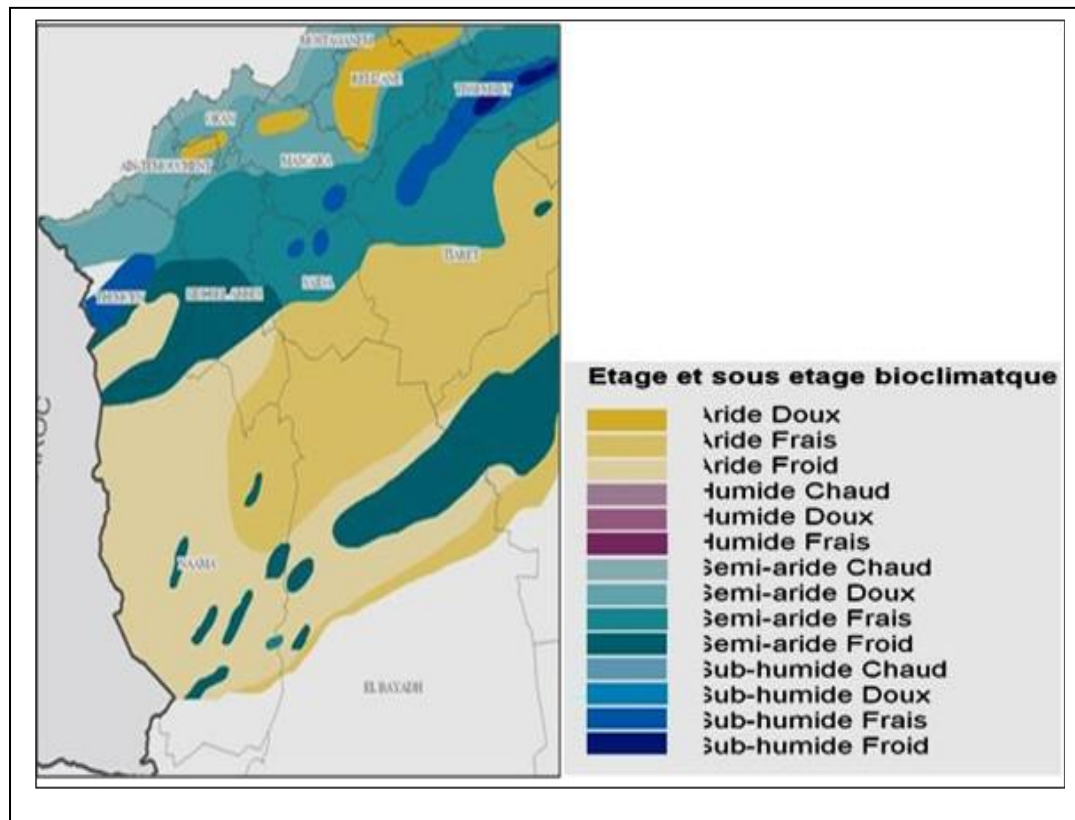


Figure 2. Les étages et sous étages bioclimatique de l’Oranie (ANAT, 2008).

1.3 Orographie

La wilaya de Saida est située dans le nord-ouest de l'Algérie cernée au nord-ouest par la wilaya de Sidi-Bel-Abbes, au nord-est par la wilaya de Mascara, à l'Ouest par la wilaya de Tlemcen, à l'Est par la wilaya de Tiaret et au Sud par celle d'El Bayadh.

Cette position lui donne un rôle de relais entre la wilaya steppique au Sud et la wilaya tellienne au Nord. Elle correspond en fait à l'extension du territoire de la wilaya de Saida sur deux domaines naturels bien distincts. L'atlas tellien au Nord et les hautes plaines steppiques au Sud.

Dans le détail, la wilaya de Saida est délimitée au plan naturel comme suit :

- A l'Ouest et au Nord-Ouest par les Monts de Daia, successivement par les lignes de crêtes des Djebels Tazenaga, Tennfeld, Nser et El Assa.
- Au Nord et nord-est par les Monts de Saida, successivement par les lignes de crêtes des Djebels Yehres, Bel-Hadj, Bel Aoued, Mekhnez et Touskiret.
- A l'Est, la limite correspond à l'extrémité Est du Djebel Sidi Youssef qui appartient normalement à l'ensemble orographique des Mont de Saida mais qui s'en détache légèrement vers le Sud.
- Alors qu'au Sud et sud-ouest (le territoire de la wilaya s'ouvrant sur les hautes plaines steppiques), il n'existe pas de limites naturelles bien nettes.

Le cadre physique régional de la wilaya de Saida correspond aux conditions du tell occidental et des hautes plaines steppiques occidentales d'une manière générale, plus précisément à des plateaux ondulés, les Monts de Frenda, de Saida, de Daia et de Tlemcen qui dominant au Nord les bassins intérieurs et s'inclinent lentement vers les hautes plaines steppiques. Leur aspect tabulaire contraste avec le relief des chaînes qui ont la structure complexe de l'Atlas Tellien. Ces plateaux telliens (ou atlas tabulaire) laissent voir, sous les assises de calcaires jurassiques, le socle primaire anciennement plissé, métamorphosé et nivelé. Il n'apparaît en Algérie que grâce à deux fenêtres d'érosion, Ghar Rouban, au sud- Ouest de Tlemcen, et à Tifrit, au nord-est (Labani 2005)

1.4 Géologie

D'après l'étude du SRAT H.P.O (2008), SATEC (1976) et Mekahli (1988) la structure géologique de la région étudiée est composée des terrains d'âges différents (Figure 3), les plus répandus sont des terrains jurassiques qui en outre sont les plus intéressants du point de vue hydrologéologique. Les dolomies du jurassique moyen et inférieur reposent sur le trias volcano-détritique imperméable. Ces dolomies sont aquifères et surmontées de dépôts détritiques du callovo-oxfordien et mio-pliocène peu perméable. La tectonique cassante des dolomies a déterminé une Karstification intense, l'érosion a provoqué avant la Karstification la mise à nu de la dolomie pour décapage des terrains détritiques.

- **Formation Marneuse du Toarcien** : l'épaisseur faible de 6 à 15m joue un rôle important du point de vue hydrogéologique formant un mur imperméable entre les formations dolomitiques. La coupe typiquement prétellienne de l'oued Mimouna identique à celle de Modzab, l'épaississement du Toarcien à Ain Balloul, la présence

de calcaire silicieux du Bajocien le long de la route Balloul-Takhmeret en sont des témoins.

- **Formation Aoleno-Bajocien** : elle est composée de dolomies souvent recristallisées dans leurs parties supérieures (l'épaisseur moyenne de 50 à 70 m au maximum 150 m). Les carbonates sont du point de vue lithologique très proche du membre des carbonates de Zerzour.
- **Formation du Bajocien-Bathocien** : cette unité lithostratigraphique est assez répandue, elle est composée exclusivement de calcaire et calcaire dolomitique et dolomies. L'épaisseur du membre des carbonates de Zerzour est de 50 m environ. Les deux membres des carbonates mentionnés forment un réservoir important des eaux souterraines, la succession de cette stratification est interrompue sur quelque endroit par une intercalation des couches bigariées de Sidi Youcef.
- **Formation Callovien-Oxfordien** : elle est composée d'un ensemble argilo-gréseux ou parfois calcaire, repose directement sur des dolomies Aalenieuses. Les marnes et les argiles à bancs de grès représentant le callovien moyen, le complexe argileux remonte jusqu'au sommet de l'Oxfordien supérieur au- dessus viennent de gros bancs de grès blanchâtres à débits argileux.
- **Formation Lusitancien-Kimmerdigien** : le lusitancien est composé de grès avec des intercalations carbonatées et argilo-sableuse, il occupe un espace important dans la région d'études tandis que le Kimmerdigiens n'est pas apparent. Sur la région d'étude généralement, il est composé de dolomie cristalline massive de Tlemcen.

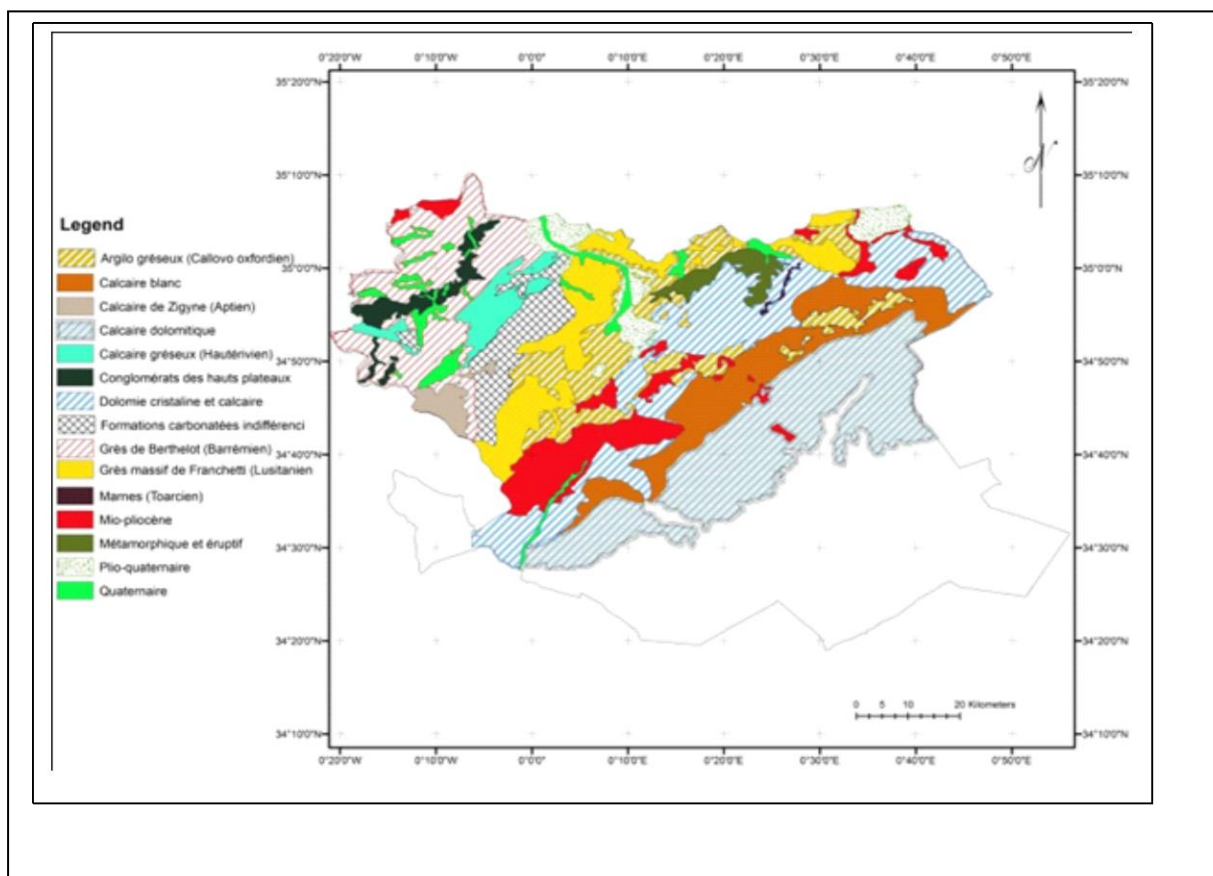


Figure 3. Carte géologique de la wilaya de Saida (source : SATEC, 1976 modifiée).

Tableau 1: Les unités de paysage et géomorphologie.

| Relief | Unité de paysage morpho-litho- Pédologique | Géomorphologie et géodynamique actuelle |
|---------|--|---|
| Versant | Formation argilo-gréseuse et argileuse | Modelé : collines à pentes plus ou moins fortes, dissections assez fortes. Dynamique : érosion actuelle dans les zones Cultivées (ravinement, solifluxion, mouvements de masse). |

| | | |
|--|--|---|
| | Formations sur dolomies cristallines et calcaire jurassiques | Modelé : versant de djebel à pente forte, roche affleurant ou sub-affleurant. Dynamique : érosion négligeable sous forêts et broussailles. |
|--|--|---|

| | | |
|--------------------------------|---|--|
| | Formations sous grés massifs de Franchetti avec intercalations carbonatées et argilo-sableuses | Modelé : versants de djebel à pente forte avec corniches structurales gréseuses. Dynamique : érosion négligeable sous forêts et broussailles. |
| | Sur formations éruptive de Tifrit | Modelé : versant de djebel à pente forte. Dynamique : érosion négligeable sous forêts et broussailles. |
| Plateaux | Sur dolomies cristallines et calcaires | Modelé : plateau Karstique plus ou moins ondulé. Dynamique : érosion chimique (dissolution Karstique). |
| | Sur dolomies cristallines et calcaires avec formations superficielles (altérites) | Modelé : plateau Karstique plus ou moins ondulé. Dynamique : érosion chimique (dissolution Karstique). |
| Dépression Cuvettes | Sur dolomies cristallines et calcaires | Modelé : glacis d'érosion d'accumulation à pente faible, plus ou moins disséqués (pente forte localement) Dynamique : ruissellement diffus, érosion en nappe. |
| | Sur terrasses et plaines alluviales | Modelé : accumulations alluviales anciennes ou actuelles. Dynamique : transit alluvial, sapement de berges, atterrissement. |

(SATEC, 1976)

1.5 Pédologie

Les travaux de pédologie, de cartographie et de phytoécologie réalisés dans la région (Halitim 1988; SATEC 1976; Terras 2011a) indiquent que les types de sols rencontrés sont (Figure 04) :

1.5.1 Les sols alluviaux

Ces sols sont très répandus sur les lits des oueds, les dépressions et aux bordures du chott. Ils comprennent les sols alluviaux de plaine ou de terrasse alluviale, les sols remaniés de dayet Zeraguette, les sols alluviaux de bordure de chott et les sols alluviaux des lits des oueds.

1.5.2 Les sols bruns

A cette catégorie appartient les sols bruns calcaires, les sols bruns à caractère vertique et les sols brun rouges.

1.5.3 Les sols brun rouges

Parmi ce type de sol on trouve, les sols brun rouges à horizon humifère, les sols brun rouge méditerranéens peu évolués, les sols bruns rouges méditerranéens à texture légère, les sols bruns rouges méditerranéens sous formations steppiques.

1.5.4 Les lithosols

Sont assez étendus et se retrouvent sur presque tous les versants dénudés. Ils sont peu épais (moins de 20cm généralement) et parfois laissant la place aux affleurements rocheux, ces sols portent parfois une broussaille ou un maquis très dégradé. Outre les affleurements de la roche mère (calcaire, grès ou dolomie), le ravinement y est intense.

1.5.5 Les sols halomorphes

Nous les trouverons dans la zone du Chott Chergui, peu épais, à texture limoneuse et portent une végétation halophile. Ils sont aussi de peu d'intérêt pour la mise en valeur agricole.

1.5.6 Les sols hydromorphes

Ils sont exclusivement localisés dans la zone steppique. Leur texture est lourde et ils sont peu profonds (entre 20- 50 cm). Ces sols sont mis à profit par les éleveurs pour y faire des emblavures de céréales.

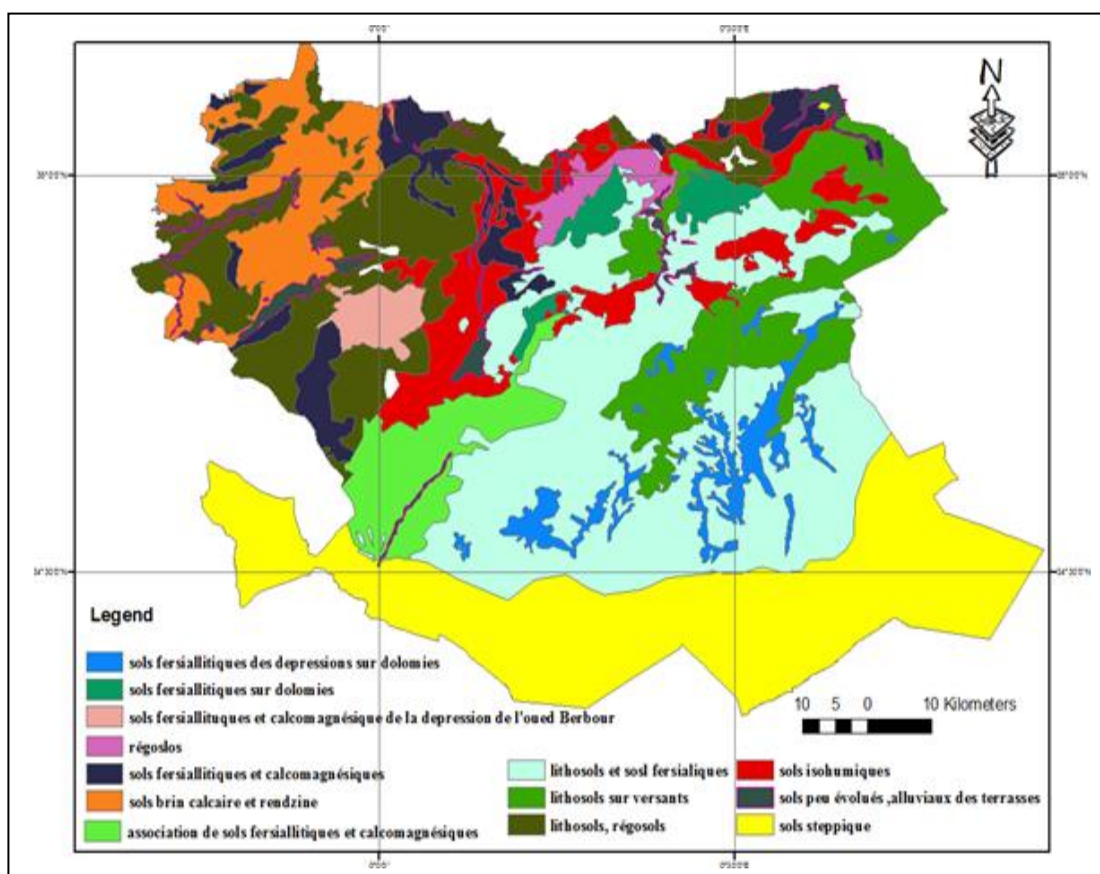


Figure 4. Carte pédologique de la wilaya de Saida (S.A.T.E.C, 1976 modifiée).

1.6 Hydrologie

L'hydrographie du territoire de la Wilaya est constituée de plusieurs bassins superficiels ou l'écoulement se fait en général du sud vers le Nord à l'exception de bassin du Chott Chergui qui draine les eaux vers le sud (Figure 05).

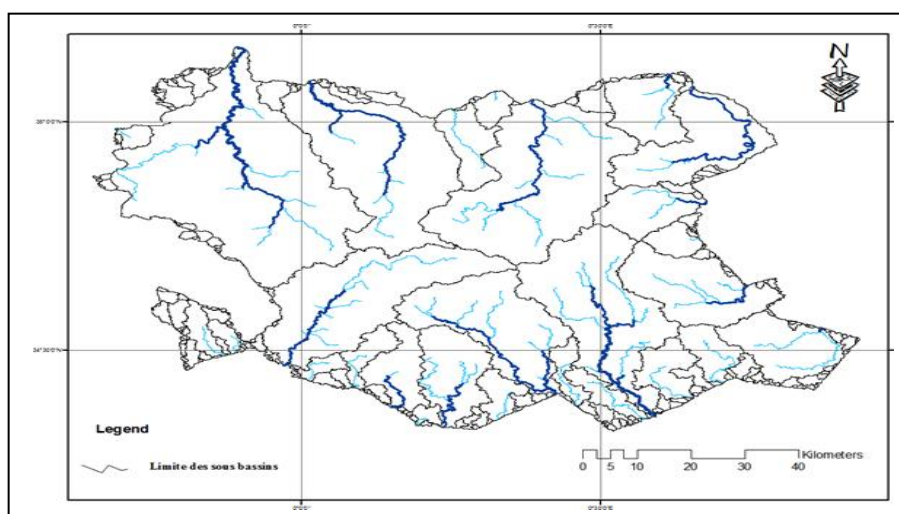


Figure 5. Carte des sous bassins (Réalisée à partir de MNT par SAGA-GIS 2.0.8).

C'est dans l'analyse plus fine des milieux que l'on peut distinguer des sous unités homogènes présentant de réelles potentialités (la plaine des Maalif, les plateaux de Balloul et Ain Soltane, la dépression de Berbour, la vallée de l'Oued Saida...).

Cet espace, potentiellement riche, naturellement diversifié, n'a pas toujours été exploité à sa juste valeur.

- **Eaux superficielles**

L'évaluation de la ressource en eaux superficielles est confrontée au problème de sa quantification précise (en raison de l'absence d'un réseau de mesures hydrométriques et de l'insuffisance des stations de jaugeage) (D.H.W, 2009).

- **Réseau hydrographique et sous bassins versants**

A ce sujet Deschamps (1973), note : « Etant donné la disposition du plateau de Saida, légèrement bombé au centre et descendant en pente douce vers ses bordures, l'hydrographie de la région permet d'y distinguer plusieurs bassins superficiels ».

Le réseau Hydrographique de la wilaya de Saida qui prend naissance à une altitude de plus de 1300 m réunit trois Bassins versants qui se démarquent dans deux espaces distincts (D.H.W, 2009) (Figure 6).

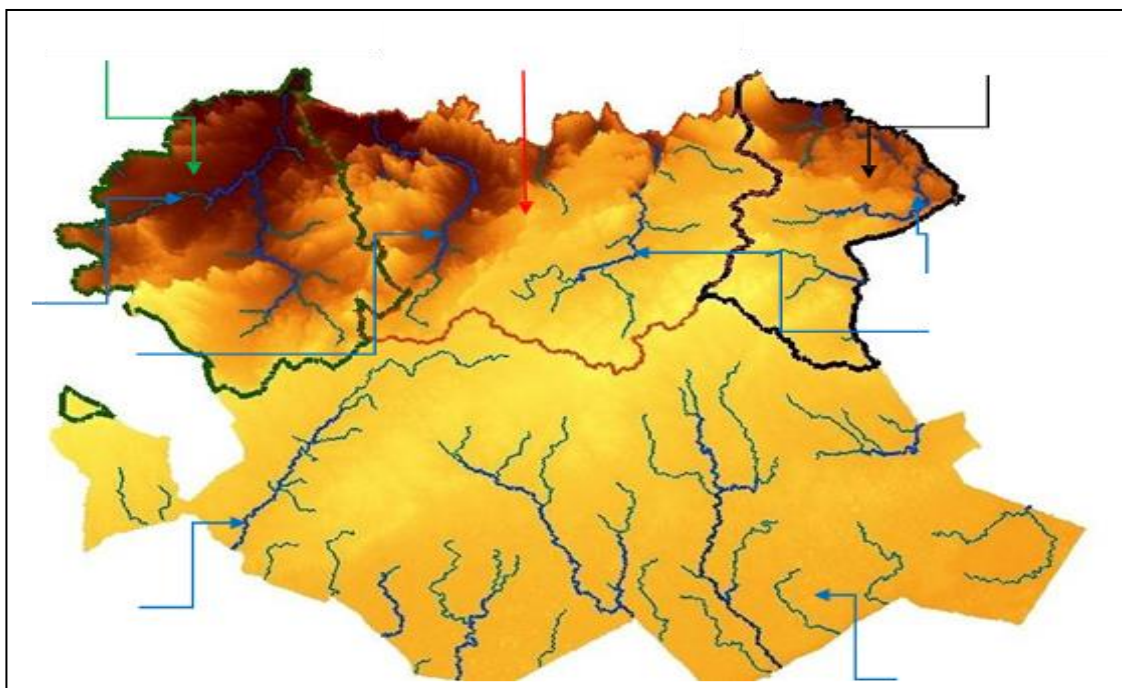


Figure 6. Carte du réseau hydrographique de la wilaya de Saida (Réalisée à partir de MNT par SAGA-GIS 2.0).

1.7 La population

La population de la wilaya de Saida qui était de 330641 habitants en 2008, et estimé à 398501 habitants en 2018. (Source : DSA, 2020).

Tableau 2. Population recensée en 2008, et estimé à 2018.

| Population | | | | | | | | | | | |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Année | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 |
| Population | 330641 | 338854 | 344455 | 350766 | 357198 | 363755 | 370439 | 377253 | 384200 | 391282 | 398501 |

Source : DSA (2020)

1.8 Le cheptel

La composition des troupeaux montre une prédominance écrasante du petit bétail, plus particulièrement des ovins qui occupent environ 90% des effectifs, suivie par les caprins et les bovins (Figure 7).

Deux types d'élevage sont pratiqués dans la wilaya, le premier, assez traditionnel pratiqué par des agriculteurs pour assurer un revenu à leur famille avec des effectifs inférieurs à 20 têtes tandis que le second est du type éleveur professionnel avec des troupeaux dépassant les centaines de têtes avec prépondérance d'ovins qui a connu une augmentation de plus de 37 % de 20 ans (Labani 2005).

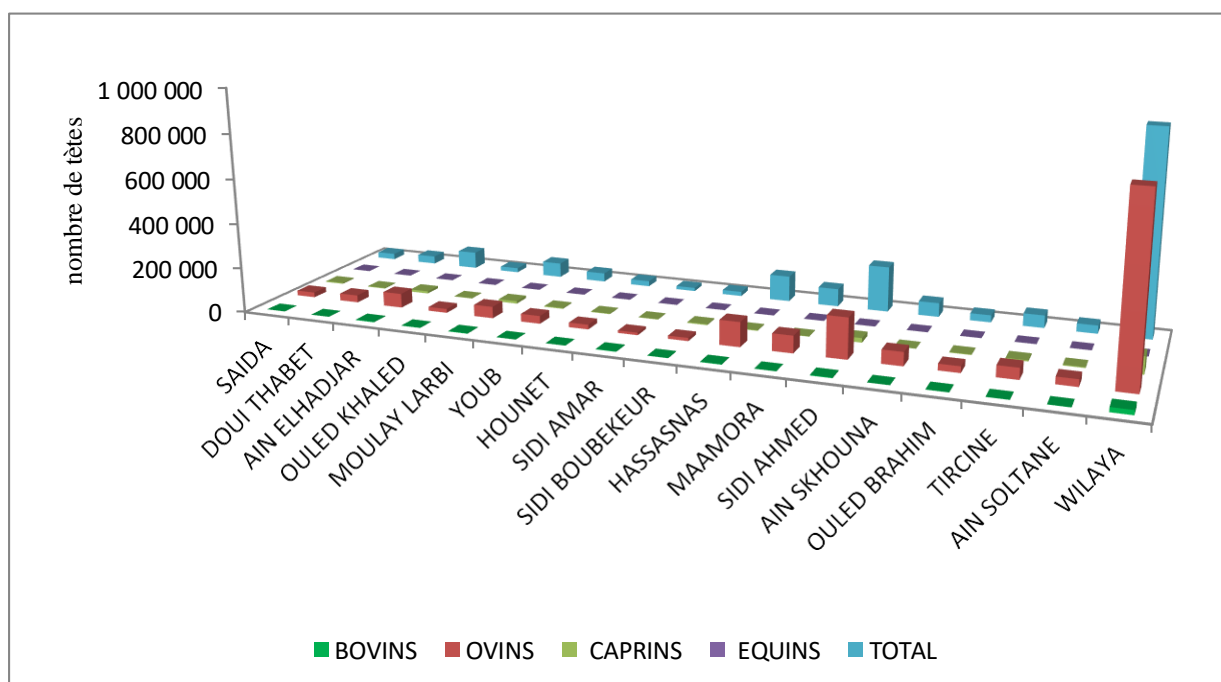


Figure 7. Répartition du cheptel de la zone d'étude par commune (source DSA, 2019).

1.9 Les espaces forestiers de la wilaya de Saida

La wilaya de Saida se caractérise par une surface forestière non négligeable de l'ordre de 174 361 Ha dont plus de 59,67 % sont concentrés sur 6 communes situées sur les Monts Daïa et les Monts de Saida (Figure 8).

Et se distingue par deux secteurs forestiers qui sont :

- Le secteur forestier ouest qui englobe les massifs forestiers de daya et djebel Kodjel Bouatrous, EL Hadja appartenant au grand ensemble structural des monts de Saida.
- Le secteur forestier est qui s'étend du Sud-Est (massifs forestiers de Sidi Youcef), à l'Est par une série de massifs (Djebel Ben Allouche, M'Zaita, Derkmous) à l'Est et au Nord - Est de Tircine. Ce secteur englobe aussi une série de Massifs du Nord- Est de la Wilaya tels que Mergueb Es - Sebaa, Sifat Ed-Dorbane, djebel Bouchellil, Djebel EL Hama, Djebel El Assa, Djebel Khanifer)

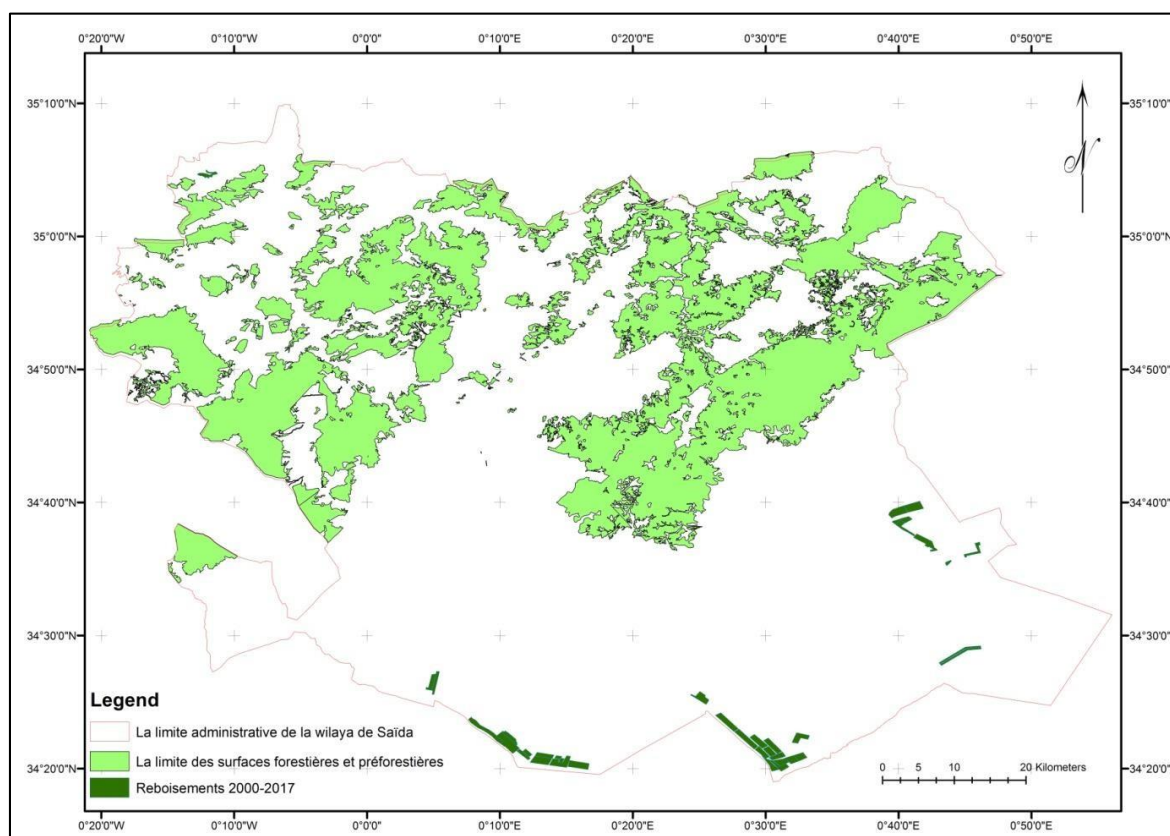


Figure 8. Carte des surfaces forestières et préforestières (source DGF 2019).

L'espace forestier présente les caractéristiques suivantes :

- Il occupe une surface totale de 174 361 hectares soit 26,17% de la superficie totale.
- Les matorrals représentent 73% de la surface totale forestière et témoignent de la pression qui s'exerce sur les formations forestières et leur adaptation aux conditions édapho-climatiques.
- Les reboisements ne sont que de l'ordre de 4% alors que les surfaces à vocation forestière sont importantes au regard des incendies et des terrains de parcours en pente.

Tableau 3. Importance des formations forestières.

| Type de formation | Superficie | Pourcentage |
|-------------------|------------|-------------|
| Forêts denses | 13 077 | 7,50 |
| Forêts claires | 27 041 | 15,50 |
| matorrals denses | 14 537 | 8,30 |
| matorrals clairs | 112 673 | 64,62 |
| Reboisements | 7 033 | 4,03 |
| Total | 174 361 | |

Source : B.N.E.D.E.R (2008) modifié

- Les formations forestières naturelles qui regroupent les forêts denses, les forêts claires, les matorrals denses et les matorrals clairs. Ces formations sont totalement localisées dans la partie tellienne de la wilaya.

- Les reboisements essentiellement à base de pin d'Alep ont concernés principalement la partie nord de la wilaya.

L'espace forestier couvre 26% de la surface totale des communes, un taux supérieur à la moyenne régionale (puisque'elle se classe en premier rang) et même nationale. Les formations forestières sont dominées par les groupements à pin d'Alep (*Pinetum halepensis*). Les forêts domaniales de Tendfelt, Djaafra et Fenouane sont les plus importantes, leur impact sur les autres espaces et sur la vocation de la wilaya est présent et ne peut être ignoré dans toute approche d'aménagement ou d'orientation globale du développement, par son impact sur les autres espaces.

1.10 Composition :

Ce patrimoine est composé par les essences suivantes (D.G.F 2018) :

- Pin d'Alep 54740 (ha) soit 35%.
- Chêne vert 46920 (ha) soit 30%.

- Thuya de berberie 15640 (ha) soit 10%.
- Chêne Kermes 7820 (ha) soit 5%.
- Genévrier Oxycèdre 7820 (ha) soit 5%.
- Autres (Eucalyptus...) 23000 (ha) soit 15%.

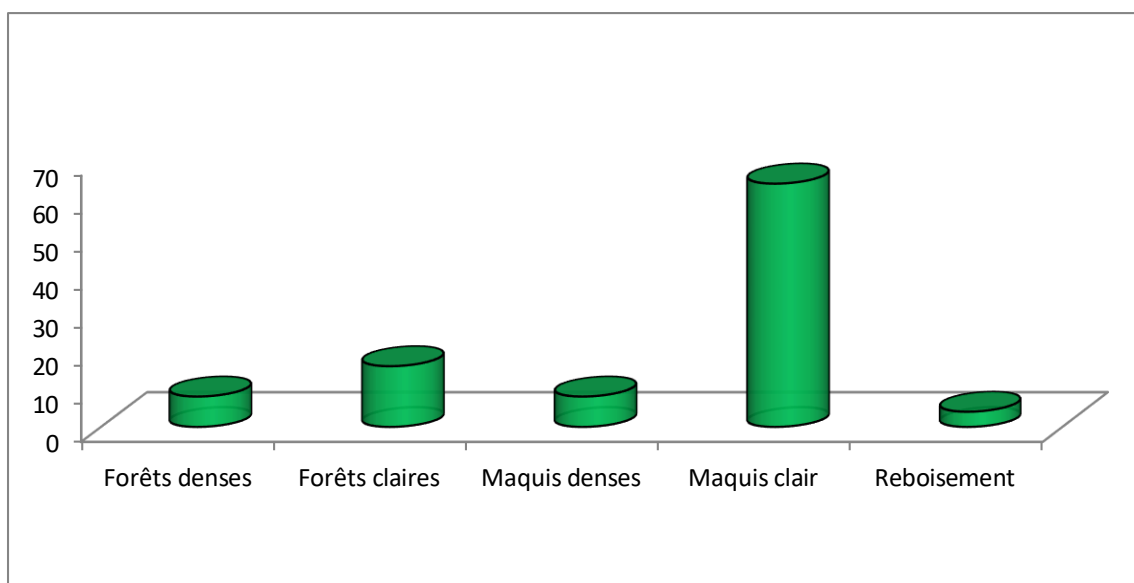


Figure 9. Principales formations forestières de la wilaya de Saida (B.N.E.D.E.R, 2008).

Les forêts denses : elles occupent environ 13077 ha soit 1.96 % de la superficie totale.

Ces forêts représentent 7.5 % des superficies forestières. (Figure 9) 85.4 % des forêts denses sont situées dans les monts de daia. Elles concernent les communes d'Ain-El-Hadjar, Youb et moulay Larbi. L'essence dominante dans ces forêts est le pin d'Alep essentiellement pur ou en association avec le Thuya.

Tableau 4. Répartition des forêts denses par commune.

| Commune | Superficies (ha) | % / superficie totale forêt dense | % commune |
|---------------|------------------|-----------------------------------|-----------|
| Ain El-Hadjar | 8074 | 61.74 | 19.86 |
| Saida | 295 | 2.26 | 3.83 |
| Moulay Larbi | 1463 | 11.19 | 3.49 |
| Youb | 1631 | 12.47 | 3.83 |
| Doui Thabet | 956 | 7.31 | 4.59 |
| Sidi Amer | 40 | 0.31 | 0.25 |
| Ouled Brahim | 618 | 4.72 | 2.59 |
| Total wilaya | 1.077 | 100 | 1.96 |

Source : B.N.E.D.E.R (2008)

* **Les forêts claires** : les plus grandes superficies occupées par les forêts claires sont situées dans la commune de Youb, 42% de la superficie totale des forêts claires. La commune d'Ain El hadjar vient en seconde position 14.93 %. Dans les communes de Hassasna et Doui Thabet, les superficies occupées par les forêts claires représentent approximativement la moitié en superficie de celles d'Ain El Hadjar.

Les forêts claires sont localisées dans les monts de Dhaya (Oued Séfioun) à concurrence de 46.64 %. Ces forêts appartiennent essentiellement à 13 communes récapitulées comme suit :

Tableau 5. Répartition des forêts claires par communes.

| Communes | superficie (ha) | %/ superficie totale forêt claire | %/ commune |
|----------------|-----------------|-----------------------------------|------------|
| Ain El hadjar | 4037 | 14.93 | 19.86 |
| Tircine | 37 | 0.14 | 0.08 |
| Saida | 502 | 1.86 | 6.52 |
| Sidi Boubekour | 596 | 2.12 | 3.09 |
| Moulay Larbi | 1825 | 6.69 | 4.38 |
| Ain Soltane | 164 | 0.60 | 0.65 |
| Hassasna | 2137 | 7.90 | 3.92 |
| Youb | 11358 | 42.00 | 26.66 |

| | | | |
|--------------|-------|-------|------|
| Hounet | 812 | 3.00 | 0.5 |
| Doui Thabet | 2080 | 7.69 | 10 |
| Sidi Amar | 1546 | 5.72 | 9.77 |
| Ouled Khaled | 62 | .0.23 | 0.33 |
| Ouled Brahim | 1875 | 6.93 | 7.88 |
| Total wilaya | 27041 | 100 | 4.06 |

Source : B.N.E.D.E.R (2008)

Les matorrals denses : ils présentent un pourcentage en superficie très proche de celui des forêts denses et ne sont donc que faiblement représentés dans cette zone.

Ces formations forestières couvrent une superficie de 14537 ha et représentent 2.18 % de la superficie totale de la wilaya. Ces matorrals denses représentent 8.3 % des superficies forestières.

Tableau 6. Répartition des matorrals denses par communes.

| Communes | Superficie (ha) | %/ superficie totale forêt claire | %/commune |
|---------------|-----------------|-----------------------------------|-----------|
| Ain El hadjar | 457 | 3.14 | 1.12 |
| Tircine | 2914 | 20.04 | 6.51 |
| Sidi | 110 | 0.76 | 0.46 |
| Moulay Larbi | 1227 | 8.44 | 2.93 |
| Ain Soltane | 2352 | 16.18 | 9.26 |
| Hassasna | 3587 | 24.68 | 6.57 |
| Hounet | 162 | 1.11 | 1.05 |
| Doui Thabet | 512 | 3.52 | 2.46 |
| Sidi Amar | 612 | 4.21 | 3.87 |
| ouled Brahim | 312 | 2.15 | 1.31 |
| Total wilaya | 14537 | 100 | 2.18 |

Source : B.N.E.D.E.R (2008) modifiée

C'est dans les communes de Hassasna et Tircine que les matorrals denses occupent les superficies les plus importantes avec respectivement 3587 ha soit (24.68 %) et 2914 ha soit (20.04 %).

A ces superficies s'ajoute les surfaces de matorrals denses des communes de Maamora (15.77 %) qui se rattachent à la zone forestière d'El Hassasna et Tircine qui s'individualise, toujours au nord - est de la wilaya avec 16.68 % des surfaces en maquis denses. A l'est, de la wilaya les matorrals denses se trouvent dans la zone du djebel Youcef et dans la zone des monts

de Saida. Ces matorrals concernent les communes de Hassasna et Maamora. La forêt de Hassasna est constituée de chêne vert et de genévrier. Il s'agit d'une forêt dégradée. Les matorrals sont essentiellement composés de chêne vert, chêne kermès, thuya et oléastre. A l'ouest de la wilaya, les matorrals denses se situent dans la zone des monts de Dhaya. Ces formations forestières concernent particulièrement la commune de Moulay Larbi avec 8.44 % des superficies de matorrals denses.

*** Les matorrals denses :** ils présentent un pourcentage en superficie très proche de celui des forêts denses et ne sont donc que faiblement représentés dans cette zone.

Ces formations forestières couvrent une superficie de 14537 ha et représentent 2.18 % de la superficie totale de la wilaya. Ces matorrals denses représentent 8.3 % des superficies forestières.

Tableau 7. Répartition des matorrals denses par communes.

| Communes | Superficie (ha) | %/ superficie totale forêt claire | %/commune |
|---------------|-----------------|-----------------------------------|-----------|
| Maamora | 2292 | 15.77 | 1.83 |
| Ain El hadjar | 457 | 3.14 | 1.12 |
| Tircine | 2914 | 20.04 | 6.51 |
| Sidi | 110 | 0.76 | 0.46 |
| Moulay Larbi | 1227 | 8.44 | 2.93 |
| Ain Soltane | 2352 | 16.18 | 9.26 |
| Hassasna | 3587 | 24.68 | 6.57 |
| Hounet | 162 | 1.11 | 1.05 |
| Doui Thabet | 512 | 3.52 | 2.46 |
| Sidi Amar | 612 | 4.21 | 3.87 |
| ouled Brahim | 312 | 2.15 | 1.31 |
| Total wilaya | 14537 | 100 | 2.18 |

Source : B.N.E.D.E.R (2008) modifiée

Les matorrals clairs couvrent une superficie importante dans l'est de la wilaya soit 73229 ha soit 65 %, comprenant les communes de Maamora, Hassasna et Tircine. A l'ouest ces formations forestières sont éparpillées dans les communes de Hounet, Sidi Boubkeur, Sidi Amar, Youb et Doui Thabet soit 9.6 %.

La carte d'occupation montre la concentration sur un axe sud -ouest - nord -est, de toute la forêt dégradée de la wilaya représentée en matorrals clairs et composée essentiellement de chêne vert dans un état de dégradation assez avancé.

* **Les reboisements** : ils ne constituent pas un volet significatif dans les formations forestières au regard de la superficie qu'ils occupent, 7033 ha soit 1.06 % de la superficie totale et 4.03 % des superficies forestières. Les efforts tant politiques qu'économiques engendrés dans ce domaine ne semblent pas apporter satisfaction surtout au regard de l'état des ces reboisements, Ces reboisements sont répartis par commune comme suit :

Tableau 8. Répartition des reboisements par communes.

| Communes | superficie (ha) | %/ superficie totale forêt claire | %/ commune |
|---------------|-----------------|-----------------------------------|------------|
| Maamora | 53 | 0.75 | 0.04 |
| Ain El hadjar | 549 | 7.81 | 1.35 |
| Sidi Ahmed | 1546 | 21.98 | 1.23 |
| Saida | 398 | 5.66 | 5.17 |
| Sidi Boubekur | 736 | 10.47 | 3.09 |
| Moulay Larbi | 413 | 5.87 | 0.99 |
| Ain Soltane | 244 | 3.47 | 0.96 |
| Hassasna | 80 | 1.14 | 0.15 |
| Youb | 1677 | 23.84 | 3.94 |
| Hounet | 462 | 6.57 | 3.01 |
| Doui Thabet | 262 | 3.72 | 1.26 |
| Sidi Amar | 196 | 2.79 | 1.24 |
| Ouled Khaled | 399 | 5.67 | 2.13 |
| Ouled Brahim | 18 | 0.26 | 0.08 |
| Total wilaya | 7033 | 100 | 1.06 |

Source : B.N.E.D.E.R (2008)

Il à été constaté que le reboisement a été effectués surtout à base de pin d'Alep. C'est dans les communes de Sidi Ahmed et Youb que les reboisements ont été réalisés sur de plus grandes étendues. Le taux de reboisements est très satisfaisant, à l'exception de ceux de l'extrême Est de Sidi Ahmed, en l'occurrence les bandes boisées implantées le long de la route Sidi Ahmed -Bordj El Ma. A ces reboisements s'ajoutent les travaux de repeuplement qui ont touché environ 2870 ha. Le reboisement tout type confondu ne totalise que 7033 ha sur plus de 45 ans.

1.11 Différents types de formations végétales

Une étude phytoécologique réalisée à permit de donner une composition floristique moyenne assez représentative des différents groupements végétaux de la zone d'étude (Terras 2011a). (Figure 10).

➤ **Groupement à Chêne vert**

C'est le groupement le plus en équilibre et adapté aux conditions du milieu, il se présente le plus souvent sous forme d'un matorral élevé moyen à dense ou d'un taillis de hauteur moyenne de l'ordre de 3 m imposée par une surexploitation et des incendies répétées. Le nombre d'espèces reste très élevé et constitue l'ossature de base de toutes les formations forestières de la région. Benabdeli (1996) note pour les monts de Saïda l'importance des formations ligneuses basses de chêne vert dans la préservation de la couverture forestière.

Le cortège floristique représentatif de ce groupement se compose de : *Phyllirea media*, *Pistacia lentiscus*, *Juniperus oxycedrus*, par contre, les grandes graminées Alfa ou Diss ne jouent qu'un rôle secondaire.

➤ **Groupement à Pin d'Alep et Chêne kermès**

Les espèces les plus présentes et dominantes imposant une physionomie au groupement sont *Quercus coccifera*, *Calycotome spinosa*, *Cistus villosus*, *Pistacia lentiscus*, *Phyllirea media*, et *Ampelodesma mauritanica*. Dans la strate arborescente notant la présence de *Tetraclinis articulata* et *Quercus rotundifolia*.

➤ **Groupement Oleo-lentisque**

Ce groupement appartient à l'alliance de l'oleo-ceratonion et correspond à des peuplements très ouverts et classés parmi les plus dégradés. Le Chêne vert en est absent, par contre le Pin d'Alep y est fréquent au même titre que le lentisque. Le chêne kermès et la filaire sont abondants dans les zones de transition avec les groupements précédents.

➤ **Groupement de *Tetraclinis articulata***

La composition floristique moyenne représentative dans le territoire étudié de la tétraclinaie regroupe les espèces suivantes : *Tetraclinis articulata*, *Arbutus unedo*, *Asparagus albus*, *Astragalus lusitanicus*, *Bupleurum gibraltaricum*, *Calycotome spinosa*, *Carallum europaea*, *Cistus landaniferus*, *Cistus sericeus*, *Coronilla juncea*, *Ebenus pinnata*, *Elichrysum stoechas*, *Genista quadriflora*, *Olea europea.sylvestris* et *Quercus coccifera*.

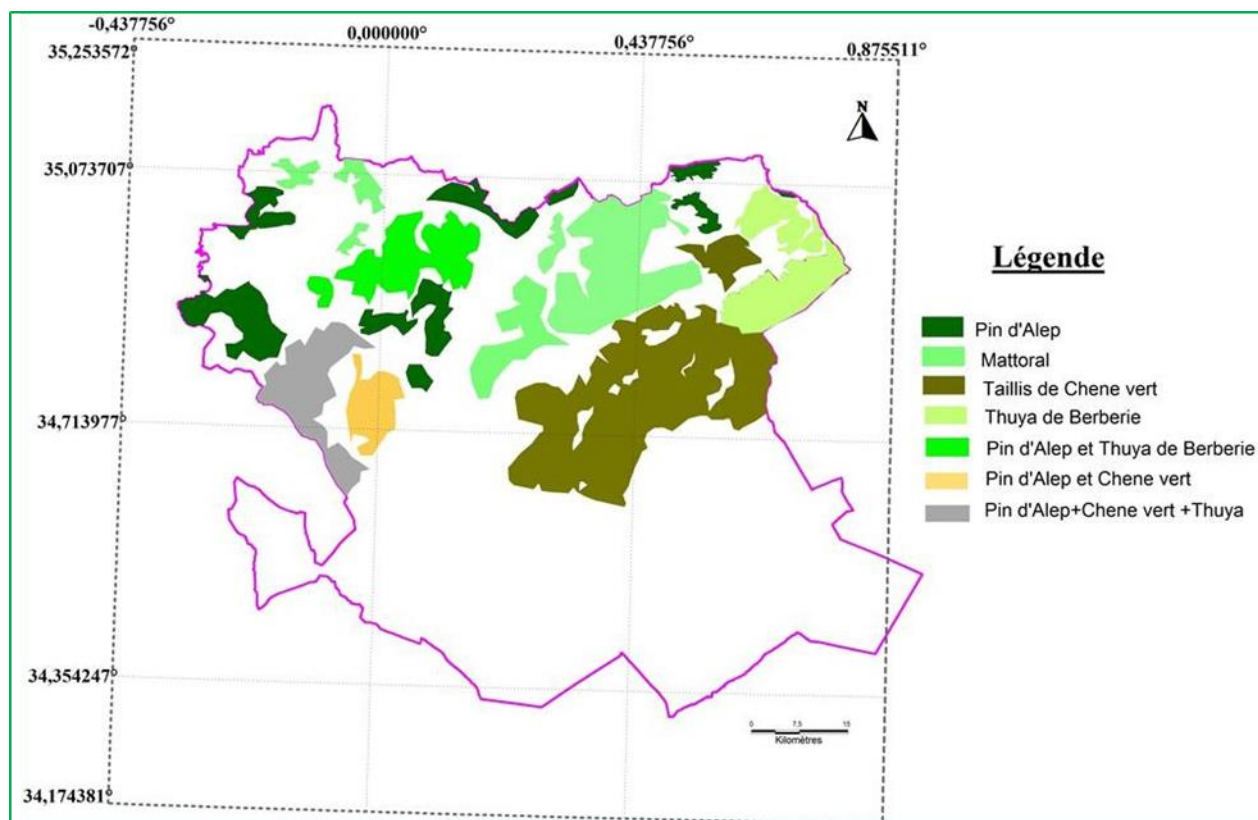


Figure 10. Carte des groupements forestiers de la wilaya de Saida (source : Terras, 2011).

Chapitre II

1.1 Généralités sur le caroubier

Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.), originaire vraisemblablement de l'Est du bassin méditerranéen, est une espèce domestiquée depuis environ 4000 ans avant J.-C. (Ait Chitt et al., 2007). Il s'agit d'un arbre xérophile remarquable par sa longévité, pouvant dépasser les 200 ans (Rejeb et al., 1991).

Espèce à vocation agro-sylvo-pastorale, le caroubier présente un fort intérêt tant sur le plan socio-économique qu'écologique. Grâce à sa capacité à mettre en œuvre diverses stratégies d'adaptation face au stress hydrique, il s'adapte aisément aux conditions difficiles des zones arides et semi-arides (Rejeb, 1995).

Le nom scientifique du caroubier, *Ceratonia siliqua* L., attribué par Linné, trouve son origine dans les mots grecs et latins : « keras » signifiant corne, et « siliqua » désignant une gousse, en référence à la forme rigide et coriace de son fruit. L'appellation *C. siliqua* varie selon les pays et les langues, mais dérive généralement du terme arabe al-kharroub ou kharroub, que l'on retrouve également sous les formes algarrobo ou garrofero en espagnol (Rejeb et al., 1991).

Son nom commun provient quant à lui de l'hébreu kharuv, à l'origine de nombreuses variantes linguistiques : kharrubb en arabe, algarrobo en espagnol, carrubo en italien, caroubier en français, ou encore garroter et garrover en catalan. Dans certains contextes, le caroubier est également désigné sous le nom de « pain de Saint Jean-Baptiste », en référence à une tradition selon laquelle le saint se serait nourri de ses fruits durant son séjour dans le désert (Albanell, 1990).

1.2 Classification

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

- Règne : Plantae
- Embranchement : Tracheobionta
- Sous embranchement : Angiospermes
- Classe : Magnoliosida
- Sous-classe : Rosidae
- Ordre : Fabalae
- Famille : Fabaceae

- Sous-famille : Caesalpinioideae
- Sous-tribu : Ceratoniinae
- Genre : *Ceratonia*
- Espèce : *Ceratonia siliqua*

1.3 Caractéristiques botaniques

Initialement cultivé pour ses fruits, le caroubier est également apprécié comme arbre ornemental (Batlle et Tous, 1997 ; Ait Chitt et al., 2007). Cette espèce xérophile, au caryotype de $2n = 24$, possède une longévité remarquable pouvant atteindre jusqu'à 200 ans (Rejeb et al., 1991).

Le caroubier est majoritairement dioïque, bien que certains individus puissent être hermaphrodites, et plus rarement monoïques (Linskens et Scholten, 1980). Il se distingue par un système racinaire très développé, capable d'atteindre plus de 18 mètres de profondeur. Sa croissance est lente, mais il peut s'élever jusqu'à environ 15 mètres de hauteur (Quézel et Santa, 1963).

Les graines du caroubier, appelées « carats », ont longtemps été utilisées par les joailliers comme unité de mesure du poids pour les pierres précieuses, notamment les diamants, les perles, etc. Un carat équivaut à 205,3 milligrammes (Rejeb, 1995).

1.3.1 Le système racinaire

Le système racinaire du caroubier est très étendu, avec une répartition marquée en surface (Melgarejo et Salazar, 2003). Il se distingue par une croissance lente, mais un développement notable au niveau des extrémités (voir Figure 03). La racine principale se ramifie en de nombreuses racines latérales de grande longueur, dotées d'un grand nombre de poils absorbants, ce qui favorise une meilleure absorption de l'eau et des nutriments (Aafi, 1996 ; Gharnit, 2003).



Figure 11. Les racines du caroubier (Abderrahim et al ;2012) .

1.3.2 Les feuilles

Les feuilles du caroubier se distinguent par un pétiole sillonné sur sa face interne et un rachis portant entre 8 et 15 folioles opposées, mesurant chacune de 3 à 7 cm (Fig. 01). Elles sont persistantes, de 10 à 20 cm de longueur, coriaces, entières, et présentent une forme ovale à elliptique, légèrement échancrée à l'extrémité. Leur face supérieure est d'un vert sombre et brillant, tandis que la face inférieure affiche une teinte vert pâle (Albanell, 1990).

L'arbre suit un cycle foliaire particulier : il perd généralement ses feuilles tous les deux ans, au mois de juillet, pour les renouveler au printemps, durant les mois d'avril et mai de la même année (Ait Chitt et al., 2007).



Figure 12. Les feuilles du caroubier ((Berrabah, 2020)

1.3.3 Les fleurs

Les fleurs du caroubier, de très petite taille (6 à 16 mm), sont regroupées en grappes axillaires cylindriques et apparaissent entre les mois d'août et d'octobre. Elles sont composées d'un calice pourpre, sans corolle, et se répartissent en trois types : mâles, femelles et hermaphrodites, chacun porté par des individus différents.

Les fleurs mâles possèdent cinq étamines libres, opposées aux sépales, étalées et longuement saillantes (Fig. 03) (Aafi, 1996). Les fleurs femelles se caractérisent par un pistil court et recourbé, surmontant un petit ovaire bicarpellaire (5 à 7 mm). Les stigmates, bilobés, sont recouverts de papilles, et la base florale comporte un disque nectarifère entouré de 5 à 6 sépales rudimentaires. La corolle est généralement absente. En comparaison, les inflorescences mâles sont plus courtes, plus compactes et plus nombreuses que celles des femelles (Salazar, 2003).



Figure 13. Les fleurs du caroubier ((Berrabah, 2020) .

1.3.4 Les fruits

Les fruits du caroubier, appelés « caroubes », sont de grandes gousses indéhiscentes de forme allongée, rectilignes ou courbées, mesurant entre 10 et 30 cm de long et 2 à 3,5 cm de large. Elles sont d'abord vertes, puis deviennent brun foncé à maturité (Rejeb, 1996 ; Ait Chitt et al., 2007). Chaque gousse contient 15 à 20 graines brunes très dures, entourées d'une pulpe jaune, farineuse et sucrée (Le Guide marabout de la nature, 2013). Bien que pulpeux, le fruit est considéré comme un fruit sec en raison de sa faible teneur en eau au moment de la récolte (Albanell, 1990).



Figure14. Les fruits du caroubier (Abderrahim et al ;2012) .

1.3.5 La graine

Les graines du caroubier sont ovoïdes, aplaties, rigides et biconvexes. Leur couleur varie en fonction de la variété, pouvant être marron, rougeâtre ou noire. Elles mesurent généralement entre 8 et 10 mm de longueur et 6 à 8 mm de largeur (Fig. 05) (Batlle et Tous, 1997). Leur taille et leur poids étant assez réguliers, elles sont composées de trois parties principales :

L'épisperme ou tégument, constitué de deux enveloppes distinctes : une externe, appelée testa, qui est colorée et dure, et une interne, nommée tegmen, plus blanche et souple. Ce tégument recouvre la graine et est principalement composé de tanin, cellulose et lignine.

L'endosperme ou albumen, situé sous l'épisperme, sert de tissu de réserve pour la germination de l'embryon (Melgarejo et Salazar, 2003).

L'embryon, qui représente environ 23 à 25 % de la graine, est la partie essentielle pour la

reproduction.



Figure 15. Les graines du caroubier (Berrabah, 2020)

1.3.6 Le tronc

Le tronc du caroubier peut atteindre une circonférence de 2 à 3 mètres. Il se développe généralement autour d'un seul tronc, avec un diamètre moyen de 50 centimètres, variable en fonction de l'âge de l'arbre (Albanell, 1990).

Le tronc est épais (Fig. 06), robuste et présente des canaux clairs de circulation de la sève, en particulier autour des racines les plus épaisses, ce qui lui confère un aspect tortueux, particulièrement marqué chez certaines variétés. L'écorce, rugueuse à la base, est de couleur grisâtre à rougeâtre (Melgarejo et Salazar, 2003).



Figure 16. Le tronc du caroubier ((Berrabah, 2020).

1.4 Distribution géographique

Le caroubier est une essence dominante typique des zones inférieures du maquis méditerranéen à feuilles persistantes, poussant principalement entre 0 et 500 mètres d'altitude, et atteignant rarement les 900 mètres (Zohary et Orshan, 1959 ; Folchi Guillén, 1981).

Historiquement, sa diffusion a commencé avec les Grecs, puis s'est poursuivie grâce aux Arabes et aux Berbères d'Afrique du Nord, qui l'ont introduit en Grèce, en Italie, en Espagne et au Portugal (Rejeb, 1996 ; Gharnit, 2003). Par la suite, les Espagnols l'ont implanté en Amérique du Nord et du Sud, ainsi qu'en Australie. Aujourd'hui, on trouve également le caroubier aux Philippines, en Iran, en Afrique du Sud et en Inde.

1.5 Répartition géographique en Algérie

D'après Quezel et Santa (1963) le caroubier est fréquemment cultivé dans l'Atlas Saharien et il est commun dans le tell. On le trouve à l'état naturel en association avec une altitude allant de 100m à 1300m dans les vallons frais qui le protègent de la gelée; avec une pluviométrie de 80mm à 600mm/an une température de 5°C jusqu' à 20°C et (Rebour1968).

La superficie cultivée en caroubier en Algérie a connu une forte régression, passant de 11 000 hectares en 1961 à seulement 1 000 hectares en 2011 (FAOSTAT, 2011). En 2009, cette superficie était estimée à 927 hectares, dont 645 hectares (soit 69,58 % du total) se situaient dans la wilaya de Béjaïa (voir tableau 02).

La production nationale de caroube est estimée à 33 841 quintaux, concentrée majoritairement à Béjaïa avec 18 417 quintaux (54,42 % de la production nationale), suivie de Blida (23,79 %) et de Tipaza (16,55 %). À l'inverse, la région nord-ouest (notamment Tlemcen et Mascara) ne représente que 6 hectares cultivés, soit 0,65 % de la superficie nationale, avec une production très faible, équivalente à seulement 0,39 % du total.

Par ailleurs, la production est passée de 3 952 tonnes en 2000 à 3 136 tonnes en 2012 (voir Fig. 09). Cette baisse est principalement attribuée aux incendies de forêt ainsi qu'à l'abandon progressif de cette culture dans les zones montagneuses.

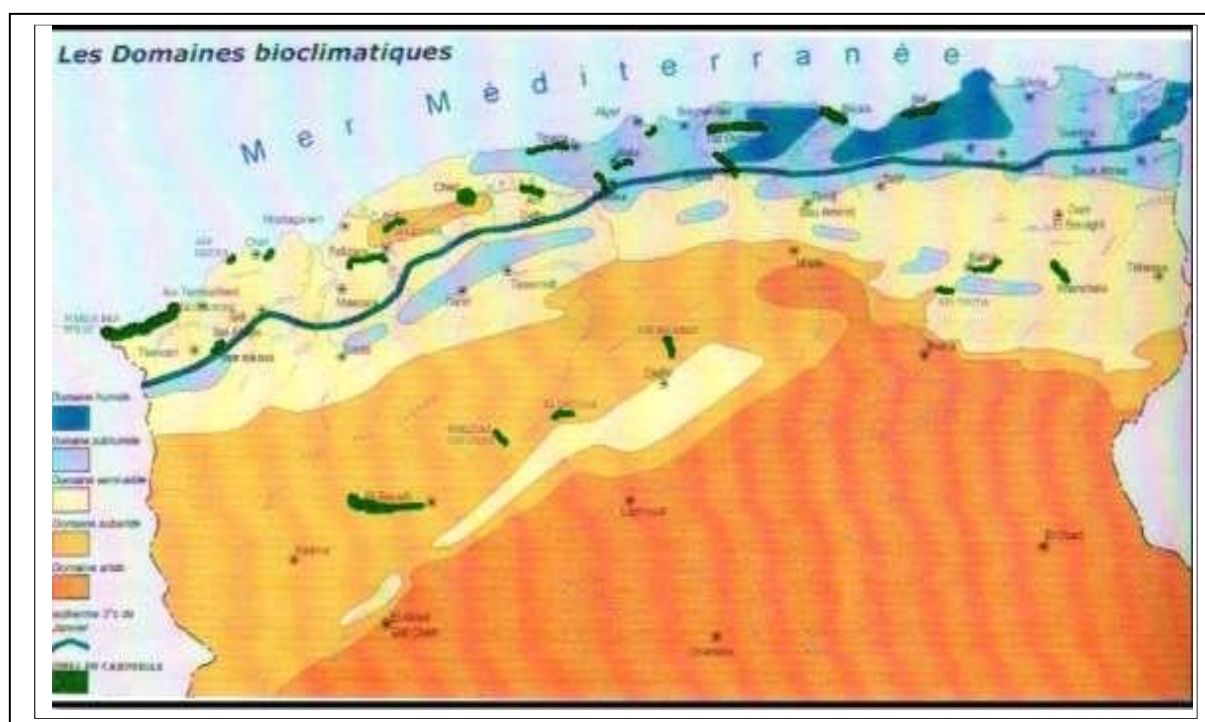


Figure 17. Répartition du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatiques (A.N.R.H, 2004).

1.6 Multiplication du caroubier

1.6.1 Par semis

La germination par semis est aisément réalisable ; cependant, la dureté des téguments des graines impose une scarification préalable afin de favoriser une levée rapide (Konaté, 2001)."

1.6.2 Par culture in vitro

"Cette technique permet d'obtenir une plante identique à celle d'origine, en utilisant des plantules ou des plantes adultes comme matériel de départ (Saidi et al., 2007)."

La production nationale de caroube est estimée à 33 841 quintaux, concentrée majoritairement à Béjaïa avec 18 417 quintaux (54,42 % de la production nationale), suivie de Blida (23,79 %) et de Tipaza (16,55 %). À l'inverse, la région nord-ouest (notamment Tlemcen et Mascara) ne représente que 6 hectares cultivés, soit 0,65 % de la superficie nationale, avec une production très faible, équivalente à seulement 0,39 % du total.

Par ailleurs, la production est passée de 3 952 tonnes en 2000 à 3 136 tonnes en 2012 (voir Fig. 09). Cette baisse est principalement attribuée aux incendies de forêt ainsi qu'à l'abandon progressif de cette culture dans les zones montagneuses.

1.6.3 Par greffage

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

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

1.7 Importance écologique :

1.7.1 Intérêt du caroubier :

"La sécheresse cyclique a démontré que le caroubier présente une meilleure tolérance au déficit hydrique comparé à d'autres espèces qui lui sont souvent associées, telles que le chêne vert, le thuya ou l'oléastre. Il s'agit d'une essence particulièrement plastique, héliophile et thermophile, capable de résister à des conditions arides extrêmes (jusqu'à 200 mm de précipitations annuelles). Le caroubier joue un rôle crucial dans la lutte contre la désertification, ainsi que dans la protection des sols contre la dégradation et l'érosion (Zouhair, 1996). Les travaux de Rejeb (1996) confirment cette résilience,

soulignant sa capacité d'adaptation morphologique et physiologique en réponse au stress hydrique. Grâce à sa résistance aux contraintes édaphiques et climatiques, le caroubier représente une espèce prometteuse pour le développement durable des zones défavorisées (Garnit et al., 2006).

1.7.2 L'industrie

la farine de caroube est utilisée dans l'industrie agro-alimentaire connu sous le code normalisé E 410. Extrêmement employée comme additif pour les glaces, les pâtisseries, les aliments diététiques. Elle est également utilisée dans le lait en poudre pour bébé comme épaississant en remplacement de la traditionnelle farine de blé. (Rejeb et al., 1991; ; Dakia et al., 2007).

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

1.7.3 Médecine

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

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

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

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

Chapitre III

1.8 Définition

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

1.9 Types de germination

Selon Ammar (2011), on distingue deux types de germination :

- La germination épigée, au cours de laquelle les cotylédons émergent du sol grâce à une croissance rapide de la tigelle.
- La germination hypogée, où la tigelle reste peu développée et les cotylédons demeurent enfouis dans le sol

1.10 Phases de la germination:

La germination se divise en trois phases successives :

- Phase d'imbibition : Il s'agit d'un phénomène d'absorption rapide et passive d'eau, entraînant une forte hydratation des tissus et une augmentation de l'intensité respiratoire (Raven et al., 2003). L'eau pénètre dans les enveloppes par capillarité (Chaussant et Deunff, 1975).
- Phase de germination (stricto sensu) : Cette phase, essentielle pour la croissance future de la plante (Côme, 1982), se caractérise par une stabilisation de l'hydratation et de la respiration. Elle se termine par l'émergence de la radicule hors des enveloppes séminales.
- Phase de croissance : Cette phase correspond à l'extension de la radicule puis de la tigelle. Elle se distingue par une intensification de la respiration et une nouvelle absorption d'eau (Heller et al., 2000).

1.11 Conditions de la germination

1.11.1 Les facteurs externes

La germination nécessite l'existence de conditions extérieures adéquates, à savoir l'eau, l'oxygène, la température et la lumière (Soltner, 2007).

➤ **L'eau**

Selon Chaussat et Ledeunff (1975), l'eau est indispensable à la germination et doit être présente sous forme liquide. Elle pénètre par capillarité dans les enveloppes et se dissout dans les réserves de la graine. Cette eau est ensuite utilisée par l'embryon, provoquant le gonflement des cellules et initiant leur division.

➤ **L'oxygène**

Bien qu'une faible quantité d'oxygène soit suffisante pour amorcer la germination, ce gaz est régulé par les enveloppes qui agissent à la fois comme une barrière et comme une réserve (Meyer et al., 2004).

➤ **La température**

- La température optimale pour la germination varie en fonction des besoins spécifiques de chaque espèce. Son rôle est si crucial que, pour certaines espèces, une variation de seulement 1°C peut compromettre la germination. Elle exerce une action directe en accélérant les réactions biochimiques et une action indirecte en influençant la solubilité de l'oxygène dans l'embryon (Panetta, 1979).

➤ **La lumière**

- L'impact de la lumière sur la germination varie selon les espèces. Elle inhibe la germination des graines à photosensibilité négative et stimule celle des graines à photosensibilité positive (Anzala, 2006). Les espèces qui ne réagissent pas à la lumière sont relativement rares (Heller et al., 1990)

1.11.2 Les facteurs internes

- **La maturité** : une graine est considérée comme mature lorsque toutes ses structures sont pleinement différenciées, tant sur le plan morphologique que physiologique (Chaussat et Ledeunff, 1975 ; Heller et al., 2004).

- **La longévité :** La longévité désigne la période pendant laquelle les semences restent viables et capables de conserver leur pouvoir germinatif pour produire des plantules viables (Vallad, 2002). Elle varie en fonction de l'espèce et de la variété (Heller, 1990).

1.12 Dormance des graines

La dormance est un état temporaire dans lequel des graines viables ne peuvent pas germer, même si les conditions environnementales sont favorables (Hilhorst et Koornneef, 2007). Cette dormance peut être causée par la présence d'inhibiteurs dans l'embryon ou dans les téguments, tels que la résistance mécanique des enveloppes ou leur imperméabilité à l'eau ou à l'oxygène

1.13 Levée de dormance

1.13.1 Naturellement

Selon Geneve (2003), la levée de la dormance tégumentaire se produit par l'altération des enveloppes sous l'effet de variations de température (gel et réchauffement), qui provoquent le craquèlement des téguments, ou par des alternances de sécheresse et d'humidité. Les inhibiteurs volatils s'évaporent avec le temps, tandis que les autres inhibiteurs sont progressivement lessivés par les pluies (Heller et al., 2000).

Prétraitements

La scarification est une méthode utilisée pour lever la dormance. Elle désigne tout traitement (mécanique ou autre) visant à briser ou affaiblir les téguments. Trois types de traitements sont couramment utilisés pour scarifier les graines :

a) Scarification mécanique

Cela inclut souvent des incisions manuelles, de l'agitation ou du frottement des semences contre des surfaces rugueuses, en prenant soin de ne pas endommager l'embryon (Côme, 1970 ; Heller et al., 2000).

b) Scarification thermique :

Cette méthode consiste à tremper les graines dans de l'eau bouillante ou à les exposer à des températures comprises entre 100°C et 150°C (Hartmann et al., 1997).

c) Scarification chimique

Selon Soumahoro et al. (2014), le trempage des semences dans de l'eau oxygénée ou de l'acide sulfurique permet de dissocier les enveloppes sans nuire à l'embryon, et peut donner de bons résultats pour certaines graines (Côte, 1970).

Chapitre IV

Origine des graines

Les graines sont récoltées au niveau de la région de Saïda (vieux de Saïda).

1- Le matériel utilisé

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est constitué de graines de caroubier (*Ceratonia siliqua*).



Figure.18 : les grains du caroubier.

a- Matériel de laboratoire :

1. pissette.
2. Agitateurs avec barre magnétique.
3. Spatule.
4. Coton.
5. Boîtes de pétri.
6. Étuve obscure à (50°).
7. Verres à montre.
8. Becher .
9. Passoire.
10. Eprouvette graduée.

- 11.Spatule.
- 12.Mortier et pilon.
- 13.Balance.
- 14.Tablier.
- 15.Chronomètre.
- 16.Gants de protection.
- 17.Seringue.
- 18.grains de Caroubier.
19. sel
20. PEG 6000

Objectif :

Le but principal de cette étude est l'étude de l'effet des prétraitements ainsi que l'effet du stress hydrique et salin sur la germination des graines de caroubier (*Ceratonia siliqua*). La durée de ce processus peut varier, allant de quelques semaines à . L'application de ces types stress a été faite sous une température de ($T = 20^{\circ}\text{C}$).

1-Préparation des solutions de PEG et Na Cl :

Nous avons préparé un ensemble de solutions. Dans chaque solution, nous mettons une quantité de Na Cl et de PEG.

Chaque quantité est pesée à l'aide d'une balance électronique et placée dans un litre d'eau.

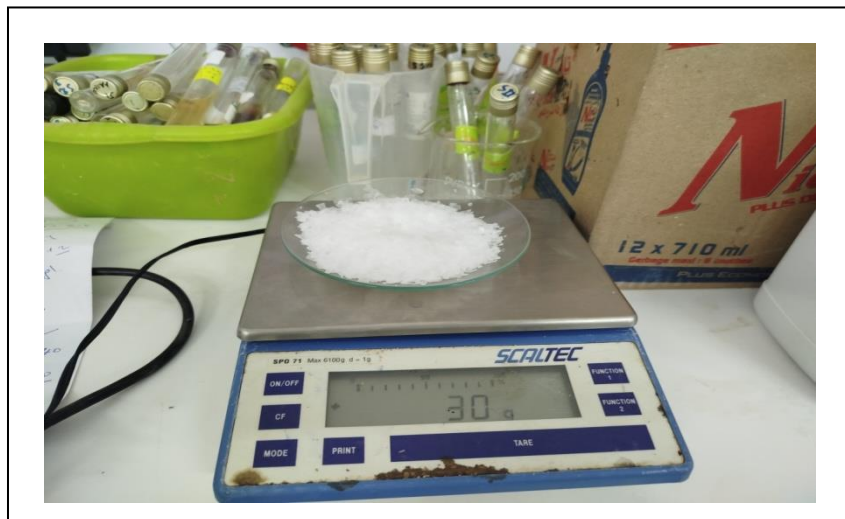
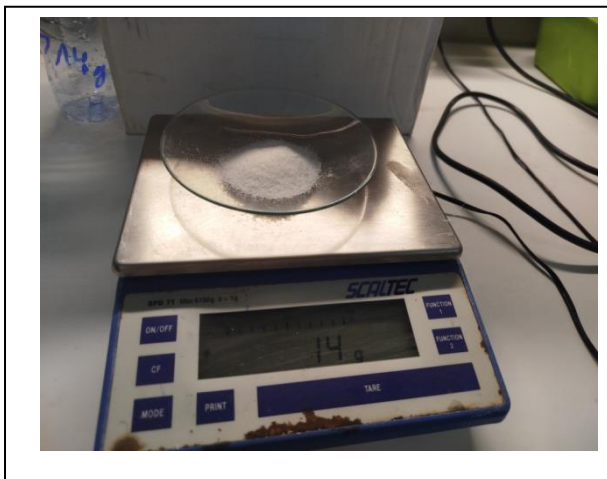


Figure.19 :préparation de PEG(peser avec balance électronique).

**Figure 3 :** préparation de Na Cl.**Figure 4 :** préparation des solutions.**Figure 5 :**préparation des solutions.

| | | | | | | | |
|------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Quantité de NaCl | 2g/l | 4g/l | 6g/l | 8g/l | 10g/l | 12g/l | 14g/l |
| Quantité de PEG | 6g/l | 12g/l | 24g/l | 30g/l | 40g/l | 50g/l | |

2 -Préparation des graines pour les tests de germination :

Les graines sont placées dans des boîtes de Pétri stérilisées. Les tests de germination ont commencé le 02 février 2025, début de l'expérimentation.



Figure.19 : les grains en boîtes de Pétri (02/02/2025).



Figure.20 : incubation des boîtes dans l'étuve.

2.1- Prétraitement :

Les graines de caroubier peuvent avoir une dormance naturelle due à leur structure externe dure. Le prétraitement est donc essentiel pour favoriser la germination. Voici quelques techniques de prétraitement fréquemment utilisées pour les graines de caroubier (*Ceratonia siliqua*) :

2.1.1- Trempage dans l'eau du robinet :

- ✓ Tremper les graines dans l'eau du robinet pendant 24 heures.
- ✓ Tremper les graines dans l'eau du robinet pendant 48 heures.
- ✓ Tremper les graines dans l'eau du robinet pendant 72 heures.

2.1.2- Trempage dans l'eau chaude :

- ✓ Tremper les graines dans l'eau chaude et attendre que l'eau se refroidisse (la durée est : 1 heure et 47 min).

2.2_ Etude du stress hydrique

- Arrosage avec des préparations de PEG 6000 dissoutes dans l'eau avec différentes concentrations :

- ✓ PEG 6000 : 6/ 12/24/30/40/50 g/l.

2.3- Etude du stress salin

- Arrosage avec préparation du NaCl dissout dans l'eau avec différentes concentrations :

- ✓ 2/4/6/8/10/12/14 g/l.

3- L'expérimentation :**Installation de l'essai :****a- Préparation des semences:**

La méthode décrite dans cette section de l'étude vise à créer un environnement propice à la germination des graines. Les graines sont placées sur une couche de coton souple dans des boîtes de Pétri, qui servent de substrat imbibé d'eau pour la germination. Cette approche a pour but de minimiser les risques de dormance en assurant un contact optimal entre les graines et le substrat imbibé d'eau, ce qui favorise le processus de germination.

Pour maintenir des conditions idéales, le substrat est régulièrement humidifié à l'aide d'eau filtrée ou distillée, ce qui garantit un niveau d'humidité constant, crucial pour lancer le processus de germination. Les boîtes de Pétri avec les graines sont ensuite conservées dans un environnement

contrôlé, généralement à température constante avec un éclairage adapté, pour imiter des conditions naturelles de croissance.

Les graines sont examinées chaque jour pour détecter les signes de germination, comme le développement des premières racicules ou d'autres structures embryonnaires. En général, une graine est considérée comme ayant germé lorsque son radicule atteint au moins 2 mm de longueur. Cette surveillance quotidienne permet aux chercheurs de repérer rapidement les graines qui commencent à germer et de collecter des données précises sur les taux de germination et le temps nécessaire pour que les graines commencent à germer.

Cette approche précise et rigoureuse donne un aperçu plus complet des facteurs qui influencent la germination des graines, aidant les chercheurs à évaluer l'efficacité des traitements de pré-germination et à comprendre le comportement des graines dans des conditions de laboratoire contrôlées.

b- Préparation des semis

Préparation des boîtes de pétri :

Les graines sont disposées dans des boîtes de Pétri, 5 graines par boîte. Chaque série d'expériences comporte 15 graines, réparties sur plusieurs boîtes.

La première étape de l'expérimentation, mettre les boîtes de pétrie dans l'étuve réglée à 20 °C.

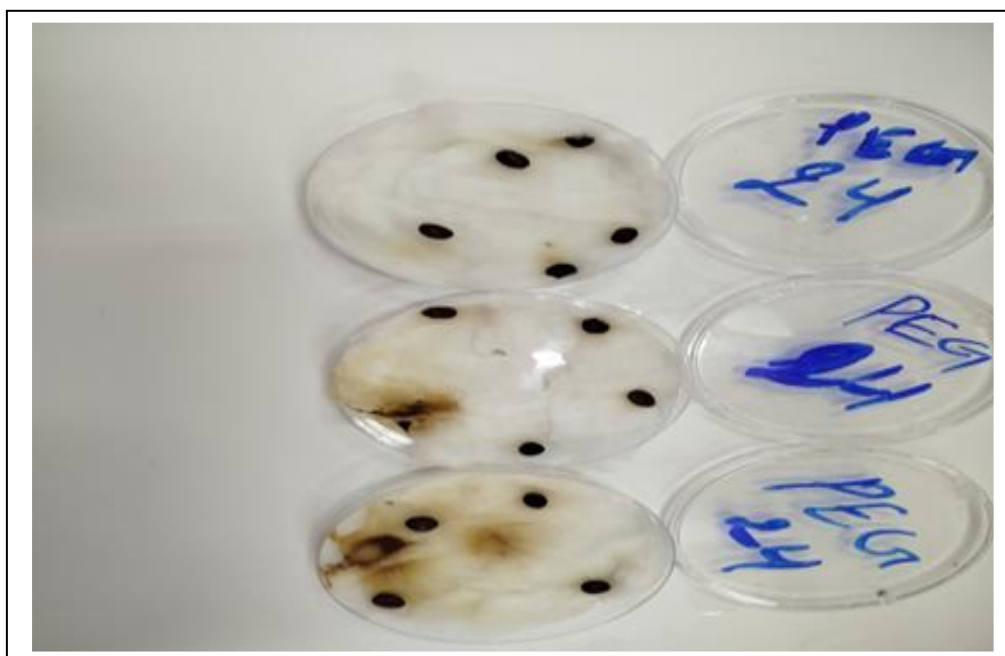


Figure.21 : les grains dans les boîtes de Pétri.

Conduite de l'essai :

- Arrosage :

Nous avons effectué des arrosages quotidiens pour chaque expérimentation, assurant ainsi le maintien de l'humidité du milieu.

- Comptage : Le comptage des graines germées a été fait quotidiennement. Une graine est considérée comme germée lorsque la radicule perce l'enveloppe séminale (selon Come 1970).

L'objectif est de déterminer :

- Taux de germination : Selon BLUMENTHAL M. (2000), une graine est considérée comme germée dès que la radicule perce l'enveloppe séminale. Le taux de germination (TG) est calculé comme suit : $TG = (\text{Nombre de graines germées} / \text{Nombre total de graines}) * 100$
- Délai de germination : La période de test est de 25 jours. Le comptage des graines germées, dont la radicule a percé les téguments, a été effectué chaque jour.

Chapitre V

1- Les résultats des prétraitements à 20c° :

Tableau 9 : Résultats de la germination à 20c° (prétraitements).

| Prétraitement | Germination (%) TG | Temps total (jours) | Le premier jour de germination (jours) | Dernier jour de la germination |
|--------------------------------------|--------------------|---------------------|--|--------------------------------|
| Trempage dans l'eau de robinet (24h) | 46% | 20 | 5 | 23 |
| Trempage dans l'eau de robinet (48h) | 54% | 20 | 3 | 23 |
| Trempage dans l'eau de robinet (72h) | 74% | 20 | 3 | 23 |
| Trempage dans l'eau chaude | 74% | 20 | 5 | 23 |

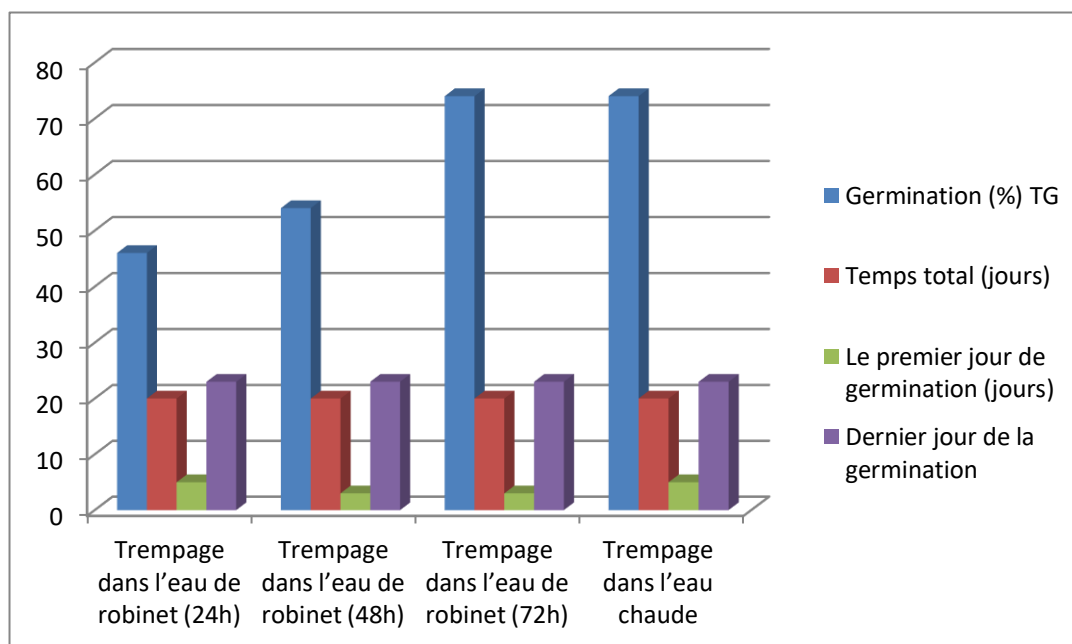


Figure.22 : Relation entre les prétraitements et la cinétique de la germination

Le taux de germination le plus élevé durant cette expérimentation sous une température égale à 20 °C, est celui de la durée de trempage de 72 heures et le trempage dans l'eau chaude, avec 74% représenté par 11 sur un total de 15 graines.

Les valeurs moyennes du taux de germination sont celles le prétraitement de 48 heures (eau du robinet), 54% représenté par 7 graines sur 15.

Le plus faible nombre de graines qui ont réussi à germer est 6 graine sur un total de 15 a marqué le prétraitement de 24 h avec 46%.

Selon ces résultats l'optimale de la germination du caroubier est la valeur de 20 °C après une période d'inhibitions égale à 72h, et le trempage dans l'eau chaude et attendons que l'eau refroidisse.

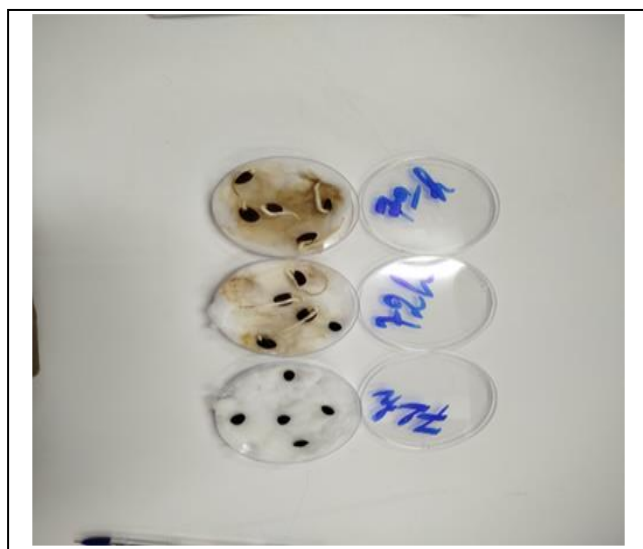


Figure.23 : début de germination (trempage dans l'eau :72h).

2- Résultats de germination de stress hydrique et salin :

Tableau 10 : Résultats de la germination sous stress hydrique (à 20 °C).

| Concentration de PEG (g/l) | Germination (%) TG | Temps total (jours) | Le premier jour de germination (jours) | Dernier jour de la germination |
|----------------------------|--------------------|---------------------|--|--------------------------------|
| PEG 6 g/l | 13% | 23 | 16 | 21 |
| PEG 12g/l | 26% | 23 | 23 | 23 |
| PEG 24g/l | 20% | 23 | 8 | 21 |
| PEG 30g/l | 13% | 23 | 19 | 21 |
| PEG 40g/l | 0% | 23 | 0 | 0 |
| PEG 50g/l | 0% | 23 | 0 | 0 |

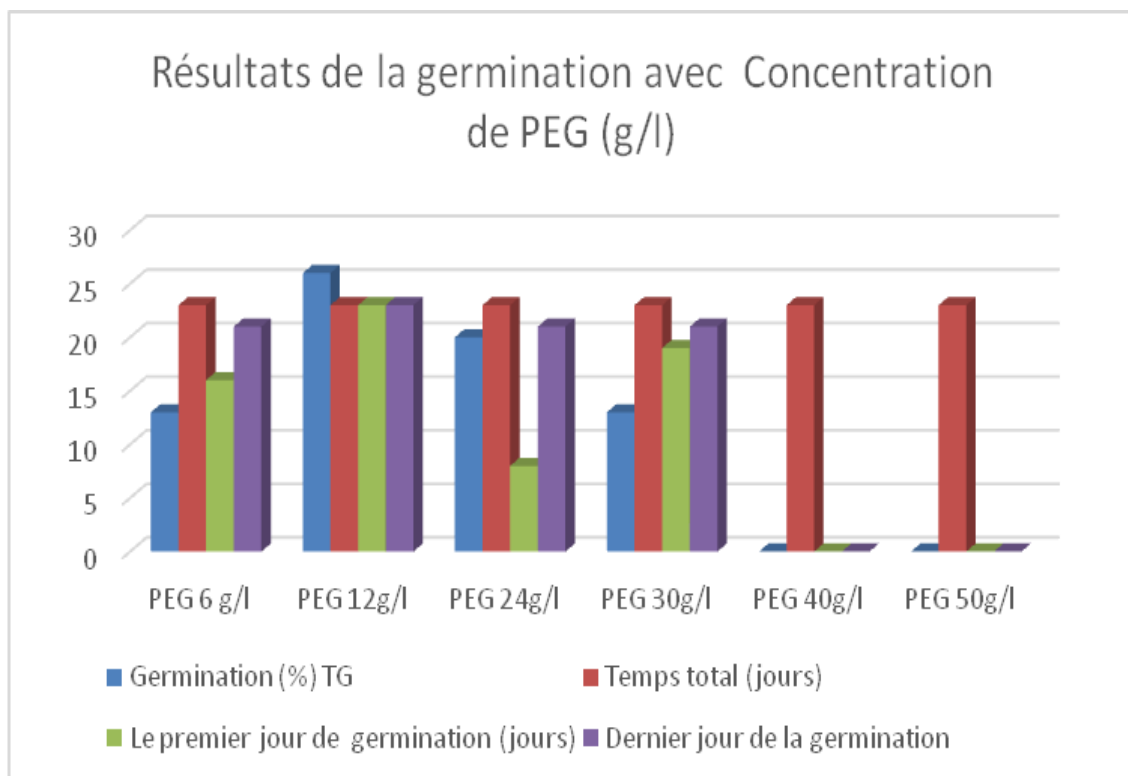


Figure.24 : relation entre la concentration du PEG et la cinétique de germination

Le taux le plus élevé de germination des grains du caroubier dans la température de 20°C avec une concentration de PEG=12 g/l avec de 26% de germination représenté par 4 grains sur total de 15.

Le taux le plus faible de germination dans cette expérimentation c'est à concentration de PEG=40 g/l et PEG=50g/l avec un résultat de 0% de graines germinées dans la durée de 25 jours de cette expérimentation.

Les résultats optimaux de germination des graines de caroubier sous un stress hydrique (concentration de PEG (g/l)) avec un :PEG= 12g/l.

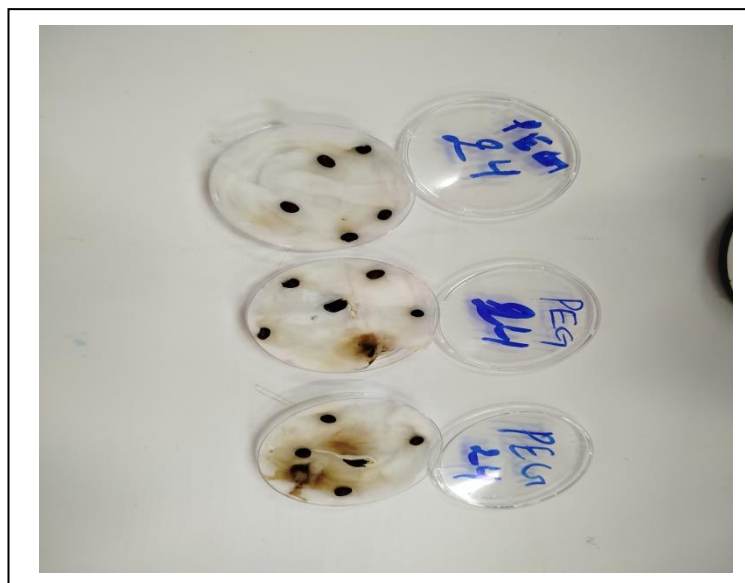


Figure.25 : germination des grains dans le stress hydrique (PEG =24g/l)

Tableau 11 : Résultats de la germination sous le stress salin à 20 c°

| Concentration de Na Cl (g/l) | Germination (%) TG | Temps total (jours) | Le premier jour de germination (jours) | Dernier jour de la germination |
|------------------------------|--------------------|---------------------|--|--------------------------------|
| S.S 2g/l | 20% | 23 | 8 | 21 |
| S.S 4g/l | 26% | 23 | 9 | 21 |
| S.S 6g/l | 14% | 23 | 20 | 21 |
| S.S 8g/l | 7% | 23 | 19 | 21 |
| S.S 10g/l | 0% | 23 | 0 | 0 |
| S.S 12g/l | 0% | 23 | 0 | 0 |
| S.S 14 g/l | 0% | 23 | 0 | 0 |

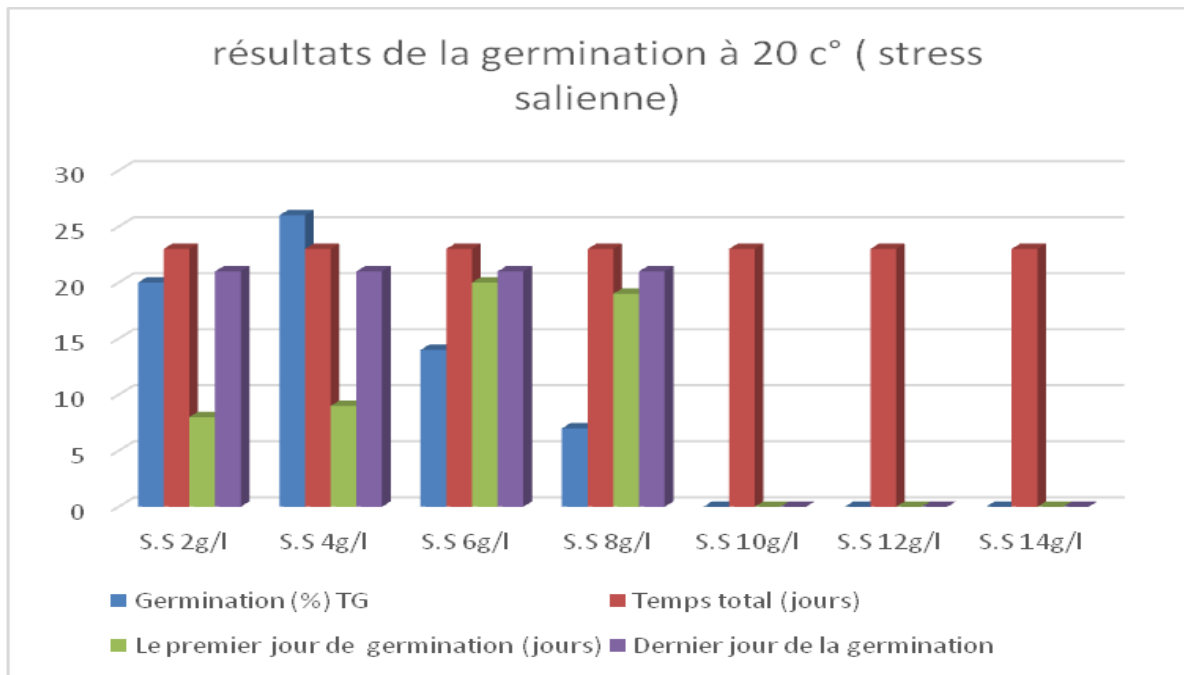


Figure.26 : Relation entre la concentration du Na cl (g/l) et la cinétique de germination

Dans cette expérimentation on remarque que le meilleur taux de germination des graines de caroubier c'est avec une concentration de Na Cl=4g/l avec un taux de germination de 26% représentant par 4 grains sur 15 graines.

Dans les concentrations de 10g/l et 12g/l et 14 g/l on observe que il y a 0% de germination dans toute la durée de l'expérimentation.

Le taux faible de germination c'est dans la concentration de 8g/l avec seule graine sur un total de 15 graines.

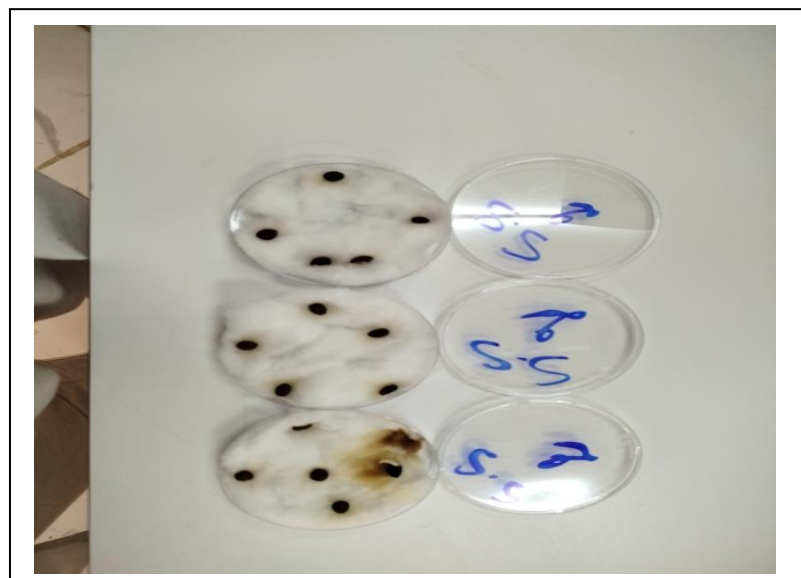


Figure. 27 : germination des grains dans le stress salin (S.S =2g/l)

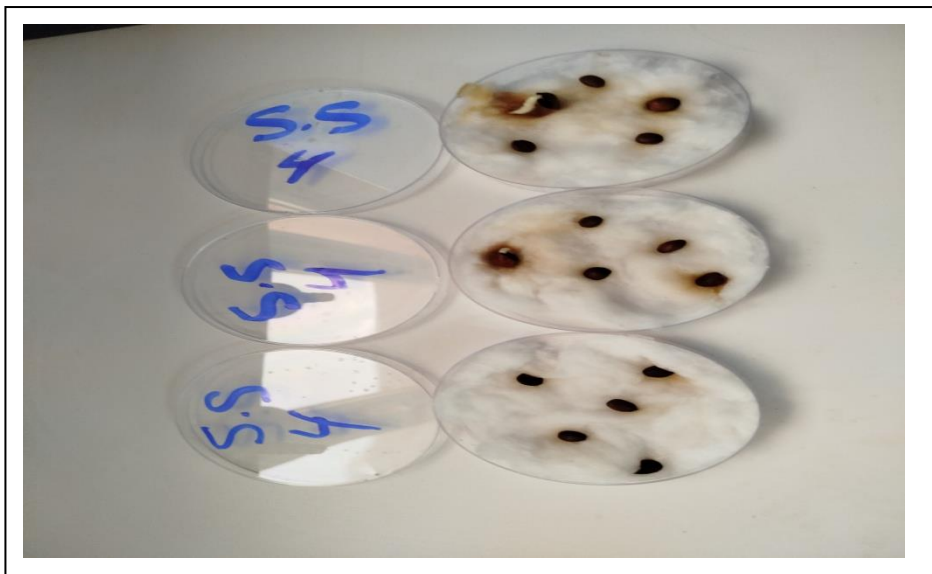


Figure.28 : germination des grains dans le stress salin (S.S =4g/l)



Figure.29 : germination et croissance des graines du caroubier dans le sol.

Conclusion:

L'étude sur les prétraitement et l'étude du stress hydrique et salin révèle que les graines de caroubier sont sensibles au stress salin et hydrique, avec une diminution significative voire une inhibition totale de la germination à des concentrations élevées de NaCl et de PEG6000. Le prétraitement par trempage dans l'eau de robinet et dans l'eau chaude s'avère très efficace pour améliorer le taux de germination, soulignant l'importance de l'hydratation initiale pour cette espèce. En comparant les conditions de stress, il apparaît que le caroubier présente une tolérance limitée tant au stress salin qu'au stress hydrique, avec des taux de germination optimaux sous stress (26% pour NaCl 4g/l et PEG 12g/l) bien inférieurs à ceux obtenus avec un prétraitement adéquat (74% pour 72h de trempage et trempage dans l'eau chaude). Ces résultats suggèrent que pour une germination optimale des graines de caroubier, il est essentiel de fournir des conditions non stressantes, notamment une bonne hydratation initiale, et d'éviter des niveaux élevés de salinité ou de stress hydrique dans l'environnement de germination. Cela est particulièrement pertinent pour les efforts de reboisement et de conservation du caroubier dans des régions sujettes à la sécheresse ou à la salinisation des sols.

Conclusion général

Conclusion général:

À la fin de ce travail, nous avons pu évaluer l'effet de certains traitements préliminaires ainsi que du stress thermique sur la germination des graines de caroubier (*Ceratonia siliqua*). Les résultats ont montré que le trempage des graines dans l'eau pendant 72 heures, avec une température de 20°C, constitue l'une des méthodes les plus efficaces pour obtenir un taux de germination élevé par rapport aux autres traitements testés. Il est noter que le trempage dans l'eau chaude a donnée des résultats équivalents à ceux obtenus par le trempage dans l'eau pendant 72 heures Ces résultats confirment l'efficacité de certains traitements dans la levée de dormance et la réduction des obstacles physiologiques associés à la germination du caroubier, contribuant ainsi à l'amélioration des programmes de multiplication, qu'ils soient naturels ou dirigés. Malgré ces résultats encourageants, l'étude présente certaines limites, notamment en ce qui concerne la durée des essais et l'éventail restreint des facteurs analysés, ce qui nécessite des recherches complémentaires intégrant des variables génétiques et climatiques plus précises. En conséquence, nous recommandons l'adoption des traitements les plus efficaces identifiés dans cette étude dans le cadre des programmes de reboisement (en évitent des conditions extrêmes de stress hydrique et salin), tout en encourageant la poursuite de recherches futures visant à améliorer la germination du caroubier dans divers contextes environnementaux, en appui aux efforts de développement durable et de lutte contre la désertification.

Listes des références bibliographiques

- Ait Chitt M. ; Belmir H. et Lazrak A.(2007).** Production de plants sélectionnés et greffés de caroubier. Transfert de technologie en agriculture. Maroc. N° 153:1-4.
- _ **Aafi A .(1996).** Le caroubier: Caractères botaniques et écologiques, groupements végétaux, techniques d'élevage en pépinière, traitement et soins culturels, utilisation et production. Centre national de la recherche forestière. Maroc, pp 1-7.
- 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.
- Ammar, B. (2011).** Biologie végétale : La cellule, la plante, l'environnement (2e éd.). Office des Publications Universitaire
- Anzala, F. (2006).** Physiologie de la germination des graines et rôle de la lumière. Université de Ouagadougou
- Batlle, I. et Tous J.(1997).** Carob tree. *Ceratonía siliqua*, 92p.
- Biner B., Gubbuk H., Karhan M., Aksu M. et Pekmezci M. (2007).** Profils des sucres des gousses de types cultivés et sauvages de caroubier (*Ceratonía siliqua* L.) , n°100, pp. 1453-1455.
- Barracosa, P., Oliveira, J., & Barros, M. (2007).** Évaluation de la diversité génétique du caroubier méditerranéen (*Ceratonía siliqua* L.) à l'aide de marqueurs RAPD. Genetic Resources and Crop Evolution, 54, 1053–1060.
- Caja G.(1985).** La Garrofa: Composición, procesado y usos agroindustriales. Jornadas de la Garrofa. LLiria, Valencia - España.
- Crosi L.; Avallone R.; Cosenza F.; Farina F.; Baraldi C.R et Baraldi M.(2002).** Antiproliferative effects of *Ceratonía siliqua* L. on mouse hepatocellular carcinoma cell line. Fitoterapia 73, p.674-684.
- _ **Come D.(1982)** - Les obstacles à la germination des graines. Ed. Masson et Cie., Paris : 162
- Chaussant, M., & Deunff, Y. (1975).** La germination des semences. Gauthier-Villars.
- D.P.A.T (2010)** Monographie de la wilaya de Saida Rapport ministère.
- Dakia P.A. ; Wathelet B. et Paquot M. (2007).** «Isolation and chemical evaluation of carob (*Ceratonía siliqua* L.) seed germ food Chemistry Vol. 102, N°4, pp. 1368-1374.
- Doha Mohamed A. ; Hamed Ibrahim M. et Al-Okbi Sahar Y.(2008).** *Ceratonía siliqua* Pods as a Cheap Source of Functional Food Components. Deutsche Lebensmittel-Rundschau, Vol. 104, N ° 1, pp. 25-29.
- Folch i Guillen R.(1981).** La vegetació dels Països Catalans. Ed. Ketres, Barcelona.
- FAO STAT. (2011).** Food and Agriculture Organization of the United Nations.
<http://www.fao.org/faostat>
- Fahrig, L. (2003).** Effets de la fragmentation de l'habitat sur la biodiversité. Revue annuelle d'écologie, d'évolution et de systématique, 34, 487-515.
- Gharnit N.(2003).** « Caractérisation et essai de régénération in vivo du caroubier (*Ceratonía siliqua* L.) originaire de la province de Chefchaouen (Nord-Ouest du Maroc) ». Th. Doc en science. Université Abdelmalek Essaadi. Tanger.

Gharnit, N., N. El Mtili, A. Ennabili, F. Sayah (2006). Importance socio-économique du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) dans la Province de Chefchaouen (nord-ouest du Maroc). J. Bot. Soc. Bot. France 33, pp : 43-48.

Geneve, R. L. (2003). Dormance des graines et germination. Département d'horticulture, Université du Kentucky.

H.P.O SRAT (2008) Schéma régional d'aménagement du territoire de la région Hauts Plateaux Ouest à l'horizon 2025.

Halitim A (1988) Sols des régions arides d'Algérie. O.P.U, Alger.

Haddarah A.(2013). L'influence des cultivars sur les propriétés fonctionnelles de la caroube Libanaise. Thèse de doctorat : L'Université Libanaise (Ecole Doctorale des Sciences et Technologie) Et l'Université de Lorraine (France). 132 p.

Hopkins, W. G. (2003). Physiologie végétale (4e éd.). De Boeck.

Heller, R., Esnault, R., & Lance, C. (2000). Physiologie végétale (2e éd.). Dunod.

Hilhorst, H. W. M., & Koornneef, M. (2007). Dormancy and germination. In B. B. Larkins & I. K. Vasil (Eds.), Recent advances in plant biotechnology (pp. 525–550). Springer

Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies, F. T., & Geneve, R. L. (1997). Principes et pratiques de la multiplication des plantes

Konaté, M. (2001). Étude de la germination de quelques espèces forestières soudano-sahéliennes : influence des traitements prégerminatifs. *Mémoire de fin d'études, Institut Supérieur de Formation et de Recherche Appliquée (ISFRA), Bamako, Mali.*

Kaderi M.; Ben Hamouda G.; Zaeir H., Hanana M. et Hamrouni L.(2014). Notes ethnobotanique et phytopharmacologique sur(*Ceratonia siliqua* L.).Phytothérapie, p5.

Khokhi, M., & Bouderbala, M. (2016). Contribution à l'étude de la dormance des graines de caroubier (*Ceratonia siliqua* L.). Revue Agriculture, 12(1), 45–52.

Linskens H. et Scholten W.(1980). « The flower of carob ». Pptug. Acta. Bilo. (A) XVI (1-4): pp. 95-102.

Mekahli L (1988) Le Jurassique inférieur et moyen de la partie occidentale du Horst de Rhar- Roubane (Tlemcen, Algérie occidentale): Stratigraphie, sédimentologie et cadre dynamique Magister

Melgarejo P. et Salazar D.M.(2003). Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas.

Meyer, C., Semal, J., & Chèvre, A.-M. (2004). Biologie végétale : Physiologie, génétique, biotechnologies. De Boeck Supérieur.

Panetta, F. D. (1979). Seed germination ecology of weedy species (Note : ce titre est approximatif, car Panetta est principalement cité dans des articles ou chapitres sur l'écologie des semences.

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

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

• **Rebour, P. (1968).** Arboriculture fruitière en Algérie. Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Alger.

Ronger Prat, R. (2007). Biologie végétale : Organisation et fonctionnement de la plante. Dunod.

- Raven, P. H., Evert, R. F., & Eichhorn, S. E. (2003).** Biologie végétale (6e éd.). De Boeck Université.
- SATEC (1976)** Etude développement intégré de la daïra de Saida.
- **Saidi R.; Lamarti A. et Badoc A.(2007).** Micro propagation du caroubier (*Ceratonia siliqua* L .) par culture de bourgeons axillaires issus de jeunes plantules. Bull. Soc. Pharm. Bordeaux. 146: 113-129. Baum N., 1989, Arbres et arbustes de l’Egypte ancienne, pp. 354.
- Serairi-Beji R.; Mekki-Zouiten L. et Tekaya-Manoubi L.(2000).** Can carob powder be used with oral rehydration solution for the treatment of acute diarrhea. Med Top 60:125.
- Soltner, D. (2007).** *Les bases de la production végétale – Tome 1 : Le sol et son amélioration, la plante et son milieu.* Sciences et Techniques Agricoles.
- Soumahoro, M., Koné, M., Konaté, A., & Koffi, K. (2014).** Effet de la scarification chimique sur la levée de dormance des graines de *Parkia biglobosa*. *Journal des Biosciences Appliquées*, **76**, 6372–6380.
- Terras M (2011a)** Typologie, cartographie des stations forestières et modélisations des peuplements forestiers. Cas des massifs forestiers de la wilaya de Saida (Algérie). Doctorat, University of Tlemcen.
- Vallad, G. E. (2002).** Seed viability and longevity in storage systems. (Note : Source exacte à confirmer selon l'ouvrage ou l'article. Il est possible qu'il s'agisse d'un article ou d'un chapitre dans une publication spécialisée.)
- Yousfi, S., et al. (2009).** Composition chimique et activité antioxydante des graines, de la pulpe et de la peau de fruits de caroubier algérien (*Ceratonia siliqua* L.). *Revue de Chimie Alimentaire*, 114(1), 69–74.
- Zohary M. et Orshan G.(1959).** The maquis of *Ceratonia siliqua* in Israel. *Palest. J. Bot*
- Zohair O.(1996).** « Le caroubier, situation actuelle et perspectives d’avenir », Document interne, Eaux de Forêt, Maroc, pp 22.