

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLEBE BLIDA 1



Faculté : Science de la Nature et de la vie

Département : De Biotechnologie et Agro-écologie

Spécialité : système de production agro écologie

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master

Thème

Etude des variations morpho-physiologiques du  
Haricot cultivé sous stress salin

Présenté par :

OUKACI Amina

MOKHTARI Fatima Zahra

Soutenu le :12/07/2022, Devant le jury :

Président : Mr ZOUAOUI A.

MCA

Université Blida 1

Promotrice : Mme. BENZAHRA S.

MCB

Université Blida 1

Examinatrice : Mme CHELOUFI

MCB

Université Blida 1

Année Universitaire 2021/2022



# Remerciement

Avant tout, nous remercions **Allah** le tout puissant de nous avoir donné le  
Courage et la patience de mener à bien ce travail.

Nous remercions les membres du jury :

**Mr ZOUAULA** qui nous a fait l'honneur de présider notre jury et pour toutes la  
connaissance que vous avez nous donner le long de nos carrières universitaires.

**Mme CHALOUFFI** d'avoir accepté et pris le temps d'évaluer notre travail et de partager  
votre expertise précieuse avec nous.

Un grand merci à notre promotrice **Mme BENZAHRA**, pour ses efforts, ses  
encadrement, ses encouragement est sa persévérance dans la poursuite de ce projet, sa  
grande confiance en nos capacités intellectuelles.

Nous ne pouvons achever ce mémoire sans exprimer notre gratitude à tous les  
professeures de faculté **S. N. V. Universitaire de BLIDA 1** pour leur dévouement et  
leur assistance tout au long de nos études universitaires.

Enfin, tous les étudiants de notre promotion **SPAÉ** pour la bonne ambiance.



# Dédicace

On dédie ce modeste travail à :

A mes chers parents,

Pour leurs efforts et leurs sacrifices durant toute ma vie, leurs encouragements durant mon parcours scolaire.

A mes frères Mohammed et Mahdi et à toute ma famille  
Oukaci et Chabni

A mes chers amis,

En souvenir de nos éclats de rire et des bons moments, en souvenir de tout ce qu'on a vécu ensemble, j'espère de tout mon cœur que notre amitié durera éternellement.

A ma chère binôme Fatima Zahra.

**Amina. O**



# Dédicace

À cœur vaillant rien d'impossible, a conscience  
tranquille tout  
Est Accessible.

Je dédie ce travail

À

Ma très chère honorable mère, qui représente pour  
moi le

Symbole de la bonté par excellence, je te dédie ce  
travail en

Témoignage de mon profond amour, puisse Dieu le  
tout puissant, te Préserver et t'accorder santé.

À

Mon très cher père et grand-père, aucune dédicace ne  
saurait exprimer l'amour,

L'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour toi. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon Education et mon bien être. Je souhaite de tout mon cœur que Dieu les garde près de moi

A mes frères: Abdel el Hakim Souleimen, Moussa et ma fiancé Hamza

Et à ma sœurs : Asmaa, et son mariés Mohamed et leur enfant Abdel el Rahman

Et tous Mes cousins et mes cousines Meriem Fati Douaa CHaimaa Et à toute ma famille. La famille Mokhtari et Khatou

Je dédie ce mémoire particulièrement à mes chères amies: Mériem Sameh Friel hadil Wafa Ahlem Noun hindo et Amina Selma Et machère binôme Amina

Enfin à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.

« Zola »



## Résumé

En Algérie, la production agricole est fortement limitée par plusieurs contraintes abiotiques, dont les principales sont la sécheresse et la salinité. Face à ces deux facteurs limitant, la tolérance s'avère la stratégie la plus efficace pour pallier les situations de stress abiotiques.

Ce travail à consiste à étudier l'influence d'une contrainte saline représentée par différentes concentrations de NaCl (3g/l, 6g/l et 9g/l) chez le haricot (*Phaseolus vulgaris*) et ceux sur certains aspects morphologiques à savoir le nombre des feuilles, la longueur des tiges, le poids sec et poids frais des plantes et sur l'accumulation de la chlorophylle.

D'après les résultats obtenus nous remarquons que le stress salin a une influence sur tous les paramètres étudiés dont on observe après l'application de stress une diminution de tous les paramètres testés et ce là par rapport au témoin.

Mots clés : salinité, haricot (*Phaseolus vulgaris* L), morfo-physiologique, chlorophylle.

## Abstract

In Algeria, agricultural production is strongly limited by several abiotic constraints, the main ones being drought and salinity. Faced with these two limiting factors, tolerance proves to be the most effective strategy for mitigating abiotic stress situations.

This work consists in studying the influence of a saline constraint represented by different concentrations of Na Cl (3g/l, 6g/l, 9g/l) in beans (*Phaseolus vulgaris*) and those on certain morphological aspects, namely the number of leaves, stem elongation, dry and fresh weight of plants and on chlorophyll accumulation.

According to the results obtained, we notice that the saline stress has an influence on all the parameters tested and this compared to the control.

**Keywords :** salinity, bean (*Phaseolus vulgaris* L) morpho-physiological, chlorophyll.

## ملخص

في الجزائر. الانتاج الزراعي محدود للغاية بسبب العديد من القيود اللاحوية. أهمها الجفاف والملوحة في مواجهة هذين العاملين المحددين. ثبت ان التسامح هو الاستراتيجية الاكثر فعالية لتخفيف حالات الاجهاد الاحيوي.

يتكون هذا العمل من دراسة تأثير قيد ملحي ممثلة بتركيزات مختلفة من كلوريد الصوديوم (3غ/ل. 6غ/ل. 9غ/ل.). في الفاصوليا (phaseolus vulgariss) وتلك الموجودة على جوانب شكلية معينة. أي عدد الأوراق. ضعف السيقان الوزن الجاف والوزن الطازج للنبات وتراكم الكلوروفيل.

وفقا للنتائج التي تم الحصول عليها. نلاحظ أن الاجهاد الملحي له تأثير على جميع المعلومات المختبرة مقارنة بالشاهد

**الكلمات المفتاحية :** الملوحة, الفاصوليا (phaseolus vulgariss). مرفو فزيولوجي. كلوروفيل

## Liste de tableaux

<b>Tableau</b>	<b>page</b>
<b>Tableau 01</b> : classification de la qualité des eaux d'irrigation (DAOUD et HALITTIM, 1994)	<b>07</b>
<b>Tableau 02</b> : description des différents traitements	<b>24</b>

## Liste des figures

<b>Figure</b>	<b>Page</b>
<b>Figure. 01:</b> L'espèce Phaseolus Vulgris L	<b>13</b>
<b>Figure.02:</b> le cycle de développement d'une graine de haricot (Sitesecoles.ac-poitiers.fr)	<b>13</b>
<b>Figure.03 :</b> stade germination (HUBERT, 1978)	<b>14</b>
<b>Figure.04 :</b> stade croissance (DUPONT et GUINARD, 1989)	<b>14</b>
<b>Figure.05 :</b> stade de floraison (LECOMTE, 1997)	<b>15</b>
<b>Figure.06 :</b> stade de maturation (LECOMTE, 1997)	<b>15</b>
<b>Figure.07:</b> graine de haricot (Phaseolus Vulgaris L.) Variété Djadida	<b>21</b>
<b>Figure.08:</b> lieu d'expérimentation (source personnelle)	<b>22</b>
<b>Figure.09:</b> Aspect générale des conteneurs (source personnelle)	<b>22</b>
<b>Figure.10:</b> substrat utilisé (source personnelle)	<b>22</b>
<b>Figure.11:</b> graines de haricot (phaseolus vulgaris L) dans des boîtes pétri (Source personnelle)	<b>23</b>
<b>Figure.12:</b> apparition des radicules (source personnelle)	<b>23</b>
<b>Figure.13:</b> Schéma de dispositif expérimental	<b>24</b>
<b>Figure.14:</b> dispositif expérimentale avant le traitement (source personnelle).	<b>24</b>
<b>Figure.15:</b> dispositif expérimental après le traitement (source personnelle)	<b>25</b>
<b>Figure.16:</b> partie Aérien (source personnelle)	<b>25</b>
<b>Figure.17 :</b> partie souterraine (racine frai)	<b>25</b>

<b>Figure.18:</b> de matière sèche pour l'étuvage	<b>26</b>
<b>Figure.19:</b> analyseur de teneur en chlorophylle	<b>26</b>
<b>Figure 20:</b> Nombre moyen de feuilles par plant	<b>28</b>
<b>Figure 21:</b> Hauteur finale des plantes du Haricot en (cm)	<b>29</b>
<b>Figure22:</b> biomasse Fraîche de la partie Aérienne des plantes du haricot en (g)	<b>29</b>
<b>Figure23:</b> le poids sec des parties aériennes des plantes de Haricot en (g)	<b>30</b>
<b>Figure 24:</b> la biomasse fraîche des racines en(g)	<b>31</b>
<b>Figure 25:</b> le poids sec des parties souterraine des plantes du le haricot en(g)	<b>31</b>
<b>Figure 26:</b> le teneur en chlorophylle des plantes du Haricot	<b>32</b>

## SOMMAIRE

Titre	Page
<b>Introduction</b>	<b>2</b>
<b>Chapitre I : Synthèse Bibliographique</b>	<b>4</b>
<b>I: LE STRESSE</b>	<b>5</b>
1. Définition de stress	<b>5</b>
2. Forme de stress	<b>5</b>
2.1. Biotique	<b>5</b>
2.2. Abiotique	<b>5</b>
2.3. Les stress salin	<b>5</b>
<b>II. LA SALINITE</b>	<b>6</b>
1. La salinité dans le monde et en Algérie	<b>6</b>
1.1. Dans le monde	<b>6</b>
1.2. En Algérie	<b>7</b>
2. La salinité des sols	<b>7</b>
3. Origine de la Salinité des soles	<b>8</b>
4. Importance de la salinité	<b>8</b>
5. Influence de la salinité sur la qualité du sol	<b>8</b>
6. Physiologie des plantes en milieu salin	<b>9</b>
6.1. Effet de la salinité sur la germination	<b>9</b>

6.2. Effet de salinité sur la croissance et développement	9
6.3. Effet des sels sur les principales fonctions chez les plantes	10
6.3.1. Effet sur la nutrition minérale	10
6.3.2. Effet sur la photosynthèse	10
6.4. Tolérance des plantes a la salinité	10
<b>III. LE HARICOT</b>	<b>12</b>
1. Généralité sur Les légumineuses	12
2. Le Haricot	12
2.1. Origine de Haricot	12
2.2. Caractéristiques botaniques de l'espèce	12
2.3. Classification systématique	13
2.4. Cycle de développement de haricot	13
2.4.1. Phase de germination	14
2.4.2. Phase de croissance	14
2.4.3. Phase de floraison	14
2.4.4. Phase de maturation	15
2.5. Exigence de la plante	15
2.6. Sensibilité de haricot	16
2.7. Intérêts cultureux de haricot	17
1. Intérêts agronomique	17
2. Intérêt alimentaire	18
2.8. Production mondiale et nationale de haricot	18
<b>Chapitre II : Matériel et Méthode</b>	<b>20</b>
1. Objectif de l'expérimentation	21
2. Matériel Végétale	21
3. Conditions de réalisation de l'essai	21
3.1. Lieu expérimental	21
3.2. Conteneurs	22
3.3. Substrat utilisé	22
4. Conditions culturelle	23
5. Repiquage des graines germes	23
6. Méthode d'application de stress	23
6.1. Préparation de la solution saline	23

6.2. Disposition expérimentale	24
7. La récolte de matière végétale	25
7.1. La partie Ariane	25
7.2. La partie souterraine	25
8. Séchage	26
9. Dosage des chlorophylles	26
10. Les analyses statistiques	26
<b>Chapitre III : résultat est discussions</b>	<b>27</b>
1. Nombre des feuilles	28
2. Impact sur la hauteur des tiges	28
3. Résultats relatif de l'effet de la salinité sur la biomasse fraîche des parties Aérien	29
4. le poids sec de la partie aérienne des plantes de Haricot en (g)	30
5. la biomasse fraîche des racines en (g)	31
6. Poids sac racinaire des plantes du haricot	31
7. dosage de chlorophylle	32
Conclusion	34

# **INTRODUCTION**

## Introduction

La salinisation des sols est considérée comme des principaux facteurs limitant le développement des plantes. A l'échelle mondiale, il est estimé que presque 800 millions d'hectares de terres sont affectés par le sel, que ce soit par la salinité (397 millions d'ha) ou par les conditions de sodisation associées aux teneurs en sodium (434 millions ha). En effet, la salinité s'étend sur plus de 6% de la superficie totale de la planète (MANCHANDA et GARG, 2008), dont 3.8% sont situés en Afrique (EYNARD et AL., 2006). En Algérie, plus de 20% des sols irrigués sont affectés par le problème de la salinisation (BOUHLASSA et AL., 2008).

La salinité des sols entraîne un déficit hydrique chez les plantes, dû au stress osmotique éventuellement couplé à des perturbations biochimiques induites par l'afflux d'ions sodium (TAVAKKOLI et AL., 2011). En effet, le milieu salin provoque de nombreux effets négatifs sur le comportement physiologique de la plante, ce qui est dû au faible potentiel osmotique de la solution du sol (stress osmotique) et aux effets des ions spécifiques (stress salin), à un déséquilibre nutritionnel ou une combinaison de ces facteurs (KAUSAR et AL., 2014). Tous ces facteurs ont des effets négatifs sur la germination, la croissance et le développement des activités physiologiques et biochimiques chez les plantes (RASOOL et AL., 2013).

En Algérie, la culture des légumineuses alimentaires suscite dernièrement un regain d'intérêt avec des objectifs de renforcement de cette filière, d'augmentation de sa productivité et de la superficie agricole qui lui est réservée, afin de répondre à la demande croissante du

marché nationale, actuellement comblée par l'importation d'environ 2 millions de quintaux par an (ITGC, 2016).

Chez les légumineuses l'effet dépressif du sel se manifeste à partir d'un seuil critique de concentration caractéristique de l'espèce et de la variété (OKÇu et AL., 2005), cet effet se manifeste entre autres par un changement du statut hydrique (KAYMAKANOVA, 2009), un déséquilibre nutritionnel (OKÇU et AL. 2005) et une réduction des activités photosynthétique et enzymatique (EL- MONEM et SHARAF, 2008)

Le haricot commun est une plante très peu tolérante à la salinité, il est considéré comme une légumineuse alimentaire fondamentale dans de nombreux pays d'Afrique centrale et orientale, il s'agit pour les familles de toutes ces régions, d'une source importante de protéines, de fer, de zinc, de fibres et de carbohydrates lents (ECABREN, 2005). Il représente une source d'alimentation pour plus de 100 million d'africains et une source de revenus notables (ECABREN, 2006). La salinité affecte toutes les processus vitaux des plantes haricot en changeant leur métabolisme, ce qui conduit à une réduction de leur croissance et leur productivité (AJMAL ; KHAN et AL., 2000)

L'objectif de notre travail est d'étudier l'effet de la salinité sur le comportement morpho-physiologique du haricot (*Phaseolus Vulgris L.*), variété Eldjadida.

**CHAPITRE I**  
**Synthèse Bibliographique**

# CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

## I. LE STRESS

### 1. Définition de stress

Le stress est un ensemble de conditions qui provoquent des changements de processus physiologiques résultant éventuellement en dégâts, dommages, blessures, inhibition de croissance ou de développement, il est défini aussi comme le dysfonctionnement (rupture d'un équilibre fonctionnel) produit dans un organisme ou dans système vivant d'après (DUTUIT et AL., 1994).

### 2. Formes de stress

#### 2.1. Biotique

Il est imposé par d'autres organismes (insectes, herbivores...). Afin d'y faire face, la plante met en place un système de défense qui fait intervenir une chaîne de réactions. Les Protéines végétales défensives produites font office de rempart contre les agents nuisibles (SHILPI et NARENDRA, 2005)

#### 2.2. Abiotique

Il provoqué par un défaut ou excès de l'environnement physico- chimique comme la sécheresse, les températures, la salinité, la présence d'un minéral inadéquat dans le sol, cas des métaux lourds et ce sont les stress les plus fréquents et les plus étudiés. Ils peuvent imposer aux plantes des modifications métaboliques, physiologiques et phénologiques. Le stress peut déclencher plusieurs réponses à plusieurs niveaux de la plante (SHILPI et NARENDRA, 2005). Tous les organismes subissent des modifications et des perturbations de leurs Conditions de vie, liées par exemple à des changements de leur environnement. Ces stress biotique et abiotiques peuvent induire un dysfonctionnement cellulaire allant jusqu'à la mort des cellules (HASANUZZAMAN et AL., 2012 ; SHARMA et AL., 2012).

#### 2.3. Le stress salin

La salinité est définie selon plusieurs chercheurs comme la présence d'une Concentration excessive de sels solubles dans le sol ou dans l'eau d'irrigation (BAIZ, 2000 Et MAATOUGUI, 2001). La salinité du sol et de l'eau constitue le problème majeur dans beaucoup des pays du monde. Elle est considérée comme le principal facteur abiotique qui limite la productivité végétale et le rendement agricole (BOUASSABA et CHOUGUI, 2018)

La salinité limite le développement des plantes et déclenche des mécanismes de résistance (SENGUPTA et MAJUMDER, 2009). Parmi ces mécanismes, l'ajustement

osmotique qui joue un rôle primordial, la plante devra synthétiser des solutés organiques pour ajuster son potentiel hydrique (MUNNS, 2002).

Une autre stratégie d'adaptation à la salinité consiste à synthétiser des osmoprotecteurs, principalement des composés aminés et des sucres, et à les accumuler dans le cytoplasme et les organites (CHEN et JIANG, 2010 ; MAJUMDER et AL., 2010).

## **II.LA SALINITE**

Plusieurs contraintes environnementales sont limitant pour la croissance et le développement des légumineuses. La salinité et la sécheresse sont considérés comme deux facteurs majeurs influant l'agriculture. Au Maghreb plus de 30% des eaux destinées à l'irrigation sont chargées en sels qui dans le temps conduisent à une accumulation des sels aussi bien dans la rhizosphère que dans les différentes parties de la plante. Au-delà de certains seuils de concentration, ces sels peuvent devenir toxiques et par conséquent entraîner des dégâts au niveau des ultra structures cellulaires de la plante contribuant ainsi à la réduction de sa croissance et de son rendement. Les seuils critiques de concentration en sels vont dépendre de la sensibilité des variétés cultivées à la salinité (RAHMOUNE et al, 2018)

### **1. La salinité dans le monde et en Algérie**

#### **1.1. Dans le monde**

Les zones arides et semi- arides constituent environ les deux tiers de la surface du globe terrestre. Dans ces zones souvent marquées par des périodes sévères de sécheresse, La salinisation des sols est considérée comme l'un des principaux facteurs limitant le développement des plantes. A l'échelle mondiale, il est estimé que presque 800 millions d'hectares de terres sont affectés par le sel, que ce soit par la salinité (397 millions ha) ou par les conditions de sodisation associées aux teneurs en sodium (434millions ha). En effet, la salinité s'étend sur plus de 6 % de la superficie totale de la planète, dont 3.8% sont situés en Afrique. Ce phénomène devient de plus en plus inquiétante car la salinité réduit la superficie des terres cultivables et menace la sécurité alimentaire dans ces régions (BENIDIRE et AL., 2015).

La salinisation des terres doit être considérée comme un risque majeur susceptible d'affecter environ 25% des superficies irriguées ou 10% de la Production alimentaire mondiale. Au- delà du processus de dégradation des ressources en sol et en eau, il met plus généralement en péril la viabilité des exploitations agricoles et la durabilité des systèmes d'irrigation. Ce risque est particulièrement élevé dans certains pays arides pour lesquels

L'irrigation représente la principale source de développement agricole et de satisfaction des besoins alimentaires (**MARLET et JOB, 2006**).

## 1.2. En Algérie

Les sols salins, qui contiennent ou ont contenu aux premiers stades de leur évolution Un excès de sels solubles, sont très répandus dans le Tell algérien (où la salinité des sols est Le principal problème de la mise en valeur) et dans les Hautes Plaines où ils forment de vastes placages aux alentours des chotts. Les chlorures de sodium sont en quantités telles (plus de 0.2 %) que la végétation naturelle de la région laisse place à une végétation halophile qui disparaît elle-même lorsque la proportion de sels augmente trop (**BENCHETRIT, 1956**).

Les sols d'Algérie sont caractérisés en générale par une conductivité électrique supérieure à 7dS/m et un pourcentage de sodium échangeable qui varie de 5à 60% DE a C.E.C (**AUBERT, 1975**)

**DAOUD et HALITIM (1994)** notent qu'en Algérie la salinisation secondaire à la suite de l'irrigation avec des eaux diversement minéralisées a entraîné une extension de la Salure dans de nombreux périmètre irrigués.

**Tableau 01** : classification de la qualité des eaux d'irrigation

Conductivité Electriques (DS/m)	Concentration (g/l)	Evolution américaine	Evolution russe	Evolution de Durand pour L'Algérie
CE < 0.25	<0.2	Faiblement salée	Bonne qualité	Non salin
0.25<CE<07.5	0.2 - 0.5	Moyennement salée	Risque de	Salinité moyenne
0.75<CE<0.25	0.5 - 105	Fortement salée	salinisation	Forte salinité
2.25 <CE< 5	1.5 - 3	Très Fortement salée	Ne peut être	Très forte salinité
5 <CE< 20	3 - 7	Salinité excessive	Utilisée sans Lessivage	Salinité excessive

(**DAOUD et HALITIM, 1994**)

## 2. La salinité des sols

Plusieurs contraintes environnementales sont limitant pour la croissance et le développement de légumineuses. La salinité et la sécheresse sont considérées comme deux facteurs majeurs influant l'agriculture dans les zones arides et semi arides. Approximativement 40% des surfaces sur terre sont caractérisés par la présence d'un problème potentiel de salinité (**ZAHRAN, 1997**). Les sols salins sont caractérisés par un

niveau toxique des chlorures et sulfates de sodium, la conductivité électronique des solutions de sols saturés en sel est supérieure à 4ds/m, l'équivalent de 40mM NaCl (**SHIROKOVA et AL., 2000**). Les régions du bassin méditerranées sont fortement touchées par ce fléau. La Tunisie possède de vastes zones salées (chott et sebkha) et d'importantes quantités d'eaux de qualité très médiocres (**MEZNI et AL., 2002**). D'un autre part, essayer de lutter contre la sécheresse par l'irrigation, rajoute aux sols une contrainte de salinisation dite secondaire. Dans ce contexte, améliorer la tolérance des plantes à la sécheresse et la salinité constitue une proposition attractive pour les agriculteurs. De nos jours, la pression devient plus forte pour chercher à combattre et trouver une solution à la salinité des sols pour les plantes cultivées. Cette urgence suggère que des méthodes efficaces soient requises pour améliorer la tolérance au sel pour de nombreuses variétés plantes cultivées. De nombreuses techniques puissantes se sont développées pour altérer des gènes et leur expression dans des plantes. Mais ces techniques n'ont pas été utilisées pour l'amélioration de la tolérance aux stress abiotiques. En effet cette tolérance montre généralement une héritabilité quantitative.

### **3. Origine de la Salinité des soles**

L'origine des sels responsables de cette salinité est diverse :

\* Naturel : géologique, marine actuelle ou ancienne, pétrographique due aux ions libérés par l'altération de certaines roches sédimentaire, volcanique, hydrothermale, la dynamique des eaux, éolienne apportée par des embruns (**BABA SIDI- KACI, 2010**).

\*Anthropique induite par la mise en valeur hydro agricole et autres aménagements (eaux D'irrigation, remontées de nappes phréatiques, engrais solutions nutritives des serres et des Cultures hors sol, effluents urbains, etc.) (**HASAN, 1995**).

### **4. Importance de la salinité**

La salinité est un indicateur dynamique de la nature du régime de change. C'est un Paramètre écologique important dans son propre droit, la concentration totale et plus important car la plupart des cultures répondent à la concentration ionique totale du milieu de croissance (effet osmotique) plutôt qu'à un ion spécifique (**BABA SIDI, 2010**).

La salinité présente des effets bénéfiques sur la germination et la croissance de quelques espèces à des niveaux très faibles (bien que nom quantifiés par les auteurs) de Na, SO<sub>4</sub>, de Na CL, de MgSO<sub>4</sub> et de NaCO<sub>3</sub> (**ASLOM, 1990**)

### **5. Influence de la salinité sur la qualité du sol**

En moyenne, la terre perd 10 ha de terres cultivable par minute, dont 03 ha à cause de la salinisation. La source principale de sels dans le sol est les minéraux naturels de la croûte terrestre (**BRYSSINE, 1961**). La salinité des sols n'est pas un problème spécifique d'une

région ou d'un climat donné ; au contraire, si on observe la répartition des sols salins on constate que l'effet de la contrainte saline affecte toutes les régions du monde (**HOSNI, 2008**).

Les concentrations élevées de  $\text{Na}^+$  dans la solution du sol entraîne une détérioration de la structure du sol, ce qui exacerbe l'effet de la salinité en empêchant le drainage ainsi que la disponibilité de l'eau sera affectée en rendant le sol sec (**BENNETT et AL., 2009**). En présence de fortes concentrations de  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  par les racines et l'eau sera captée par le sol (**MUNUNNS, 2005**). La salinité réduit les rendements des cultures agricoles dans de nombreuses régions arides et semi-arides du monde où la pluviométrie est insuffisante pour un lessivage des sels dans la zone racinaire (**RENGASAMY, 2006**). Et par conséquent a des effets négatifs sur la sécurité alimentaire.

## **6. Physiologie des plantes en milieu salin**

### **6.1. Effet de la 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 il 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 implique dans la germination (**HADJLAOUI et AL., 2007**).

Le stade germination est souvent limité par la salinité du sol et se montre le plus sensible que les autres stades (**BOUDA et HADDIOUI, 2011**).

La réaction des plantes à la salinité est très différente selon que l'on s'intéresse à la phase de la germination ou à celle du développement. La germination devient un Facteur détermination pour la réussite de la croissance des plantes dans les milieux salés. Bien que les halophytes possèdent une teneur très élevée en sel dans leurs tissus au stade adulte, leurs graines ne sont pas aussi tolérantes au sel au stade germination (**BELKHODJA et BIDAL, 2004**).

### **6.2. Effet de salinité sur la croissance et développement**

La salinité est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes (**BOUAOUINA et AL., 2000**). La réponse immédiate du stress salin est la réduction de la vitesse de l'expansion de la surface foliaire ce qui conduit à l'arrêt de l'expansion si la concentration du sel augmente. Le stress salin résulte aussi dans la diminution de la biomasse

sèche et fraîche des feuilles, tiges et racines (**CHARTZOULAKIS et KLAPAKI, 2000**). De même le sel diminue la croissance de l'appareil végétatif par la réduction du nombre des feuilles, réduit la surface foliaire (**BEN KHALED et AL., 2007**).

La salinité diminue la croissance des glycophytes en modifiant l'équilibre hydrique et ionique des tissus, Au niveau des feuilles, ce phénomène est associé à une baisse de turgescence, suit à une diminution du gradient de potentiel hydrique entre la plante et le milieu. La compartimentation des ions entre les organes (racines/parties aérienne), les tissus épiderme/mésophylle), ou encore entre les compartiments cellulaires (vacuole/ cytoplasme) est l'un des mécanismes d'adaptation à la contrainte saline (**OUERGHI et AL., 2000**).

La salinité accrue est accompagnée par une réduction dans la biomasse racinaire, la hauteur de la plante, le nombre de feuilles par plante, la longueur des racines et la surface racinaire (**MOHAMMAD et AL., 1998**).

Les effets de la salinité sur la croissance des plantes varient en fonction du type de salinité, de la concentration du sel, de l'espèce, de la variété, de l'organe de la plante, ainsi que de son stade végétatif (**LEVIGNERON et AL., 1995**).

### **6.3. Effet des sels sur les principales fonctions chez les plantes**

#### **6.3.1. Effet sur la nutrition minérale**

Les effets nutritionnels de la salinité incluent les deux actions primaires du sel sur les plantes : la toxicité directe due à l'accumulation excessive des ions dans les tissus et un déséquilibre nutritionnel provoqué par l'excès de certains ions. Des concentrations salines fortes dans le milieu provoquent une altération de la nutrition minérale des plantes (**HAOUALA et AL., 2007**).

#### **6.3.2. Effet sur la photosynthèse**

La photosynthèse c'est une opération très importante dans les plantes, l'absorption des quantités élevées de NaCl engendre la diminution de la croissance et la photosynthèse, causant suite aux phénomènes de « feed-back » une réduction de la capacité photosynthétique (**GREENWAY et MUNNUS., 1980**).

La photosynthèse est réduite chez les plantes cultivées au milieu salin, en condition de stress salin ont observé que l'ouverture des stomates ne devient complet qu'une demi-heure après envoi de la lumière (**DARGAOUI, 1990**) la tolérance au sel est un caractère complexe qui fait intervenir un ensemble de mécanismes chez les plantes.

### **6.4. Tolérance des plantes à la salinité**

Quand les plantes sont exposées à la concentration élevée de sel, elles peuvent développer divers mécanismes pour leur survie.

La réponse au sel des espèces végétales dépend de l'espèce même, de sa variété, de la concentration en sel, des conditions de culture et du stade de développement de la plante (MAALEL et AL., 1998).

La tolérance de la salinité est l'habilité des plantes à croître et compléter leur cycle de vie sur un substrat contenant la forte concentration de sel soluble. Les plantes qui peuvent survivre sur des concentrations élevées de sel dans la rhizosphère et croître normalement sont appelées halophytes. Dépendant de leur capacité à tolérer le sel (PARIDA et DAS, 2005).

Il existe deux principales stratégies que les plantes utilisent pour faire face à la salinité: la compartimentation des ions toxiques au sein la vacuole et leur exclusion hors de la cellule.

D'autre part, les plantes modifient la composition de leur sève ; elles peuvent accumuler les ions  $[Na^+]$  et  $[Cl^-]$  pour ajuster le potentiel hydrique des tissus, nécessaire pour maintenir la croissance. La concentration résultante ou avec une compartimentation entre les divers composants de la cellule ou de la plante (HANANA et AL., 2011).

Une plante cultivée sur sol riche en sel doit faire face à sa pénétration dans ses tissus celui-là est rejeté ou accumulé par les différents organes, tissus, cellules et compartiments cellulaires. Les ions chlorure ( $Cl^-$ ) et sodium ( $Na^+$ ) pénètrent via les racines, transportés par la sève xylémique jusqu'aux tiges et feuilles. Là ils se trouvent soit stockés (plantes de type inclure), les feuilles sont riche en ( $Na^+$ ) que les tiges et les racines et le mécanisme de tolérance au sel est dû à la compartimentation des ions toxiques en particulier l'ion sodium dans la vacuole ; soit au contraire ils sont très peu retenus dans leurs feuilles (plantes de type exclure) et cette accumulation décroît selon la séquence racines- tige feuilles et ces ions sont alors revéhiculés par la sève phloémique jusqu'aux racines (LEVIGNEON et AL., 1995).

### **III. LE HARICOT**

#### **1. Généralité sur les légumineuses**

Les légumineuses comptent environ 700 genres et 17 000 espèces dans le monde : ce sont des plantes herbacées, des arbustes, des arbres ou des lianes. Leurs feuilles sont alternées composées, pennées ou palmées, et en générale pourvu de stipules. Formées d'un calice gamosépale souvent bilabié et d'une corolle dite papilionacée parce que sa forme rappelle celle d'un papillon, leurs fleurs, hermaphrodites, sont surtout zygomorphes et en général pentamères. La corolle, qui du reste ne présente pas ce type de structure dans l'ensemble de la famille, est formée d'un grand pétale supérieure, l'étendard, de deux Pétales latéraux parallèles, les ailes, et de deux pétales inférieurs, recourbés vers le bas, libres ou réunis par le bord inférieur de manière à formes la carène qui renferme les étamines et le pistil. Les étamines sont au nombre de 10. Le fruit, issu d'un seul carpelle, est un fruit sec typique **(BAHOUH, 1994)**.

#### **2. Le Haricot**

##### **2.1. Origine de Haricot**

Le haricot commun, (*Phaseolus vulgaris* .L), a été domestiqué en Amérique centrale et En Amérique du Sud il y a plus de 9700 ans. Des graines sèches furent introduites et semées au XVIe siècle en Europe puis, sa culture s'est rapidement diffusée dans les zones méditerranéennes et subtropicales **(PERON, 2006)**.

##### **2.2. Caractéristiques botaniques de l'espèce**

Le haricot *Phaseolus vulgaris* L. est une plante annuelle appartenant à l'ordre des Fables et à la famille des Fabacées dont les feuilles sont trifoliées.

Le système racinaire est constitué d'une racine principale et de nombreuses racines latérales qui se tiennent horizontales sur 10 cm de long. L'état structural du sol influence la profondeur d'enracinement de la plante (de 30 cm en conditions défavorables à 1 m dans D'excellentes conditions) et aussi son alimentation hydrique, déterminante pour la croissance de la plante. Une bonne implantation racinaire permet d'éviter des problèmes de flétrissement de la plante en cas de fortes chaleurs. Sur celles-ci se développent des nodosités formées par des bactéries du genre *Rhizobium*. Ces bactéries fixent l'azote de l'air en puisant l'énergie nécessaire dans les sucres que la plante leurs fournit. Cet azote est restitué à la plante sous forme de composés azotés assimilables. **(RENARD et AL., 2007)**

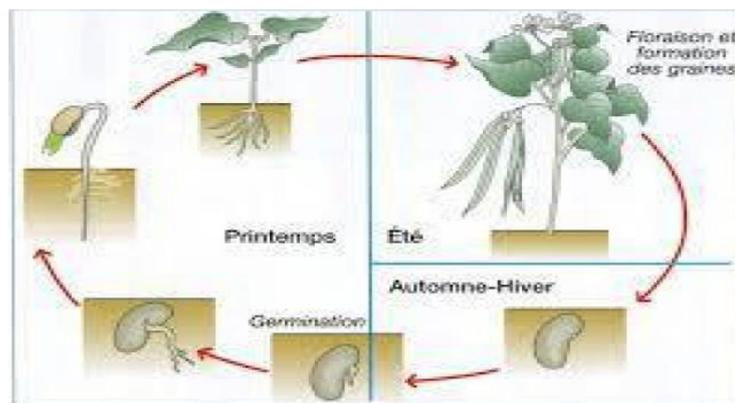
### 2.3. Classification systématique

- Règne : plantae
- Super division : Spermatophyta
- Division : Magnoliophyta
- Classe : Magnoliopsida
- Sous classe : Rosidae
- Orde : Fabales
- Famille : Fabaceae
- Genre : Phaseolus
- Espèce : Phaseolus Vulgaris L



**Figure 01** : L'espèce Phaseolus Vulgris L. (agrimaroc.net)

### 2.4. Cycle de développement de haricot



**Figure 02** : le cycle de développement d'une graine de haricot (Saitesecoles.ac-poitiers.fr)

### 2.4.1. Phase de germination

Les graines lèvent en 4 à 8 jours suivant la température. Elles doivent toutes être sorties de terre au bout de 8 jours, les cotylédons sortis du sol, se sont ouverts et la première paire de feuilles apparaît (HUBERT, 1978).



**Figure 03** : stade germination (HUBERT, 1978).

### 2.4.2. Phase de croissance

Trois à quatre jours après la levée, les cotylédons commencent à se faner (PITRAT et FOURY, 2003), cinq à six jours après la levée apparaît la première feuille trifoliolée, cinq à six jours après l'apparition de la première feuille trifoliolée apparaît la deuxième. Au bout d'un mois, le pied de haricot possède une dizaine de feuilles trifoliolées et il a atteint sa hauteur définitive de 30 à 40 cm pour les variétés naines (DUPONT et GUIGNARD, 1989).



**Figure 04** : stade croissance (DUPONT et GUIGNARD, 1989).

### 2.4.3. Phase de floraison

Elle débute 3 semaines à 1 mois environ après le semis. Elle dure 1 mois à 1 mois et demi suivant les conditions climatiques. La jeune gousse met une douzaine de jours environ pour atteindre sa taille définitive (LECOMTE, 1997).



**Figure 05** : stade de floraison (LECOMTE, 1997)

#### **2.4.4. Phase de maturation**

Une fois la taille définitive atteinte, les graines se forment en 15-20 jours. Il faut attendre encore 20 à 30 jours pour que les gousses s'ouvrent d'elles-mêmes, les graines étant mûres. Le cycle végétatif complet du haricot varie entre 75 et 130 jours (LECOMTE, 1997).



**Figure 06** : stade de maturation (LECOMTE, 1997).

#### **2.5. Exigence de la plante**

Le haricot est une plante exigeante sur le plan des températures : il craint les gelées et nécessite des températures supérieures à 10 – 12 °C pour se développer. La période de culture du haricot est donc exclusivement estivale. L'eau joue un rôle important pour l'élaboration du rendement et la qualité de la récolte (apparition d'un fil au niveau de la nervure de la gousse si manque d'eau en fin de cycle). La plante n'a pas d'exigences particulières concernant le type de sol mais est sensible aux pH bas (optimum entre 6.1 et 7.4). Un sol bien aéré favorise le développement des nodosités. (RENARD et AL., 2007) Le haricot est sensible à la carence en molybdène, en zinc et en manganèse en sol calcaire. Il est également sensible à l'excès de bore et est très peu tolérant à la salinité.

## 2.6. Sensibilité de haricot

La salinité réduit la croissance des plantes de *Phaseolus vulgaris* de 25 %. La concentration de sel de 100mM affecte négativement l'activité nitrogénase, ainsi que l'activité de la glutamine synthétase et le glutamate synthase. D'autre part, la réduction En N total des plantes n'est pas significative. L'inhibition des enzymes du catabolisme des purines implique la Diminution du contenu nodulaire des uréides et l'augmentation des acides aminés. (KHADRI et AL., 2001) Environ 20 à 30% des régions productives de haricot dans le Moyen-Orient sont affectés par salinité de sol (BAYUELO-JIMENES et AL., 2002b in GAMA et AL., 2007). Sous de telles situations, on s'attend à un faible rendement car haricot commun est extrêmement sensible à la salinité et enregistre des pertes de rendement dans des sols de moins de 2 dSm-1 de salinité (LAUCHLI, 1984 in Gama et AL., 2007).

Cependant, haricot et d'autres légumineuses sont considérés comme des cultures appropriées pour le perfectionnement de la bio productivité et la récupération des terres Marginales, parce qu'elles ne sont pas seulement source de fourrage, les fruits et les graines riches en protéines, mais également connu pour l'enrichissement du sol en azote par l'association symbiotique avec rhizobium (ALEXANDERE 1984 in GAMA et AL., 2007). Donc, ils contribuent beaucoup à l'amélioration de la fertilité du sol dans les zones tropicales et subtropicales où la plupart des sols sont déjà salins (BAYUELO-JIMENES et AL., 2002a in GAMA et AL., 2007)

La salinité a exercé des effets nuisibles non seulement sur la biomasse, mais également sur d'autres paramètres morphologiques tels que la hauteur de la plante, le nombre de feuilles, la longueur des racines (GAMA et AL., 2007), Chez haricot, les quatre phospholipides majeurs, appelés : phosphatidylcholine (PC), phosphatidyle thanolamine (PE), phosphatidylsérine (PS) et phosphatidylglycérol (PG), ont été analysés. Le contenu de ses phospholipides diminue ou ne change pas comme conséquence sous L'effets du stress salin mais le taux des PC et PE dépend de la concentration du calcium présent dans le milieu (CACHORRO et AL., 1993)

Dans une étude effectuée sur plusieurs espèces sur le genre *Phaseolus*, la salinité a un effet significatif sur la concentration des tissus en Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> et Cl<sup>-</sup> et sur leur vitesse d'absorption, en plus de l'effet toxique des concentrations élevée en Na<sup>+</sup> et Cl dans le tissus végétaux, les changements qui se passent dans les conditions de salinité de l'absorption de nutriments semblent contribuer dans la réduction de la croissance. (BAYUELO-JIMENEZ et AL., 2003)

L'addition de 1µM d'ABA à la solution nutritive avant l'exposition au stress salin réduit l'effet négatif du sel. Il se pourrait que l'application d'ABA améliore la réponse de *Phaseolus vulgaris* sous les conditions du stress salin comme le processus de la fixation de l'azote et les enzymes de l'assimilation de l'ammonium et le catabolisme de la purine (**KHADRI et AL., 2006**).

On a montré que sur des feuilles de *Phaseolus vulgaris* L. que la salinité (100mM NaCl) du milieu réduit la capacité photosynthétique indépendamment de la fermeture des stomates. En effet, il apparaît que la salinité entraîne une réduction du pool de ribulose-1,5- bio phosphate (RuBP) en influençant sa capacité de régénération. La salinité induit également une diminution de l'activité RuBP carboxylase, lorsque le RuBP est limitant, par un mécanisme inconnu, ne faisant intervenir ni l'inactivation de l'enzyme ni la synthèse d'un inhibiteur. (**SEEMANN et SHRKEY, 1986**) haricot est une plante sensible, mais pour cette espèce comme pour beaucoup d'autre, l'approvisionnement en calcium additionnel est crucial pour la tolérance à la salinité. (**LAHAYE and EPSTEIN, 1971in MUNUS et AL., 2002**).

La salinité abaisse le potentiel hydrique des racines, et ceci cause rapidement des réductions de taux de croissance, avec une suite des changements métaboliques identiques à ceux provoqués par le stress hydrique (**MUNUS et AL., 2002**)

## **2.7. Intérêts cultureux de haricot**

### **1. Intérêts agronomique**

Sur le plan agronomique et en tant que légumineuse, le haricot peut s'intégrer dans les systèmes de production biologique qui utilisent la bio-fertilisation. En effet, sa culture laisse des reliquats azotés. A cet effet, il est utilisé avec d'autres légumineuses dans les systèmes des rotations et d'associations culturales avec d'autres cultures notamment les céréales dans le but d'assurer la meilleure efficacité d'utilisation des ressources en azote (**CANDO et AL., 2003**). Ainsi le maïs (*ZEA MAYS* L.) est principalement cultivé en culture intercalaire avec les haricots à rame comme plante tuteur (**SINGH 1992; NYABYENDA, 2005**). L'effet ne se limite pas au support mais pour une amélioration réciproque des deux cultures (**NASSARY, 2020. FISCHER et AL. 2020**) ont démontré que la culture intercalaire du maïs-haricot améliore l'approvisionnement en énergie et en protéines du fourrage cultivé à la ferme. D'autre part, le système de culture du tournesol avec le haricot commun a produit des valeurs de rendement net plus élevées que la monoculture du tournesol ou la monoculture de haricot commun unique (**HAMD-ALLA et AL., 2020**). Ernest (2019) a également démontré que le système de co-culture riz pluvial-haricot permettait un meilleur développement des plantes et une acquisition de ainsi qu'un meilleur partage des éléments nutritifs des plants de riz.

## 2. Intérêt alimentaire

La culture du haricot est destinée à la consommation humaine (les gousses ou graine consommées à l'état frais ou les graines à l'état sec) et à l'alimentation des animaux (les Résidus de cultures tels que les gousses et tiges séchées (paille) (WORTMANN, 2006; KAKON *et AL.*, 2016.).

En effet, le haricot constitue un aliment de base pour près de 500 millions d'êtres humains par sa richesse en protéines (25% environ) (PUJOLA *et AL.*, 2007).

Sur le plan nutritionnel et comme beaucoup de légumineuses à graines, ils apportent un sentiment de satiété chez les patients atteints de syndromes métaboliques (REVERRI *et AL.*, 2017). Ils sont une source riche et peu coûteuse de protéines, d'acides aminés, de glucides, de fibres alimentaires, de vitamines (KAN *et AL.*, 2018), d'acides phénoliques et de flavonoïdes (GIUSTI *et AL.*, 2017). Via les protéines, leur consommation contribue à la diminution du taux de cholestérol et à la régulation du diabète (TOEWS *et WANG*, 2013), tandis que la composition phénolique réduit l'incidence du cancer (COMINELLI *et AL.*, 2018; YANG *et AL.*, 2020). La consommation de haricot réduit le risque d'accident cardio-vasculaire (GOMES *et AL.*, 2020) et d'autres effets ont été rapporté comme anti-obésité (SHI *et AL.*, 2020), antioxydants et anti-inflammatoires (CHEN *et AL.*, 2019; CARBAS *et AL.*, 2020; YANG *et AL.*, 2020). Les acides phénoliques réduisent le risque de maladies dans le tube digestif (MORENO-JIMENEZ *et AL.*, 2015) et la quantité élevée d'amidon résistant réduit l'indice glycémique et le risque de maladies chroniques (MOJICA *et AL.*, 2017).

Sur le plan industriel, les haricots sont utilisés dans le développement de nombreux produits alimentaires en tant que stabilisateurs de produits surgelés et en tant que conservateurs alimentaires en raison de leur stabilité thermique plus élevée (CARBAS *et AL.*, 2018), et leurs propriétés essentielles dans la fabrication de gel et de film (YANG *et AL.*, 2018).

### 2.8. Production mondiale et nationale de haricot

Dans le genre *Phaseolus*, le haricot commun (*P. vulgaris* L.) est économiquement la plus importante avec plus de 90% de la production mondiale (BROUGHTON *et AL.*, 2003), où 35 millions d'hectares sont cultivés par an dans le monde (MULAS *et AL.*, 2011; FAOSTAT, 2019) en comprenant différents types de haricot commun de couleurs et de tailles distinctes.

Le Brésil, les États-Unis et le Mexique sont les trois les plus grands producteurs de haricots communs au monde, contribuant à environ 5,6 millions de tonnes de production

annuelle suivi de l'Afrique qui est également un producteur de haricot commun qui représente chez ces derniers une culture de subsistance importante pour les petits exploitants agricoles (**BROUGHTON *et AL.*, 2003; PERTY *et AL.*, 2015**).

En Algérie, les légumineuses alimentaires économiquement accessibles occupent une place importante dans la sécurité alimentaire (**BOUDJENOUIA *et AL.*, 2003**). La bibliographie concernant les légumineuses alimentaires fait mention des cultures traditionnelles importantes qui sont : la lentille (*Lens culinaris* L.), le pois chiche (*Cicer arietinum* L.), le pois (*Pisum sativum* L.), la fève (*Vicia faba* L.) et le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) (**BOUZERZOUR *et AL.*, 2003**).

# **CHAPITRE II**

## **Matériel et méthode**

**CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES**



## 1. Objectif de l'expérimentation

L'objectif de notre expérimentation est de mettre en évidence l'effet de la salinité sur les processus morpho-physiologiques et biochimiques des plantes du Haricot (*Phaseolus vulgaris*).

Les plants sont soumis sous trois concentrations différentes de chlorure de Sodium (NaCl) : 3g/l, 6g/l, et 9g/l, et un traitement n'ayant pas reçu de NaCl constitue le témoin.

## 2. Matériel Végétal

L'étude a porté sur les plantes du Haricot (*Phaseolus vulgaris* L), variété El djadida : C'est une espèce annuelle sensible à la salinité qui fait partie de la famille des *Fabaceae*. Cette variété est très cultivée en Algérie. Elle a été choisie comme un matériel végétal à raison de :

- Son cycle de culture courte et précoce avec une bonne productivité
- Et plus précisément sa réaction rapide au changement de milieu.



**Figure 07** : graine de haricot (*Phaseolus Vulgaris* L.) variété Djadida

## 3. Conditions de réalisation de l'essai

### 3.1. Lieu expérimental

Notre étude a été réalisée au niveau du laboratoire de recherche de culture maraîchère, situé au sein du département de biotechnologies, université de Blida 1. Ce site contient les équipements nécessaires à la réalisation de l'ensemble des essais et expérimentations sur le haricot, que comprend aussi une serre où notre expérimentation a été effectuée. Cette serre est caractérisée par sa température contenue entre 15 et 20°C.





**Figure.08 :** Lieu d'expérimentation (Source Personnelle).

### 3.2. Conteneurs

Les conteneurs utilisés sont des pots en plastique de Couleur marron ayant une capacité de 1Kg et présentant des orifices de drainage à leur base permettant l'évacuation de la solution d'irrigation excédentaire. Les diamètres 16 cm de hauteur et 34 cm de longueur et 18 cm de largeur.



**Figure 09:** Aspect générale des conteneurs (Source Personnelle)

### 3.3. Substrat utilisé

Le substrat utilisé est un sol prélevé au champ de la ferme de l'université de Blida. Rinçage des pots avec l'eau de robinet et laisser sécher.

- ✓ Remplissage des pots avec le substrat.



**Figure 10:** Substrat utilisé (source personnelle).

#### 4. Conditions culturelle

La germination a été réalisée le 16/02/2022

Les graines sont mises à germer dans des boîtes pétri en verre stérilisées et déposée dans une étuve à température 25°C pendant 3 jours la culture d'haricot (*Phaseolus Vulgaris* L).



**Figure 11:** graines de haricot (*phaseolus Vulgaris* L.) dans des boîtes pétri (source personnelle)

#### 5. Repiquage des graines germées

Après 3 jours de germination, l'ensemble des graines germées (figure12), dont la longueur des racicules ne n'excède pas 2 cm, sont transférées dans des pots et mises en pots à raison de 2 graines par pot à une profondeur convenable 0.5 à 1cm, puis arrosés avec l'eau de robinet pour permettre un bon contacte sol-graine.



**Figure.12 :** apparition des racicules (source personnelle).

#### 6. Méthode d'application de stress

##### 6.1. Préparation de la solution saline

Durant notre expérimentation quatre traitements ont été utilisé pour l'irrigation des plants du Haricot. Ces traitements ont été préparés à base de l'eau de Blida qui a une concentration globale de sels de 0.43g/l. En ajoutant des concentrations d'ordre croissant en chlorure du sodium NaCl.

**Tableau 2:** description des différents traitements.

Traitements	T0	T1	T2	T3
NaCl	0g/l	3g/l	6g/l	9g/l

## 6.2. Disposition expérimentale

Notre expérimentation a été réalisée selon le plan complètement randomisé avec un seul facteur étudié c'est la concentration en sel.



**Figure.13 :** Schéma de dispositif expérimental.



**Figure14:** dispositif expérimental avant le traitement (source personnelle)



**Figure15:** dispositif expérimental après le traitement (source personnelle)

## 7. La récolte de matière végétale

### 7.1. La partie Aérienne :

Après trois semaines de l'exposition aux différents traitements les plantes sont arrachées. La partie souterraine est séparée de la partie Aérienne. On a déterminé la longueur des tiges et le nombre des feuilles, le nombre des fleurs pour chaque plant. Et on a mesuré la concentration de chlorophylle à l'aide d'un appareil de la lecture de la chlorophylle.

Après en récupérer cette partie par section des plants au niveau du collet, pour déterminer le poids frais de cette partie (partie Aérienne) par une balance électronique.



**Figure 16:** partie Aérienne (source personnelle)

### 7.2. La partie souterraine

A la fin de l'expérimentation, les cylindres sont vidés de leur contenu par jet d'eau. Les racines sont lavées délicatement et récupérées pour peser le poids frais des racines.



**Figure17:** Partie racine frais

## 8. Séchage

Les deux parties ont été mis dans des sac en papier dans une étuve a une température de 75 C° pendant une semaine après en le peser le poids sec de deux cette partie Aérienne et souterraine jusqu'au l'obtention des valeurs stables.



**Figure18** : matière sèche préparée pour l'étuvage

## 9. Dosage de chlorophylle

La teneur en chlorophylles est déterminée selon la méthode de **LICHTENTHALER (1987)** et **SHABALA et al (1998)** au niveau de l'avant Dernière feuille.



**Figure19** : analyseur de teneur en chlorophylle

## 10. Les analyses statistiques :

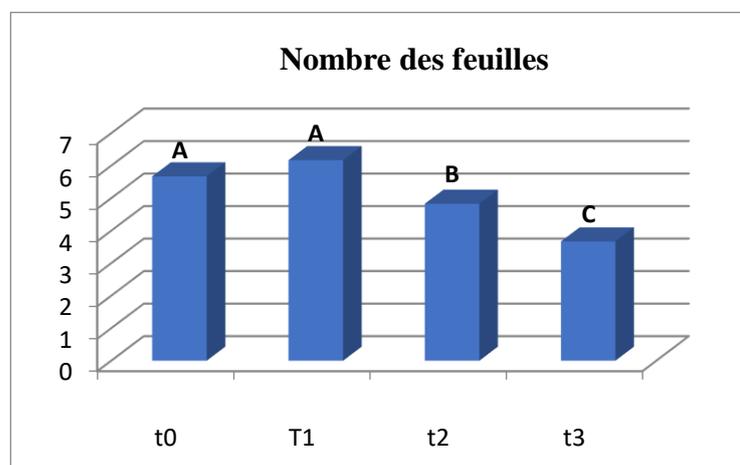
Les données obtenues sont soumises à une analyse de la variance à un facteur étudié. Les moyennes sont comparées selon la méthode de Newman et Keuls qui est basée sur la plus petite valeur significative, réalisés par le logiciel XLSTAT. On considère que les résultats sont significatifs quand ( $\alpha \leq 0, 05$ ).

**Chapitre iii**  
**Résultat et discussion**

## CAPITRE III : RESULTAT ET DISCUSION

Pour mettre en évidence la réponse des plantes de haricot soumises au stress salin, nous avons mesuré les paramètres biométriques suivants :

### 1. Nombre des feuilles



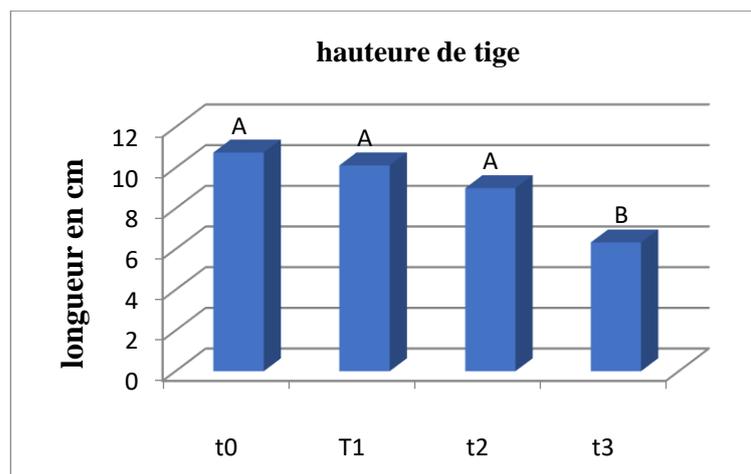
**Figure 20:** Nombre moyen de feuilles par plant.

L'analyse de la variance a révélé une différence significative ( $P < 0,005$ ) du facteur traitement sur le nombre moyen des feuilles par plante. Le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5% montre l'existence de trois groupes homogènes (Annexe 01).

L'examen de cette figure a montré que l'application de Na Cl dans la solution d'irrigation exerce un effet régressif significativement remarquable sur le nombre des feuilles. La première réponse des plantes face à la concentration élevée en sel au niveau des traitements à concentration élevée en sel à savoir T2 et T3, est la réduction du nombre de feuilles. Dont le sel provoque un effet défavorable à la formation des feuilles. Il diminue leur masse, et finit par entraîner leur dessèchement.

### 2. Impact sur la hauteur des tiges

Les résultats relatifs de l'effet de la salinité sur la longueur des tiges sont illustrés dans la figure ci-dessous.



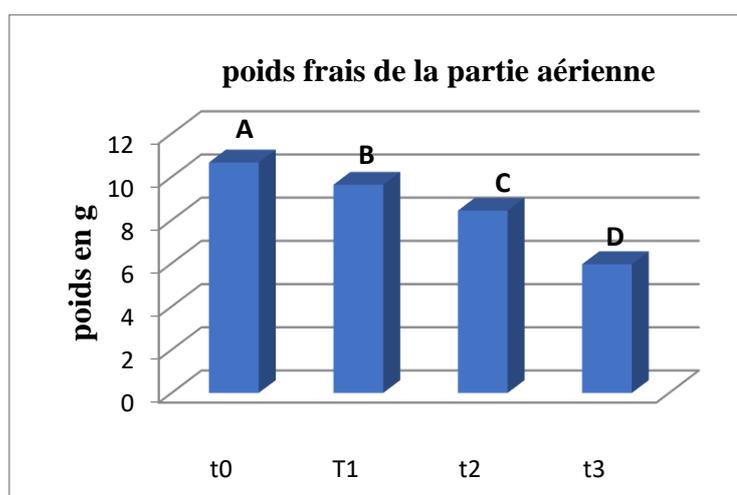
**Figure 21:** Hauteur finale des plantes du Haricot en (cm).

L'analyse de la variance a révélé une différence significative ( $P < 0,005$ ) du facteur traitement sur la hauteur finale des plantes du Haricot. Le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5% montre l'existence de deux groupes homogènes (Annexe 02).

Les résultats obtenus de cette figure ont montré que l'application de NaCl dans la solution d'irrigation exerce un effet dépressif significativement remarquable sur la hauteur des tiges dans les trois traitements (T1, T2 et T3). On observe que la longueur des tiges varie entre (6,8 et 9) cm inférieur par rapport aux plants issus du témoin qui a une valeur de 10 cm.

### 3. Les résultats relatifs de l'effet de la salinité sur la biomasse fraîche de la partie aérienne

Sont illustrés dans la figure suivante :

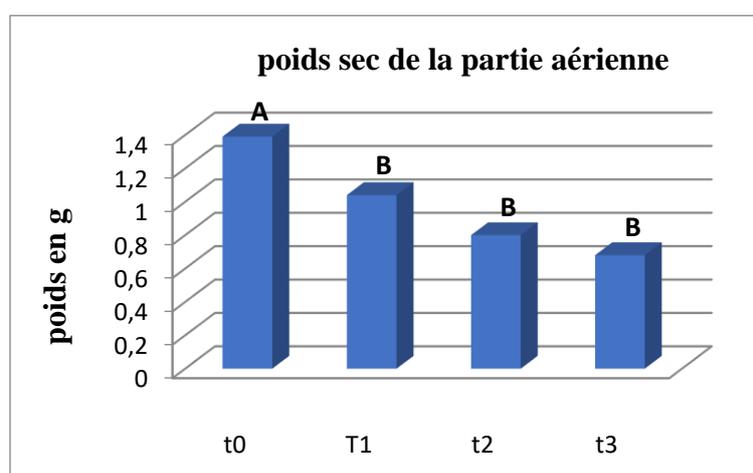


**Figure 22:** biomasse fraîche de la partie Aérienne des plantes du haricot en (g)

L'analyse de la variance a révélé une différence significative ( $P < 0,005$ ) du facteur traitement sur la biomasse Fraîche de la partie Aérien du Haricot. Le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5% montre l'existence de deux groupes homogènes (Annexe 03)

L'examen de cette figure a montré que l'application de Na cl dans la le milieu nutritif il a un effet dépressif significativement remarquable sur la biomasse fraîche de la partie Aérienne dans les trois traitements (T1,T2 et T3) (15, 30,45)g/l correspondant à (9, 8 et 4) g successivement en observe une diminution du poids frais dans les trois traitements par rapport au témoin qui une valeur de 10 g et nous avons remarqués que, quand la concentration de Na Cl augment la biomasse de la partie Aérienne a diminué

#### 4. le poids sec de la partie aérienne des plantes de Haricot en (g)

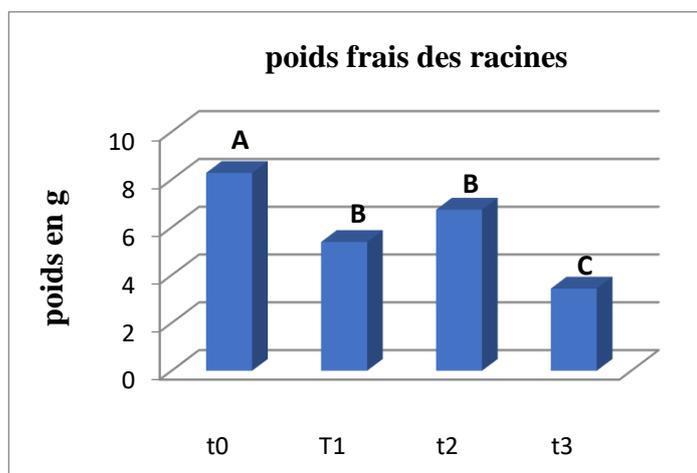


**Figure 23 :** le poids sec des parties aériennes des plantes de Haricot en (g)

L'analyse de la variance a révélé une différence significative ( $P < 0,005$ ) du facteur traitement sur le poids sec des parties Aérien du Haricot. Le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5% montre l'existence de deux groupes homogènes (Annexe 04).

Les résultats de ce paramètre sont montré que la présence de Na Cl dans l'eau d'irrigation il a une impact frustrant sur le poids sec des tiges dans les trois traitements T1 ,T2 et T3 les valeurs suivantes (0.9 0.7 0.6) g correspondant successivement nous avons remarqués que y aura une chute du poids dans les trois traitements par rapport au témoin et par rapport du poids frais de cette partie

## 5. la biomasse fraîche des racines en (g)

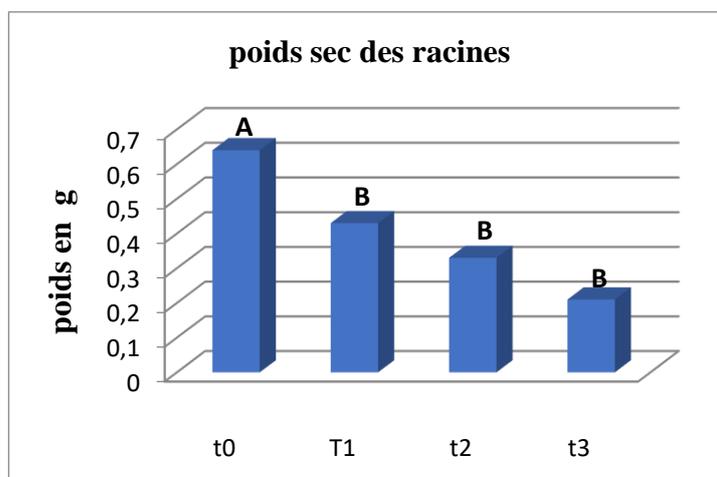


**Figure 24:** la biomasse fraîche des racines en(g)

L'analyse de la variance a révélé une différence significative ( $P < 0,005$ ) du facteur traitement sur le poids frais des racines du Haricot. Le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5% montre l'existence de deux groupes homogènes (Annexe 05).

L'examen de cette figure a montré que L'application de Na Cl dans la solution d'irrigation exercé un mauves effet sur la biomasse fraîche des parties racinaire nous avons observé une variation de poids (racinaire) entre (5, 6 et 3) g dans les trois traitements successivement (T1 T2 T3) et ont à observer une diminution de poids de cette partie par rapport au témoin qui a une valeur maximale de 8g.

## 6. Poids sac racinaire des plantes de haricot



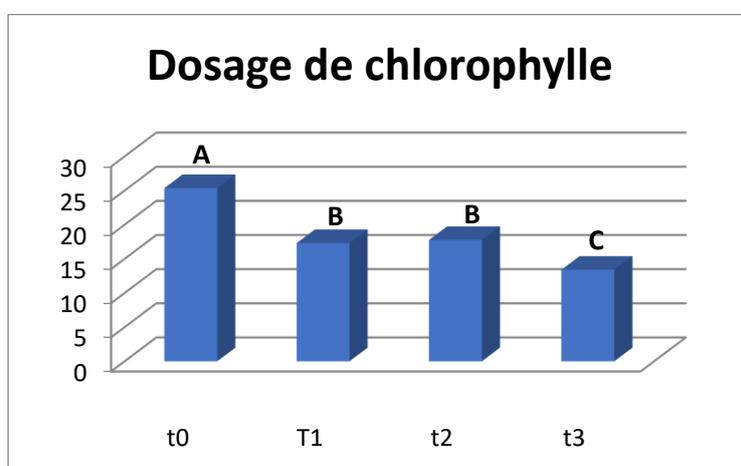
**Figure 25:** le poids sec des parties souterraine des plantes du le haricot en(g)

L'analyse de la variance a révélé une différence significative ( $P < 0,005$ ) du facteur traitement sur le poids sec des racines du Haricot. Le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5% montre l'existence de deux groupes homogènes (annexe 06).

L'examen de cette figure a montré que L'application de Na Cl dans la solution d'irrigation exercé une move effet sur le poids des racines, a les trois traitements T1, T2 et T3 correspondant successivement les valeurs suivantes (0.4, 03 et 0.2) g nous avons observé une chute du poids sec des racines dans les trois traitements Par rapport à leur poids frais et par rapport au témoin

### 7. dosage de chlorophylle

Le teneur en chlorophylle



**Figure 26:** le teneur en chlorophylle des plantes du Haricot

L'analyse de la variance a révélé une différence significative ( $P < 0,005$ ) du facteur traitement sur le teneur en chlorophylle du Haricot. Le test de NEWMAN et KEULS au seuil de 5% montre l'existence de deux groupes homogènes (Annexe 07)

A l'échelle de témoin y aura une valeur de 25 et concernant les valeurs obtenues à partir de les plantes traitées par Na Cl ils sont comme suit

T1 il a une valeur de 16

T2 il a une valeur de 18

T3 il a une valeur de 13

Nous avons observé une variation du dosage de chlorophylle les trois traitements T1 T2 T3 (15, 30,45) g entre 16 ,18 et 13 et Une valeur maximale chez le témoin 25

**Concision**

## CONCLUSION

La salinité du Sol constitue une gêne majeure au développement de la production agricole, notamment dans les zones aride et semi-aride.

Ce phénomène crée des variations importantes du rendement il faut distinguer que la salinité des Sol constitue des effets sur le comportement morpho -physiologique des plantes d'haricot sont limités.

Cette étude a été réalisée sur le but de la détermination des effets du stress salin sur les paramètres morpho-physiologique de haricot et en identifier le niveau de leur résistant à la salinité.

Nous avons observé que les plantes d'haricot sont largement affectées par le stress salin notamment les paramètres morpho-physiologique et biochimique (chlorophylle).

D'autre part Nous avons remarqués par nos résultats que l'application de Na Cl dans la solution d'irrigation a exercé un impact dépressif significativement remarquable sur le nombre des feuilles et la longueur des tiges et leur poids frais / sec, et sur le poids des racines frais et sec et aussi sur le dosage de chlorophylle.

Finalement nous avons illustrés Que La salinité quelque soit la nature du sel et sa concentration dans le milieu à affecte négativement sur le haricot, surtout par L'augmentation des concentrations de Na Cl qu'elle cause apparition de couleur vert foncé par les feuilles .en plus, brûler les bords des feuilles et ensuite sécher et nain.

Pour éviter ces problèmes nous ajoutons du gypse agricole sur le sol ou Irrigation du sol. Enfin le test de salinité du sol après chaque arrosage pour assurer la disparition de la quantité de sel et ainsi réduire l'impact négatif sur haricots pour obtenir un bon rendement et abondant.

Référence

Bibliographique

## Références Bibliographique :

- (Biométrie, anatomie) et nutritionnels de l'Atriplex en vue d'une valorisation agronomique. Mémoire de magister en gestion des agrosystèmes sahariens, Université Kasdi Merbah Ouargla : 133P.
- **Akon, s. s, Bhuiya, M. S. U., Hossain, S. M. A., Naher, Q., & Bhuiyan, M. D. (2016).** Effect of nitrogen and phosphorus on growth and seed yield of French bean. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 41(4), 759-772
- **Anonyme A., (2006).** Extension de la salinisation et stratégies de prévention et réhabilitation. Conférence électronique sur la salinisation : Organisée et coordonnée par : IRTRID du 6 février au 6 Mars 2006, 20p.
- **Aslom H (1990).** Elaboration d'un système de production marichère (tomate, *Lycopersicon esculentum L.*). En culture hors sol pour les régions sahariennes. Utilisation de substrat sableux et d'eaux saumâtres. Thèse de doctorat, développement et amélioration des végétaux, université de Nice-Sophia-Antipolis, 24-32.
- **Aubert G., 1975.** Les sols sodiques en Afrique du nord. *Annal de l'INA ; Algérie*. PP 185-195.
- **Baba Sidi Kaci Safia (2010).** Effet du stress salin sur quelques paramètres phénologiques (biométrie, anatomie) et nutritionnels de l'Atriplex en vue d'une valorisation agronomique, thèse de magistère.
- **Baba Sidi Kaci S., 2010 :** Effet du stress salin sur quelques paramètres phénologiques
- **Baba Sidi Kaci S., 2010 :** effet du stress salin sur quelques paramètres Phénologiques (biométrie, anatomie) et nutritionnels de l'Atriplex en vue d'une valorisation agronomique. Mémoire de magister en gestion des agrosystèmes sahariens, université Kasdi Merbah Ouargla 133P.
- **Baizee D., 2000-** guide des analyses en pédologie. 2ème édition. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris : 206-207.
- **Bayuelo-Jiménez J., Debouck D.G., Lynch J.P.(2002):** Salinity tolerance in Phaseolus species during early vegetative growth. *Crop Science*. Pp.2184.
- **Bayuelo-Jimenez J., Debouch D.G., Lynch J.P. (2002):** Salinity tolerance in Phaseolus
- **Belkhodja M., Bidai y., 2004.** Réponse des grains d'Atriplex halimus L à la salinité au stade de la germination. *Sécheress*. Vol 15. N°4. PP 331-335

- **BenKhaled L., Ouarragi E. M., Ezzedine Zid., 2007.** Impact du Na CL sur la croissance et la nutrition de la variété de blé dur Massa cultivée en milieu hydroponique. Acta Botanica Gallica. PP 201-116.
- **Benchetrit M., 1956.** Les sols d'Algérie. Revue de géographie alpin. Tome 44 N°4. PP 749-761.
- **Benidire I., Daoui K., Fatima 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. J. Mater. Environ. Sci. 6 (3). PP 840-851.
- **Bouaouina S., Zid E., Hajji M., 2000.** Tolérance a la salinité, transports ionique et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dur (triticum turgidum L). CICHEAM-Options Méditerranéennes. PP 239-243.
- **Bouassaba K., Chougui S. 2018.** Effet du stress salin sur le comportement biochimique et anatomique chez deux variétés de piment (Capsicum Annum L.) à Mila / Algérie. European Scientific Journal. 14 : 159-174.
- **Bouda S ., Haddioui A., 2011.** Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre Artiplex. Revue <<Nature et Technologie>>.N°5. PP 72-79.
- **Bouhlassa, S Alechcheikh, C. et Kabiri, L, « origine de la minéralisation et de la détérioration de la qualité des eaux souterraines de la qualité des eaux souterraines de la nappe phréatique du Quaternaire du bassin versant de Rheris (Errachidia, Maroc)».** Sécheresse, Vol. 19 n° 1. 2008. pp. 67-75.
- **Bryssine (1961).** La salinité du sol et sers problèmes.
- **Carbas, B., Machado, N., Oppolzer, D., Fereira, L., Queiroz, M., Brites, C., ... & Barros, A. I. (2020).** Nutrients, Antinutrients, Phenolic Composition, and Antioxidant Activity of Common Bean Cultivars and their Potential for Food Applications. Antioxidants, 9(2), 186.
- **Chartzoulakis K., Klapaki., 2000.** Reponse of tow greenhouse pepper hybrids to NaCL salinity during different growth stages. Scientia Horticulture, 86. PP 247-260
- **Chave M. M., Chves j ., Flexas C., 2008-** Photosynthesis under drought and salt stress : regulation mechanisms from whole plant to cell. Annals of Botany, vol. 103,p 551
- **Chen H., Jiang JG., 2010-**Osmotique adjustment and plant adaptation to environmental change related to drought and salinity. Environment Review, vol. 18, p. 309-319.
- **CominelliO, E., Conaloniri, M., Carlessi, M., Cortinovis, G., Daminati, M. G., Porch, T. G., ... & Sparvoli, F. (2018).** Phytic acid transport in Phaseolus vulgaris: A new low phytic acid mutant in the PvMRP1 gene and study of the PvMRPs promoters in two different plant systems. Plant Science, 270, 1-12.

- **Daoud Y., Halim A., 1994.** Irrigation et salinisation au Sahara Algérienne. Sècheresse vol 5, N°3. PP 151-160.
- **Dargaoui, 1990** in Hamdoud Nacera, 2012, l'effet de stress salin sur la croissance et la Physiologie de la féverole (*Vicia faba.*) p 171376.
- **Dupont F., Guignard J.L., 1989.** Haricot nain (Bulletin des variétés). Edit. Asson. Collection : Abrégés pharma. Paris. 510P.
- **Dututt P, Pourrat Y et Dututt J.M(1994).** La notion de stress de la cellule à l'écosystème. Sècheresse 5 :23-31.
- **El-Monem, A., & Sharaf, M. (2008).** Tolérance of five genotypes of lentil to Na CL-salinity stress. NY Sci J, 1, 70-80.
- **Eynard A., Lala R., Keth D.W.** in Encyclopedia of Science, (CRC Press) Chapter : (2006) 1538.
- **Fischer, J., Bohm, H., & Heß, J. (2020).** Maize-bean intercropping yields in Northern Germany are comparable to those of pure silage maize. European Journal of Agronomy, 112, 125947.
- **Gama P.B.S., Inanaga S., Tanaka K., Nakazawa R. (2007) :** Physiological response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings to salinity stress. African Journal of Biotechnology Vol. 6 (2), pp. 079-088
- **Giusti, F., Caprioli, G., Ricciutelli, M., Vittori, S., & Sagratini, G. (2017).** Determination of fourteen polyphenols in pulses by high performance liquid chromatography-diode array detection (HPLC-DAD) and correlation study with antioxidant activity and colour. Food chemistry, 221, 689-697.
- **Greenwy et Munns., 1980** in BENNABI farid., 2017 Les marqueurs biochimiques de la résistance à la salinité chez *Phaseolus vulgaris* L. P 08
- **Hamid-Alla, W., Ahmed, N., & Hefzy, M. (2020).** Enhance productivity and net economic return by intercropping sunflower (*Helianthus annuus* L.) with common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) under drip irrigation. European Journal of Biological Research, 10(2), 57-73
- **Hanana M., Hamrouni L., Olivir C., Blumwald E., 2011.** Mécanismes et stratégies cellulaires de tolérance à la salinité (NaCL) chez les plantes. Environmental journals. Science and Technology journals. 3P.
- **Haouala F., Faridjani H., Ben Elhadj S., 2007.** Effet de la salinité sur la réparation des cations ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ , et  $\text{Ca}^{++}$ ) et du chlore (CL) dans les parties aériennes et les racines du ray gras anaglais et de chiendent. Biotechnology, agronomy. Société et environnement. Vol 11. N°3. Pp 235-244.

●**Hasanuzzaman M., Kamrum N MD., Alam M ., Masayuki F ., 2012-** Exogenous nitric oxide alleviates high temperature induced oxidative stress in wheat (*Triticum aestivum* L.) SEedlings by modulating the antioxidant defense and glyoxalase system. Australian journal Of Crop Science .vol. 6(8).p, 1314-1323.

●**Hopkins W.G. ,2003.-** Physiologie végétale. 2 éme édition. De Boeck, Supérieur, 532p.

●**Hosniet Soumaya (2008).** La tolérance au sel (rapport).

<http://www.fao.org/FAOSTAT/en/#home>

●**Hubert P., 1978-** Recueil de fiches techniques d'agriculture spéciale à l'usage des lycées agricoles à Madagascar

●**Issd, 2013-** Statut nutritionnel et plasticite de reponses aux stress chez un modèle végétale, *Triticum durum* L. Thèse de doctorant En sciences Biologiques, université d'Annaba, 140p.

● **Kan, L., Nie, S., HU, J., Wang, S., Bai, Z., Wang, J., ... & Song, K. (2018).** Comparative study on the chemical composition, anthocyanins, tocopherols and carotenoids of selected legumes. Food Chemistry, 260, 317-326

●**Khadri M., Pliego L. Soussi M., Lluch C., Ocana A. (2001) :** Ammonium assimilation and ureide metabolism in common bean (*Phaseolus vulgaris*) nodules under salt stress. Agronomy. 21, 635-643.

●**Lauchli A. et Epstein E., 1990** Plant responses to saline and sodic conditions. In K.K. Tanji (ed.), Agricultural Salinity Assessment and Management. American Society of Civil Engineers, New York, pp. 113-137.

●**LE Goupil J.C., 1974 :** Agronomie Tropicale. Série 3 : Séminaire « développement rural

● **Levineon., Lopez F., varisut G., Berthomine P., Casse Delbare T., 1995.** Les plantes face au stress salin. Cahier d'agriculture. 4. PP 263-273.

●**LeVigneron A., Lopez F., Varisuyt G., Berthomin P., Casse Delbar T ., 1995.** Les plantes face au stress salin. Cahier d'agriculture.4. PP 263-273.

●**Majoumder A.L., Sengupta S., Goswanit., 2010-** osmolyte regulation in abiotic stress. Abiotic stress adaptation in plants : physiological, moleculare and genomic fondation. P.349-370

●**Manchanda G., Garg N., N., Acta Physiol. Plant 30.2008.595.3** Eynard A., lala R., Keith D.W.In Encyclopedia of Soil Science, (CRC press) Chapter : 323.2006.1538

●**Marlet S et Job J. o., 2006.** Processus et gestion de la salinité des sols. Traité d'irrigation, second édition .Tec & Doc Lavoisier. 28P.

- **Mezni M., Albonvhi A., Bizd E .et Hamza M.2002.** Effet de la salinité des eaux d'irrigations sur la nutrition minérale chez trois variétés de luzerne pérenne (*Medicago sativa*).EDP Sciences, Agronomie 22, PP283-291.
- **Mohammad M., Shibli R., Ajlouni M., NimrL., 1998.** Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition. *Journal of plant nutrition* PP 1667-1680.
- **Munns R., 2002-** Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, vol .25, p. 239-250.
- **Munns (2005).** Genes and salt tolerance : Bringing them together. *New phytologist* 167,645-663.
- **Nassary, E. K., Baijuka, F., & Ndakidemi, P. A. (2020).** Assessing the Productivity of Common Bean in Intercrop with Maize across Agro-Ecological Zones of Smallholder Farms in the Northern Highlands of Tanzania. *Agriculture*, 10(4), 117
- **Nyabyenda, P. (2005).** Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique: généralités, légumineuses alimentaires, plantes à tubercules et racines céréales. Presses agronomiques de Gembloux.
- **Okçu, G., Kaya, M.D., & Atak, M. (2005).** Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). *Turkish journal of agriculture and forestry*, 29(4), 237-242.
- **Ouerghi Z., Zid E., Hadji M, Soltani A., 2000.** Comportement physiologique du blé dur (*Triticum durum*L.) en milieu salé. *CIHEAM-Options Méditerranéennes*. PP 209-313.
- **Parida A. K., Das A. B., 2005.** Salt tolérance and salinity effects on plants : a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Vol 60. PP 324-349.
- **Parida A. K., DAS A.B.,** *Ectoxicol. Environ. Saf.* 60.2005. 325.
- **Peron J.Y., 2006.** Références productions légumières (2° Éd.). Edit. Librairie GERMER BAILLIERE et CIE, Paris, 650p.
- **Pujola, M., .Farreras, A., & Casañas, F. (2007).** Protein and starch content of raw, soaked and cooked beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chemistry*, 102(4), 1034-1041.
- **Rahmoum C, Ben Naceur M., Cheikh-M'hamed H., Maalam S. (2008) :** Les indicateurs précoces de tolérance à la salinité chez les blés dure.P.151.Biotech 2008.Xles Journées Scientifique du réseau « Biotechnologies on des plantes et sécurité alimentaire » de l'Agence universitaire de la Francophonie.30 juin-3 juillet 2008, Agrocampus Rennes. France. 215 p.
- **Rasool R, Hamed A, Azooz MM, Rehmen M, Siddiqui TO., Ahmed P., 2013-** salt stress. Causes, types and responses of plants. *Ecophysiology*

- **Renard S., Goffork J.P., Frankinet. (2007):** Optimisation de l'efficience de l'azote dans les rotations intégrant les cultures de légumes industriels en Hesbaye. Les dossiers de la recherche agricoles
- **Rengasamy P (2006).** Soil and land systems school of earth and environ metal sciences. The university of Adelaide, Waite campus, Australia.
- **Reverri, E. J., Randolph, J. M., Kappagoda, C. T., Park, E., Edirisinghe, I., & Burton-Freman, B. M. (2017).** Assessing beans as a source of intrinsic fiber on satiety in men and women with metabolic syndrome. *Appetite*, 118, 75-81.
- **Sengupta., Majumder., 2009-**Sonali Sengupta Æ Arum Lahiri Majumder. Insight into the salt tolerance factors of a wild halophytic rice, *Porteresia coarctata* : a physiological and proteomic approach. *Planta* (2009) 229 :911-929
- **Sharma P ., Bhushan A., Shanker R.D., Pessarkli M., 2012-** Reactive Oxygen Species, Oxidative Damage, and Antioxidative Defense Mechanism in plants under stressful Conditions. *Journal of Botany*. Vol. 2012.26p.
- **Shilpi M, Narendra T(2005).** Minireview : cold, salinity and drought stresses an overview. *Arch biochem, biophys* 444 :139-158.
- **Shirokoya, Y., Forkuts, I., Sharafutdinova, N. 2000.** Use of electrical conductivity instead of soluble salts for soil salinity monitoring in central Asia. *Irrigation Drainage System*, 14 : 199-205.
- **Singh S.P., 1992.** Common bean improvement in the tropics. *Plant Breed. Rev.*, 10, 199-269.
- **Smirnoff N., Bryant J., 1999-** Dreb takes the stress in Up. *Nature Biotechnology*, vol7(3). 229-230.
- Species during early vegetative growth. *Crop Science*. Pp.2184.
- **Tavakkoli E., Fatehi F., Coventry S., Rengasmy P., McDonald G.K., j.Exp. Bot.**62.2011.2018.
- **Toews, R., & Wang, N. (2013).** Physicochemical and functional properties of protein concentrate from pulses. *Food Research International*, 52(2), 445-451.
- **Yang, Q. Q., Faraha, A. K., Cheng, L. Z., Kim, G., Zhang, T., & Corke, H. (2020).** Phenolic content and in vitro antioxidant activity in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) are not directly related to anti-proliferative activity. *Food Bioscience*, 100662
- **Yang, Q. Q., Farha, A. K., Cheng, L. Z., Kim, G., Zhang, T., & Corke, H. (2020).** Phenolic content and in vitro antioxidant activity in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) are not directly related to anti-proliferative activity. *Food Bioscience*, 100662

- **Zahran, H.H. 1997.** Diversity, adaptation and activity of the bacterial flora in Slinenviroments. Biol. Fertil. Solis .25 : 211-223.
- **Saitesecoles.ac-poitiers.fr** <http://sitescoles.ac-poitiers.fr/mougou-ecoles/sites/mogou-ecoles/IMG/pdf/lecon-sur-la-germination-maternelle.pdf>

## Annexe

### Annexe N° 01: Régression de la variable Nombre des feuilles :

Analyse de la variance (Variable Nombre des feuilles) :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	3	21,5000	7,1667	7,8182	0,0012
Erreur	20	18,3333	0,9167		
Total corrigé	23	39,8333			

Calculé contre le modèle Y= Moyenne (Y)

	T0	T1	T2	T3
Moyenne ± Ecarttype	5.67 ± 1.21	6.17 ± 1.33	4.83 ± 0.41	3.67 ± 0.52
Groupe homogène	A	A	B	C

### Annexe N° 02 : Régression de la variable hauteur :

Analyse de la variance (Variable hauteur) :

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	3	68,4633	22,8211	11,5268	0,0001
Erreur	20	39,5967	1,9798		
Total corrigé	23	108,0600			

Calculé contre le modèle Y= Moyenne (Y)

	T0	T1	T2	T3
Moyenne ± Ecarttype	10.75 ± 1.44	10.12 ± 0.97	9.00 ± 1.20	6.33 ± 1.89
Groupe homogène	A	A	A	B

### Annexe N° 03 : Régression de la variable poids frais des tiges :

Analyse de la variance (Variable poids frais des tiges)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	3	74,0839	24,6946	61,2103	< 0,0001
Erreur	20	8,0688	0,4034		
Total corrigé	23	82,1527			

Calculé contre le modèle Y=Moyenne(Y)

	T0	T1	T2	T3
Moyenne $\pm$ Ecarttype	10.67 $\pm$ 0.48	9.64 $\pm$ 0.78	8.44 $\pm$ 0.63	5.96 $\pm$ 0.61
Groupe homogène	A	B	C	D

**Annexe N° 04 : Analyse de la variance (Variable poids sec des tiges) :**

Analyse de la variance (Variable poids sec des tiges)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	3	1,7552	0,5851	9,3069	0,0005
Erreur	20	1,2573	0,0629		
Total corrigé	23	3,0125			

Calculé contre le modèle  $Y = \text{Moyenne}(Y)$

	T0	T1	T2	T3
Moyenne $\pm$ Ecarttype	1.39 $\pm$ 0.25	1.04 $\pm$ 0.18	0.80 $\pm$ 0.35	0.68 $\pm$ 0.19
Groupe homogène	A	B	B	B

**Annexe N° 05 : Régression de la variable poids frais des racines :**

Analyse de la variable poids frais des racines

Source	DDI	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	3	76,0267	25,3422	13,6011	< 0,0001
Erreur	20	37,2651	1,8633		
Total corrigé	23	113,2919			

Calculé contre le modèle  $Y = \text{Moyenne}(Y)$

	T0	T1	T2	T3
Moyenne $\pm$ Ecarttype	8.28 $\pm$ 1.08	5.39 $\pm$ 1.53	6.74 $\pm$ 1.91	3.44 $\pm$ 0.53
Groupe homogène	A	B	B	C

**Annexe N° 06 : Régression de la variable poids sec des racines :**

Analyse de la variable poids sec des racines

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	3	0,5996	0,1999	7,4382	0,0016
Erreur	20	0,5375	0,0269		
Total corrigé	23	1,1371			

Calculé contre le modèle  $Y = \text{Moyenne}(Y)$ 

	T0	T1	T2	T3
Moyenne $\pm$ Ecarttype	0.64 $\pm$ 0.25	0.43 $\pm$ 0.15	0.33 $\pm$ 0.13	0.21 $\pm$ 0.09
Groupe homogène	A	B	B	B

**Annexe N° 07: Régression de la variable de chlorophylle :**

Analyse de la variance (variable chlorophylle)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	3	449,5500	149,8500	55,4692	< 0,0001
Erreur	20	54,0300	2,7015		
Total corrigé	23	503,5800			

Calculé contre le modèle  $Y = \text{Moyenne}(Y)$ 

	T0	T1	T2	T3
Moyenne $\pm$ Ecarttype	25.35 $\pm$ 1.54	17.30 $\pm$ 2.58	17.75 $\pm$ 1.12	13.40 $\pm$ 0.75
Groupe homogène	A	B	B	C