

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET  
POPULAIRE MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA 1



FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIE ET AGRO-ÉCOLOGIE

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention de Diplôme de Master Académique

**Spécialité: système de production agro-écologie.**

Thème :

Valorisation de l'extrait végétal du caroubier : essai de promotion de la germination et induction de la tolérance d'une légumineuse fourragère la Luzerne aux contraintes salines.

Présenté par :

**Mlle. Bensadek Asma**

**Mlle. Kessar Salma**

Devant le Jury :

<b>Mr HAMIDI. Y</b>	<b>M.C.B</b>	<b>UB1</b>	<b>Président</b>
<b>Mr DEROUCHE.B</b>	<b>M.C.B</b>	<b>UB1</b>	<b>Examineur</b>
<b>Mme BOUCHENAK. F</b>	<b>M.C.A</b>	<b>UB1</b>	<b>Promotrice</b>
<b>Mr CHADI. A</b>	<b>Doctorant</b>	<b>UB1</b>	<b>Co-promoteur</b>

**Année universitaire 2022/2023**

## **Remerciements**

*Tout d'abord, on exprime nos remerciements au bon dieu de nous avoir donné le courage et la force d'aller au bout de nos fins pour terminer notre travail et pour sa bienveillance*

*Nous tenons à exprimer notre gratitude particulière envers **Mme .Bouchenak F** et **Mr. Chadi. A** pour leur encadrement exceptionnel et leur soutien constant. Leurs conseils avisés et leur disponibilité ont été essentiels à notre réussite, et nous sommes profondément reconnaissants de leur aide inestimable.*

*Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à **Mr. Hamidi** pour avoir accepté de présider le jury et de juger notre travail, ainsi qu'à **Mr. Derouiche** pour avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Je vous remercie sincèrement pour votre appui précieux et votre contribution scientifique, logistique et morale à notre modeste travail réalisé au laboratoire de recherche de l'université de Blida. Votre soutien a été essentiel à la réussite de ce travail, en plus de laboratoire zoologie.*

*Je souhaite également remercier chaleureusement tous nos enseignants, en particulier nos professeurs de la spécialité (SPAÉ), pour leur soutien inestimable tout au long de notre parcours universitaire.*

**ASMA & SALMA**

## *Dédicace*

*JE DEDIE CE MODESTE TRAVAIL A :*

*Avant toute chose, je remercie le DIEU, le tout puissant Pour m'avoir donné la force et la patience A tous les personnes qui m'encouragent toujours aux moments difficiles :*

***A ma mère : Nechadi Hayet***

*Qui a éclairé mon chemin et qui m'a encouragé et soutenu tout au long de mes études.*

***A mon père : Samir***

*Qui m'a inculqué une bonne éducation, le chemin de la dignité et la voie de la sagesse*

***Mon seul frère : Mohamed***

***Mes sœurs : Manel, Ibtissam, Yassmin, Rania***

***À ma binôme extraordinaire Asma : Merci pour tout ce que tu fais chaque jour,***

*Ton soutien et ton amitié valent de l'or*

***À mes amis et à mes collègues pour leur soutien durant les moments difficiles de mon travail.***

*A toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

*Salma*

## *Dédicace*

*JE DEDIE CE MODESTE TRAVAIL A :*

*À ma mère Bentebria Aïcha :*

*La lumière de ma vie*

*À mon père Abed Kader*

*Mon soutien dans mon parcours académique.*

*A mon cher frère Sid Ahmed :*

*Que Dieu lui fasse miséricorde.*

*A ma chère sœur Fatima Zohra et mes chers frères Abed Karim et Mohamed Amine.*

*A mes neveux jumeaux Sid Ahmed et Meriem El batoul, un morceau de mon cœur.*

*A ma chérie binôme Salma, merci pour les bons moments que nous avons passé ensemble et pour ton soutien.*

*A toute personne qui a participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

*Merci à tous.*

*Asma*

## Résumé :

L'objectif de notre étude est d'examiner l'impact des traitements avec des extrait foliaire hydro-alcoolique de *Ceratonia siliqua* L sur la production et la protection d'une culture de luzerne soumise à un stress salin L'effet des extraits foliaire a été évalué sur les paramètres physiologiques de la germination (taux final de germination, moyenne journalière de germination, vitesse de germination, pourcentage d'inhibition de la germination et taux cumulé de germination).

Le traitement des graines de luzerne avec l'extrait foliaire hydro-alcoolique de *Ceratonia siliqua* L à une concentration de 200 micromoles en présence de NaCl 10 g/l a conduit à une augmentation statistiquement significative des paramètres mesurés.

L'analyse quantitative des extraits foliaire a permis de mettre en évidence des polyphénols totaux par la méthode de Folin-Ciocalteu, leurs concentrations est de 0.837 mg EAG/g de MS.

.L'activité de l' $\alpha$ -amylases des graines augmente significativement en présence d'extrait hydro-alcoolique et une concentration de 3g/l NaCl, cette valeur est de (1,77 U/ml).

Dans l'ensemble, ces résultats mettent en évidence l'effet biostimulant et bioprotecteur de l'extrait foliaire démontrant ainsi son potentiel pour améliorer la germination des graines de luzerne et influencer l'activité des  $\alpha$ -amylases un processus biochimique associé.

**Mots clés :** Extrait hydro-alcoolique, *Ceratonia siliqua* L, *Medicago sativa* L, germination,  $\alpha$ -amylase, Tolérance, salinité.

## **Abstract:**

The objective of our study is to examine the impact of treatments with hydro-alcoholic leaf extracts of *Ceratonia siliqua* L on the production and protection of alfalfa crops subjected to saline stress. The effect of leaf extracts was evaluated on the physiological parameters of germination (final germination rate, daily germination average, germination speed, germination inhibition percentage, and cumulative germination rate).

Treating alfalfa seeds with the hydro-alcoholic leaf extract of *Ceratonia siliqua* L at a concentration of 200 microliters in the presence of 10 g/L NaCl resulted in a statistically significant increase in the germination rate, daily germination average (germination kinetics), cumulative germination rate, germination speed, and reduced the germination inhibition percentage.

Quantitative analysis of the leaf extracts revealed total polyphenols using the Folin Ciocalteu method, with a concentration of 0.837 mg GAE/g of dry weight. The activity of seed  $\alpha$ -amylase significantly increased in the presence of hydro-alcoholic extract and a concentration of 3 g/L NaCl (1.77 U/ml).

Overall, these results highlight the biostimulant and bioprotective effect of the leaf extract, demonstrating its potential to improve alfalfa seed germination and influence  $\alpha$ -amylase activity, a related biochemical process.

**Keywords:** Hydro-alcoholic extract, *Ceratonia siliqua* L, *Medicago sativa* L, salinity, germination,  $\alpha$ -amylase, Tolerance, saline conditions.

## ملخص :

الهدف من دراستنا هو دراسة تأثير المعاملات بالمستخلصات الورقية المائية الكحولية لنبات *Ceratonia L siliqua* على إنتاج وحماية محصول البرسيم المعرض للإجهاد الملحي. وقد تم تقييم تأثير المستخلصات الورقية على المعايير الفسيولوجية للنبات. الإنبات (معدل الإنبات النهائي، متوسط الإنبات اليومي، سرعة الإنبات، نسبة تثبيط الإنبات ومعدل الإنبات التراكمي).

أدت معالجة بذور البرسيم بالمستخلص الورقي المائي الكحولي لنبات *Ceratonia siliqua L* بتركيز 200 ميكرو لتر في وجود 10 NaCl جم/لتر إلى إنتاج.

زيادة معنوية إحصائياً في معدل الإنبات، المتوسط اليومي للإنبات (حركية الإنبات)، معدل الإنبات التراكمي، سرعة الإنبات وانخفاض نسبة تثبيط الإنبات.

لقد أتاح التحليل الكمي لمستخلصات الأوراق إثبات إجمالي polyphenol بطريقة Folin-Ciocalteu، حيث بلغت تركيزاتها 0.837 ملغم EAG/g من DM.

يزداد نشاط إنزيم ألفا أميلاز البذور بشكل ملحوظ في وجود المستخلص المائي الكحولي وتركيز 3 جرام/لتر كلوريد الصوديوم (1.77 وحدة/مل).

بشكل عام، تسلط هذه النتائج الضوء على تأثير التحفيز الحيوي والوقائي الحيوي لمستخلص الأوراق، مما يدل على قدرته على تحسين إنبات بذور البرسيم الحجازي والتأثير على نشاط أميلاز ألفا، وهي عملية كيميائية حيوية مرتبطة بها.

**الكلمات المفتاحية:** مستخلص مائي-كحول، *Medicago sativa L*، *Ceratonia siliqua L*، ملوحة، انبات، ألفا أميلاز، تحمل، ظروف ملحية.

### Liste des figures :

Figure 1: le caroubier ( <i>Ceratonia siliqua</i> L). .....	3
Figure 2: la luzerne ( <i>Medicago sativa</i> L). .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Figure 3: Courbe théorique d'imbibition d'une semence.....	11
Figure 4: les graines de <i>Medicago sativa</i> L.....	19
Figure 5: feuilles de caroubier sec.....	20
Figure 7: évaporation à l'aide d'un Rotavapeur.....	20
Figure 6: Agitation mécanique à température ambiante et à l'abri de La lumière. ....	20
Figure 8: germination des graines de luzerne après l'imbibition. ....	21
Figure 9: Dosage des poly phénols. ....	23
Figure 10: Effet de diverses concentrations salines (en g/l de NaCl) sur le taux de germination des graines traité par l'extrait de <i>Ceratonia siliqua</i> L.....	25
Figure 11: Vitesse de germination (TMG) de la germination observée au niveau des différents lots de graines témoins et traités par l'extrait de <i>Ceratonia siliqua</i> L .....	26
Figure 12: L'effet des différentes concentrations en Nacl sur la moyenne de germination des graines traité par l'extrait de <i>Ceratonia siliqua</i> L. ....	27
Figure 13: Taux cumulé de germination observé au niveau des différents lots de graines témoins et traités par l'extrait foliaire méthanolique de <i>Ceratonia siliqua</i> L. ....	28
Figure 14: pourcentage d'inhibition de la germination observé au niveau des différents lots de graines témoins et traités par l'extrait foliaire méthanolique de <i>Ceratonia siliqua</i> L.....	30

## **Liste des tableaux :**

**Tableau 1:** La teneur en composés de l' $\alpha$ -amylase d'extrait de *Ceratonia siliqua* L..... 31

## Liste des abréviations :

**PEG** : polyéthylène glycol.

**PGPR**: plant growth promoting Rhizobacteria.

**ADN**: acid desoxyribonucléique.

**ATP**: adenosine triphosphate.

**SOD**: superoxy.dismutase

**CAT**: catalase.

**POX**: peroxydase..

**CNCC**: centre National de contrôle et certifications des semences et plantes.

**TP**: teneur en polyphénols.

**U.V**: ultraviolet.

**mg EAG/g de MS** : milligramme équivalent d'acide gallique par gramme de Matière sèche.

**U/ml**: Unite international par millilitre.

# *Sommaire*

Résumé

Abstract

ملخص

Liste de figures

Liste de tableau

Liste des abréviations

Introduction générale.....1

Première partie : synthèse bibliographique.....4

Chapitre I : présentation botanique de Caroubier (*Ceratonia siliqua* L) .....4

I.1. La famille des fabacées.....4

I.2. Classification systématique..... 4

I.3. Composition chimique de *Ceratonia siliqua* L .....5

I.4. Les métabolites primaires.....5

I.5. Les métabolites secondaires.....5

I.5.1. Les composés phénoliques.....5

I.5.2. Les terpènes.....6

I.4.3. Les alcaloïdes.....6

I.6. Répartition géographique.....6

I.6.1. Dans le monde.....6

I.6.2. En Algérie.....7

I.7. Utilisation.....7

I.8. Ecologie.....7

<b>Chapitre II : Généralités sur la luzerne (<i>Medicago sativa</i> L).....</b>	<b>8</b>
<b>II.1. Généralités.....</b>	<b>8</b>
<b>II.2. Classification botanique.....</b>	<b>9</b>
<b>II.3. Importance en Algérie .....</b>	<b>9</b>
<b>II.4. Utilisation.....</b>	<b>9</b>
<b>Chapitre III : La germination.....</b>	<b>11</b>
<b>III.1. Définition.....</b>	<b>11</b>
<b>III.2. Physiologie de la germination.....</b>	<b>11</b>
<b>III.3. Les paramètre de germination.....</b>	<b>12</b>
<b>III.3.1. Le pouvoir de germination.....</b>	<b>12</b>
<b>III.3.2. La capacité de germination.....</b>	<b>12</b>
<b>III.3.3. La vitesse de germination.....</b>	<b>12</b>
<b>III.4. Enzyme d'hydrolyse.....</b>	<b>12</b>
<b>Chapitre IV : Le stress chez les plantes.....</b>	<b>13</b>
<b>IV.1. Le stress abiotique.....</b>	<b>13</b>
<b>IV.2. Salinité et stress salin.....</b>	<b>13</b>
<b>IV.3. Effet de salinité sur la germination.....</b>	<b>13</b>
<b>IV.4. Impact de la salinité sur la plante.....</b>	<b>14</b>
<b>IV.5. Mécanisme de réponse des plantes au stress.....</b>	<b>14</b>
<b>Chapitre V : Priming.....</b>	<b>15</b>
<b>V.1. Définition.....</b>	<b>15</b>
<b>V.2. Type de priming.....</b>	<b>15</b>
<b>V.2.1. Hydropriming.....</b>	<b>15</b>

<b>V.2.2. Osmopriming.....</b>	<b>15</b>
<b>V.2.3. Hormopriming.....</b>	<b>16</b>
<b>V.2.4. Biopriming.....</b>	<b>16</b>
<b>V.3. Mécanismes physiologiques et biochimiques du priming.....</b>	<b>16</b>
<b>V.3.1. Priming et mobilisation des réserves.....</b>	<b>17</b>
<b>V.3.2. Priming et système antioxydant.....</b>	<b>17</b>
<b>V.3.3. Priming et accumulation des osmolytes.....</b>	<b>17</b>
<b>V.4. Effet biostimulants des extraits des végétaux en présence du stress abiotique.....</b>	<b>17</b>
<b>Deuxième partie : Etude expérimentale.....</b>	<b>19</b>
<b>Chapitre I : Matériel et méthodes.....</b>	<b>19</b>
<b>I.1. Objectif.....</b>	<b>19</b>
<b>I.2. Matériel.....</b>	<b>19</b>
<b>I.2.1. Matériel végétal.....</b>	<b>19</b>
<b>I.3. Méthodes .....</b>	<b>20</b>
<b>I.3.1. Application d'extrait hydro-alcoolique sur les paramètres de germination d'une espèce fourragère soumise au stress salin.....</b>	<b>20</b>
<b>I.3.1.1. Préparation de l'extrait végétal .....</b>	<b>20</b>
<b>I.3.1.2. Protocole expérimentale de germination.....</b>	<b>21</b>
<b>I.3.2. Paramètres mesurés.....</b>	<b>22</b>
<b>I.3.2.1. Cinétique de germination.....</b>	<b>22</b>
<b>I.3.2.2. Taux de germination.....</b>	<b>22</b>
<b>I.3.2.3. Moyenne de germination journalière.....</b>	<b>23</b>
<b>I.3.2.4. Taux cumulé de germination.....</b>	<b>23</b>

<b>I.3.2.5. Vitesse de germination.....</b>	<b>23</b>
<b>I.3.3. Screening phytochimiques.....</b>	<b>23</b>
<b>I.3.3.1. Analyse quantitative des extraits (teneur en poly phénols).....</b>	<b>23</b>
<b>I.3.3.2. Effets de l’amorçage des graines de la luzerne par le extraits hydro alcooliques sur l’activité de l’<math>\alpha</math>-amylases.....</b>	<b>24</b>
<b>I.4. Analyses statistiques.....</b>	<b>25</b>
<b>Chapitre II : Résultat et discussion.....</b>	<b>26</b>
<b>II.1. Résultats .....</b>	<b>26</b>
<b>II.1.1. Influence des différentes concentrations en NaCl en présence d’extrait d’espèces De caroube sur la germination des graines de luzerne (Medicago Sativa L).....</b>	<b>26</b>
<b>II.1.1.1 Taux de germination final (TG).....</b>	<b>26</b>
<b>II.1.1.2.Vitesse de germination (TMG).....</b>	<b>27</b>
<b>II.1.1.3. Moyenne de germination journalière (MDG) .....</b>	<b>29</b>
<b>II.1.1.4. Taux cumulé de germination (TCG).....</b>	<b>30</b>
<b>II.1.1.5. Pourcentage d’inhibition %.....</b>	<b>31</b>
<b>II.1.2.Screening phytochimiques.....</b>	<b>31</b>
<b>II.1.2.1. Analyse quantitative des extraits (teneur en poly phénols).....</b>	<b>32</b>
<b>II.1.2.2.Effets de l’amorçage des graines de la luzerne par les extraits hydro alcooliques sur l’activité de l’<math>\alpha</math>-amylases.....</b>	<b>32</b>
<b>Discussion.....</b>	<b>33</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>36</b>

## Introduction

Les Fabaceae ou légumineuses constituent une des plus grandes familles des plantes à fleurs les plus connues (Sylvie, 2011). Le caroubier ou *Ceratonia siliqua* L est un arbre fruitier méditerranéen qui appartient à la famille des légumineuses (Fabacées) (Abdullatif, 2017). *Ceratonia siliqua* L est une espèce qui présente un réservoir potentiel de molécules naturelles bioactives, elle contient également des composés phénoliques qui lui confèrent différents rôles biologiques (Dallali et al, 2018). Des tannins condensés insolubles, terpenoïdes (stérols), alcaloïdes, quinones (Klenow et al., 2007 ; Iachkar et al., 2016) Des acides phénoliques (acide coumarique et l'acide gallique) sont identifiés dans les extraits des pulpes (Fedal et al., 2011).

L'activité biologique et antioxydante des extraits de plantes est connue depuis l'Antiquité. Ces propriétés sont principalement dues à la production d'huiles essentielles et de composés phénoliques végétaux. Pour ces raisons, ces études sont très intéressantes dans le but de les appliquer dans le domaine de la protection des plantes contre les influences néfastes de l'environnement (Motseoa Lephatsi et al., 2022).

La luzerne (*Medicago sativa* L.) est l'une des légumineuses fourragères les plus populaires dans le monde en raison de son rendement élevé et de sa valeur nutritionnelle (Martin 2014; Biazzi et al. 2017). La luzerne est une légumineuse fourragère de haute qualité, en particulier pour le bétail laitier, et elle peut augmenter le rendement en matière sèche lorsqu'elle est en culture mixte (Bélanger et al. 2014).

En Algérie, la salinité affecte la majeure partie du territoire du pays, couvrant plus d'un million d'hectares (Chaabane et Benreda, 1997).

Malheureusement, la plupart des espèces cultivées commercialement importantes sont très sensibles aux conditions de salinité (Hopkins, 2003). En effet, la production de la luzerne est fortement entravée par la salinité. Ce stress induit des déséquilibres nutritionnels qui conduisent dans certains cas à une sélectivité vis-à-vis du potassium pour faire face aux effets néfastes du potassium (Ilyess Iachhab et al., 2013).

Le stress abiotique est la principale cause de pertes de récoltes dans le monde, réduisant les rendements moyens de la plupart des grandes cultures (Lobell, 2014; Wien, 2020). Le stress abiotique peut entraîner à son tour une série de changements morphologiques,

physiologiques, biochimiques et moléculaires qui affectent la croissance et la productivité des plantes (**Zandalinas et al., 2018; Boscaiu et Fita, 2020**).

La germination des graines est un ensemble de processus métaboliques aboutissant à l'émergence de la radicule. Ce stade de développement est considéré comme une étape critique dans l'établissement des semis et ainsi la détermination d'une production agricole réussie (**Benidire et al., 2015**). La sécheresse et la salinité sont les deux principaux facteurs abiotiques ayant affecté la croissance et la productivité des plantes (**Chouhim et al., 2022**).

Plusieurs études ont montré que la salinité a un effet inhibiteur sur la germination et la production de graines (augmentation du temps de latence, diminution de la vitesse et du taux de germination) Cependant, cet effet varie selon l'intensité du stress (**Benidire et al., 2014**).

Pour augmenter la productivité agricole, ces dernières années, plusieurs intrants biologiques et molécules organiques ont été développés et commercialisés afin d'atténuer les effets drastiques des stress biotiques et abiotiques et d'améliorer la croissance et la santé des plantes. De même, ces produits améliorent la structure et la qualité du sol, ils sont appelés produits stimulants ou biostimulants et fournissent habituellement des solutions innovantes pour la fertilisation du sol et la protection des cultures (**Faessel et al., 2014**).

L'utilisation des biostimulants qui peuvent atténuer l'effet néfaste de la salinité. Parmi lesquels les extraits de plantes qui contiennent un grand nombre de composés bioactifs favorisant la croissance et le développement des plantes (**Bulgari et al., 2015**).

En conséquence, nous avons étudié l'effet de l'extrait de caroube (*Ceratonia siliqua* L) en réalisant des tests pour favoriser la germination d'une espèce fourragère la luzerne (*Medicago sativa* L) cultivée sous contrainte saline.

Pour cela nous essayons de répondre à certaines hypothèses

- L'extrait de caroubier peut-il améliorer significativement les paramètres de germination des Semences de luzerne exposées à des niveaux élevés de sel ?
- Quels métabolites présents dans l'extrait de caroubier peuvent-ils influencer la germination des plantes ?
- Ces métabolites de l'extrait de caroubier peuvent-ils stimuler l'activité enzymatique (activité des Alpha amylase) ?

## Chapitre I : Présentation botanique de caroubier (*Ceratonia siliqua* L).

### I.1. La famille des fabacées :

- Information générales sur les légumineuses :

Les légumineuses sont une immense famille de plantes. Il existe 475 genres et environ 16 400 espèces de plantes, regroupées en trois familles : Mimosainae, Spruceinae et Papilioninae ou Fabaceae. Les légumineuses entretiennent une relation très particulière avec la rhizosphère entourant leurs racines. Ils sont cultivés principalement pour leur capacité à fixer l'azote atmosphérique et à briser les successions de cultures qui nuisent au rendement et à la production par la rotation des cultures. (Come D. Corbineau F, 2006).

### I.2. Classification systématique :

Selon Quezel et Santa (1963) l'espèce *Ceratonia siliqua* L. est classée dans la famille des Fabacées comme suit :

- Règne :Plantae
- Embranchement : Tracheobionta
- Sous-embranchement : Angiopermes
- Classe : Magnoliopsida
- Sous-classe : Rosidae
- Ordre : Fabalae
- Famille : Fabaceae
- Sous-famille : Césalpinoidae
- Genre : Ceratonia
- Espèce : *Ceratonia siliqua* L.



**Figure 1: le caroubier (*Ceratonia siliqua* L).**

<https://www.deco.fr/jardin-jardinage/arbre-a-fruits/caroubier>

### **I.3. Composition chimique de *Ceratonia siliqua* L :**

*Ceratonia siliqua* L, espèce à potentiel réservoir naturel de molécules bioactives, contient également des composés phénoliques qui confèrent différents effets biologiques (**Dallali et al., 2018**) tanins insolubles concentrés, terpénoïdes (stérols), alcaloïdes, quinones (**Klenow et al., 2007 ; Lachkar et al., 2016**), et des acides phénoliques (coumarique et gallique) ont été identifiés dans des extraits de pulpite (**Fadel et al., 2011**). Les flavonoïdes sont des flavonols, des flavonols et des isoflavones (**Metrouh, 2009**).

### **II.4. les métabolites primaires :**

Sont des molécules organiques qui se trouvent dans toutes les cellules de l'organisme d'une plante pour y assurer sa survie. Ces composés sont classés en quatre principaux groupes, les glucides, les protéines, les lipides et les acides nucléiques (**Ben khaldi., 2013**).

#### **a. Sucre :**

Le saccharose est le sucre le plus abondant dans la gousse de caroube (**Gubbuk et al., 2010**), suivi par le glucose et le fructose. Les teneurs des autres sucres (xylose, Maltose) sont plus faibles et la cellulose et l'hémicellulose représente 18%. Cependant, ces proportions varient selon les auteurs (**Biner., 2007**).

#### **b. Acides aminés et protéines :**

Le caroubier, protéine insoluble dans l'eau isolée à partir d'embryons de caroube, est un mélange composé d'un grand nombre de protéines polymérisées de taille différente (**Wang et al., 2001 ; Bengoechea et al., 2008**).

(**Wang., 2001 ; Smith et al., 2010**) indiquent que ce système de protéine possède les mêmes propriétés rhéologiques que le gluten, mais le caroubier a une structure plus ordonnée, avec des changements mineurs dans la structure secondaire lorsqu'elle est hydratée. Il est bien connu quelles protéines de germe de caroube ont une composition bien équilibrée en acides aminés (**Bengoechea et al., 2008**).

#### **c. Lipides :**

La gousse de la caroube présente une faible proportion en lipides (3%) la pulpe contient uniquement 0,4 à 0,6% de lipides (**Avallone et al., 1997 ; Biner et al., 2007**).

#### **d. Cendres :**

Selon plusieurs auteurs (**Albanell et al., 1991 ; Bravo et al., 1994 ; Yousif et al., 2000 ; Iipumbu et al., 2008** ), la teneur en cendres présentes dans la poudre de Caroube variait entre 2% et 6% selon le type de caroube.

#### **e. Fibres :**

La fibre de caroube est un des fibres alimentaires ayant la plus forte teneur en poly phénols (**Papagiannopoulos et al., 2004**).

### **I.5. Les métabolites secondaires :**

Les métabolites secondaires sont inégalement répartis dans les plantes, ils appartiennent à différents groupes chimiques et leurs niveaux d'accumulation atteignent parfois des valeurs très élevées. La notion de « métabolites secondaires » est née de trois constats : d'abord la difficulté d'attribuer ces métabolites à des fonctions précises dans la physiologie végétale, puis d'une répartition très inégale selon les plantes, enfin, au sein d'une même espèce, une certaine « inertie biochimique » car ces substances sont rarement réactivées dans les plantes après s'y être accumulés, ils ont tendance à avoir des structures chimiques complexes. Ils représentent une source importante de molécules que l'homme peut utiliser sur le terrain (**Macheix JJ et al., 2005**).

#### **I.5.1. Les composés phénoliques :**

Ce sont des composés phénoliques qui possèdent une fonction acide en plus de la fonction phénol. Ils sont représentés par deux sous-classes :

- Acide hydroxybenzoïque : L'acide hydroxybenzoïque a une structure C6-C1 et est constitué d'un noyau benzénique avec des chaînes aliphatiques attachées aux carbones. Ces composés sont omniprésents dans le règne végétal et on retrouve l'acide gallique, l'acide protocatéchique, l'acide vanillique et l'acide syringique (**Smith E, 2007**).
- Acide hydroxycinnamique : Ces composés sont très largement distribués et rarement sous forme libres, ils sont généralement estérifiés et peuvent également être amidé ou combiné avec des sucres ou des polyols, par ex : Acide quinique. Ce sont des composés aromatiques

à trois carbones latéraux dans la chaîne C6-C3, y compris l'acide caféique, l'acide férulique, l'acide coumarique et l'acide sinapique (**Škerget M et al., 2005**).

### **I.5.2. les terpènes :**

Les terpènes constituent la classe la plus vaste et la plus diversifiée des composés organiques des végétaux, près de 15.000 structures moléculaires sont connues, on distingue :

- Les monoterpènes avec 10 atomes de carbone
- Les sesquiterpènes avec 15 atomes de carbone
- Les diterpènes avec 20 atomes de carbone.
- Les triterpènes avec 30 atomes de carbone.
- Les tétraterpènes avec 40 atomes de carbone (**Fontanay S, 2012**).

### **I.5.3. Les alcaloïdes :**

Les alcaloïdes sont des substances basiques contenant de l'azote qui est contenu dans un système hétérocyclique (**Bruneton J, Poupon E. 2016**). Cet atome d'azote est généralement dérivé d'acides aminés et sa structure carbonée reste souvent intacte dans la structure finale des alcaloïdes (**Muniz, 2006**).

Il existe généralement :

- Les alcaloïdes vrais : Sont dérivés d'acides aminés, et présentent au moins un hétérocycle, (ex : la strychnine dérivée du tryptophane).
- Les proto-alcaloïdes : Dérivent d'acides aminés dont l'azote est en dehors des structures cycliques (ex : la colchicine).
- Les pseudo-alcaloïdes : Ne dérivent pas d'acides aminés (ex : la caféine)

Les alcaloïdes sont rarement présents à l'état libre dans la plante, le plus souvent ils sont en combinaison avec des acides organiques ou des tanins (**Dewick, Eguchi et al., 2017**).

## **I.6. Répartition géographique :**

### **I.6.1. Dans le monde :**

Les caroubiers sont répartis dans toute la région du bassin méditerranéen. Présente actuellement en Espagne, au Portugal, en Turquie, en Syrie, via le Maroc, l'Algérie, la

Tunisie, la Libye, l'Égypte, le Liban, et aussi en Italie, en France et en Grèce. Leur distribution ne se limite pas à la région méditerranéenne, mais a également été introduite dans différentes régions climatiques chaudes et semi-arides du monde, principalement aux États-Unis (Floride et Californie), en Australie, en Argentine, en Arizona, au Chili, au Mexique et au Sud. Amérique. Afrique (Aafi, 1996 ; Battle et al., 1997).

### **I.6.2. En Algérie :**

La superficie totale plantée de caroubiers en Algérie a fortement diminué, passant de 11 000 hectares en 1961 à 1 000 hectares en 2011 (FAOSTAT). En 2009, cette superficie était de 927 hectares, dont 645 hectares soit 69,58% de la superficie totale étaient situés dans la province de Bejaïa. La production nationale de caroube est estimée à 33 841 Qx, principalement concentrée dans la Province de Bejaïa avec 18 417 Qx, représentant 54,42% de la production nationale, suivie de la Province de Blida (23,79%) et de Tipaza (16,55%).

La superficie plantée de caroubiers dans le nord-ouest de l'Algérie (y compris les provinces de Tlemcen et de Mascara) ne représente que 6 hectares, ce qui représente 0,65% de la superficie du pays, tandis que la production de caroubiers n'est que de 0,39% (Mahdad, 2013).

### **I.7. Utilisation :**

Le caroubier a été utilisé depuis longtemps dans de nombreux pays et en Algérie pour ces multiples intérêts (Ait Chitt et al., 2007 ; Kaderi et al., 2015). La caroube a été utilisée depuis la période précoloniale pour l'alimentation humaine et comme fourrage (Sahle et al., 1992). Elle est utilisée comme aliment d'engraissement et aliment énergétique (animaux de travail et de guerre) (Louca et Papas, 1973). Actuellement, la caroube est utilisée dans les industries des médicaments (Aafi, 1996) et agro-alimentaire comme épaississant, condiment, substitut de la gélatine, stabilisateur alimentaire et comme matière première pour la production du bioéthanol (Ndir et al., 2000 ; Vourdoubas et al., 2002 ; Turhan et al., 2010 , Bouhrem, 2019).

## **I.8. Ecologie :**

Le caroubier est une espèce méditerranéenne très tolérante à la chaleur adaptée à de nombreux types de sols tels que sableux, limoneux, stériles, rocheux, calcaires, avec un pH compris entre 6,2 et 8,6 (**Baum, 1998 ; Sbay et Abrouch, 2006**).

## Chapitre II : Généralités sur la luzerne (*Medicago sativa* L).

### II.1. Généralités :

La luzerne fait partie de la famille des Fabaceae (Cumo, 2013).

Elle est également connue sous le nom de luzerne (Botineau, 2010). La luzerne (*Medicago sativa* L.) est une espèce cosmopolite vivace originaire du bassin méditerranéen, de l'Arménie et de l'Asie centrale, de l'Australie, du Chili, de la Californie, où elle est encore présente à l'état sauvage aujourd'hui. Son nom scientifique vient de Médéa (*Medicago*), une ancienne cité d'Afrique du Nord, et *Sativa* signifie culture. C'est la source la plus importante au monde comme source de protéines pour l'alimentation animale et comme source d'azote pour l'amélioration des sols (Hamom, 2001 ; Marinoff et al., 2005).

### II.2. Classification botanique :

<b>Règne</b>	Plantae
<b>Sous-règne</b>	Trancheobionta
<b>Embranchement</b>	Spermaphytes
<b>Sous-embranchement</b>	Angiospermes
<b>Classe</b>	Dicotylédones
<b>Sous-classe</b>	Dialypétales
<b>Ordre</b>	Rosale
<b>Famille</b>	Légumineuses
<b>Sous-famille</b>	Papilionacées
<b>Tribu</b>	Trifolieae
<b>Genre</b>	<i>Medicago</i>
<b>espèce</b>	<i>Medicago sativa</i> L.



**Figure 2 :**La luzerne

[https:// www .vivelaluzerne.org](https://www.vivelaluzerne.org)

### **II.3. Importance en Algérie :**

La luzerne occupe une superficie très réduite au niveau des cultures fourragères en Algérie. Par contre dans les régions sahariennes, elle constitue la première culture fourragère et occupe la place la plus importante. Cette espèce est très utilisée dans l'alimentation du cheptel du Sahara. (**Chaabena et Abdelguerfi, 2001**). La culture de la luzerne était répandue dans plusieurs wilayas (Batna, Sétif, Tiaret, Médéa, Bordj Bou Arreridj, M'Sila, Oum El Bouaghi, Tamanghasset, Adrar, Ourglâ, Ghardaïa...)

### **II.4. Utilisation :**

La luzerne est une des plantes fourragère les plus répandues sur tous les continents que ce soit pour les troupeaux bovins laitiers, bovins allaitants, ovins ou caprins ou encore pour les chevaux. Son importance est justifiée par quatre raisons, elle constitue selon (**Chaabana.A et al., 2011**).

- Une source d'azote pour d'autres cultures d'assolement.
- Son potentiel de production en protéines (1500 à plus de 2000 kg de protéine /ha).
- Sa résistance aux fortes chaleurs.

Au printemps, il produit de nouvelles tiges à partir de son pivot central. Elle retraite pendant l'hiver ou après chaque coupe en raison des réserves accumulées dans les racines pendant la saison de croissance. Ces réserves peuvent durer jusqu'à 10 mois, elle a grandi de mars jusqu'en octobre, une moyenne de quatre coupes par an sont effectuées à des intervalles de 35 à 45 jours, selon la température (**Mauries, 2003**).

La luzerne peut donner une (01) à deux (02) coupes en première année contre quatre (04) à cinq (05) en irrigué. Son rendement atteint son maximum en troisième année de cinq (05) à huit (08) coupes lorsqu'elle est irriguée (**ITGC 2001**).

La luzerne est peut être exploitée sous plusieurs formes :

Le foin, l'enrubannage et l'ensilage, en vert, le pâturage, la déshydratation.

## Chapitre III : La germination.

### III.1. Définition :

La germination occupe une place privilégiée en étant le moyen le plus répandu de multiplication des végétaux. La formation et le développement de la graine sont des étapes clés dans la vie de la plante. Au cours de la maturation, de nombreux processus métaboliques interviennent. La graine accumule des réserves qui seront mobilisées lors de la germination puis acquiert une forte tolérance à la dessiccation (**Baazize N, 2022**).

### III.2. Physiologie de la germination :

La germination des graines comprend trois principales phases :

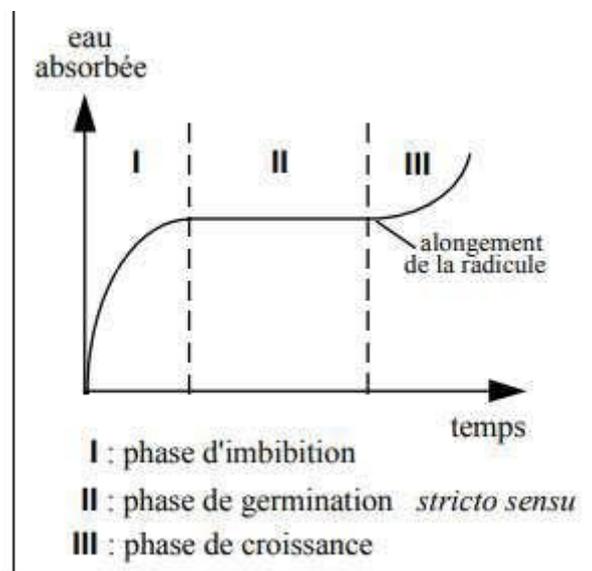


Figure 2: Courbe théorique d'imbibition d'une semence.

#### *Phase d'imbibition :*

C'est la première étape de la germination. Elle se traduit par une absorption d'eau et une réhydratation des tissus de la graine. Comme l'osmose, l'imbibition implique un mouvement d'eau dans le sens des potentiels hydriques décroissant (**Hopkins W. G, 2003**).

#### *Phase de germination « stricto sensu » :*

D'après **Mazliak (1981)**, la deuxième étape de la germination est marquée par une interruption de la prise d'eau.

### ***Phase de croissance :***

Suivant **Narwal (2007)**, cette phase est caractérisée par une reprise de l'absorption d'eau ainsi que par la croissance active de l'embryon (divisions et grossissement cellulaire). Cette étape correspond à l'élongation de la radicule, qui fonce de la testa.

### **III.3. Les paramètres de germination :**

#### **III.3.1. Le pouvoir de germination :**

C'est le pourcentage des graines capables de germer dans les meilleures conditions.

#### **III.3.2. La capacité de germination :**

C'est le taux de germination maximal. Il donne la capacité de reproduction des graines ou le pourcentage de graines viables lorsque les conditions expérimentales sont bonnes (**Chaibou et al., 2016**).

#### **III.3.3. La vitesse de germination :**

Où le temps moyen de germination est le temps nécessaire pour que 50% des graines germent après semis (**Chaibou et al., 2016**).

### **III.4. Enzyme d'hydrolyse :**

La dégradation de l'amidon en glucose nécessite l'intervention de plusieurs hydrolases (enzymes qui activent des hydrolyses) qui sont synthétisées en abondance dans la couche à aleurone et qui migrent vers l'albumen. Ces enzymes sont citées ci-dessous :

- La  $\alpha$ -amylase - La P-amylase - La dextrinase - L' $\alpha$ -glucosidase

**Hopkins (2003)**, ajoute que toutes les enzymes citées auparavant provoquent une dégradation par hydrolyse de l'amidon en glucose par une addition d'eau au niveau des liaisons entre résidus. Cependant, lorsque la concentration en phosphate inorganique est élevée (>1mM), la dégradation de l'amidon s'accompagne d'une accumulation de glucides phosphorylés. Ceci est le résultat de l'action d'une enzyme appelée phosphorylase, qui catalyse la dégradation de l'amidon par phosphoryse.

## **Chapitre V : Le stress chez les plantes.**

### **V.1. Le stress abiotique :**

Les stress environnementaux ou abiotiques tels que la sécheresse, la salinité et les températures basses et élevées sont des conditions stressantes qui affectent la croissance et le rendement des plantes. Contrairement à quand les animaux peuvent se déplacer les conditions de vie ne sont plus favorables et les plantes ont développé des stratégies d'adaptation réagir aux changements environnementaux en surveillant et en ajustant leurs systèmes Métabolisme (**Achour, 2005**). On peut citer quelques types des stress abiotiques qui peuvent affecter les végétaux : Stress hydrique, Stress thermique, stress salin.

### **V.2. Salinité et stress salin :**

La salinité est la concentration de la solution du sol en  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  et  $\text{NO}_3^-$  (**Hu et Schmidhalter, 2004**).

La salinité est la quantité globale des sels solubles contenus dans l'eau d'irrigation ou dans la solution du sol. Cette définition tient compte du fait que, les ions des sels solubles retiennent l'eau et sont à l'origine de la pression osmotique qui s'élève lorsque leur concentration augmente. (**Slama, 2004 ; fr.Slama, F, 2004**). Les sols salins et sodiques affectent environ 23 % des sols cultivés dans le monde. Selon **Keren (2000)**, cela représente environ 397 millions d'hectares de sols salins et 434 millions d'hectares de sols sodiques, comme indiqué par la **FAO (2005)**.

La salinité est classée en deux catégories, primaire et secondaire. La première résulte de processus naturels alors que la seconde résulte des activités humaines (**Ghassemi et al., 1995 ; Rengasamy, 2006**).

### **V.3. Effet de salinité sur la germination :**

La germination est considérée comme une étape critique dans le cycle de développement de la plante. En effet, elle conditionne l'installation de la plantule, son branchement sur le milieu, et probablement sa productivité ultérieure. La salinité diminue la vitesse de germination et réduit le pouvoir germinatif. Cet effet dépend de la nature de l'espèce, de l'intensité du stress salin. La réduction du pouvoir germinatif est due à l'augmentation de la pression osmotique de la solution du sol, qui ralentit l'imbibition et limite l'absorption de l'eau nécessaire au déclenchement des processus métaboliques impliqués dans la germination (**Hajlaoui et al., 2007**).

#### **V.4. Impact de la salinité sur la plante :**

Le stress salin a un triple effet sur les plantes : il réduit leur potentiel hydrique, il provoque un déséquilibre ionique ou une perturbation de l'homéostasie ionique et il provoque une toxicité ionique. Cet état hydrique altéré conduit à une croissance réduite et à la limitation de la productivité végétale. Depuis que le stress salin implique aussi bien le stress osmotique qu'ionique, l'arrêt de la croissance est directement relié à la concentration des sels solubles ou au potentiel osmotique de l'eau du sol (**Snoussi et Abbad, 2012**).

#### **V.5. Mécanisme des réponses des plantes au stress :**

Tolérance des plantes au stress :

Les mécanismes de résistance des plantes au sel se manifestent à diverses étapes. En effet, la régulation de l'absorption, du déplacement et de l'entreposage du sel se déroule au sein des vacuoles des plantes, y compris dans les organes les moins sensibles (**Chamekh, 2010**).

Adaptation à la salinité :

En physiologie, une distinction importante existe entre l'accumulation et l'adaptation : l'osmoadaptation correspond à la réponse immédiate des organismes au stress ionique et osmotique. Cette réponse implique le rétablissement de l'homéostasie cellulaire par des processus de transport et de production d'osmolytes. L'osmoadaptation correspond à l'évolution par le respect intergénérationnel, comme c'est la sélection des individus les plus performants pour assurer une reproduction efficace. L'osmoadaptation se manifeste donc au niveau génétique (**Jean-Nicolas et al., 2011**).

## **Chapitre IV : Priming.**

### **IV. 1. Définition :**

Le priming est une ancienne technique empirique qui a évolué avec la technologie. Il est utilisée pour améliorer la germination des graines en conditions favorables et défavorables (**K. Jisha, Vijaya kumari, & ; Puthur, 2013**).

Au cours d'amorçage, les graines sont humidifiées à un niveau suffisant pour permettre les processus métaboliques prégerminative, Mais ce n'est pas suffisant pour garantir la pénétration des racines (**McDonald, 2000 ; Ghassemi Gozelani et al., 2010 ; Boucelha et Djebbar, 2015 ; Boucelha et al., 2019**).

### **IV.2. Type de priming :**

#### **IV.2.1. Hydro priming et redéshydratation :**

##### ***Simple hydropriming :***

La méthode la plus simple consiste à faire tremper les semences dans l'eau, puis à les sécher à nouveau avant de les planter. (**Tarquis et Bradford, 1992**).

##### ***Double hydropriming :***

En utilisant un double processus d'hydratation et réhydratation, ce dernier traitement donne de meilleurs résultats. Augmente nettement l'efficacité de la germination et augmente à la fois le développement et la résilience des plantes (**Boucelha et Djebbar, 2015 ; Boucelha et al., 2019**).

#### **IV.2.2. Osmopriming :**

La méthode la plus couramment utilisée consiste à soumettre les graines à un traitement osmotique de pré germination, seul ou en conjonction avec un nouveau séchage ultérieur. Ce processus implique l'utilisation d'agents osmotiques tels que le polyéthylène glycol (PEG), des sels ( $\text{KNO}_3$ , Na Cl, KCl) ou des polyols (mannitol) pour atteindre un niveau d'hydratation régulé dans les graines (**Bradford, 1986 ; Yari et al., 2010**).

### **IV.2.3. Hormopriming :**

Reposent sur le traitement des graines avec des phytohormones telles que l'acide gibbérellique, l'acide salicylique et l'acide indole 3-acétique à des concentrations et des durées spécifiques (**Boucelha et Djebbar, 2019**).

### **IV.2.4. Biopriming :**

Le bio-amorçage représente un processus au cours duquel des graines ou des semis sont immergés dans une suspension de spores d'organismes biologiques bénéfiques. Cette approche s'est avérée propice à favoriser une installation rapide et précoce des semis, en plus de conférer une protection contre les agents pathogènes et les nuisibles (**Huong et al., 2009 ; Begum et al., 2010 ; Pill et al., 2011**). L'utilisation de PGPR (Promoteurs de la Croissance des Plantes par les Rhizobactéries) dans le bio-amorçage des graines constitue une solution économique et respectueuse de l'environnement pour encourager la croissance durant les premières étapes de développement (**Raj et al., 2004 ; Deshmukh et al., 2020**). L'amorçage biologique des plantes par le biais des PGPR se traduit par une résistance systémique accrue vis-à-vis d'une variété de phytopathogènes (**Naznin et al., 2013**). Le traitement bioprimit des semences engendre plusieurs bénéfices pour les plantes, notamment une amélioration de leur viabilité, de leur taux de germination, de leur robustesse, de leur croissance et de leur rendement (**Rajendra Prasad et al., 2016**). Des preuves démontrent que les semences ayant bénéficié du traitement bioprimit présentent une augmentation significative tant du pourcentage que du rythme de germination, même dans des contextes de stress environnemental induit, tels que des conditions de stress osmotique (**Bhatt et al., 2015**).

### **IV.3. Mécanismes physiologiques et biochimiques du priming :**

Le priming engendre des conséquences à différents niveaux : physiologique, biochimique, cellulaire, moléculaire et génétique. Il est possible que certaines des répercussions du priming soient liées à la méthylation de l'ADN ou à la structure spatiale de la chromatine (**Boucelha et al., 2019**). Par conséquent, les phénomènes épi génétiques jouent un rôle crucial dans la compréhension de multiples aspects de la biologie des plantes, en particulier en ce qui concerne l'adaptation des plantes à leur environnement (**Hebrard, 2012**). Ces modifications épi génétiques sont ajustées au cours du développement et en réponse aux

situations de stress, ce qui aboutit à un mécanisme de défense plus efficace (**Bruce et al., 2007 ; Tanou et al., 2012**).

#### **IV.3.1. Priming et mobilisation des réserves :**

Le priming augmente la production d'adénosine triphosphate ATP, de la charge énergétique et du rapport ATP/ADP. Les enzymes responsables du stockage des protéines, du conditionnement glucidique (amylases  $\alpha$  et  $\beta$ ) et du conditionnement lipidique (iso-citrate lyase) ont été synthétisées, soit activés pendant l'amorçage. L'augmentation du métabolisme énergétique et l'augmentation du métabolisme des graines améliorent la germination et la tolérance au stress. (**Raj A. et Raj S., 2019**).

#### **IV.3.2. Priming et système antioxydant :**

Ainsi, l'activation de la machinerie antioxydant est la réponse de défense la plus importante dans les cellules vivantes dans des conditions de stress. Cette machinerie antioxydant se compose d'antioxydants enzymatiques, par exemple, le superoxyde dismutase (SOD), la catalase (CAT), la peroxydase (POX) et des composés antioxydants non enzymatiques, par exemple l'ascorbate, le tocophérol, les caroténoïdes (**Sánchez- Rodriguez et al., 2011**).

#### **IV.3.3. Priming et accumulation des osmolytes :**

Au niveau physiologique, des études antérieures ont clairement montré que les traitements de pré germination stimulent la biosynthèse et l'accumulation d'osmolytes tels que la proline libre et les sucres solubles (saccharose, tréhalose, fructose, ribose, etc.) (**Boucelha, 2015**)

#### **IV.4. Effet biostimulants des extraits des végétaux en présence du stress abiotique :**

Les végétaux fréquemment se trouvent en situations défavorables qui entravent leur développement optimal et leur fonctionnement, causées par des altérations de leur environnement habituel. Ces circonstances défavorables sont regroupées sous le terme de "stress environnemental" (**Moreno, 2015**).

La notion de biostimulants englobe des composés organiques ainsi que des microorganismes administrés aux cultures pour améliorer la prise de nutriments, encourager la croissance et accroître la résistance face aux situations stressantes (**DuJardin, 2015**). Ces substances d'origine végétale ou minérale, lorsqu'elles sont appliquées aux plantes, démontrent un potentiel pour altérer la physiologie végétale, favoriser la croissance et améliorer la réponse aux contraintes biotiques et abiotiques (**Panfili et al., 2019**). Leur mécanisme d'action se différencie de celui des nutriments et des pesticides (**DuJardin, 2015**).

## Chapitre I : Matériel et Méthodes

### I.1. Objectif :

Notre travail consiste à étudier l'effet biostimulant et bioprotectant de l'extrait végétal préparé à partir des feuilles de *Ceratonia siliqua* L (caroubier) riches en métabolites secondaires, et l'utiliser sur les graines d'une espèce fourragère (luzerne) au stade de germination, soumises aux différentes concentrations de NaCl (0\_3\_6\_10g/l).

### I.2. Matériel :

Le travail a été réalisé au laboratoire de recherche de Biotechnologie des productions végétales du département de Biotechnologie et Agro-écologie à Université Blida1.

#### I.2.1. Matériel végétal :

- La partie végétale utilisée pour la préparation d'extraits méthanolique sont les feuilles de *Ceratonia siliqua* L la récolte a été effectuée en février 2023 au niveau de la commune de Hadjout wilaya de Tipaza. Les espèces ont été identifiées botaniquement par Dr. Degaichia H (Communication personnelle).

Les graines de *Medicago sativa* L variété : Elmeliana d'origine : Italie : récolte : 2022.



**Figure 3: Les graines de *Medicago sativa* L.**

Les graines nous ont été fournies par le centre National de Contrôle et Certifications des Semences et des plants (CNCC) wilaya d'Alger El-Harrach.

### I.3. Méthodes :

#### I.3.1. Application d'extrait méthanolique sur les paramètres de germination d'espèce fourragère cultivée en condition saline :

Dans notre expérimentation nous avons choisi les extraits méthanolique qui sont riches en métabolites secondaires comme les poly phénols (Benhamadi, 2021).

##### I.3.1.1. Préparation de l'extrait végétal : (Romani et al., 2006) :



**Figure 4: Feuilles de caroubier sec.**

20g de feuilles séchées et broyées était mis en contact avec 100ml du mélange de méthanol 70% (v/v) et eau (30%). Après 24 heures d'agitation mécanique à température ambiante et à l'abri de la lumière, le mélange est filtré et évaporé à sec sous pression réduite à l'aide d'un évaporateur rotatif à 45°C afin d'obtenir l'extrait méthanolique. Les résidus obtenus sont conservés à 4°C jusqu'à utilisation. Les flacons contenant les extraits sont couverts par un papier aluminium et conservés à 4°C (Debbab, 2017). (Figure 5,6)



**Figure 6: Agitation mécanique à température ambiante et à l'abri de La lumière.**



**Figure 5: Evaporation à l'aide d'un Rotavapeur**

### **I.3.1.2. Protocole expérimentale de germination :**

Le but de cette partie est l'étude de l'influence d'extrait méthanolique à 200microlitres sur la germination des graines d'une 'espèce fourragère en présence et absence de NaCl. Pour cela, nous avons suivi ces 3 étapes :

**Etape 1.** Nous avons utilisé les graines de luzerne, elles sont préalablement désinfectées par l'hypochlorite de sodium à 10% pendant 2 min, (afin d'éliminer toute contamination fongique), ensuite rincées rigoureusement à l'eau distillée pendant 5 min et laissées séchés avant le commencement des tests de germination.

**Etape 2.** Répartition des graines (30 graines /boite) dans des boîtes de Pétri sur lesquelles sont tapissées 3 couches de papier absorbant. 4 boîtes de Pétri contenant 30graines chacune ont été utilisées pour chaque dose de NaCl (0-3-6-10 g/l).

**Etape 3.** Imbibition des graines avec de l'eau distillée pour le témoin (0g/l de NaCl), et l'eau distillée + NaCl pour les autres concentrations (3-6-10g/l). Dans la première partie nous avons appliqué l'imbibition sur des grains non amorcées, ainsi on l'a appliqué sur les graines amorcées avec 200micolitres d'extraits méthanolique de caroubier pendant 8h.

Les boîtes de Pétri sont enfin placés dans une étuve à une température 25°C, l'émergence de la radicule étant indicateur de la germination, Les graines germées sont dénombrées toutes les 24 heures pendant 10 jours.



**Figure 7: Germination des graines de luzerne après l'imbibition.**

### **I.3.2. Paramètres mesurés :**

#### **I.3.2.1. Taux de germination final :**

Ce paramètre constitue un meilleur moyen de déterminer la faculté germinative. Il est exprimé par le rapport nombre de graines germées sur nombre total de graines.

$$TG = (n/N).100$$

**n** : nombre de graines germées.

**N** : nombre totale de graines mises en germination.

#### **I.3.2.2. Moyenne de germination journalière :**

C'est le rapport entre le pourcentage de germination finale (TG%) et le nombre de jours à la germination finale (N) désigné par MDG « *Mean Daily Germination* » (**Osborne et al., 1993**)

$$MDG = TG/N$$

#### **I.3.2.3. Taux cumulé de germination :**

L'indice du taux cumulé de germination a été déterminé par l'utilisation de la formule modifiée décrite par **Bouton., (1976)**.

$$TCG = \frac{G2}{2} + \frac{G4}{4} + \frac{G6}{6}$$

Où G2, G4 et G6 sont les pourcentages de germination à 2, 4 et 6 jours après l'initiation de la germination.

#### **I.3.2.4. Vitesse de germination :**

Selon **Come, (1970)**, la vitesse de germination peut s'exprimer en temps moyen de germination (TMG) équivalent à l'inverse multiplié par 100 du coefficient de **Kotowski (1926)** et conduisant à la formule suivante :

$$TMG(jours) = \frac{(N1.T1) + (N2.T2) + \dots + (Nn.Tn)}{(N1 + N2 + \dots + Nn)}$$

**N1** : est le nombre de graines germées au temps T1,

**N2** : est le nombre de graines germées dans l'intervalle T1-T2.....

### **I.3.2.5. Le pourcentage d'inhibition% :**

Selon Come, 1970, c'est la différence entre le nombre de graines germées et le nombre total des graines sur le nombre de graines germées.

$$Ti = (n-N) / n * 100$$

**n** : Nombre de graines germées.

**N** : Nombre de graines total.

### **I.3.3.. Analyse quantitative des extraits (teneur en poly phénols):**

La teneur totale en composés phénoliques (TP) des extraits a été déterminée à l'aide du test FC décrit par **Singleton et Rossi (1965)**. 40 µl de solution d'extrait correctement dilué ont été mélangés avec 1,8 ml de réactif Folin-Ciocalte. Le réactif a été pré-dilué, 10 fois, avec de l'eau distillée. Après repos pendant 5 min à température ambiante, 1,2 ml de solution de carbonate de sodium (7,5 % p/v) ont été ajoutés. Les solutions ont été mélangées et laissées au repos pendant 1 h à température ambiante. Ensuite, l'absorbance a été mesurée à 765 nm, à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible. Une courbe d'étalonnage a été réalisée à partir d'une solution étalon d'acide gallique (20, 40, 60, 80 et 100mg/l,  $r^2=0,997$ ). Les résultats ont été exprimés sur la base du poids frais µg d'équivalent d'acide gallique par milligramme d'extrait.



**Figure 8: Dosage des poly phénols.**

### **I.3.4.Effets de l'amorçage des graines de la luzerne par les extraits méthanolique sur l'activité de l' $\alpha$ -amylases :**

L'a-amylase a été mesurée selon la méthode de **Xiao (2006)** en utilisant le Lugol. Les graines misent en germination (10 mg) ont été broyées dans 3 ml de solution tampon phosphate (ph7). Un millimètre (1 ml) de l'extrait a été additionné à 1 ml d'une solution d'amidon soluble (0.2% ; p/v). Après incubation à 50°C durant 30 min, 500 $\mu$ l d'acide chlorhydrique (HCl) ont été ajoutés pour arrêter l'activité enzymatique. Ensuite, 2.5 ml de Lugol (I2, KI) ont été additionnés. L'absorbance a été mesurée à 580 nm (A580.E).

Les résultats ont été exprimés en unité enzymatique par millilitre (U/ml), calculée selon la formule suivant :

$$U/ml = \frac{(A_{580.T} - A_{580.E})}{A_{580.ET} \times T \times V_{\text{extrait}}}$$

**A (580.T)** : Il s'agit de l'absorbance mesurée à une longueur d'onde de 580 nm dans un tube contenant l'échantillon d'enzyme.

**A (580.E)** : C'est l'absorbance mesurée à 580 nm dans un tube de contrôle ou un blanc (sans l'enzyme).

**A (580.ET)** : L'absorbance mesurée à 580 nm dans un tube contenant une solution témoin d'enzyme dont la concentration est connue.

**T** : Temps en minutes pendant lequel la réaction enzymatique a eu lieu.

**V extrait** : Volume de l'extrait enzymatique utilisé dans la réaction.

### **I.4. Analyses statistiques :**

L'analyse statistique des résultats ont été réalisé avec **le logiciel SPSS© version 20.0.0 pour Windows™**. Les expériences ont été répétées trois fois .Une analyse de la variance (ANOVA) suivie d'un test post-hoc de Tukey au seuil 5% est réalisée pour voir l'existence de différences statistiquement significatives entre les graines témoin et les graines qui ont été prétraitées par l'extrait végétal du Caroubier en présence et absence des différentes concentrations de NaCl.

## Chapitre II : Résultats et discussion

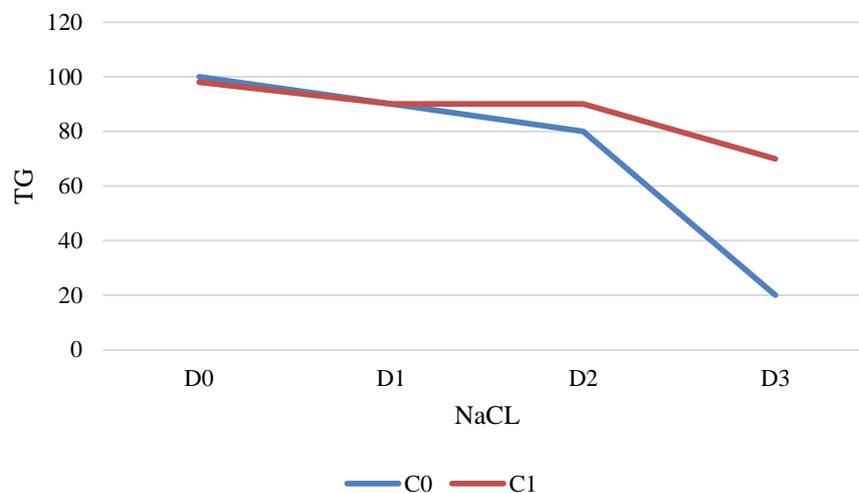
### II.1. Résultats :

#### II.1.1. Influence des différentes concentrations en NaCl en présence des extraits méthanolique sur la germination des graines de luzerne (*Medicago sativa* L) :

Pour déterminer l'effet d'extrait méthanolique d'une espèce de caroubier (*Ceratonia siliqua* L) sur la germination des graines la luzerne (*Medicago sativa* L.) nous avons étudié des paramètres physiologiques de germination comme : Evolution du taux de germination final(TG), Moyenne de germination journalière (MDG), la vitesse de germination (TMG), Taux cumulé de germination (TCG), le pourcentage d'inhibition %.

##### II.1.1.1 Taux de germination final (TG) :

La courbe de la figure 9 met en évidence le taux final de germination de la luzerne (*Medicago sativa* L.) En conditions de stress salin en présence et absence d'extrait de *Ceratonia siliqua* L.



**Figure 9: Effet de diverses concentrations salines (en g/l de NaCl) sur le taux de germination des graines traité par l'extrait de *Ceratonia siliqua* L.**

D0=0g/L, D1=3g/L, D2=6g/L, D3=10g/L,

C0=sans extrait, C1=200microlitre, extrait *Ceratonia siliqua* L.

On observe que le taux de germination des graines traitées avec du NaCl présente une diminution par rapport au groupe témoin. Les résultats indiquent des taux de 100% pour les

témoins (D0, C0), tandis que les graines traitées avec 3g/l de NaCl montrent un taux de 90%, celles traitées avec 6g/l de NaCl montrent 80%, et celles traitées avec 10g/l de NaCl montrent seulement 20% de taux de germination. Pour les graines traitées avec concentration de 200 microlitres d'extrait en combinaison avec 6g/l de NaCl, les taux enregistrés sont de 90%, et ils chutent à 70% pour les graines traitées avec concentration de 200 microlitres d'extrait et 10g/l de NaCl (voir figure 9).

L'analyse de variance révèle une différence significative entre le taux final de germination des graines traitées avec 200 microlitres d'extrait de *Ceratonia siliqua* L en présence de 10g/l de NaCl, par rapport aux graines non traitées et exposées au stress de 10g/l de NaCl ( $p=0.000$ ). Les traitements à base d'extrait à 200 microlitres en présence de 10g/l de NaCl ont conduit à une augmentation de ce taux de germination.

### II.1.1.2. Vitesse de germination (TMG) :

La Figure 10 met en évidence les fluctuations dans le temps moyen de germination (t) des graines de luzerne, soumises à des essais avec l'extrait de *Ceratonia siliqua* L en présence de niveaux croissants de NaCl, ce dernier étant inversement proportionnel à la vitesse de la germination.

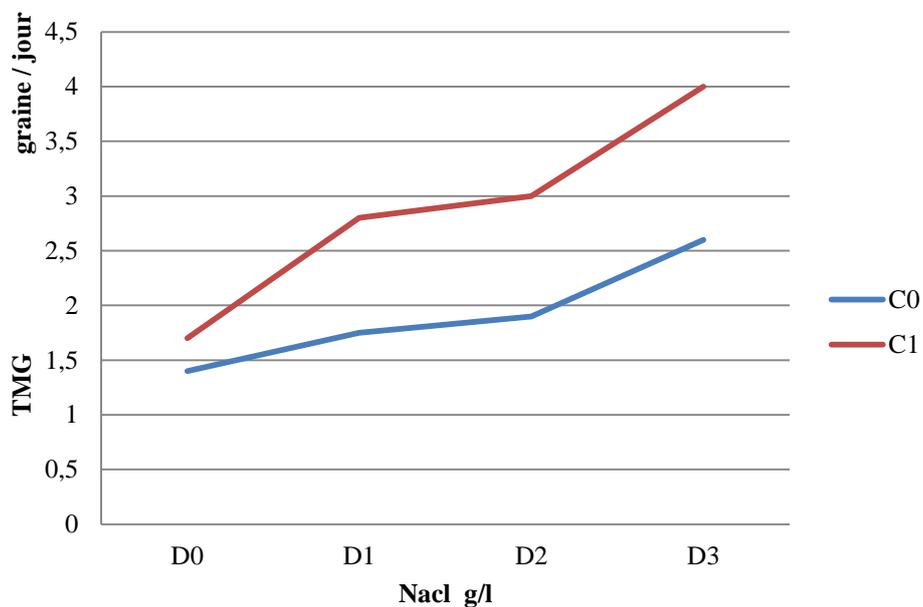


Figure 10: Vitesse de germination (TMG) de la germination observée au niveau Des différents lots de graines témoins et traités par l'extrait de *Ceratonia siliqua* L

D0=0g/L, D1=3g/L, D2=6g/L, D3=10g/L.

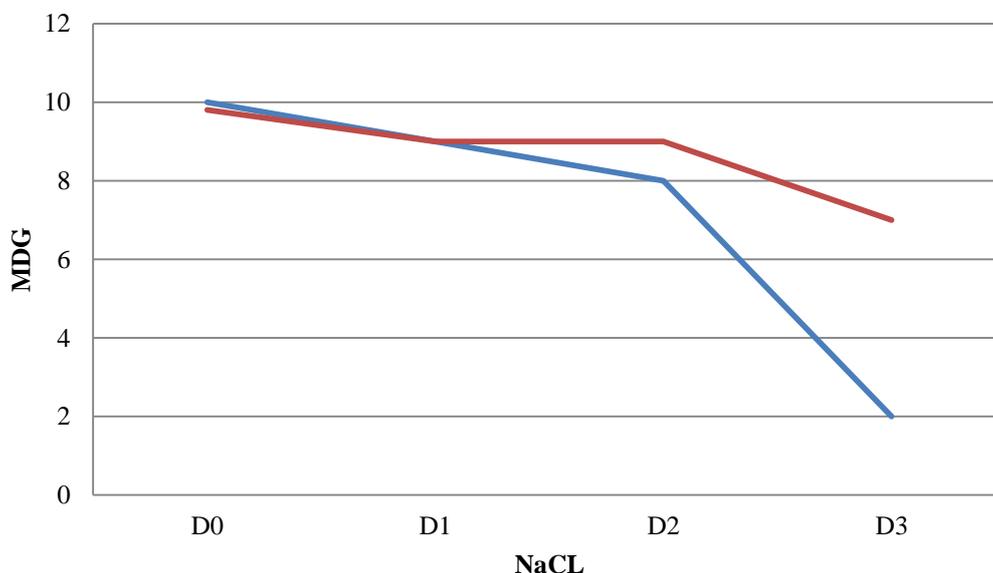
C0=sans extrait, C1=200 microlitres d'extrait de *Ceratonia siliqua* L.

On observe que le temps moyen de germination des graines qui n'ont pas été prétraitées augmente en comparaison avec le groupe témoin pour les concentrations de 3 /6 et 10g/l. Plus spécifiquement, des valeurs de 2, 8 / 3 / 4 graines/jours sont enregistrées. Le traitement au NaCl provoque une diminution de la vitesse de germination des graines de luzerne traitées. En ce qui concerne les graines traitées avec concentration de 200 microlitres d'extrait aux mêmes niveaux de NaCl, des durées respectives de 1,75 /1,9 et 2,60 graines/jours sont enregistrées (voir Figure 10). L'analyse de la variance montre qu'il y avait une différence significative entre le temps moyen de germination des graines traitées à 200microlitres de l'extrait de *Ceratonia siliqua* L celle des graines non traitées ( $p=0.000$ ).

En résumé, nous pouvons conclure que le traitement avec l'extrait méthanolique a un impact positif sur la vitesse de germination des graines de luzerne, en les accélérant.

### II.1.1.3. Moyenne de germination journalière (MDG) :

Les valeurs des moyennes de germination journalière (MDG) des graines de la luzerne soumises à différents concentrations de NaCl en présence et en absence d'extrait de *Ceratonia siliqua* L sont représentées dans la figure ci-dessous.



**Figure 11: L'effet des différentes concentrations en NaCl sur la moyenne de germination des graines traité par l'extrait de *Ceratonia siliqua* L.**

D0=0g/L, D1=3g/L, D2=6g/L, D3=10g/L.

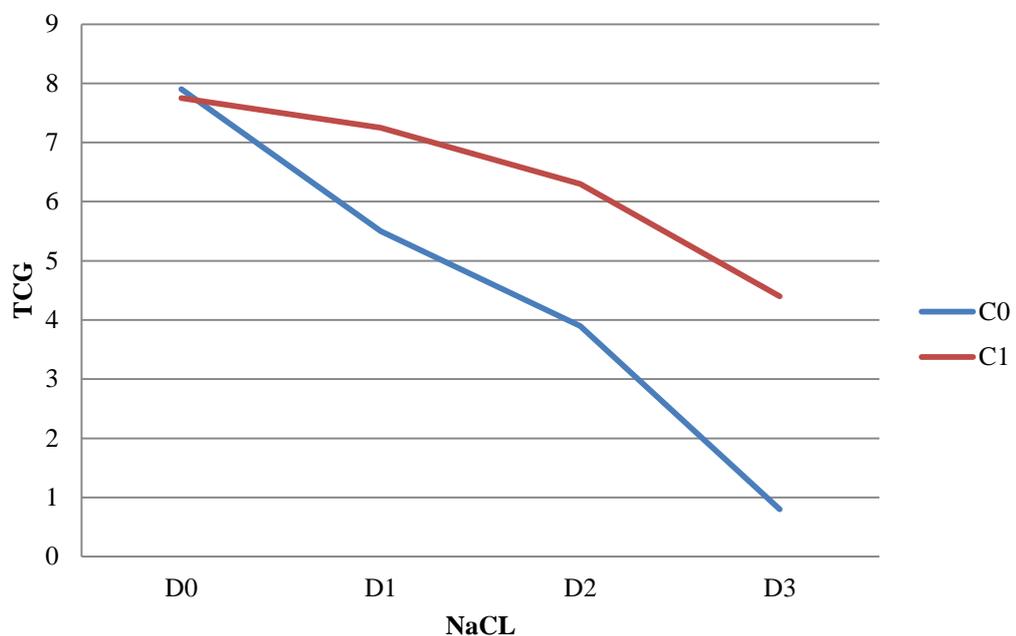
C0=sans extrait, C1=200 microlitres d'extrait de *Ceratonia siliqua* L.

On note que les moyennes de la germination quotidienne (MDG) des graines de luzerne diminuent en présence de concentrations élevées de NaCl. Les résultats indiquent 10 graines par jour pour le groupe témoin, 9 graines par jour pour les graines traitées avec 3g/l de NaCl, et 8 graines par jour pour celles traitées avec 6g/l de NaCl. Cette valeur diminue à 2 graines par jour pour les graines traitées avec 10g/l de NaCl (voir Figure 11).

L'analyse de variance avec un seuil de 5% révèle une différence significative entre les valeurs des moyennes de germination quotidienne pour les graines pré-amorcées et traitées avec 10g/l de NaCl, par rapport aux graines non amorcées ( $p=0.000$ ). Ainsi, nous pouvons conclure que le traitement avec les extraits de *Ceratonia siliqua* L contribue de manière significative à l'amélioration de la moyenne de germination quotidienne.

#### II.1.1.4. Taux cumulé de germination (TCG) :

La Figure 12 met en évidence les fluctuations dans le Taux cumulé de germination (TCG) des graines de luzerne, soumises à des essais avec l'extrait de *Ceratonia siliqua* L en présence de niveaux croissants de NaCl, ce dernier étant inversement proportionnel à la vitesse de la germination.



**Figure 12: Taux cumulé de germination observé au niveau des différents lots de graines témoins et traités par l'extrait foliaire méthanolique de *Ceratonia siliqua* L.**

D0=0g/L, D1=3g/L, D2=6g/L, D3=10g/L.

C0=sans extrait, C1=200 microlitres d'extrait de *Ceratonia siliqua* L.

On observe que les valeurs relatives au taux cumulé de germination (TCG) des graines de Luzerne en présence d'extrait de caroubier surpassent celles des graines non prétraitées sauf en 3, 6, 10 g/l. Pour les graines de Luzerne non prétraitées, le taux cumulé de germination est de 7,9%, ce qui constitue la valeur la plus élevée enregistrée. En revanche, dans les groupes de graines prétraitées, le taux cumulé de germination est de 7,75% (voir figure 12).

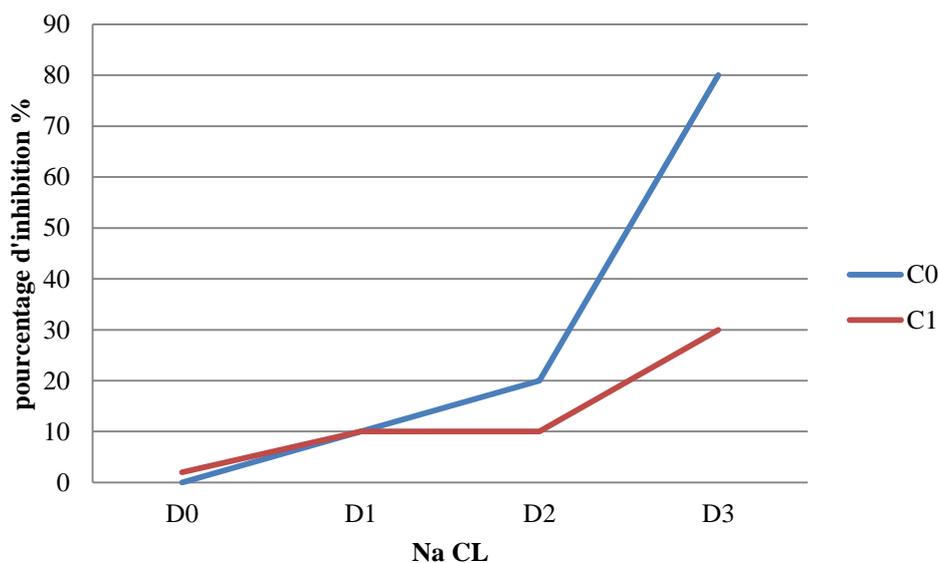
Il est important de noter que la valeur minimale du TCG (0,8%) est observée chez les graines ayant subi un traitement de germination en présence d'une concentration de 10g/l de NaCl en l'absence d'extrait. En contraste, une valeur de 4,4% est enregistrée pour les graines traitées avec l'extrait de *Ceratonia siliqua* L (voir figures 12).

Lorsqu'une concentration de 3g/l d'extrait est présente, le TCG atteint 7,25%, tandis qu'en absence d'extrait de caroubier, le TCG est de 5,5%. Cette valeur continue de mettre en évidence l'effet positif (significatif) de l'amorçage par *Ceratonia siliqua* L sur le taux cumulé de germination.

L'analyse de la variance au seuil 5% a montré qu'il y a une différence significative entre les valeurs des taux cumulé de germination des graines amorcées et traitées avec 10g/l de NaCl et celles des graines non amorcées ( $p=0.000$ ). Nous pouvons dire que les traitements par l'extrait de *Ceratonia siliqua* L permettent d'améliorer significativement le taux cumulé de germination.

#### **II.1.1.5.. Pourcentage d'inhibition % :**

Le pourcentage d'inhibition (%) de la germination des graines de la luzerne soumises à différents concentrations de NaCl en présence et en absence d'extrait de *Ceratonia siliqua* L sont représentées dans la figure ci-dessous.



**Figure 13: pourcentage d'inhibition de la germination observé au niveau des différents lots de graines témoins et traités par l'extrait foliaire méthanolique de *Ceratonia siliqua* L.**

D0=0g/L, D1=3g/L, D2=6g/L, D3=10g/L.

C0=sans extrait, C1=200 microlitres d'extrait de *Ceratonia siliqua* L.

On note que le pourcentage d'inhibition de la germination a enregistré une augmentation observable chez les graines traitées avec des concentrations croissantes de NaCl 3, 6, 10 g/l (10% à 3g/l), (20% à 6 g/l) et (80 % à 10 g/l). Par contre chez les graines traitées avec une concentration de 200microlitres d'extrait de *Ceratonia siliqua* L. nous avons enregistré de faibles valeurs, 10 % à 6 g/l et 30 % d'inhibition à 10 g/l (figure13).

L'analyse de la variance nous permet de constater que l'amorçage des graines par l'extrait à 200microlitres induit une différence significative ( $p=0,000$ ) à 6g et 10g/l. Nous pouvons dire que les traitements par l'extrait de *Ceratonia siliqua* L permettent d'améliorer significativement le pourcentage d'inhibition de la germination.

### **II.1.2. Analyse quantitative des extraits (teneur en poly phénols) :**

Les résultats montrent que la teneur en polyphénols des extraits sont de : **0.837  $\mu$ g EAG/mg**

### II.1.3. Influence des différentes concentrations en NaCl en présence d'extrait méthanolique *Ceratonia siliqua* L sur l'activité des $\alpha$ amylases des graines de luzerne (*Medicago sativa* L).

Dans l'absence d'extrait de *Ceratonia siliqua* L, on observe une réduction progressive de l'activité de l' $\alpha$ -amylase avec l'augmentation de la concentration de NaCl. Les valeurs vont de 1,45 (0 g/l de NaCl) à 1,11 (10 g/l de NaCl).

Cependant, en présence d'extrait de *Ceratonia siliqua* L, les résultats montrent une tendance différente. Les valeurs semblent plus stables et ne montrent pas la même réduction progressive avec l'augmentation de la concentration de NaCl. Par exemple, à 3g/ l'activité de  $\alpha$ -amylase est de 1,74U/ml, ce qui est légèrement supérieur à la valeur sans extrait à la même concentration de NaCl. (Voir le tableau 1).

**Tableau 1: Activité des  $\alpha$ -amylases des graines de luzerne en présence d'extrait de *Ceratonia siliqua* L.**

NaCl	A-amylase U /ml	NaCl + extrait	A-amylase U /ml
0 g /l	1.45	0 g /l	170.
3 g /l	1.35	3 g /l	1.74
6 g /l	1.21	6 g /l	1.51
10 g/l	1.11	10 g /l	1.63

Les valeurs représentent la moyenne de 2 mesures.

## II.2.Discussion :

Dans le cadre de cette étude axée sur l'effet biostimulant et bioprotecteurs de l'extrait végétal de *Ceratonia siliqua* L sur les graines d'une espèce fourragère (luzerne) au stade de germination, nous avons examiné comment les différentes concentrations de NaCl (0, 3, 6, 10g/l) influencent ce processus crucial. Les résultats obtenus offrent des aperçus significatifs sur l'interaction entre l'extrait de *Ceratonia siliqua* L, le sel et la germination des graines de luzerne.

Les résultats de nos études indiquent clairement que la germination des graines de *Medicago sativa* L est fortement influencée par la présence de NaCl ainsi que par l'extrait de *Ceratonia siliqua* L. L'effet inhibiteur du NaCl sur la germination est apparent, avec une diminution significative du taux de germination à mesure que la concentration de NaCl augmente. Les groupes témoins présentent un taux de germination de 100%, ce qui met en évidence la capacité intrinsèque des graines à germer dans des conditions optimales.

Lorsque les graines sont exposées à des concentrations croissantes de NaCl, le taux de germination diminue de manière significative. Ceci suggère que le stress salin imposé par le NaCl a un effet négatif sur la capacité des graines à germer. Par exemple, le groupe traité avec 10g/l de NaCl affiche un taux de germination aussi bas que 20%, ce qui montre que le stress salin sévère a un impact majeur sur la germination.

Cependant, nos résultats prennent une tournure intéressante lorsque l'extrait de *Ceratonia siliqua* L est introduit en conjonction avec les concentrations de NaCl. Les graines traitées avec cet extrait montrent une amélioration significative de leur taux de germination par rapport aux graines traitées uniquement avec NaCl. Cela suggère que l'extrait de *Ceratonia siliqua* L a un effet bénéfique sur la germination en atténuant partiellement les effets néfastes du stress salin.

L'analyse des temps moyens de germination révèle une tendance similaire. Les graines exposées au NaCl présentent des temps de germination plus longs, indiquant une vitesse réduite de germination. Cependant, l'ajout d'extrait de *Ceratonia siliqua* L semble accélérer la vitesse de germination, ce qui peut contribuer à compenser les effets négatifs du NaCl.

En ce qui concerne les moyennes de germination quotidienne (MDG), nos résultats montrent une corrélation directe avec les taux de germination. Les concentrations élevées de NaCl entraînent une diminution du nombre de graines germinées par jour, ce qui est cohérent

avec la baisse du taux de germination global. Cependant, une fois de plus, l'introduction d'extrait de *Ceratonia siliqua* L semble avoir un effet positif en maintenant des MDG plus élevées même en présence de NaCl.

Le taux cumulé de germination (TCG) reflète également cette tendance. Les lots de plantes traités avec l'extrait de *Ceratonia siliqua* L montrent des valeurs de TCG plus élevées que les lots de plantes non traités, suggérant une augmentation générale de la germination à long terme grâce à cet extrait.

Les résultats montrent que le traitement à base d'extrait de *Ceratonia siliqua* L va un impact positif sur le taux de germination, le taux cumulé de germination, le pourcentage d'inhibition et moyenne de germination journalier des graines de luzerne soumises au stress salin. Cela suggère que l'extrait a un effet biostimulant, ce qui signifie qu'il peut aider à atténuer les effets négatifs du stress salin sur la germination. Cette recherche pourrait avoir des implications significatives pour le développement de pratiques agricoles plus résilientes dans des conditions de sols salins.

L'effet positif (stimulateurs ou inhibiteur) des extraits organiques comme les extraits d'algues, extraits de plantes...ect a été rapporté par plusieurs auteurs (**Germit Safa et al., 2021 ; Dalhi.K.2019 ; Cherif ,R et al., 2015**) nos résultats concordent avec ce qui été observé par ces chercheurs.

La variation des résultats peut s'expliquer par plusieurs facteurs, tels que les conditions de croissance des caroubiers, la technique d'extraction des polyphénols et les différences naturelles dans la composition chimique des plantes.

De plus, l'extrait riche en polyphénols pourrait avoir un potentiel bénéfique en tant que biostimulant pour les graines exposées au stress salin, grâce aux propriétés antioxydants des polyphénols qui peuvent aider à atténuer les effets nocifs du sel sur les plantes.

Les études sur les teneurs en polyphénols totaux des feuilles de caroube sont peu nombreuses, ont été rapportées par plusieurs auteurs (**El-Hajaji et Al., 2010 ; Custódio L, Escapaal., 2010 ; Anis B, Trigui M, 2015 ; Fatima Zohra G, Fluckiger A, 2017**). Ces résultats sont supérieurs à la teneur en polyphénols que nous avons obtenu.

Les stress abiotiques entre autre la salinité contribuent à la diminution des réserves protéiques et amylacées chez les espèces cultivées (**Bendkhi et al., 2010 ;Mihoub et al., 2005**).

Dans la même optique, on note une diminution significative de la teneur en  $\alpha$ -amylase au niveau des graines de *Medicago sativa* L non amorcées et stressées. Parmi les contraintes ressenties par certaines plantes, à l'application du stress salin est une modification du potentiel du milieu affectant les co-facteurs indispensables au fonctionnement optimale d'une majorité d'enzymes. La fluctuation des concentrations en sel aura également un effet nuisible préjudiciable à la structure et fonctionnement de ces enzymes (**Hassani et al., 2002 ;Mihoub et al., 2005**).

La présence d'extrait de *Ceratonia siliqua* L. semble avoir un effet stabilisant sur l'activité de l' $\alpha$ -amylase par rapport aux concentrations croissantes de NaCl. Cela suggère que cet extrait pourrait avoir un impact positif sur la résistance de la luzerne au stress salin.

La réduction progressive de l'activité de l' $\alpha$ -amylase en l'absence d'extrait de *Ceratonia siliqua* L. avec l'augmentation de la concentration de NaCl peut être due à une inhibition de l'enzyme par le sel ou à des dommages aux structures cellulaires des graines de luzerne. La dégradation de l'amidon servirait à un ajustement osmotique cellulaire assurant ainsi une absorption d'eau continue et par conséquent une imbibition optimale de la graine.

## Conclusion :

Notre étude met en évidence les effets biostimulants et bioprotecteurs de l'extrait végétal de *Ceratonia siliqua* L sur le processus de germination des graines de luzerne en présence de différents niveaux de stress salin induit par le NaCl. Les résultats obtenus soulignent plusieurs conclusions clés qui contribuent à une meilleure compréhension de cette interaction complexe.

Il est évident que le NaCl exerce un effet inhibiteur direct sur la germination des graines de luzerne (*Medicago sativa* L). Les taux de germination diminuent de manière significative avec l'augmentation des concentrations de sel, démontrant l'impact négatif du stress salin sur la capacité intrinsèque des graines à germer. Les temps de germination plus longs et les faibles moyennes de germination quotidienne observés confirment ces effets défavorables du NaCl sur la dynamique de la germination.

Toutefois, l'introduction d'extrait de *Ceratonia siliqua* L renverse en grande partie ces effets néfastes du stress salin. L'extrait semble avoir un effet positif sur le taux de germination, les moyennes de germination quotidienne, le pourcentage d'inhibition et le taux cumulé de germination des graines exposées aux concentrations élevées de NaCl. Cette observation suggère que les extraits de *Ceratonia siliqua* L ont le potentiel de servir de facteurs biostimulants en favorisant la germination malgré les conditions de stress.

Les résultats de notre étude montrent que l'extrait de caroubier présente une variation significative de la teneur en polyphénols. L'extrait est riche en polyphénols et pourrait être considéré comme le plus prometteur pour une utilisation en tant que biostimulant pour les graines soumises à un stress salin.

Notre études ont démontré que la présence d'extraits de *Ceratonia siliqua* L. semble avoir un effet protecteur sur l'activité de l' $\alpha$ -amylase des graines de luzerne exposées à des concentrations croissantes de NaCl. Cela suggère que cet extrait pourrait être utilisé pour améliorer la résistance de la luzerne au stress salin.

En conclusion, nos études fournissent des informations substantielles sur l'interaction entre le stress salin, l'extrait de *Ceratonia siliqua* L et la germination des graines de luzerne. Les résultats indiquent que l'extrait peut agir comme un agent biostimulant en améliorant la germination sous stress salin. Cette découverte pourrait avoir des applications potentielles

dans le domaine de l'agriculture en aidant à atténuer les effets néfastes du stress environnemental sur la germination des cultures.

En se basant sur ces résultats, il est pertinent de conclure que les extraits organiques détiennent des propriétés biostimulants et bioprotectrices qui se manifestent même à des concentrations réduites. Cet extrait stimule la germination des graines de luzerne.

Par conséquent, une meilleure compréhension de ce phénomène pourrait ouvrir des perspectives prometteuses pour la gestion de la végétation dans les champs cultivés, contribuant ainsi à la protection des cultures contre les effets néfastes du sel.

## Références bibliographiques :

- **Aafi, A. 1996.** Le caroubier : Caractères botaniques et écologiques, groupements végétaux, techniques d'e levage en pépinière, traitement et soins culturaux, utilisation et production. Centre national de lare-cherche forestière. Maroc, 1-7
- **Achour A., 2005.** L'effet du traitement salin sur l'évolution des ions na<sup>+</sup> et k<sup>+</sup> chez l'Atriplexhalinus l. thèse de magister, univ. d'Oran es-senia.
- **Ait Chitt, M., Belmir, H., & Lazrak, A. 2007.** Production de plants sélectionnés et greffe s de caroubier. Bulle-tin mensuel d'information et de liaison du PNTTAMAPM/DERD, 153, 1-4.
- **Albanell, E., 1990.** Caracterizacionmorfologica, composicionquimica y valornutritivo de distintas variedades de garrofa (*Ceratoniasiliqua* L) cultivadas in España, Tesis Doctorat Barcelona ; España, pp 209.
- **Anis B, Trigui M, Jarraya R, Mohamed D, Jaoua S, 2015.** Identification of phenolic compounds by high performance liquid chromatography/mass spectrometry (HPLC/MS) and in vitro evaluation of the antioxidant and antimicrobial activities of *Ceratoniasiliqua* leaves extracts. *J Med Plants Res.* 9:479-85.
- **Avallone, R., Plessi, M., Baraldi, M., & Monzani, A., 1997.** Determination of chemical composition of carob (*Ceratoniasiliqua*): protein, fat, carbohydrates, and tannins. *Journal of food composition and analysis*, 10(2), 166-172.
- **Baazize. N, 2022.** contribution à l'amélioration de la germination de quelques espèces horticoles par les techniques de priming, 36 p.
- **Baum N., 1989.** Arbres et arbustes de l'Egypte ancienne, 354 P.
- **Begum, M.M., Sariah, M., Puteh, A.B., Zainal-Abidin, M.A., Rahman, M.A. and**
- **BELKHODJA M., BIDAJ Y., 2004.**Analyse de la proline pour l'étude de la résistance d'unehalophyte *Atriplexhalinus* L à la salinité, p.56
- **Belkhodja, M ; Bidai, Y. 2004.**Réponse de la germination des graines d'*Atriplexhalinus* L. sous stresssalin. *Sécheresse.*15 : 331-335.
- **Benidire L. Bouarab L. Daoui K. Fatemi Z A. Achouak W. Oufdou K, 2014.**Effet dustress salin sur la germination et le développement des plantules de *Vicia faba* L. (Effect ofsalt stress on germination and seedling of *Vicia faba* L.)*J. Mater. Environ. Sci.* 6 (3) (2015)840-851.

- **Benidire L., Daoui K., Fatemi Z.A., Achouak W., Bouarab L., Oufdou K., 2015.** Effet du stress salin sur la germination et le développement des plantules de *Vicia faba*(L.). *Journal of Materials and Environmental Science*, vol 6 (3), 840-851.
- **Ben Khaldi H., 2013.** Détermination de l'activité antioxydante des polyphénols du Caroubier (*Ceratonia siliqua* L) de la région de Tlemcen, En vue de l'obtention du diplôme de master en Biologie, Université Abuubekr Belkaid, p12.
- **Bengoechea B., Rome A., Villanueva A., Moreno G., Alaiz M., Millán F., Guerrero A., Puppo M.C., 2008.** Composition and structure of carob (*Ceratonia siliqua* L.) germ proteins, *Food Chemistry*. 107(2): 675-683.
- **Bhatt RM, Selvakumar G, Upreti KK, Boregowda PC, 2015.** Effect of Biopriming with *Enterobacter* strains on seed germination and seedling growth of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) under osmotic stress. *Proc Natl Acad Sci India Sect B— Biol Sci*. 85(1):639.
- **Biner., 2007.** Sugar profiles of the Pods of cultivated and wild types of carob bean (*Ceratonia siliqua* L) in Turkey. *Food Chemistry*, 100, 1453-1455.
- **Boscaiu, M., & Fita, A. 2020.** Physiological and Molecular Characterization of Crop Resistance to Abiotic Stresses. *Agronomy*, 10(9), 1308.
- **Botineau M, 2010.** Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs. Ed. Tec & Doc. Paris.
- **Boucelha L, Djebbar R, 2019.** Synthèse sur le priming des graines, 4p
- **Boucelha L, Djebbar R, and Abrous Belbachir O. 2019.** *Vigna unguiculata* (L) ; Walp. Seed priming is related to redox status of plumule, radicle and cotyledons. *Functional plant biology*, DOI : 10. 1071/FP18202.
- **Boucelha L, Djebbar R. 2015.** influence de différents traitements de prégermination des graines de *vigna unguiculata* (L). Walp. Sur les performances germinatives et la tolérance au stress hydrique. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ* ; 19(2) :132-144
- **Bouhrem, L. 2019.** Le caroubier : Valorisation et utilisation industrielle. The se de Master, Univ. Abdelhamid Ibn Badis - Mostaganem 93.
- **Bradford K. J. 1986.** Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. *Hort Science*. 21 :1105-1112.
- **Bravo, L., Grados, N., and Calixto, F.S. 1994.** Composition and potential Uses of Mesquite Pods (*Prosopis pallid* L) : comparaison with caroub Pods (*Ceratonia siliqua* L). *J. Sci Food Agric*, 65, 303\_306.

- **Bruce T.J.A., Matthes M.C., Napier J.A., Pickett J.A. 2007.**Stressful “memories” of plants: evidence and possible mechanisms. *Plant Science.*, 173: 603-608.
- **Bruneton J, Poupon E, 2016.** Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. 5e éd. Paris Lavoisier Tec & doc.
- **Bulgari.R, Cocetta.G, Trivellini.A, Vernieri.P, Ferrante.A 2015.**Biostimulants and corpresponses. A review biological agriculture and horticulture an international journal for sustainable production systems : 31 : 1-17.
- **Chaabane, S., & Benreda, Z. 1997.**inventaires des sols salés d’Algérie. A .N. R. H. Pédologie. 22p.
- **Chaabena A. et Abdelguerfi A., 2001.** Situation de la luzerne pérenne dans le Sahara et comportement de quelques populations locales et variétés introduites dans le sud-est du Sahara algérien. *Options méditerranéennes. Série A, No.79.CIHEAM. PP 57-60..ITGC 2001* laculture de la luzerne (*Medicago Sativa L*), 4P.
- **CHAABENA.A et al., 2011.**Quelquespopulationssahariennesde luzerne pérenne (*MedicagoSativa L.*) face à un stress hydrique des Bio Ressources p 37.
- **Chaibou, I., Souley, M. H. I., Banoïn, M., Akpo, L. E. 2016.** Criblage et caractéristiques de germination des semences de *Jatropha curcas L.* (Euphorbiacée) en milieu expérimental au Niger. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(2), 749-759.
- **Chamekh Z., 2010.** Analyse de la réponse de quelques génotypes de blé dur chez deux génotypes de *Medicago Sativa L*, *international journal of innovation and applied studies* ISSN 2028-9324 Vol 3 No 2 P 511-516.
- **Chouhim A, Latigui A, Belkhodja M, Abba A, 2022.**Exogenous applications of exudates roots of common glasswort on eggplant under salt stress, *Ukrainien journal of ecology*,29-35.
- **Cumo C, 2013.**Encyclopedia of cultivated plants from acacia to zinnia. Volume I: A-F. California.
- **Custódio L, Escapa AL, Fernandes E, Fajardo A, Aligué R, Alberício F, et al, 2010.** In vitro cytotoxic effects and apoptosis induction by a methanol leaf extract of carob tree (*Ceratonia siliqua L.*). 10.
- **Dellali S, Aloui F, Selmi H, Sebei H, 2018.**Comparison of the chemical composition and the antioxidant activity of the leaves of Carob tree (*Ceratonia siliqua L.*) collected in three sites of Djebel Zaghouan (Tunisia). *Journal of New Science Agriculture and Biotechnology*, Vol (21), pp 3429-3438.

- **Deshmukh, A.J. R.S. Jaiman, R.P. Bambharolia, V.A.Patil, 2020.** Seedbiopriming-a review. *Int. J. Econ. Plant.*, pp. 038-043. *Dictionnaire de la biologie des semences et des plantes .Contribution à l'étude de quelques mécanisme d'adaptation à la salinité chez le tournesol cultivé ( Helianthus annuus L . ). Ed Tec&Doc .Lavoisier . 136 : 29 – 34 .*
- **Dewick, P.M, 2002.** *Medical natural products a biosynthetic approach.* John. Wiley et son.
- **D.S.A. de Tipaza, 2019.** Direction des services Agricoles de la wilaya de Tipaza. Document interne, non publié.
- **Du Jardin P2015.** Plant Biostimulants: Définition, concept, Principales catégories et réglementation. *Scientia Horticulturae.* 2015; 196: 3-14. DOI: 10.1016 /J.Scent.2015.09.021.
- **El Hajaji HE, Lachkar N, Alaoui K, Cherrah Y, Farah A, Ennabili A, et al, 2010.** Antioxidant Properties and Total Phenolic Content of Three Varieties of Carob Tree Leaves from Morocco. *Rec Nat Prod.* 2010;12.
- **Eguchi. R. Kawahara. J. Kanaya. S, 2017.** classification of alkaloid compounds based on skeleton (srs) profiling on finding relationship of compounds with metabolic pathway. *J comput aided chim* 18-58-75.
- **Fadel, F., Fattouch, S., Tahrouch, S., Lahmar, R., Benddou, A., Hatimi, A. 2011.** The phenolic compound of *Ceratonia siliqua* pulps and seeds. *J. Mater. Environ. Sci., Vol (2),* pp285-292.
- **Faessel L, Gomy C, Nassr N, Tostivint C, Hipper C, Dechanteloup A, 2014.** Produits de stimulation en agriculture visant à améliorer les fonctionnalités biologiques des sols et des plantes-Étude des connaissances disponibles and recommandations stratégiques. *BIO&RITTMO.* 156 pp.
- **Fatima Zohra G, Fluckiger A, Nani A, Dumont A, Rosny C, Aboura I, et al, 2017.** Carob leaf polyphenols trigger intrinsic apoptotic pathway and induce cell cycle arrest in colon cancer cells. *J Funct Foods.* 33:112-21.
- **Fontanay S, 2012.** Complexation de tri terpènes pentacycliques par des cyclodextrines : caractérisations physicochimiques et activités biologiques [phdthesis]. Université de Lorraine.
- **FAOSTAT,** The Statistics division of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2013. ([www.faostat.fao.org](http://www.faostat.fao.org)).
- **Ghassemi, F., Jakeman, A. J., & Nix, H. A. 1995.** Salinisation of land and water resources: human causes, extent, management and case studies. CAB international.

- **Ghassemi-Golezani K., Chadordooz-Jeddi A., Nasrullahzadeh S., Moghaddam M. 2010.** Influence of hydro-priming duration on field performance of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *African Journal of Agricultural Research*, 5(9): 893-897.
- **Gubbuk H., Kafkas E., Guven D., Gunes E. 2010.** Physical and phytochemical profile of wild and domesticated carob (*Ceratonia siliqua* L.) genotypes. *Span. J. Agric. Res.* 8: 1129–1136.
- **Hajlaoui H., Denden M et Bouslama M., 2007.** Etude de la variabilité.
- **Hamom S 2001.** Des modèles biologiques à l'amélioration des plantes. Ed. IRD. Paris, P 657.
- **Hebrard C. 2012.** Contrôle épigénétique de l'induction et de la tolérance à la montaison chez la betterave sucrière. Thèse de doctorat, Université d'Orléans. France. 285 p
- **Hopkins W. G. 2003.** Physiologie végétale. Ed. De boeck. Paris. 495 p
- **HOPKINS, W.G. 2003.** Physiologie Végétale. 2e ed. De boeck. Paris, France. 514.
- **Hu YC, Schmidhalter U, 2004.** Limitation of salt stress to plant growth. In: Hock and Elstner (eds) *Plant Toxicity*. Marcel Dekker Inc, New York. pp 191-224
- **Huong, T.T.L., Padgham, J.L. and Sikora, R.A. 2009.** Biological control of the rice root knot nematode *Meloidogyne graminicola* on rice, using endophytic and rhizosphere fungi. *International Journal of Pest Management* 55:31-36.
- **Ilyess lachhab et al 2013.** Effet d'un stress salin sur la germination et l'activité enzymatique chez deux génotypes de *Medicago Sativa* L, *International Journal of Innovation and Applied Studi* ISSN 2028-9324 Vol. 3 No. 2 June 2013, pp. 511-516.
- **Jean -Nicolas B., Marie-Christine P et Philips U P., 2011.** Impact de la pollution saline sur la biocénose aquatique de la Moselle, *LIEBRE*, 60P.
- **Jisha K. C., Vijayakumari K., Puthur Jos T. 2013.** Seed priming for abiotic stress tolerance.
- **Kaderi, M., Hamouda, G. B., Zaeir, H., Hanana, M., & Ham-rouni, L. 2015.** Notes ethnobotanique et phytopharmacologique sur *Ceratonia siliqua* (L.). *Phytotherapie*, 13(2), 144-147.
- **Keren, R. 2000.** Salinity. In: Sumner M.E. (Ed). *Handbook of Soil Science*. CRC Press, NY, USA, pp G3-G25.
- **Klenow S., Glei M., Haber B., Owen R et Pool-Zobel B.L, 2007.** Carob fibre compound modulate parameters of cell growth differently in human HT29 colon adenocarcinoma cells than in LT97 colon adenoma cells. *Food and Chemical Toxicology*.

- **Lachkar N, Al-Sobarry M, El-Hajaji H, Lamkinsi T, Lachkar M, Cherrah Y, et al, 2016.** Anti-inflammatory and antioxidant effect of *Ceratonia siliqua* L. Methanol barks extract. *J Chem Pharm Res*:202-10.
- **Lobell, D. B. 2014.** Climate change adaptation in crop production: Beware of illusions. *Global Food Security*, 3(2), 72-76.
- **Lobell, D. B. 2014.** Climate change adaptation in crop production: Beware of illusions. Louca, A., & Papas, A. 1973. The effect of different proportions of carob pod meal in the diet on the performance of calves and goats. *Animal Science*, 17(2), 139-146.
- **Louca A. & Papas A., 1973.** The effect of different proportions of carob pod meal in the diet on the performance of calves and goats. *Anim. Prod.* 17: 139-146.
- **Macheix JJ, Fleuriet A, Jay-Allemand. C, 2015.** Les composés phénoliques des végétaux: un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. PPUR presses polytechniques; 2005. 212 p.
- **Mahdad M., 2013.** Situation et perspectives d'amélioration du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) dans le Nord-ouest de l'Algérie. Mémoire de magistère en agronomie, université de Tlemcen ,76p.
- **Marinoff M. A, Zago G. L, Pzocik H. j, Chifa C, Giménez M.C, 2005.** Contribution al.
- **Mauries .M, 2003.** La luzerne : culture, récolte, conservation, utilisation Paris France Agricole Editions, Amazon France, 11 – 15 – 19 p.
- **Mazliak. P. 1981.** Physiologie végétale. Nutrition et métabolisme. Ed. Hermann paris, 349 p.
- **McDonald M.B. 2000.** Seed priming. In Black M and Bewley J.D. (eds.), *Seed technology and its biological basis*. Sheffield Academic Press Ltd, Sheffield, England, pp. 287-325.
- **Metrouh H., 2009.** Etude du pouvoir antioxydant de *Ceratonia siliqua* : Effets de la température et du solvant d'extraction, Mémoire En vue de l'obtention du Diplôme de Magister en Biologie, Université Abderrahmane Mira Bejaia.
- **Mihoub A., Chaoui A., El Ferjani E, 2005.** Changements biochimiques induits par le cadmium et le cuivre au cours de la germination des graines de petit pois (*Pisum sativum* L.). *C. R. Biologies* 328 : 33-41.
- **Moreno Ij 2015.** Réponse in vitro de la banane CV.Grande Naine '(Musa AAA) transformée avec le gène d'osmotine AP24 vers le stress de l'eau : Université centrale « Marta Abruu » de LasVillas; 2015. 100 p.

- **Muniz, M. N, 2006.** Synthèse d'alcaloïdes biologiquement actifs la (+)-anatoxine-a et la (+)-camptothécine.
- **Narwal S. S, politycka B, Goswami C. L. 2007.** Research methods in plant science: allelopathy volume 5. Plant physiology. Scientific publishers. India, Jodhpur, 27 40 p.
- **Naznin, M. Kimura, M. Miyazawa, M, 2013.** Hyakumachi. Analysis of volatile organic compounds emitted by plant growth-promoting fungus *Phoma* sp. GS8-3 for growth promotion effects on tobacco Microbe. Environ., pp. 42-49
- **Ndir, B., Lognay, G., Wathelet, B., Cornelius, C., Marlier, M., & Thonart, P. 2000.** Composition chimique du ne te tu, condiment alimentaire produit par fermentation des graines du caroubier africain *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement, 4(2), 101-105.
- **Panfili I, Bartucca ML, Marrollo G, Povero G, Del Buono D, 2019b.** Application of a plant biostimulant to improve maize (*Zea mays*) tolerance to metolachlor. J Agric Food Chem 67(44):12164–12171.
- **Papagiannopoulos, M., Wollseifen, H. R., Mellenthin, A., Haber, B., & Galensa, R. 2004.** Identification and quantification of polyphenols in Carob Fruits (*Ceratonia siliqua* L.) and derived products by HPLC-UV-ESI/MS n. Journal of agricultural and food chemistry, 52(12), 3784-3791.
- **Pill, W.G., Collins, C.M., Gregory, N. and Evans, T.A. 2011.** Application method and rate of *Trichoderma* species as a biological control against *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp. In the production of microgreen table beets (*Beta vulgaris* L.). *Scientia Horticulturae* 129:914-918.
- **Quezel P. et Santa. S., 1963.** « Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales (tome 1). Edition du centre national de la recherche scientifique, 557 p.
- **Rengasamy, P, 2006.** World salinization with emphasis on Australia. Journal of experimental botany, 57 (5), 1017-1023.
- **Raj A. B., Raj S. K, 2019.** Seed priming: An approach towards agricultural sustainability. J. Appl. Natur. Sci. 11(1): 229 p
- **Raj A. B., Raj S. K, 2019.** Seed priming: An approach towards agricultural sustainability. J. Appl. Natur. Sci. 11(1): 227-234.
- **Rajendra Prasad S, Kamble UR, Sripathy K V., Udaya Bhaskar K, Singh DP, 2016.** Seed biopriming for biotic and abiotic stress management. In: Microbial Inoculants in Sustainable Agricultural Productivity. New Delhi: Springer India;. p. 211–28.

- **Romani.A, Pinelli. P,Cantini. C, Cimato. A and Heimler. D, 2006.**Characterization of violletto di Toscana, a typicalitalianvariety of artichoke (*Cynarascolymus L*). *J. foodchem.* Vol. 95. P 221-225.
- **Sahle, M., Coleou, J. Haas. C, 1992.** Carob pod (*Ceratonia siliqua*) mealingeediets. *British poultry science*, 33(3), 531-541.
- **Sánchez-Rodríguez E., Moreno D. A., Ferreres F., Del Mar Rubio-WilhelmiM.Ruiz. J. M, 2011.** Diferentialresponses of fve cherry tomatovarieties to water stress changes onphenolicmetabolites and related enzymes. *Phytochemistry* 72:723–729.
- **Sbay H. Abourouh. M, 2006.** Apport des espèces à usages multiples pour ledéveloppement durable: cas du pin pignon et du caroubier. Centre de recherche forestière haut-commissariat aux eaux et forêtset à la lutte contre la désertification, Rabat, pp. 1-9.
- **Siddiqui. Y, 2010.** Field performance of bio-primedseeds to suppress *Colletotrichum truncatum* causing damping-off and seedling stand of soybean. *Biological Control*53:18-23.
- **Slama F., 2004.** La salinité et la production végétale. Centre de publication universitaire, Tunis.163P.
- **Škerget M, Kotnik P, Hadolin M, Hraš AR, Simonič M, Knez. Ž, 2005.**Phenols, proanthocyanidins,flavones and flavonols in some plant materials and theirantioxidantactivities. *Food Chem.* 1févr 2005;89(2):1918.
- **Smith. E, 2007.** Plant secondarymetabolites: occurrence, structure and role in the humandiet.*PhytotherRes.* sept 2007;21(9):904904.
- **Smith, B. M., Bean, S. R., Schober, T. J., Tilley, M., Herald, T. J., &Aramouni, F. 2010.** Composition and molecular weight distribution of carob germ protein fractions. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(13), 7794-7800.
- **Snoussi. S. A et Abbad.M, 2012.** Impact de la salinité sur quelques paramètres organoleptiques des fruits de tomate cultivée en zone aride, *Revue agrobiologia*; 2:09-16.stade germination. *Tropicultura*. PP: 168-173.stimulation en agriculture visant à améliorer les fonctionnalités biologiques des sols
- **Tanou.G et al., 2012.** Priming against environmental challenges and proteomicsin plant, up date and agricultural perspectives, *Frontiers in plant science*. 3(2016) : 1-3
- **Tarquis A. M, Bradford K. J, 1992.**Prehydration and priming Treatments that advance germination also increase the rate of deterioration of lettuce seeds. *Journal of Experimental Botany* 43: 307-317.

- **Turhan, I., Bialka, K. L., Demirci, A., & Karhan, M, 2010.** Ethanol production from carob extract by using *Saccharomyces cerevisiae*. *Bioresource technology*, 101(14),5290-5296.
- Vourdoubas, J., Makris, P., Kefalas, J., & Kaliakatsos, J,2002.** Studies on the production of bioethanol from carob. In *The 12th National Conference and Technology Exhibition on Biomass for Energy. Industry and Climate Protection, Proceedings, Amsterdam* (pp. 489-493).
- **Wang, Y., Belton, P. S., Bridon, H., Garanger, E., Wellner, N., Parker, M. L., ... & Noel, T. R. 2001.** Physicochemical studies of caroubin: a gluten-like protein. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(7), 3414-3419.
- **Wien, H. C, 2020.** 4 Abiotic Stress Effects on Vegetable Crops. *The Physiology of Vegetable Crops*, 71.
- **Yari L. Aghaalikani M Khazaei F, 2010.** Effect of seed priming duration and temperature on seed germination behavior of bread wheat (*Triticum Aestivum* L). *Journal of Agricultural and Biological Science*. 5(1) :1-6.
- **Yousif, A.K., & Alghzawi, H.M. 2000.** Processing and characterization of caroub powder. *Food Chemistry*, 69 ,283-287.
- **Zandalinas, S. I., Mittler, R., Balfagón, D., Arbona, V., & Gómez Cadenas, A, 2018.** Plant adaptations to the combination of drought and high temperatures. *Physiologia Plantarum*, 162(1), 2-12

## Annexes:

### Analyses statistiques

**Analysis of Variance for TG - Type III Sums of Squares**

Source	Sum of Squares	f	Mean Square	F-Ratio	P-Value
<b>MAIN EFFECTS</b>					
A:NaCl	3,24E4		1,08E4	196,17	0,0000
jB:Extrait	722,		722,	13,14	0,0010
<b>INTERACTIONS</b>					
AB	1,55E3		516,	9,38	0,0001
<b>RESIDUAL</b>	1,76E3	2	55,0		
<b>TOTAL (CORRECTED)</b>	3,64E4	9			

**Analysis of Variance for MDG - Type III Sums of Squares**

Source	Sum of Squares	f	Mean Square	F-Ratio	P-Value
<b>MAIN EFFECTS</b>					
A:NaCl	100,		33,5	12,64	0,0000
B:Extrait	0,256		0,256	0,10	0,7579
<b>INTERACTIONS</b>					
AB	7,67		2,56	0,96	0,4225
<b>RESIDUAL</b>	79,5	0	2,65		
<b>TOTAL (CORRECTED)</b>	185,	7			

**Analysis of Variance for Inhibition (%) - Type III Sums of Squares**

Source	Sum of Squares	f	Mean Square	F-Ratio	P-Value
<b>MAIN EFFECTS</b>					
A:NaCl	4,57E3		1,52E3	37,11	0,0000
B:Extrait	1,68		1,68	0,04	0,8409
<b>INTERACTIONS</b>					
AB	514,		171,	4,18	0,0133
<b>RESIDUAL</b>	1,31E3	2	41,1		
<b>TOTAL (CORRECTED)</b>	6,4E3	9			







