

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

UNIVERSITE BLIDA 1  
FACULTE DE SCIENCE DE LA NATURE ET DE LA VIE  
DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIE



Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master Académique  
Option : **Biotechnologies végétale**



*Thème*

**Impact de la combinaison salinité - acide salicylique sur la  
germination et la croissance d'une glycophyte cultivée, cas du  
haricot (*Phaseolus vulgaris* L.).**

Présenté par :

MATASSI Amina

MEZIANE Raihana

<b>Mr ZOUAOUI A.</b>	<b>MCA</b>	<b>USD. Blida1</b>	<b>Président</b>
<b>Mr ABBAD M.</b>	<b>MCA</b>	<b>USD. Blida1</b>	<b>Promoteur</b>
<b>Mme BENZAHRA S.</b>	<b>MCB</b>	<b>USD. Blida1</b>	<b>Examinatrice</b>

**Année universitaire 2019 /2020**

## *Remerciements*

*\* Tout d'abord, nous avons exprimé nos profonds remerciements à notre ALLAH le tout puissant qui nous a orientés vers le bon chemin et de nous avoir donné la force et la volonté d'accomplir ce modeste travail.*

*\* Nous adressons nos sincères remerciements à notre encadreur Dr **ABBAD Mohamed**, pour avoir accepté de nous encadrer et encore pour avoir proposé ce sujet. Nous vous remercions, pour vos conseils judicieux, vos critiques constructives qui ont beaucoup enrichie le travail, pour tous vos efforts, votre aide, votre patience, votre soutien, votre totale disponibilité et surtout pour votre gentillesse et transaction respectable. Nous avons l'honneur de travailler avec vous, et nous sommes fières d'avoir accomplir ce travail sous votre supervision.*

*\* Nos remerciements s'adressent également à Dr **ZOUAOUI Ahmed**, maître de conférence à l'université de Blida 01, d'avoir accepté de présider ce jury.*

*\* Nous remercions aussi Dr **BENZAÏRA Soraya**, maître de conférence à l'université de Blida 01, d'avoir acceptée d'examiner ce modeste travail.*

*\* Nous voudrions également exprimer nos gratitude à Mr **Abderrahmane** l'ingénieur de laboratoire de recherche de biotechnologie des productions végétales à l'Université de Blida 01, merci pour votre gentillesse et votre aide tout au long de la période de notre travail.*

*\* Ne peux pas oublier de remercier toute l'équipe du laboratoire et tous les enseignants de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie d'Université Saad Dahleb Blida 01.*

*\* Enfin, nous remercions toutes les personnes qui ont participé de loin ou de près à la réalisation de ce travail.*

## *Dédicaces*

*Je suis super heureuse de pouvoir écrire ce petit mot à la plus belle et la plus géniale des mamans « **Atika** ». Je suis fière d'être ta fille, grâce à toi je suis devenue une fille ambitieuse qui ne craint pas les difficultés, t'es la source de l'amour, de la tendresse, de la patience et de la force. Merci d'être toujours présente, que Dieu te garde pour moi.*

*Je dédie ce travail à mon beau-père « **Lounas** ». Merci pour votre soutien, vos encouragements et merci d'être toujours à mes côtés. Que Dieu vous protège et vous donne la santé et la longue vie.*

*Aussi, à ma chère grand-mère, tu es ma deuxième mère, la lumière de ma vie et mon guide. Que Dieu prolonge ta vie et maintient ta santé.*

*À mon frère **Youcef** et mes petites sœurs **Manar** et **Chaima**. Je vous souhaite que du succès et du bonheur dans la vie, que Dieu vous protège.*

*Je dédie aussi ce travail à mes chères tantes et mes oncles et toutes mes cousines et mes cousins.*

*À ma chère binôme **Amina**, ma sœur et ma copine et celle qui a partagé avec moi les plus beaux jours de ma vie (notre projet de fin d'étude). Je suis chanceuse de te connaître, je te souhaite le meilleur toujours.*

*À mes très chères amies : **Ahlem, Rahma, Aicha, Rahma, Sihem, Nour, Imen** et **Djazia**.*

*À tout mes camarades de la spécialité « **Biotechnologie végétal et amélioration des plantes, 2019/2020** ».*

*Enfin, je dédie ce modeste travail à toute personne qui aime **Raihana** et que **Raihana** aime.*

***Raihana***

## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail à la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur, mes chers parents que j'adore : **SADDEK** et **NAIMA** Mon plus haut exemple et mon modèle de persévérance, mes deux bonnes étoiles qui ont guidé toujours mon chemin et m'inculquer les vraies valeurs de la vie par ses précieux conseils, je les remercie Pour son affection, sa présence et son soutien permanente, pour leurs sacrifices et leurs prières tout le temps. Merci pour tout ce que vous m'avez appris.*

*À mes grandes parents : qu'Allah l'accepte dans son paradis et tout la famille : **MATASSI***

*À mes chères frères : Mohammed, Ihab et mes beaux frères : Redouene et Aboubakre*

*À mes chères sœurs adorés : Nawal, Saida, Amira ceux qui occupent une place spéciale*

*À ces enfants bien sur : Diaa , Malak, Mayar, Amir, Salsabil et Sondous.*

*Ce sont la force, la joie et l'amour en personne, juste leur présence m'enrichit et me donne de l'espoir et de l'énergie supplémentaire pour avancer.*

*À ma chère binôme : La meilleure dans le monde qui a été parfaite et n'accepte jamais les erreurs, ma sœur et la plus proche a mon cœur qu'on a partagé les plus beaux moments ensemble:*

*« **RAIHANA** », avec mes chères copines c'est sûr Rahma et Ahlem. je vous souhaite que de bonheurs et réussites .Qu'Allah vous protège et garde votre sourire.*

*À mes aimables amies :Aya, Hamida, Nour, Khadija, Alia , Sara, Zola, Hajer, Iman, Ghalia, Wissem, Nardjess et Houria, sans oublier mon correcteur d'erreur Hicham, qui ont étaient toujours à mes cotés et m'encouragé dans tous ce que j'entreprends, A mes collègues de la spécialité microbiologie et tous mes camarades de la promotion biotechnologie 2020. A toutes les personnes qui connaissent **Amina** de près ou de loin seulement pour leur existence, et même ceux que je connais dans le futur. Merci pour votre soutien et votre amour.*

*J'espère leur inspirer joie et fierté et que ce mémoire sera à la hauteur de tes attentes et qu'il soit l'accomplissement de tous mes efforts, que Dieu vous garde.*

*Mina*

## Résumé

La salinité est une menace permanente pour la survie des végétaux. C'est une contrainte majeure dans le monde entier qui limite la productivité végétale et le rendement agricole surtout dans les zones arides et semi-arides qui présente une forte minéralisation de l'eau disponible. Cette étude a porté sur l'impact de la salinité sur la germination et la croissance du haricot « *Phaseolus vulgaris* », et de tester le rôle d'acide salicylique sur le développement de la plante en générale et dans la correction des dégâts provoqués. Les graines ont été stressées avec différents doses de NaCl allant de 50 et 100 mM, et irriguées par des concentrations spécifiques d'acide salicylique 0,25 et 0,50 mM pendant 8 jours durant la phase de germination et 30 jours durant la phase de croissance. Les résultats obtenus montrent que l'application du stress conduit à une perturbation dans le fonctionnement des processus physiologiques des plantes, et en précisement la diminution modérée de taux de germination et la taille des plantes. Plus qu'ils suggèrent que l'AS est un composé chimique à un grand potentiel agronomique surtout dans la stimulation de la croissance et l'amélioration de tolérance au stress salin.

**Mots clé :** Salinité, Acide salicylique, haricot, germination, croissance.

## **Abstract**

Salinity is a permanent threat to the survival of plants. It is a major constraint worldwide that limits plant productivity and agricultural yield, especially in arid and semi-arid areas, which have high mineralization of available water. This study focused on the impact of salinity on germination and growth of the bean "*Phaseolus vulgaris*", and to test the role of salicylic acid on the development of the plant in general and in the correction of the damage caused. The seeds were stressed with different doses of NaCl ranging from 50 and 100 mM, and irrigated with specific concentrations of salicylic acid 0.25 and 0.50 mM for 8 days during the germination phase and 30 days during the germination and growth phase. The results obtained show that the application of stress leads to a disturbance in the functioning of the physiological processes of plants, and precisely in the moderate decrease in the germination rate and the size of the plants. More than they suggest that AS is a chemical compound with great agronomic potential especially in stimulating growth and improving tolerance to salt stress.

**Keywords:** Salinity, Salicylic acid, bean, germination, growth.

## ملخص

الملوحة هي تهديد دائم لبقاء النباتات. حيث تعتبر مشكلة كبيرة في جميع أنحاء العالم وتمثل العامل الرئيسي الذي يحد من إنتاجية النبات والمحصول الزراعي، خاصة في المناطق الجافة و الشبه جافة وذلك لاحتوائها على نسبة عالية من المعادن في مياهها. تركز هذه الدراسة على تأثير الملوحة على إنبات ونمو الفاصوليا (*Phaseolus vulgaris*)، واختبار دور حمض الصفصاف في نمو النبات بشكل عام وفي تصحيح الضرر الناجم. تم تعريض النباتات لجرعات مختلفة من ملح كلوريد الصوديوم تتراوح ما بين 50 و 100 ميلي مولار ، وتم ريهها بتركيزات محددة من حمض الصفصاف 0.25 و 0.50 ميلي مولار لمدة 8 أيام خلال مرحلة الإنبات و 30 يومًا خلال مرحلة النمو. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن تطبيق الإجهاد يؤدي إلى اضطراب في سير العمليات الفسيولوجية للنباتات ، وبالتحديد في الانخفاض المعتدل في معدل الإنبات وحجم النباتات. إضافة إلى تبيان أن حمض الصفصاف هو مركب كيميائي له إمكانات زراعية كبيرة، خاصة في تحفيز النمو و تحسين تحمل الإجهاد الملحي عند النباتات.

**الكلمات المفتاحية:** الملوحة, حمض الصفصاف , الفاصوليا, الإنبات, النمو .

# Table des Matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction.....17

## Partie I

### Recherche bibliographique

#### Chapitre I : La salinité des sols et des eaux

1. Introduction.....	19
2. Définition du stress.....	19
3. Différents types de stress.....	19
3.1. Stress hydrique.....	19
3.2. Stress thermique.....	19
3.3. Stress ionique.....	20
3.4. Stress nutritionnelle.....	20
3.5. Stress salin .....	20
4. La Salinité .....	20
4.1. Définition de la salinité.....	20
4.2. Type de salinité.....	21
4.2.1. Salinisation primaire.....	21
4.2.2. Salinisation secondaire.....	21
5. La Salinité du sol et eaux .....	21
5.1. Origine des sols sales .....	22
5.2. Les causes de la salinité des sols.....	22
6. Effet de la salinité sur les plantes .....	22
6.1. Sur la germination .....	22
6.1.1. Effet toxique.....	23
6.2. Sur la croissance et le développement de la plante.....	23
6.2.1. Effet de la salinité sur les tiges.....	23
6.2.2. Effet de la salinité sur l'anatomie des feuilles.....	23
6.3. Sur la biochimie de la plante .....	23
6.4. Sur l'activité chlorophyllienne.....	24
6.5. Sur les protéines.....	24

6.6. Sur les flavonoïdes.....	24
7. Tolérances des plantes à la salinité.....	24
7.1. Mécanismes de tolérance aux sels chez les glycophytes.....	25
8. Mécanismes d'adaptations à la salinité.....	25
8.1. Caractéristiques morphologiques et anatomiques.....	25
8.2. Compartimentation vacuolaire.....	25

## Chapitre II : Généralité sur l'acide salicylique

1. Acide salicylique.....	26
2. Historique.....	26
3. Biosynthèse de l'acide salicylique.....	27
4. Rôle de l'acide salicylique.....	27
5. L'acide salicylique et la résistance abiotique.....	27
6. Mode d'action.....	28
7. Relation entre l'acide salicylique et la salinité.....	28

## Chapitre III : La culture du haricot

1. Généralité sur les légumineuses alimentaires.....	30
2. Origine et domestication du haricot.....	31
3. Description de la plante.....	31
4. Classification botanique du haricot.....	33
5. Cycle du développement du haricot.....	34
6. Intérêt du haricot.....	34
6.1. Intérêt économique.....	34
6.2. Intérêt nutritionnelle.....	35
6.3. Intérêt agronomique.....	35
7. Production du haricot.....	36
7.1. Dans le monde.....	36
7.2. En Algérie.....	36
8. Exigences de la plante.....	36
8.1. Exigence Climatique.....	36
8.1.1. Température.....	36
8.1.2. Lumière.....	37
8.1.3. Humidité.....	37

<b>8.2. Exigence édaphique.....</b>	<b>37</b>
8.2.1. Sol.....	37
8.2.2. Potentiel hydrogène.....	37
<b>8.3. Exigence hydrique.....</b>	<b>37</b>
<b>8.4. Exigence nutritionnelle.....</b>	<b>37</b>
<b>9. Conditions de stockage du haricot.....</b>	<b>38</b>
<b>10. Les variétés les plus cultivés en Algérie.....</b>	<b>38</b>
<b>11. Les ennemis du haricot.....</b>	<b>38</b>

## **Partie II**

### **Etude expérimentale**

#### **Chapitre VI : Matériels et méthodes**

<b>1. Objectif de l'expérimentation .....</b>	<b>39</b>
<b>2. Matériel végétal testé.....</b>	<b>39</b>
<b>3. Conditions expérimentales.....</b>	<b>39</b>
3.1. Lieu de l'expérience.....	39
3.2. Conteneurs.....	40
3.3. Substrat utilisé.....	40
<b>4. Essai de germination et de culture.....</b>	<b>41</b>
4.1. Essai de germination.....	41
4.2. Préparation des solutions.....	41
4.3. Discretion des différents traitements.....	41
4.4. Dispositif expérimental.....	42
<b>5. Paramètres effectuées.....</b>	<b>42</b>
5.1. Durant la phase de germination.....	42
5.1.1. Taux de germination.....	42
5.1.2. Taux d'inhibition.....	42
5.1.3. Longueur de radicule et de hypocotyle (cm).....	42
5.1.4. Mesure du poids frais et du poids sec (g).....	43
5.2. Durant la phase de croissance.....	43
5.2.1. La teneur relative en eau (RWC).....	43
5.2.2. Paramètres biochimiques.....	43
a. Dosage de chlorophylle.....	43
b. Dosage de proline.....	44

<b>6. Analyse de données.....</b>	<b>45</b>
-----------------------------------	-----------

### **Partie III**

#### **Etude expérimentale**

#### **Chapitre V : Résultats et discussion**

<b>1. Impact de NaCl et l'acide salicylique sur les paramètres de germination.....</b>	<b>46</b>
<b>1.1. Impact sur le taux de germination (FG %).....</b>	<b>46</b>
<b>1.2. Impact sur la longueur des hypocotyles (cm).....</b>	<b>47</b>
<b>1.3. Impact sur la la longueur des radicules (cm).....</b>	<b>47</b>
<b>1.4. Impact sur la biomasse fraîche des hypocotyles (g) .....</b>	<b>48</b>
<b>1.5. Impact sur la biomasse fraîche des radicules (g).....</b>	<b>49</b>
<b>1.6. Impact sur la biomasse sèche des radicules (g).....</b>	<b>50</b>
<b>2. Impact de NaCl et l'acide salicylique sur les paramètres de croissance.....</b>	<b>51</b>
<b>2.1. Aspect visuel des plantes.....</b>	<b>51</b>
<b>2.2. La phase préliminaire.....</b>	<b>52</b>
<b>2.2.1. Teneur des feuilles du haricot en chlorophylle (mg /g MF).....</b>	<b>52</b>
<b>2.2.2. Teneur en proline dans les racines et les feuilles des plantes du haricot (µg /g MF).....</b>	<b>53</b>
<b>2.2.3. Teneur relative en eau (RWC%).....</b>	<b>54</b>
<b>2.3. Impact sur la hauteur finale des plantes.....</b>	<b>54</b>
<b>Discussion générale.....</b>	<b>56</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>58</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>59</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>70</b>

## Liste des figures

<b>Figure 01</b> : Formule de l'acide salicylique.....	<b>26</b>
<b>Figure 02</b> : Biosynthèse de l'acide salicylique.....	<b>27</b>
<b>Figure 03</b> : Aire de domestication du haricot commun.....	<b>31</b>
<b>Figure 04</b> : Description de la plante du haricot.....	<b>32</b>
<b>Figure 05</b> : Le fruit du haricot.....	<b>33</b>
<b>Figure 06</b> : Cycle de développement de la culture du haricot.....	<b>34</b>
<b>Figure 07</b> : les graines du haricot (variété Djadida).....	<b>39</b>
<b>Figure 08</b> : Lieu d'expérimentation (Source personnelle).....	<b>40</b>
<b>Figure 09</b> : Aspect générale des conteneurs (Source personnelle).....	<b>40</b>
<b>Figure 10</b> : Le dispositif expérimental.....	<b>42</b>
<b>Figure 11</b> : Impact de l'acide salicylique (0.25 et 0.50 mM) et de NaCl (50 et 100 mM) sur le taux d'inhibition des graines du haricot ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) durant 8 jours de culture comparé au témoin (T0).....	<b>70</b>
<b>Figure 12</b> : Impact de l'acide salicylique (0.25 et 0.50 mM) et de NaCl (50 et 100 mM) sur le taux de germination des graines du haricot ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) durant 8 jours de culture comparé au témoin (T0).....	<b>46</b>
<b>Figure 13</b> : Impact de l'acide salicylique (0.25 et 0.50 mM) et de NaCl (50 et 100 mM) et leur combinaison sur la longueur des hypocotyles du haricot ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) après 8 jours de culture comparé au témoin (T0).....	<b>47</b>
<b>Figure 14</b> : Impact de l'acide salicylique (0.25 et 0.50 mM) et de NaCl (50 et 100 mM) et leur combinaison sur la longueur des radicules du haricot ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) après 8 jours de culture comparé au témoin (T0).....	<b>48</b>
<b>Figure 15</b> : Impact de l'acide salicylique (0.25 et 0.50 mM) et de NaCl (50 et 100 mM) et leur combinaison sur la biomasse fraîche des hypocotyles du haricot ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) après 8 jours de culture comparé au témoin (T0).....	<b>49</b>

<b>Figure 16 :</b> Impact de l'acide salicylique (0.25 et 0.50 mM) et de NaCl (50 et 100 mM) et leur combinaison sur la biomasse fraîche des racicules du haricot ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) après 8 jours de culture comparé au témoin (T0).....	<b>50</b>
<b>Figure 17 :</b> Impact de l'acide salicylique (0.25 et 0.50 mM) et de NaCl (50 et 100 mM) et leur combinaison sur la biomasse sèche des racicules du haricot ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) après 8 jours de culture comparé au témoin (T0).....	<b>51</b>
<b>Figure 18 :</b> Impact de l'acide salicylique (0.25 et 0.50 mM) et de NaCl (50 et 100 mM) et leur combinaison sur l'aspect visuel des plantes du haricot ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ).....	<b>52</b>
<b>Figure 19 :</b> La teneur des feuilles du haricot ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) en chlorophylle.....	<b>53</b>
<b>Figure 20 :</b> La teneur en proline dans les racines et les feuilles des plantes du haricot ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ).....	<b>53</b>
<b>Figure 21:</b> La teneur relative en eau dans les plantes du haricot ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ).....	<b>54</b>
<b>Figure 22 :</b> Impact de l'acide salicylique (0.25 et 0.50 mM) et de NaCl (50 et 100 mM) et leur combinaison sur la hauteur finale des plantes du haricot ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) comparé au témoin (T0).....	<b>55</b>

## **Liste des tableaux**

**Tableau 01** : les valeurs nutritives des différentes variétés du haricot.....**35**

**Tableau 02** : Superficie et production du haricot sec en Algérie.....**36**

## Liste des abréviations

**(NaCl)** : Chlorure de sodium.

**(AS)**: Acide salicylique.

**(Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)** : Sulfate de sodium.

**(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)**: Sulfate.

**(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)** : Pentoxyde de phosphore ou acide phosphorique.

**(K<sub>2</sub>O)** : Potasse ou oxyde de potassium.

**(FAO)**: Food and Agriculture Organisation.

**(PR)**: Pathogenesis-Related.

**(SAR)**: Résistance systémique Acquise.

**(PAL)** : Phenylalanine Amino Lyase phénylalanine-ammoniac lyase.

**(ONU)**: L'organisation des Nations Unis.

**(MADR)**: Ministère de l'agriculture et de développement rural.

**(pH)** : Potentiel hydrogène.

**(DO)**: Densité optique.

**(A)**: Absorbance.

**(RWC)**: Relative Water Content.

**(PF)**: Poids frais.

**(PS)**: Poids sec.

**(Ppt)** : Poids en plein turgescence.

**(C<sub>a</sub>)**: Chlorophylle a.

**(C<sub>b</sub>)**: Chlorophylle b.

**(mg/gMF)**: Milligramme par gramme de matière fraîche.

**(µg/gMF)**: Microgramme par gramme de matière fraîche.

**(UV)**: Ultra-violet.

**(m)** : Mètre.

**(cm)** : Centimètre.

**(cm<sup>2</sup>)** : Centimètre carré.

**(mm)** : Millimètre.

**(nm)** : Nanomètre.

**(mM)** : Mili molaire.

**(g)** : Gramme.

**(mg)** : Milligramme.

**(ml)** : Millilitre.

**(g/l)** : Gramme par litre.

**(ha)**: Hectare.

**(Qx)** : Quintaux.

**(m<sup>3</sup>/ha)** : Mètre cube par hectare.

**(U/ha)** : Unité par hectare.

**(t/ha)**: Tonne par hectare.

**(°C)** : Degré Celsius.

**(T)** : Traitement.

**(min)** : Minute.

**(h)** : Heure.

**(K<sup>+</sup>)**: Potassium.

**(Ca<sup>++</sup>)**: Calcium.

**(P)**: Phosphore.

**(Cu)**: Cuivre.

**(Zn)**: Zinc.

**(Fe)**: Fer.

**(B)**: Bore.

## Introduction

Partout dans le monde, l'agriculture évolue pour s'adapter aux contraintes climatiques, sociétales et économiques. La « révolution verte » du siècle dernier a apporté des avancées technologiques qui ont permis de s'affranchir partiellement des contraintes pédologiques et biologiques, par l'introduction massive de fertilisants et pesticides (**ALTIERI et NICHOLLS, 2012**).

Les stress environnementaux tels que les températures extrêmes, la sécheresse et la salinisation des sols et des eaux constituent les principaux facteurs de limitation de la production végétale (**BEN NJA, 2014**). La salinité est ainsi un problème pédologique croissant dans le monde entier (**KHAN et PANDA, 2008**). Sur toutes les régions arides et semi-arides, comme le bassin méditerranéen. En effet, l'excès de sel dans le sol affecte la germination, la croissance des plantules et leur vigueur, la phase végétative, la floraison et la fructification à des degrés variables (**DELGADO et al., 1994**). Cette dernière diminue le potentiel osmotique de la solution du sol et réduit par conséquent l'absorption de l'eau par les racines. La turgescence cellulaire est abaissée ce qui entraîne un phénomène de plasmolyse. Certains végétaux régulent leur pression osmotique interne par la synthèse d'osmoprotecteurs, principalement les acides aminés comme la proline. La synthèse de proline est une mesure adaptative prise par les plantes et sa teneur est corrélée à la tolérance aux sels nocifs (**CHEIHK M'HAMED et al., 2008**). A l'échelle cellulaire, le phénomène plasmolyse affecte l'ultra structure des chloroplastes on provoquant des perturbations et la perte de l'enveloppe chloroplastique (**BEN KHALED et al., 2003**).

Afin de limiter les effets néfastes de la salinité, et de renforcer les mécanismes de tolérance au stress, l'acide salicylique joue un rôle important dans la défense des plantes contre le stress biotique et abiotique (**VAZIRIMEHR et RIGI, 2014**). Son application exogène sous différents stress a été étudiée par plusieurs chercheurs, et son rôle dans l'activation de la germination, la croissance sous stress salin a été signalé chez le blé (**ARFAN et al., 2007**), l'orge (**EL-TAYEB, 2005**) et le maïs (**GUNES et al., 2007**). Cette molécule synthétisée par la plante, semble être impliquée dans la signalisation et l'établissement des mécanismes de résistance à plusieurs contraintes environnementales (**KORKMAZ et al., 2007**).

Les légumineuses figurent parmi les dons de la nature les plus abondants et les plus précieux. Elles fournissent un nombre important de produits et améliorent la fertilité des sols (**DEKAK et al., 2018**). Les principales causes de la diminution du rendement des

légumineuses sont liées aux stress abiotiques (salinité, sécheresse) et aux stress biotiques (champignons, bactéries, virus) (MERRIEN et GRANDIN, 1990).

Le haricot *Phaseolus vulgaris* L. représente la troisième plus importante récolte des légumineuses dans le monde (AYDIN et al., 2012). C'est une source de protéines diététiques dans beaucoup de pays en développement. Cette fabacée est extrêmement sensible à la salinité et on estime qu'environ 5 à 30% des zones de production du haricot sont affectées par la salinité du sol (JANSA et al., 2011). Comme pour les autres plantes, la salinité du sol peut inhiber la croissance et le rendement du haricot à cause d'une toxicité et d'un déséquilibre ionique, et d'une réduction du potentiel hydrique de la plante (ASHRAF, 1997 ; ASHRAF et HARRIS, 2004).

De cette optique, nous nous sommes intéressés d'une part à appliquer un stress salin par le NaCl (50 et 100 mM) durant la phase de germination qui est considéré comme la phase la plus critique sur une glycophyte cultivée : le haricot vert (*Phaseolus vulgaris*) et ce dans le but de comprendre son comportement éco-physiologique durant cette phase. D'autre part, nous nous somme examiner la correction de la salinité par l'addition de l'acide salicylique (0,25 et 0,50 mM) dans la solution d'irrigation. Les hypothèses révélées sont :

- Quelle est la réaction de haricot dans un milieu salin ?
- Y-a-t-il un effet stimulateur de l'acide salicylique ?
- Quelle est la dose qui exerce cet effet ?

## Chapitre I : La salinité des sols et des eaux

### 1. Introduction

En 2004, l'Organisation des Nations Unis a estimé que vers la fin de l'année 2050, la population humaine est supposée atteindre 8.9 milliard habitant sur terre (**ASHRAF et al., 2012**). Cette explosion démographique alarmante, nécessitera sans doute une augmentation considérable des besoins nutritionnels provenant surtout de l'agriculture (**WAUGHROY, 2011**). Cette dernière ne constitue pas la seule contrainte affectant la production agricole. Plusieurs activités humaines, surtout liées à l'industrialisation et l'utilisation excessive des hydrocarbures, mais aussi à d'autres pratiques agricoles comme l'irrigation et l'application hystérique des fertilisants, pesticides et herbicides chimiques ont amélioré, ensemble, la vie humaines. Malheureusement, ces activités ont parallèlement provoqué une accumulation de quantités considérablement accrues de produits toxiques de différentes natures, menant à une dégradation sans précédent des terrains agricoles et à une privation des sols (**TAK et al., 2013**).

### 2. Définition du stress

C'est toute pression dominante exercée par des paramètres perturbant le fonctionnement habituel de la plante (**HOPKINS, 2003**). **MENACER (2007)**, a ajoutée qu'il s'agit un ensemble des conditions qui provoque des changements de processus physiologique résultant éventuellement en dégâts dommages, blessures, inhibition de croissance ou de développement. Chez les végétaux, les principaux stress peuvent être classés, tout dépendant de la nature de l'agent stressant (**ORCUTT et NILSEN, 2000**). **LAMKADEM et DEBBACH (2014)** déclarent qu'il existe deux grandes catégories de stress :

- **Biotique** : imposé par les autres organismes (insectes, herbivores.....).
- **Abiotique** : provoqué par un déficit ou un excès de l'environnement comme la sécheresse, la température extrême, la salinité.

### 3. Différents types de stress

#### 3.1. Stress hydrique

C'est un stress qui est provoqué par un déficit en eau constituant un menace permanent pour la survie des plantes, néanmoins, beaucoup d'entre elles produisent des modifications morphologiques et physiologiques qui leurs permettent de survivre dans les régions de faible pluviosité et dont la teneur en eau des sols est peu élevée (**HOPKINS, 2003**).

#### 3.2. Stress thermique

La température est l'un des principaux facteurs qui conditionne la productivité des plantes. Les plantes qui poussent dans des régions désertiques et dans des régions cultivées

semi-arides sont soumises à des températures élevées en même temps qu'à des niveaux de radiations élevées, à des faibles humidités du sol et à des intensités potentiellement élevées de la transpiration (**HOPKINS, 2003**). Le stress thermique est souvent défini quand les températures sont assez hautes ou basses pendant un temps suffisant pour qu'elles endommagent irréversiblement la fonction ou le développement des plantes. Elles peuvent être endommagées de différentes manières, soit par des températures basses ou élevées de jour ou de nuit, par l'air chaud ou froid ou par les températures élevées du sol. La contrainte thermique est une fonction complexe qui varie selon l'intensité (degré de la température), la durée et les taux d'augmentation ou de diminution de la température (**OUKARROUM, 2007**)

### **3.3. Stress ionique**

Il est lié à la composition en éléments du sol (carences ou toxicité en certains ions) : un déficit en N, P, MO, Cu, Zn, Fe, B, peut avoir des conséquences importantes sur le développement des plantes. Un excès de minéraux AL, Na, Cl, peut avoir des effets toxiques (**MONNEVEUX et THIS, 1997**). Donc La présence de sels dans les sols est l'un des problèmes majeurs affectant les contraintes (**ABBAD et al., 2004**).

### **3.4. Stress nutritionnel**

Certains sels peuvent être toxiques pour les plantes et peuvent en affecter la balance nutritionnelle s'ils sont présents en forte concentration (**SNOUSSI et HALITIM., 1998**). L'accumulation des ions  $\text{Na}^+$  dans la plante limite l'absorption des cations indispensables tels que  $\text{K}^+$  et  $\text{Ca}^{2+}$ . Le sodium entre en compétition avec potassium et calcium, et le chlorure avec le nitrate, le phosphore et le sulfate (**HAOUALA et al., 2007**).

### **3.5. Stress salin**

C'est le résultat d'un déficit hydrique dans la plante sous forme de sécheresse physiologique (**MAHAJAN et TUTEJA, 2005**). Ce stress osmotique se traduit essentiellement par l'accumulation toxique des ions dans les cellules et/ou un déséquilibre nutritionnel dû à un excès de certains ions (**SOUGUIR et al., 2013**). En effet, selon le degré de stress dans le milieu, les plantes sont exposées à des modifications de leur comportement morfo-physiologique, anatomique et biochimique (**NASIR- KHAN, 2010**). Et un sol est considéré comme salin si sa conductivité électrique dépasse  $4 \text{ dSm}^{-1}$  avec un taux de sodium échangeable supérieur à 15% (**SHRIVASTAVA et KUMAR, 2015**).

## **4. La salinité**

### **4.1. Définition de la salinité**

C'est un problème écologique majeur qui affecte un nombre croissant de région du globe (**ROCHY, 1999**), fréquemment associée à la contrainte hydrique, elle réduit les surfaces

cultivables et menace l'équilibre alimentaire mondial (**BRAHIMI, 2017**). Selon **MERMOUD (2006)**, la salinité est un processus d'accumulation de sels à la surface du sol et dans la zone racinaire qui occasionne des effets nocifs sur les végétaux et le sol.

#### **4.2 Type de salinité**

Bien que l'altération des roches et les minéraux primaires soit la principale source de tous les sels, les sols salés sont rarement formés par accumulation des sels. Plusieurs causes sont à l'origine de ce phénomène (**MAILLARD, 2001**).

##### **4.2.1. Salinisation primaire**

Ce type de sol est très fréquent dans les zones arides dû à une évapotranspiration potentielle qui dépasse largement la quantité d'eau arrivée au sol (**ANTIPOLIS, 2003**). Près de 80% des terres salinisées ont une origine naturelle (édaphique), on qualifie alors la salinisation de (primaire). **MERMOUD (2006)** ajoute que dans ce cas, celle-ci est due à la formation des sels pendant l'altération des roches ou à des apports naturels externes :

- ✓ Dans les régions côtières, intrusion de l'eau salée ou submersion des terres basses ;
- ✓ Inondation périodique par de l'eau de mauvaise qualité ;
- ✓ Remontée d'une nappe phréatique salée près de la zone racinaire.

##### **4.2.2. Salinisation secondaire**

Près de 20% des terres salinisées ont une origine humaine ou anthropique : sont qualifiées de (secondaires) dû principalement à l'irrigation des terres avec une eau de mauvaise qualité (eau saline), un lessivage insuffisant et un drainage défaillant (**ANONYME, 2006**).

#### **5. La salinité du sol et eaux**

Elle constitue le problème majeur dans le monde. Elle est considérée comme le principal facteur abiotique qui limite la productivité végétale et le rendement agricole (**ABD LATEF, 2010**). Elle est causée par la présence d'une quantité excessive de sels. Généralement un taux élevé de  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  cause le stress salin (**PARIDA et DAS, 2005**). La salinisation des terrains agricoles impose des défis énormes, à la fois aux scientifiques et aux agriculteurs, exigeant une exploitation croissante des ressources naturelles à la recherche de solutions prometteuses (**ASHRAF et al., 2012**). Environ 6 % de la surface terrestre est affectée par la salinité, correspondant à 20 % des terrains irrigués au niveau mondial. Ces sites sont majoritairement localisés dans les écosystèmes arides et semi arides qui sont caractérisés par une forte évaporation d'eau à partir du sol et d'une irrégulière et insuffisante pluviométrie. Ces contraintes pédoclimatiques extrêmes causent le phénomène de salinité (**MUNNS et al., 2006**). Ce dernier est considéré parmi les principaux facteurs abiotiques qui limitent la productivité végétale et le rendement agricole (**BAATOUR, 2004**). Elle est souvent associée

à la sécheresse et qu'il cause une réduction des surfaces cultivable (MARCUM, 2006). Ce phénomène provient également de l'irrigation le plus souvent mal contrôlée (KACI, 2012).

Chaque année, les surfaces perdues à cause de la salinité varient autour de 20 millions d'hectares dans le monde (MIURA1 et TADA, 2014). Ainsi, au Maghreb plus de 30% des eaux destinées à l'irrigation sont chargées en sel, et elles induisent à la longue, une toxicité aussi bien dans la rhizosphère que dans les différentes parties de la plante. Cette toxicité engendre des dégâts au niveau des ultras structures cellulaires contribuant, à la fois, à la réduction de la croissance et a des rendements faibles chez les variétés sensibles (RAHMOUNE et al., 2008).

### **5.1. Origine des sols sales**

Les sols salins sont naturellement présents sous tous les climats dans tous les continents. Ils sont étroitement liés à une source de salinité d'ordre géologique (évaporites), hydrogéologique (eaux souterraines) ou hydrologique (eaux marines) (BABA SIDI-KACI, 2010).

### **5.2. Les causes de la salinité des sols**

Plusieurs recherches ont démontré que les principales causes de la salinité des sols sont les rares précipitations, l'évaporation élevée, l'irrigation avec l'eau saline et les pratique culturales en premier lieu ou les terres agricoles productives deviennent impropres à cause de la qualité inférieure de l'eau d'irrigation. De plus, le fort éclaircissement et les rares pluies dans les régions arides et semi arides affectent considérablement le rendement des cultures (HAMMIA, 2012).

## **6. Effet de la salinité sur les plantes**

Le stress salin a un triple effet : il réduit le potentiel hydrique, cause un déséquilibre ionique ou des perturbations en homéostasie ionique et provoque une toxicité ionique. Cet état hydrique altéré conduit à une croissance réduite et 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 (PARIDA et DAS, 2005).

### **6.1. Sur la germination**

Le stade plantule est le plus vulnérable dans le cycle de vie de la plante, et c'est la germination qui détermine le temps et le lieu pour que la croissance de la plantule. Ce stade de germination est souvent limité par la salinité du sol et se montre le plus sensible que les autres stades (SAID et al., 2011). Selon REJILI et al., (2006), les semences des glycophytes et des halophytes répondent de la même manière au stress salin, en réduisant le nombre total

des graines germées et en accusant un retard dans l'initiation du processus de la germination. Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence de sel, la variation de l'équilibre hormonal a été évoquée.

#### **6.1.1. Effet toxique**

Les effets toxiques sont liés à une accumulation cellulaire de sels qui provoquent des perturbations des enzymes impliquées dans la physiologie des graines en germination, empêchent la levée de dormance des embryons et conduisent à une diminution de la capacité de germination (REJILI *et al.*, 2006). La présence de sel en excès dans le sol est un des facteurs critiques qui affecte défavorablement la germination de la graine, empêchant les espèces de s'adapter aux environnements salin, a aussi exposé l'effet de sels sur la germination ; il a constaté que les sels provoquaient une diminution de l'imbibition du fait d'une diminution du potentiel d'eau (BRAHIMI, 2017).

#### **6.2. Sur la croissance et le développement de la plante**

La réponse immédiate du stress salin est la réduction de la vitesse de l'expansion de la surface foliaire et cette expansion s'arrête si la concentration de sel augmente (WANG *et NIL*, 2000). Le stress salin résulte aussi dans la diminution de la biomasse sèche et fraîche des feuilles, tiges et racines (CHARTZOULAKHIS *et KLAPAKI*, 2000). Plus que la longueur des tiges est réduite et provoquent des nécroses sur les feuilles, des décolorations et la réduction de la chlorophylle (TEGGAR, 2015).

##### **6.2.1. Effet de la salinité sur les tiges**

La longueur des tiges est réduite par l'excès de sel dans le sol. Pour le tournesol, la réduction de la hauteur de la tige est de 30cm (TEGGAR, 2015).

##### **6.2.2. Effet de la salinité sur l'anatomie des feuilles**

L'augmentation de la salinité influé sur l'anatomique des feuilles dans des nombreuses plantes comme le haricot, qui correspond une augmentation dans l'épaisseur de l'épiderme, du mésophile dans la longueur des cellules du palissade, le diamètre des palissades et le diamètre des cellules en éponge. Dans les feuilles des épinards, la salinité réduit l'espace intercellulaire ; chez la tomate, il y a également une réduction de la densité des stomates (OMAMI, 2005).

#### **6.3. Sur la biochimie de la plante**

La salinité réduit la vitesse de la photosynthèse suite à une diminution de la conduction stomatique de CO<sub>2</sub> (SANTIAGO *et al.*, 2000). La diminution de la vitesse photosynthétique est due à plusieurs facteurs comme la déshydratation des membranes cellulaires ce qui réduit leur perméabilité au CO<sub>2</sub>, la toxicité du sel, la réduction de l'approvisionnement en CO<sub>2</sub> à

cause de la fermeture des stomates, la sénescence accrue induite par la salinité et le changement dans l'activité des enzymes causé par le changement dans la structure cytoplasmique (PARIDA et DAS, 2005).

#### 6.4. Sur l'activité chlorophyllienne

Le taux de la chlorophylle et des caroténoïdes des feuilles diminue en général sous les conditions de stress salin. Les feuilles les plus âgées commencent à développer une chlorose et finissent par tomber sous l'effet du stress salin.

#### 6.5. Sur les protéines

Sous les conditions salines il y a un changement dans le modèle d'expression des gènes, et des changements qualitatifs et quantitatifs dans la synthèse des protéines (REYNOLDS et al., 2001). La salinité peut imposer des effets spécifiques ioniques sur les plantes parce que les fortes concentrations d'ions ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) accumulés dans les cellules, agissent en désactivant des enzymes, en inhibant la synthèse des protéines ou en favorisant le dépliage menant à la dénaturation des protéines, ainsi le contenu des protéines solubles des feuilles diminue en réponse à la salinité (PARIDA et al., 2002; RASANEN., 2002). AGASTIAN et al., (2000) ont rapporté que les protéines solubles augmentent à des niveaux bas de salinité et diminuent en hautes concentrations de salinité chez les murs.

#### 6.6. Sur les flavonoïdes

Ce sont parmi les métabolites secondaires les plus actifs chez les plantes, ils ne sont pas essentiels à la survie de la plante mais ils sont bioactifs et influencent le transport des hormones de la plante surtout l'auxine ainsi que leur activité antioxydant. Il était trouvé qu'il y a une augmentation considérable dans les niveaux des flavonoïdes lors de stress salin, celles qui sont dérivé de la voie biosynthétique phénylpropanoïdes sont reconnus d'être responsive au stress (SAILAJA et SUJATHA., 2013).

### 7. Tolérance des plantes a la salinité

Deux grandes stratégies de résistance au sel étaient connues chez les plantes : limiter l'entrée de sodium au niveau des racines ou séquestrer le sodium au niveau des feuilles. Un nouveau mécanisme de tolérance au sel : la plante protège ses feuilles, donc sa capacité de photosynthèse, en réexportant le sodium des feuilles vers les racines par le flux de sève descendant, de façon à rendre possible une ré-excrétion dans le sol. Les chercheurs ont identifié le gène qui permet ce transport de sodium des feuilles vers les racines chez l'espèce modèle *Arabidopsis thaliana*. La modification de ce gène affecte fortement la résistance de la plante au sel. Il est donc raisonnable de penser que l'on pourra renforcer cette résistance en augmentant l'expression de ce gène. BERTHOMIEU et al., (2003) A l'échelle de la plante

entière, les ions chlorure et sodium entrent par les racines, sont véhiculés par la sève xylémique jusqu'aux tiges et feuilles. Là, ils sont soit stockés (plantes inclusives), soit au contraire très peu retenus et mobilisés par la sève polémique jusqu'aux racines (plantes exclusives) (DENDEN *et al.*, 2005).

### **7.1. Mécanismes de tolérance aux sels chez les glycophytes**

Les glycophytes les plus sensibles au sel restreignent le transport de  $\text{Na}^+$  dans les parties aériennes et maintiennent de la sorte des niveaux de sel relativement bas dans les tissus photosynthétiques. Les espèces les plus sensibles à la salinité sont incapables de compartimenter le  $\text{Na}^+$  dans leurs feuilles de façon à limiter la concentration cytoplasmique de cet ion. Au contraire, les espèces glycophytes relativement tolérantes se caractérisent par un transport de grandes quantités de NaCl dans les feuilles rendu possible grâce à un bon compartimentage cellulaire du  $\text{Na}^+$  (TELLES *et al.*, 2007).

## **8. Mécanismes d'adaptations à la salinité**

### **8.1. Caractéristiques morphologiques et anatomiques**

HELLER *et al.*, (1998) et LUTTGE *al.*, (2002), ont résumés ces caractéristiques morphologique et anatomiques par les points suivants :

- ✓ Une cuticule épaisse ;
- ✓ Des stomates rares ;
- ✓ Des cellules à grandes vacuoles pour favoriser le stockage de NaCl.

### **8.2. Compartimentation vacuolaire**

C'est la stratégie la plus efficace pour éviter la toxicité de  $\text{Na}^+$  sur des sites métaboliques dans le cytoplasme (JEBNOUNE, 2008). La plante utilise en effet le sel pour ajuster la pression osmotique de ses cellules. Elle capte le sel qui parvient aux feuilles, au même titre que l'eau, par le mouvement ascendant de la sève dans les vaisseaux. A l'intérieur des cellules, le sel est alors stocké dans les vacuoles grâce à des systèmes de "pompes" moléculaires. Les vacuoles étant des compartiments fermés au sein de la cellule ; le sel est ainsi isolé dans des constituants cellulaires vitaux (BOUCHOUKH, 2010).

## Chapitre II: Généralité sur l'acide salicylique

### 7. Acide salicylique

L'acide salicylique (acide o-hydroxybenzoïque, M= 138,24), libre ou conjugué, est un produit phénolique naturel présent en abondance dans l'écorce et les feuilles de Saule (*Salix alba*), dont les propriétés analgésiques sont connues depuis l'Antiquité. Il est isolé en 1838 à partir de son conjugué (salicine) et synthétisé au laboratoire en 1874, il est un constituant de l'aspirine (acide acétylsalicylique) (HELLER *et al.*, 2000), il a été trouvé dans les feuilles et organes reproducteurs de 34 espèces d'importance agronomique (PANCHEVA *et al.*, 1996).

L'acide salicylique, très largement répandu dans les plantes, est considéré comme une phytohormone d'une nature phénolique impliquée dans la résistance systématique acquise (SAR) lors d'une réaction d'une hypersensibilité et participe dans la régulation des processus physiologiques ou en réponse au divers stress (UV, ozone, blessures,...) (MACHIEX *et al.*, 2005).

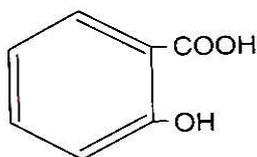


Figure 01 : Formule de l'acide salicylique

### 8. Historique

L'acide salicylique est découvert en 1828 quand Johann Buchner a isolé, à partir de l'écorce de saule, le glucoside d'alcool salicylique (salicine). Le nom de l'acide salicylique (AS) a été donné par Raffaele Piria en 1838. La première production commerciale de l'acide salicylique (AS) synthétique a débuté en 1874 en Allemagne. Son dérivé l'acide acétylsalicylique a été introduit sous le nom commercial d'aspirine en 1898 (RASKIN, 1992). La production de l'acide salicylique lors de l'établissement de la résistance systémique chez le concombre et le tabac, beaucoup d'efforts ont été déployés pour élucider le rôle de cette molécule dans cette résistance (DELANEY *et al.*, 1994).

Le développement de la SAR (résistance systémique acquise) est encore mal connu, mais l'une des composantes de la voie de signalisation serait l'acide salicylique. L'acide salicylique (acide 2-hydroxybenzoïque) est un métabolite secondaire naturel possédant des propriétés analgésiques. Les indiens d'Amérique et les eurasiens utilisaient depuis longtemps les écorces de saule (*Salix sp.*) qui est la source du glycoside de l'acide salicylique, la salicine, pour soulager leurs maux et leurs douleurs (HOPKINS, 2003).

## 9. Biosynthèse de l'acide salicylique

L'acide salicylique résulte de la  $\beta$ -oxydation et de l'hydroxylation de l'acide trans-cinnamique, un dérivé de la phénylalanine. Le passage de la phénylalanine à l'acide trans-cinnamique est une désamination catalysée par la phénylalanine-ammoniac lyase (PAL). Deux autres réactions : hydroxylation par une mono oxygénase à cytochrome P450,  $\beta$ -oxydation, interviennent ensuite, sous deux modalités différentes selon les matériels, pour donner l'acide salicylique (HELLER *et al*, 2000).

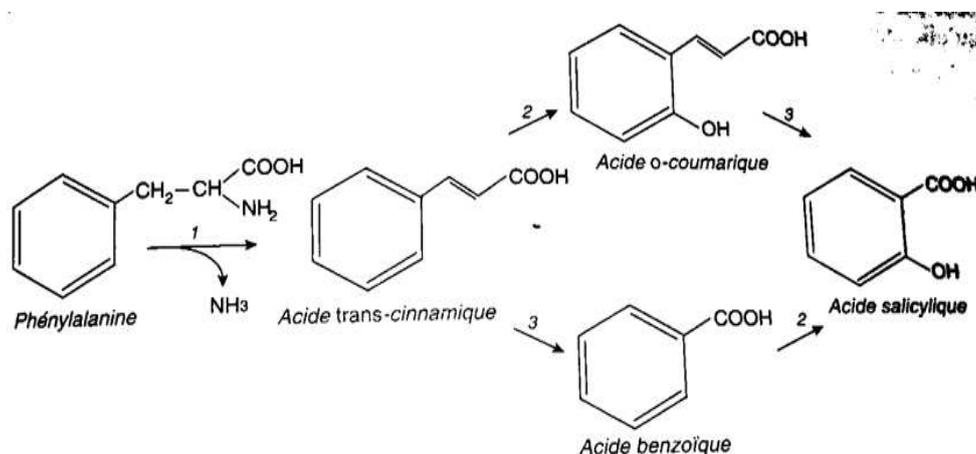


Figure 02 : Biosynthèse de l'acide salicylique

## 10. Rôle de l'acide salicylique

L'acide salicylique (AS) est un composé phénolique naturel. Il joue un rôle important dans la régulation de la croissance, du développement, de la maturation et des réponses de défense des plantes. En plus des réponses de défense, l'AS joue un rôle important dans la réponse aux stress abiotiques, notamment la sécheresse, les basses températures et les stress de salinité. Il a été suggéré que l'AS a un grand potentiel agronomique pour améliorer la tolérance au stress des cultures importantes sur le plan agricole (MIURA *et TADA*, 2014).

La réaction hypersensible est un mécanisme de défense qui joue un rôle capital chez les plantes, qui est induite quelques minutes après l'attaque par un agent pathogène biotique ou même un stress abiotique (métaux lourds, UV etc.). Dans certains cas, une résistance systématique acquise est observée. Consécutivement à une attaque bactérienne, fongique ou virale conduisant à une réaction hypersensible ou à une maladie, une activation de gènes PR (Pathogenesis Related) entraîne une résistance à d'autres attaques bactériennes, fongiques ou virales (MOROT-GAUDRY *et al.*, 2009).

## 11. L'acide salicylique et la résistance abiotique

L'application exogène de l'acide salicylique a un effet sur une large gamme de processus physiologique en condition défavorables externe, il a été prouvé dans plusieurs

recherches que l'acide salicylique participant à la régulation de plusieurs voies métaboliques et physiologiques, mais son mécanisme d'action n'est pas encore bien clair et est toujours en cours d'étude (SHAKIROVA *et al.*, 2003). En l'additionnant aux milieux d'irrigation ou par pulvérisation foliaire, l'acide salicylique joue chez certaines plantes, et sous différentes conditions climatiques, un rôle de molécule signal pour induire la résistance ou la tolérance chez ces plantes aux différents stress abiotiques (KORKMAZ *et al.*, 2007).

L'utilité de l'AS dépend de la concentration appliquée, du mode d'application et de l'état des plantes (par exemple, stade de développement et acclimatation). En règle générale, de faibles concentrations de SA appliqué atténuent la sensibilité aux stress abiotiques, et des concentrations élevées appliquées induisent des niveaux élevés de stress oxydatif, entraînant une diminution de la tolérance aux stress abiotiques (MIURA *et TADA*, 2014).

## 12. Mode d'action

L'acide salicylique pourrait agir en régulant la teneur en eau oxygénée cellulaire et pariétale. Cette hypothèse qui en vogue en milieu des 1990, découlait du fait que l'acide salicylique est capable de se lier à la catalase, en inhibant alors l'activité de cette enzyme qui dégrade normalement l'eau oxygénée dans la cellule d'où une activation des mécanismes de défense (induction des gènes, activation des peroxydases permettant la rigidification de la paroi cellulaire par réticulation des protéines de la paroi ou par néoformation de la lignine). A l'inverse d'autre expliquent qu'il semblerait que l'augmentation initiale de l'eau oxygénée soit le facteur primaire qui stimule la biosynthèse de l'acide salicylique. Néanmoins, et quel que soit le mécanisme, l'acide salicylique joue donc un rôle de premier plan dans la résistance de la plante (MACHIEX *et al.*, 2005).

Les mécanismes moléculaires par lesquels l'acide salicylique agit sur l'induction des gènes de résistance ont pu être en partie appréhendés grâce à l'utilisation d'analogues fonctionnels, en particulier l'acide 2,6- dichloroisonicotinique qui mine son action comme messenger intracellulaire. L'acide salicylique apparait donc comme un signal qui est à l'origine d'une cascade de transduction intracellulaire aboutissant à l'expression de nombreux gènes (KLESSIG *et al.*, 2000).

## 13. Relation entre l'acide salicylique et la salinité

L'effet de l'acide salicylique (AS) sur la tolérance au sel a été examiné chez la tomate ; des jeunes plantes issues de semis ont été cultivées pendant douze jours en salle climatisée sur des milieux nutritifs enrichis de 100 mM NaCl et contenant ou non de l'acide salicylique 0,1mM. La croissance pondérale des organes aériens est réduite de 36% en présence de NaCl et seulement de 21% lorsque l'AS est ajouté au milieu. Les racines restent peu sensibles à NaCl.

Chez les plantes cultivées en milieu salin, la teneur en  $K^+$  des différents organes est diminuée. L'addition d'AS atténue le déficit en  $K^+$  et diminue l'accumulation de  $Na^+$  et  $Cl^-$  dans les organes aériens. Ces résultats suggèrent que l'AS amélioré la tolérance au sel chez la tomate en assurant une meilleure alimentation en  $K^+$  et en ralentissant le transport de  $Na^+$  et  $Cl^-$  vers les feuilles (**BEN AHMED et al., 2010**).

### Chapitre III : La culture du haricot

#### 1. Généralité sur les légumineuses alimentaires

Les légumineuses (*Fabaceae*) sont définies par leur structure florale spécifique, la cosse de leur fruit et surtout par l'aptitude (88% espèces examinées) à former des symbioses fixatrices d'azote avec les bactéries de la famille des *Rhizobiaceae* (DE FARIA *et al.*, 2010). La superfamille des Fabacées regroupe 3 sous familles: *Mimosoideae*, *Caesalpinioideae*, et *Papilionoideae* (DOYLE et LUCKOW 2003) et compte environ 20.000 espèces (GEPTS *et al.*, 2005). Les légumineuses à graines sont plus riches en protéines et moins riches en glucides que celles de céréales. On distingue les espèces à graines riches en protéines et en huile, sans amidon, classées comme oléagineux (soja, arachide) et les espèces à graines riches en protéines, classées comme protéagineux (pois, féverole) ou légumes secs (haricot, lentille, pois chiche) (LAZREK F.B., 2008).

En Algérie les espèces de légumineuses alimentaires les plus cultivées 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.) réparties principalement dans les régions de l'Ouest du pays (RAMDANE, 2013). La principale caractéristique des graines de légumineuses est leur teneur élevée en protéines (20-40% du produit sec) et sont généralement riches en acides aminés indispensables et en particulier en lysine, elles complètent très bien les protéines des céréales (généralement pauvre en lysine) (REMOND et WALRAND, 2017), et représentent les principales sources de protéines dans les pays en voie de développement et dans les régions subtropicales. Les légumineuses occupent la deuxième place, après les céréales, pour les terres cultivées. En 2004, la production était plus de 300 millions de tonnes de légumineuses à graines sur une superficie de 190 millions d'hectares, soit 13% des terres cultivées. Au niveau mondial les légumineuses à graines et de fourrage occupent près de 180 millions d'hectares représentant 12 à 15% de la surface des terres arables (F.A.O, 2007).

En Algérie, les légumineuses alimentaires font partie du paysage agricole depuis des millénaires. Sur le plan spatial, elles occupent 82301 ha, avec une production de 411867 Qx (BENMAHAMMED *et al.*, 2010). Ces cultures sont utilisées dans la rotation avec les céréales pour enrichir le sol en azote. Les faiblesses de la production ont conduit l'Algérie à importer plus de 355 millions de dollars pour combler les besoins de la population (ANONYME, 2007) STAT. CANADA.

## 2. Origine et domestication du haricot

La domestication du haricot commun serait intervenue dans deux centres distincts, d'une part en Amérique centrale (variété *vulgaris*) et d'autre part en Amérique du sud dans la région andine (variété *aborigineus*). Les variétés méso-américaines se distinguent de celles des Andes, notamment par la taille des grains, plus gros chez ces dernières.

La première introduction du haricot en Europe serait due à Christophe Colomb qui le découvrit à Nuevitas (Cuba) lors de son premier voyage en octobre 1492. Par la suite d'autres explorateurs le découvrirent en divers points d'Amérique du Nord et du Sud. La diffusion de la plante en Europe se serait faite par le Vatican. C'est Catherine de Médicis qui l'aurait introduite en France à l'occasion de son mariage avec le roi Henri II en 1533. Dès le XVI<sup>e</sup> siècle, des navigateurs portugais l'ont introduit en Afrique et en Asie (ABOUMERIEM *et al.*, 2013).



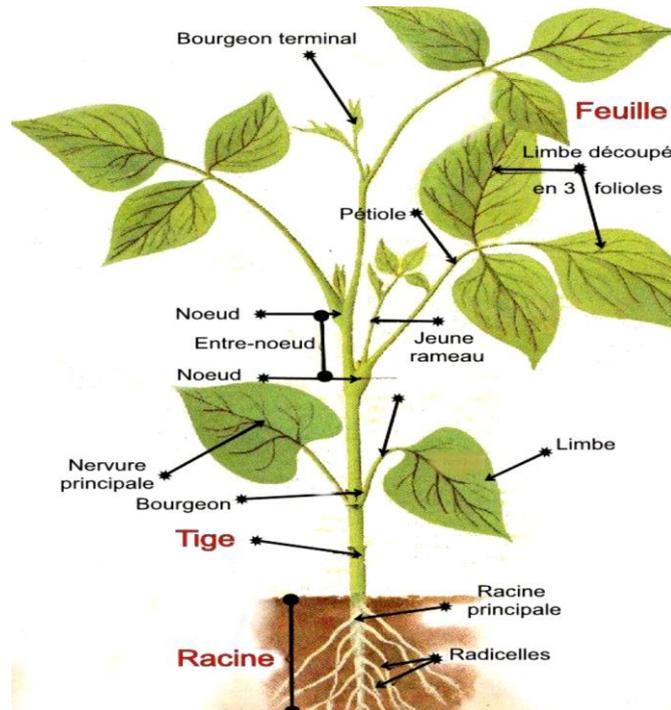
**Figure 03** : Aire de domestication du haricot commun :

1. Centre mésoaméricain
2. Centre andin

## 3. Description de la plante

Le haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) est une plante annuelle appartenant à l'ordre des *Fabales* 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 le flétrissement de la plante en cas de

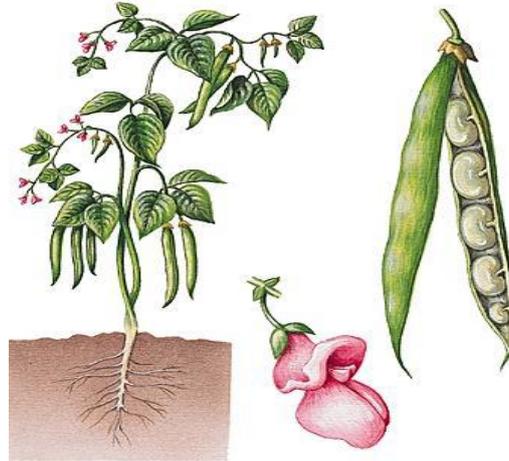
fortes chaleurs. Sur celles-ci se développent des nodosités formées par des bactéries du genre *Rhizobium*. Ces bactéries fixent l'azote de l'air en puisant l'énergie nécessaire dans les sucres que la plante leur fournit. Cet azote est restitué à la plante sous forme de composés azotés assimilables (RENARD *et al.*, 2007). Les tiges grimpantes sont peu ramifiées et s'enroulent autour de leur support dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Les types nains sont plus ramifiés, prenant un port buissonnant ou dressé, de 40 à 60 cm de haut. Ils se prêtent mieux à la mécanisation des cultures (ABOUMERIEM *et al.*, 2013). La feuille du haricot est composée chaque partie est une foliole. Elle s'attache au nœud de la tige par un pétiole dont la base élargie est la gaine des deux côtés de la gaine, on voit deux petites lames vertes ou stipules. Les feuilles ainsi que les tiges sont vertes parce qu'elles renferment une substance verte, la chlorophylle (ASHRAF et FOOLAD, 2007).



**Figure 04** : Description de la plante du haricot (ASLOUM, 1990)

Les fleurs sont groupées en grappes déterminées (racèmes) de 4 à 10 fleurs, naissant à l'aisselle des feuilles. Ce sont des fleurs hermaphrodites, zygomorphes. Les fruits sont des gousses déhiscents, appelées également « cosses », de forme et de longueur variable. En particulier leur section peut être cylindrique, ovale ou aplatie. Chaque gousse contient 4 à 8 graines de taille, forme et couleur variable. La forme la plus commune est dite « réniforme », typique des haricots, mais on peut rencontrer des grains plus sphériques. Les graines sont plus ou moins grosses, les plus grosses ayant été sélectionnées dans les variétés à écosser. Chez les variétés cultivées, on compte de 14 à 80 graines pour 100 g et 730 à 850 graines par litre. La

couleur des graines va du blanc au noir en passant par le rouge et les couleurs panachées (ABOUMERIEM *et al.*, 2013). Les graines peuvent garder leur faculté germinative de 3 à 5 ans. La germination des haricots est dite « épigée ». Tandis que la racine s'enfonce dans le sol, la croissance de l'hypocotyle entraîne les cotylédons qui se déploient hors du sol. De ce fait la plante apprécie les sols légers qui favorisent une bonne levée (ABOUMERIEM *et al.*, 2013). (Figure 03).



**Figure 05 : Le fruit du haricot (ASLOUM, 1990)**

#### 4. Classification botanique du haricot

Le Haricot commun est une plante de la famille des *Fabaceae*, il été reconnu pour la première fois sous le nom *Smilax hortensis*, qu'est due aux botanistes Tragus et Fuchs en 1542 (ABOUMERIEM *et al.*, 2013). En 1753, Linné a proposé le nom binominale *Phaseolus vulgaris* pour désigner cette espèce et il a classé d'autre Haricots moins bien connus à l'époque dans le genre *Phaseolus* (AYDIN *et al.*, 1997). Selon l'APG (2003) on attribue à le haricot commun la classification suivante :

##### Classification classique

**Règne :** Plantae

**Sous règne :** Tracheobionta

**Division :** Magnoliophyta

**Classe :** Magnoliopsida

**Sous classe :** Rosidae

**Ordre :** Fabale

**Famille :** Fabaceae

**Genre :** *Phaseolus*

**Espèce :** *Phaseolus vulgaris*.

##### Classification phylogénétique

**Clade :** Angiospermes.

**Clade :** Dicotylédoness vraies.

**Clade :** Rosdées.

**Clade :** Fabidées.

**Ordre :** Fabale.

**Famille :** Fabaceae.

**Genre :** *Phaseolus*.

**Espèce :** *Phaseolus vulgaris*.

## 5. Cycle du développement du haricot

Il débute avec la formation d'un zygote principal et d'un zygote accessoire suite à la double fécondation du sac embryonnaire, ce dernier est renfermé dans l'ovule. Lui-même protégé par le pistil de la fleur, le zygote accessoire formera un tissu nourricier l'albumen, tandis que le zygote principal est à l'origine d'une nouvelle plante. Le zygote principal subisse des nombreuses mitoses forme un embryon, qui comporte deux cotylédons lobes foliacés gorgés des réserves. L'embryon mature est protégé dans la graine mûre en dormance à l'intérieur d'un fruit « gousse ». Lorsque les conditions sont favorables, la graine retourne à la vie active et germe. La radicule perce le tégument et s'enfonce dans la terre, la tigelle grandit vers le ciel soulevant les cotylédons au-dessus du sol vers la lumière, la plantule devaient autotrophe et grandit jusqu'à atteindre le stade adulte auquel elle fleurit, la plante adulte présente un appareil végétatif partagé entre un appareil racinaire souterrain et un appareil caulinaire (tige feuillée) développé en milieu aérien (MEYER *et al.*, 2008).

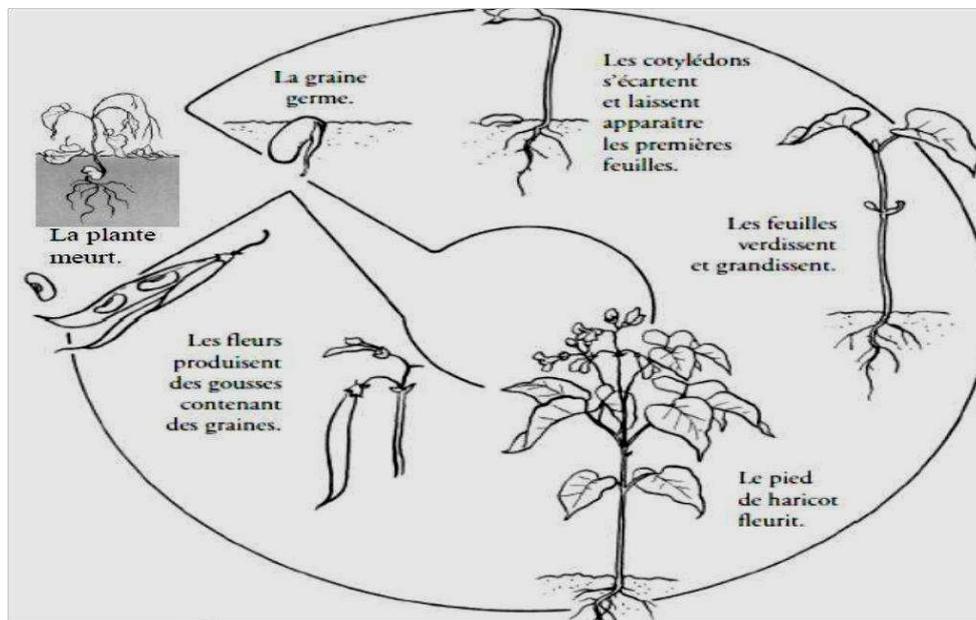


Figure 06 : Cycle de développement de la culture du haricot (DIAW, 2002)

## 6. Intérêt du haricot

### 6.1. Intérêt économique

Cette culture est destinée à la consommation humaine (les gousses ou graines sont consommées à l'état frais ou les graines à l'état sec) et à l'alimentation des animaux (les résidus de cultures : tiges et gousses). En effet, le haricot constitue un aliment de base pour près de 500 millions d'êtres humains de par sa richesse en protéines (PUJOLA *et al.*, 2007). Le haricot commun est l'espèce économiquement la plus importante avec plus de 90 % de la production mondiale de haricot. Il constitue la principale légumineuse alimentaire de plus de

300 millions de personnes en Amérique latine. En Amérique centrale et en Afrique de l'Est (BROUGHTON *et al.*, 2003).

### 6.2. Intérêt nutritionnelle

Les haricots secs sont une excellente source de potassium et d'acide folique. Ils sont une bonne source de magnésium et de fer et contiennent, en outre, du cuivre, du phosphore, du zinc, de la thiamine, de la niacine et de la vitamine B6. Le haricot frais est dit diurétique, dépuratif, tonique et anti-infectieux. Le tableau 1 montre les valeurs nutritives des formes de consommation des différentes variétés du haricot (BABA SIDI KACI, 2010)

**Tableau 01** : les valeurs nutritives des différentes variétés du haricot (BABA SIDI KACI, 2010)

	Haricot frais cru	Haricots rouge	Haricot blanc sec bouilli
Eau	90.3%	89.2%	63.0%
Protéines	1.8 g	1.9 g	9.7 g
Matières grasses	0.1 g	0.3 g	0.3 g
Glucides	7.1 g	7.9 g	25.0 g
Fibres	1.8 g	2.4 g	6.3 g
Calories	31	127	139
Pour 100 g			

### 6.3. Intérêt agronomique

Le haricot peut s'intégrer dans les systèmes de production biologique qui utilisent la bio-fertilisation. 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 (CANADO *et al.*, 2003).

Le haricot en tant que légumineuse :

- Possède un système de fixation symbiotique de l'azote plus performant, du fait qu'il associe cette fixation à la photosynthèse (POCHON, 1981) ;
- Constitue un bon précédent cultural dans la rotation, comme il peut bien s'installer après les *Solanacées*, les *Cucurbitacées* et les *Brassicacées* et il donne un meilleur rendement si il est cultivé après l'orge, le blé ou le maïs (CANADO *et al.*, 2003);
- Apporte des masses importantes de résidus fermentes cibles pouvant activer la vie microbienne du sol (ABDENOUR, 1982).

## 7. Production du haricot

### 7.1. Dans le monde

La production mondiale du haricot vert a été estimée en 2001 à 4,7 millions de tonnes. La Chine assure le tiers de cette production. En Europe occidentale, les pays grands producteurs sont l'Espagne avec 268 500 tonnes, l'Italie 213 629 tonnes, la France 115 000 tonnes et la Belgique 90 000 tonnes. Quant aux exportations mondiales, en l'an 2000, elle a porté sur 237 854 tonnes pour une valeur de 110 milliards de francs CFA. Les pays grands exportateurs sont les Etats Unis avec 32 544 tonnes, la France 30 611 tonnes, le Mexique, les Pays Bas et l'Espagne. Ils ont tous un niveau d'exportation supérieur à 20 000 tonnes par an. De ces données, deux constats majeurs s'imposent : seulement 5 % de la production mondiale fait l'objet d'exportation d'une part et d'autre part, les pays grands producteurs ne sont pas exportateurs d'où la confirmation du niveau élevé d'autoconsommation pour ce produit. Ainsi, les trois plus grands producteurs de haricot vert à savoir la Chine (1,5 millions de tonnes), la Turquie (450 000 tonnes) et l'Inde (410 000 tonnes) ne sont pas parmi les dix premiers pays exportateurs (MADR 2009).

### 7.2. En Algérie

L'Algérie est considérée comme un grand consommateur de légumes sec. Cependant les superficies réservées à cette culture restent limitées. D'après le ministère de l'agriculture et de développement rural (MADR). L'Algérie a mis en œuvre, un plan d'action visant l'augmentation de la production agricole et ceci par l'intensification de la culture des céréales et des légumineuse. La production moyenne pour l'Algérie e était estimé 0.72 t/ha avec une surface 1616 hectares en 2009 (Tableau 02).

**Tableau 02 :** Superficie et production du haricot sec en Algérie.

Années	2005	2006	2007	2008	2009
Superficie (hectares)	1206	1596	1394	1040	1616
Production(Quintaux)	6660	9145	9170	5441	11588

Source (MADR, 2009).

## 8. Exigences de la plante

### 8.1. Exigences climatiques

#### 8.1.1. Température

D'après LABUSCHAGNE (2011), la température optimale pour la culture du haricot vert est entre 15 à 20 °C. Le zéro végétatif est à 10°C et les fortes chaleurs sont néfastes à la fécondation des fleurs. Le haricot est une plante de climat chaud, nécessite donc des

températures assez élevées. Sa germination n'est normale qu'au-dessus de 14 à 15°C (PERRET et BÉLIARD, 2013).

### 8.1.2. Lumière

En ce qui concerne la luminosité, le haricot est très exigeant, surtout pendant les premières étapes de son développement (HUBERT, 1978). Si la luminosité n'est pas suffisante, les plantes s'allongent et diminuent beaucoup leur rendement.

### 8.1.3. Humidité

Selon HALLOUIN (2012), le haricot exige autant en humidité de l'air que du sol. Pendant sa végétation une très grande humidité est défavorable.

## 8.2. Exigence édaphique

### 8.2.1. Sol

Selon LABUSCHAGNE (2011), le choix des sols joue considérablement sur les rendements et la qualité des produits. Les sols destinés à la culture du haricot doivent présenter des caractéristiques générales de perméabilité, de bon état sanitaire et de richesse relative. Le haricot réussit bien sur les sols alluviaux, riches en potasse et réussit mal dans les terres halomorphes et fortement acides ainsi que dans les sols lourds-argileux. L'idéal pour le haricot serait un pH légèrement acide, favorable à l'assimilation des éléments nutritifs du sol.

### 8.2.2. Potentiel hydrogène

Le pH optimal se situe entre 6 et 7.5. Cette fourchette qui correspond à l'optimum pour le développement de *Rhizobium phaseoli*, bactérie fixatrice de l'azote de l'aire pour le haricot (VARGAS et GRAHAM, 1988). La chute de rendement est relativement lente lorsque l'alcalinité croît, alors qu'elle est très brutale lorsque le pH descend au-dessous de 6.

## 8.3. Exigence hydrique

L'apport d'eau est nécessaire pour assurer un rendement maximum tant en produits frais qu'en produits secs. Les besoins en eaux sont estimés à 400 m<sup>3</sup>/ha. Une récolte en sec exige un supplément de 500 m<sup>3</sup>/ha (HUBERT, 1978). Le haricot ne supporte pas l'excès d'eau qui provoque l'asphyxie racinaire, allonge la période fructification et favorise l'attaque des maladies fongiques ou cryptogamique (LABUSCHAGNE 2011).

Selon PERRET et BÉLIARD, (2013) du fait que le haricot exige beaucoup de chaleur ; l'évapotranspiration est importante, ce qui résulte les besoins très importants en eau.

## 8.4. Exigence nutritionnelle

Le haricot apprécie un rapport de potasse et de phosphore, qui doit être fait sous forme rapidement assimilable (superphosphate, sulfate de potasse), étant donnée la brièveté de cycle

de culture. Les travaux de **LABUSCHAGNE (2011)**, notent que le haricot vert dispose de deux voies d'alimentation azotée :

- ✓ Par l'assimilation des nitrates du sol ou des engrais.
- ✓ Et par la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique.

D'après **ZUANG H. (1982)**, le haricot sensible à toute carence alimentaire surtout au moment de floraison. Dans un sol bien pourvu, on conseille les rapports suivants :

- N : 30-50 U/ha.
- P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : 60 U/ha.
- K<sub>2</sub>O : 150 U/ha.

### **9. Conditions de stockage du haricot**

Le stockage des graines dépend de l'humidité de la graine. Une humidité de 8 à 9% est recommandée pour le stockage de longue durée (**WINCH, 2006**). L'eau contenue dans les graines existe sous deux formes : L'eau de composition, contenue à l'intérieur des cellules végétales et l'eau libre qui se trouve à la surface des cellules, dont une partie est absorbée superficiellement par ces dernières. C'est cette eau libre qui conditionne la conservation des graines (**BRAHIMI, 2017**).

### **10. Les variétés les plus cultivées en Algérie**

Selon **BOUZID (2010)**, les variétés de haricot les plus cultivées sont :

- Haricot nain mange tout : Contender, Djedida, Molière.
- Haricot nain à écosser Coco de Prague, Pactole...
- Haricot à rames mange tout : Sidi Fredj, Blanc de juillet.
- Haricot à rames à écosser : Coco blanc, Coco de Prague.

### **11. Les ennemis du haricot**

Les cultures du haricot sont sujettes à de nombreuses attaques de ravageurs et maladies qui peuvent entraîner d'importants dégâts en l'absence de moyens de lutte appropriés. On estime ainsi qu'en Afrique tropicale plus de 50 % de la production est perdue chaque année (**ABOUMERIEM et al., 2013**).

## Chapitre VI : Matériels et méthodes

### 1. Objectif de l'expérimentation

Le but de cette expérience s'inscrit dans le cadre de gestion des périmètres salins, phénomène dominant des zones semi arides et aride. Ce travail consiste à vérifier d'une part l'effet dépressif de la salinité par le NaCl sur la germination et la croissance d'une glycophyte cultivée d'intérêt agronomique certain (cas du haricot : *Phaseolus vulgaris*). D'autre part, une addition de l'acide salicylique a été faite pour tester la correction de la salinité appliquée par cette phytohormone. L'expérimentation a été menée en système hydroponique.

### 2. Matériel végétal testé

Le matériel végétal utilisé durant notre expérimentation est le haricot (*Phaseolus vulgaris*), variété Djadida dont les semences testées sont prises de l'institut technique des cultures maraichères et industrielles (ITCMI) de Staouali, wilayat d'Alger. C'est une espèce annuelle sensible à la salinité qui fait partie de la famille des *Fabaceae*.

L'expérience a été réalisée durant l'hiver de 03/02/2020 au 12/03/2020.

Cette variété est très cultivée en Algérie. Elle a été choisie comme un matériel végétal a 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 : les graines du haricot (variété Djadida)

### 3. Conditions expérimentales

#### 3.1. Lieu de l'expérience

Notre expérimentation a été réalisée au niveau de la serre du laboratoire de recherche de biotechnologie des productions végétales qui se trouve au niveau du département de Biotechnologies, faculté des Sciences de la Nature et de la vie de l'université de Blida 1. Ce site contient les équipements nécessaires à la réalisation de l'ensemble des essais et expérimentations sur l'haricot, qui comprend aussi une serre où notre expérimentation a été effectuée. La serre est en polycarbonate dont : l'orientation est nord sud, l'aération est assurée

par plusieurs fenêtres placées latéralement de part et d'autre de la serre. Des radiateurs ont été installés au niveau de la serre pour assurer le chauffage pendant l'hiver



**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. Le diamètre supérieur est de : 12cm et l'inférieur est de 7,5cm et la hauteur égale à 11cm.



**Figure 09 :** Aspect générale des conteneurs (Source personnelle).

### 3.3. Substrat utilisé

Pendant notre expérience, le substrat choisi est le gravier de rivière dont le diamètre est de 3 à 8mm provenant de la région de Blida. Ce substrat constitue un milieu défavorable pour le développement de micro-organismes. Grâce à sa porosité, il assure une meilleure aération pour les racines des plantes alors que sa capacité de rétention en eau est très faible.

Afin d'éviter tous risques de contamination par les maladies parasitaires, une procédure de désinfection a été effectuée comme suit :

- ✓ Rinçage des pots avec l'eau de robinet et laisser sécher.
- ✓ Lavage de substrat par l'eau pour supprimer toutes les particules terreuses.
- ✓ Remplissage des pots avec le substrat lavé.
- ✓ Désinfection du substrat avec l'eau de javel diluée de concentration 10ml/L.
- ✓ Rinçage de substrat à l'eau de robinet pendant deux jours pour éliminer toute trace de l'hypochlorite de sodium fortement nocive pour les racines des jeunes plantules du haricot.

#### 4. Essai de germination et de culture

Notre expérience est effectuée en deux périodes distinctes :

- Un premier travail a porté sur la germination des grains effectuée au laboratoire de recherche en biotechnologie des productions végétales d'université de Blida durant 8 jours ;
- Un deuxième travail a été réalisé au niveau de la serre en condition semi contrôlée et ce dans le but de vérifier le comportement du haricot dans un milieu salin, en présence de l'acide salicylique et la combinaison entre ces deux facteurs.

##### 4.1. Essai de germination

Une stérilisation des grains du haricot a été effectuée par un lavage avec l'eau distillée pendant 2 minutes suivies par trempage des grains dans l'hypochlorite de sodium (10%) pendant 5 minutes. En dernier lieu, un lavage abondant a été fait avec de l'eau distillée pour éliminer toute trace de l'hypochlorite de sodium. L'essai de germination a duré 8 jours dans étuve à 25 C° on utilisant des boîtes de Pétrie de 9 cm de diamètres contenant double couche de papier absorbant stérile. 10 graines ont été ensemencées dans chaque boîte qui va être humidifiée avec les solutions préparées. Enfin, chaque traitement a été répété 4 fois.

##### 4.2. Préparation des solutions

Pour évaluer l'impact de la combinaison salinité-acide salicylique, nous avons :

- ✓ Appliqués le stress salin par 50 et 100 mM de NaCl ;
- ✓ Tester le rôle de 0,25 et 0,50 mM de l'acide salicylique ;
- ✓ Déterminer la dose la plus efficace en combinant les deux niveaux : Salinité- acide salicylique.

##### 4.3. Discretion des différents traitements

T0= L'eau de robinet (témoin).

T1= 0.25 mM AS.

T2= 0.50 mM AS.

T3= 50 mM NaCl.

T4= 100 mM NaCl.

T5= 50 mM NaCl + 0.25 mM AS.

T6= 50 mM NaCl + 0.50 mM AS.

T7= 100 mM NaCl + 0.25 mM AS.

T8= 100 mM NaCl + 0.50 mM AS.

##### 4.4. Dispositif expérimental

Le plan expérimental adopté durant notre expérimentation un dispositif complètement randomisé sans contrôle d'hétérogénéité, avec un seul facteur étudié (solution d'irrigation). 3

niveaux ont été testés : le stress salin (50 et 100 mM de NaCl), acide salicylique (0,25 et 0,50 mM), et la combinaison (salinité-acide salicylique) comparé à un témoin (eau de robinet). Chaque traitement a été répété 04 fois, soit au totale 32 unité expérimentale.



**Figure 10** : Le dispositif expérimental

L'irrigation a été faite en fonction de la capacité au champ déterminée préalablement pour les boîtes de Pétri contenant le papier absorbant stérile, et pour les pots contenant de la gravier. L'irrigation a été régulièrement trois fois par jour.

## 5. Paramètres effectués

### 5.1. Durant la phase de germination

#### 5.1.1. Taux de germination (FG)

Selon **CHERIF et al., (2016)**, le taux de germination correspond au pourcentage de graines germées par rapport au total de graines semis, il est calculé par la formule suivante :

$$TG\% = \frac{\text{Nombres de graines germées}}{\text{Nombres de graines semis}} \times 100$$

#### 5.1.2. Taux d'inhibition

La capacité d'une substance ou préparation à inhiber la germination des graines est exprimée par la relation suivante :

$$\bullet \quad Ti = \frac{Ns - Ng}{Ns} \times 100$$

- Ns : Nombre de graines semées.
- Ng : Nombre de graines germées.

#### 5.1.3. Longueur de radicule et de hypocotyle (cm)

La longueur des radicules et les tiges sont mesurés à l'aide d'un logiciel Digimizer (2005-2011 MEDCALC SOFTWARE).

#### 5.1.4. Mesure du poids frais et du poids sec (g)

La mesure des biomasses fraîches des radicules et des hypocotyles ont été réalisées après 8 jours de germination par utilisation d'une balance de précision. Alors que pour les biomasses

sèches de ces organes ont été réalisées après séchages de ces organes dans un étuve à 70°C jusqu'à stabilité du poids de l'organe.

## 5.2. Durant la phase de croissance

Les hauteurs des plantes de haricot traitées par des concentrations croissantes de NaCl, et l'acide salicylique a été mesurée après 21 jours de l'application du stress à l'aide d'un logiciel (cm) depuis le collet jusqu'à l'extrémité de la partie aérienne.

### 5.2.1. La teneur relative en eau (RWC)

La teneur relative en eau des feuilles renseigne sur la turgescence relative des tissus et figure parmi les indicateurs du stress. Elle est liée à la capacité de la plante à maintenir un niveau d'hydratation optimal qui soit à même de garantir la continuité de l'activité métabolique. La feuille coupée à la base du limbe est pesée immédiatement, ce qui représente le poids frais (pf), cette partie sectionnée est mise par la suite dans l'eau distillée à l'obscurité et à une température de 4°C pendant 48 heures, puis elle est récupérée et délicatement essuyée à l'aide d'un papier pour éliminer l'eau de surface et pesée de nouveau pour obtenir le poids en plein de turgescence (Ppt). Enfin, elle est mise à l'étuve réglée à 80°C pendant 48 heures pour avoir son poids sec (Ps), La teneur relative en eau est calculé selon la formule suivante (SCIPPA *et al.*, 2004).

$$\text{RWC(\%)} = ((\text{pf} - \text{Ps}) / (\text{Ppt} - \text{Ps})) \times 100$$

### 5.2.2. Paramètres biochimiques

#### a. Dosage de chlorophylle

##### Le principe

L'extraction de la chlorophylle des végétaux permet d'obtenir une solution chlorophyllienne qui va servir à réaliser la suite des manipulations du protocole. Les feuilles de la plante sont mises en contact avec de l'éthanol absolu qui va les léser mécaniquement et va détruire les membranes des cellules dans le but d'extraire les organites (les lipides et les lipoprotéines sont solubles dans l'éthanol). L'extraction de chlorophylle A et B a été réalisé selon la méthode de FRANCIS *et al.*, (1970). La méthode d'extraction consiste à :

- Une macération des feuilles (0,1) dans 10 ml du mélange de l'acétone et de l'éthanol (75%).
- Les feuilles sont coupées en petits morceaux et mises dans des tubes couvrir par l'aluminium (pour éviter l'oxydation de la chlorophylle par la lumière).
- 48h plus tard, on procède à la lecture des densités optiques des solutions avec un spectrophotomètre (UV), à trois longueurs d'onde : 470, 645, 663 nm.

- La détermination des teneurs réalisée selon les formules :

$$C_a = 12.25(A_{663}) - 2.79(A_{645}).$$

$$C_b = 21.50(A_{645}) - 5.10(A_{663}).$$

$$C_{a+b} = 7.15(A_{663}) + 18.71(A_{645}).$$

#### b. Dosage de proline

La proline, imino-acide, est l'un des solutés compatibles les plus communs qui constituent un élément essentiel dans les métabolismes cellulaires et jouent un rôle important dans l'ajustement osmotique de la cellule. En plus des plantes, l'accumulation de la proline a été observée chez les bactéries, les protozoaires, les algues et les invertébrés marins (SAXENA *et al.* 2013). Il est dosé selon la technique de (TROLL et LINDSEY ; 1955) améliorée par (LAHRER et MAGNE cité par LEPORÉ ; 1992). Le principe est la quantification de la réaction proline-ninhydrine par mesure spectrophotométrique. L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de proline dans l'échantillon.

La méthode consiste à :

- Mettre 100 mg de matière fraîche végétale dans des tubes à essai.
- Ajouter 2 ml d'éthanol à 40%. Et fermer les tubes pour éviter la volatilisation de l'alcool ensuite ont portés à l'ébullition au bain-marie à 85°C pendant 60 min.
- Après refroidissement, prélever 1 ml de la solution dans chaque tube.
- Mettre dans des nouveaux tubes.
- Ajouter 1 ml d'acide acétique et 25mg ninhydrine +1 ml d'un mélange contenant : 120 ml d'eau distillée, 300 d'acide acétique, 80 ml d'acide ortho phosphorique.
- Porter les tubes à essai à ébullition au bain marié durant 30 min.
- Après refroidissement des solutions, on ajoute 5 ml de toluène dans chaque tube.
- Après l'agitation au vortex deux phases apparaissent.
- Prélever la phase supérieure.
- Ajouter 5 ml du sulfate de sodium (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). puis on les laisse au repos 48h.
- On procède à la lecture de la densité optique des échantillons avec le spectrophotomètre (UV) à la longueur d'onde de 528 nm.
- La détermination de la teneur de la proline est réalisée selon la formule :

$$\text{Proline } (\mu\text{g} / \text{gMF}) = \text{DO}_{528} \times 0,62.$$

## **6. Analyse de données**

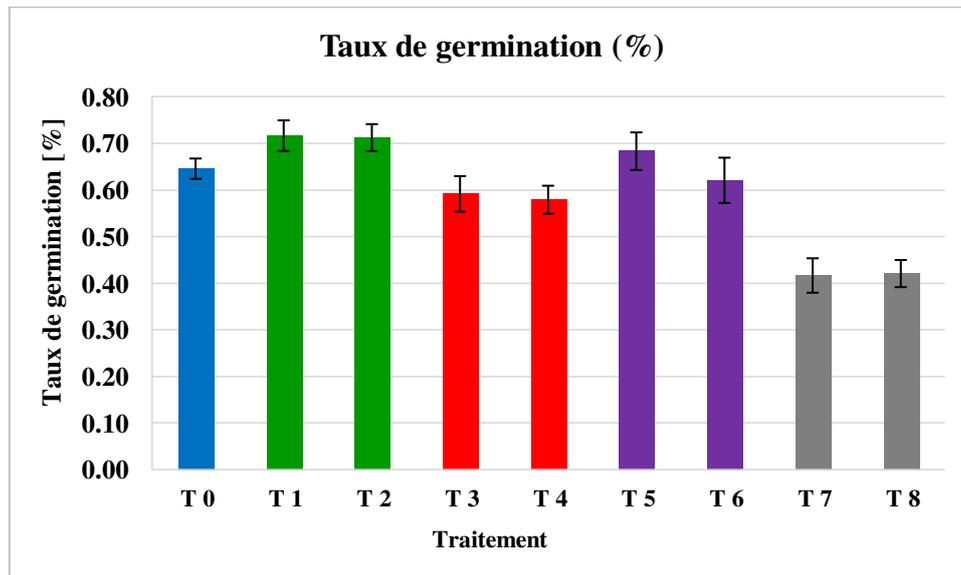
Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide d'ANOVA unidirectionnelle à l'aide du logiciel XLSTAT 2019, 5.5667. Les résultats ont été présentés sous forme des figures présentant une moyenne  $\pm$  erreur type. Ces paramètres sont effectués sur Excel 2013.

## Chapitre V : Résultats et discussion

### 1. Impact de NaCl et l'acide salicylique sur les paramètres de germination

#### 1.1. Impact sur le taux de germination (FG %)

Les résultats de l'effet de la salinité par 50 et 100 mM de NaCl, 0,25 et 0,50 mM d'acide salicylique et son combinaison sur la faculté germinative des grains du haricot (*Phaseolus vulgaris*) sont illustrés dans la figure 12. L'analyse de la variance (Annexe 02), montre qu'il existe un effet significatif du facteur traitement sur le taux de germination des grains du haricot (FG%).



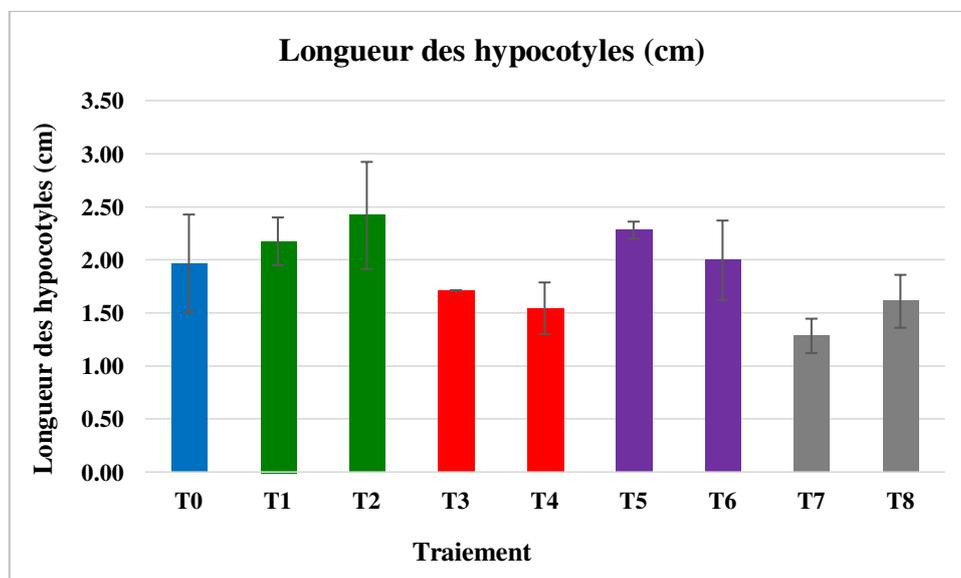
**Figure 12 :** Impact de l'acide salicylique (0.25 et 0.50 mM) et de NaCl (50 et 100 mM) et leur combinaison sur le taux de germination des graines du haricot (*Phaseolus vulgaris*) durant 8 jours de culture comparé au témoin (T0).

La présence de l'acide salicylique dans la solution d'irrigation améliore significativement le pourcentage des graines germées et ce quel que soit la concentration testées. Le pourcentage de stimulation correspond à 10,76 et 9,23% par rapport au témoin respectivement en présence de 0,25 et 0,50 mM de cette phytohormone dans la solution d'irrigation. En revanche, un effet dépressif significativement remarquable a été révélé en présence de 50 et 100 mM de NaCl dans le milieu nutritif. Les réductions enregistrées sont de 9,23 et 10,76% par rapport au témoin respectivement.

Il est à noter que la combinaison 50 mM NaCl + 0.25 mM AS a révélé une légère amélioration du pourcentage des grains germées par rapport au témoin comparativement aux autres combinaisons testées. Cette amélioration correspond à 4,61% par rapport au témoin.

### 1.2. Impact sur la longueur des hypocotyles (cm)

Les résultats de l'effet de la salinité par 50 et 100 mM de NaCl, 0,25 et 0,50 mM d'acide salicylique et son combinaison sur la longueur des hypocotyles des grains du haricot (*Phaseolus vulgaris*) sont illustrés dans la figure 13. L'analyse de la variance (Annexe 03), montre qu'il existe un effet très hautement significatif du facteur traitement sur la longueur des hypocotyles des grains du haricot (*Phaseolus vulgaris*).



**Figure 13 :** Impact de l'acide salicylique (0.25 et 0.50 mM) et de NaCl (50 et 100 mM) et leur combinaison sur la longueur des hypocotyles du haricot (*Phaseolus vulgaris*) après 8 jours de culture comparé au témoin (T0).

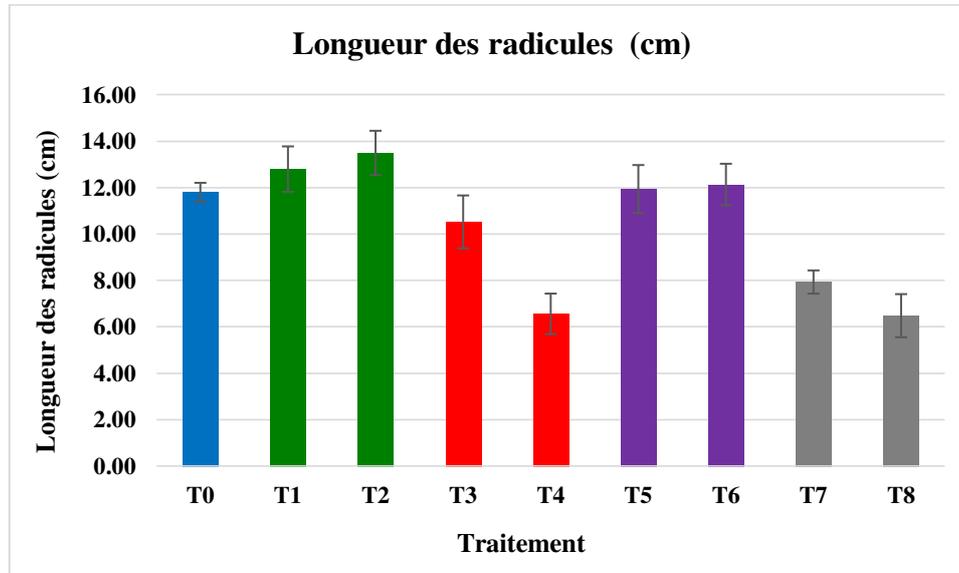
La présence de l'acide salicylique dans la solution d'irrigation améliore significativement la longueur des hypocotyles des germées du haricot et ce quel que soit la concentration testées. Le pourcentage de stimulation correspond à 10,65 et 22,84% par rapport au témoin respectivement en présence de 0,25 et 0,50 mM de cette phytohormone. En revanche, un effet dépressif significativement remarquable a été révélé en présence de 50 et 100 mM de NaCl dans le milieu nutritif. Les réductions enregistrées sont de 13,19 et 21,31% par rapport au témoin respectivement.

D'autre part, la combinaison 50 mM de NaCl avec 0,25 et 0,50 mM d'acide salicylique a révélé une légère amélioration de la longueur des hypocotyles. Ceci se traduit par des gains correspondant à 4,06 et 1,58% par rapport au témoin respectivement.

### 1.3. Impact sur le la longueur des racicules (cm)

Les résultats de l'effet de la salinité par 50 et 100 mM de NaCl, 0,25 et 0,50 mM d'acide salicylique et son combinaison sur la longueur des racicules des grains du haricot sont

illustrés dans la figure 14. L'analyse de la variance (Annexe 04) montre qu'il existe un effet très hautement significatif du facteur traitement sur la longueur des racicules du haricot (*Phaseolus vulgaris*).



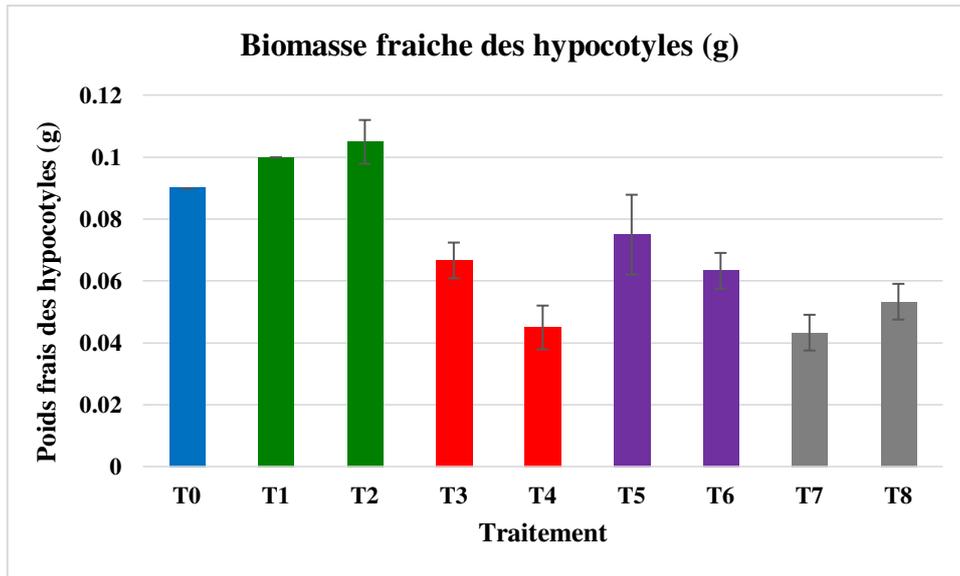
**Figure 14 :** Impact de l'acide salicylique (0.25 et 0.50 mM) et de NaCl (50 et 100 mM) et leur combinaison sur la longueur des racicules du haricot (*Phaseolus vulgaris*) après 8 jours de culture comparé au témoin (T0).

La présence de l'acide salicylique dans la solution d'irrigation améliore significativement la longueur des racicules des grains du haricot et quel que soit la concentration testées. Le pourcentage de stimulation correspond à 8,38 et 14,32 % par rapport au témoin respectivement en présence de 0,25 et 0,50 mM de cette phytohormone. En revanche, un effet dépressif significativement remarquable a été révélé en présence de 50 et 100 mM de NaCl dans le milieu nutritif. Les réductions enregistrées sont de 10,84 et 44,49 % par rapport au témoin respectivement.

La combinaison de différentes concentrations d'acide salicylique avec 50 mM de NaCl a révélé une légère amélioration de la longueur des racicules. Ceci se traduit par des gains correspondant à 1,10 et 2,79 % par rapport au témoin respectivement.

#### 1.4. Impact sur la biomasse fraîche des hypocotyles (g)

Les résultats de l'effet de la salinité par 50 et 100 mM de NaCl, 0,25 et 0,50 mM d'acide salicylique et son combinaison sur la biomasse fraîche des hypocotyles des grains du haricot sont illustrés dans la figure 15. L'analyse de la variance (Annexe 05), montre qu'il existe un effet très hautement significatif du facteur traitement sur la biomasse fraîche des hypocotyles du haricot (*Phaseolus vulgaris*).



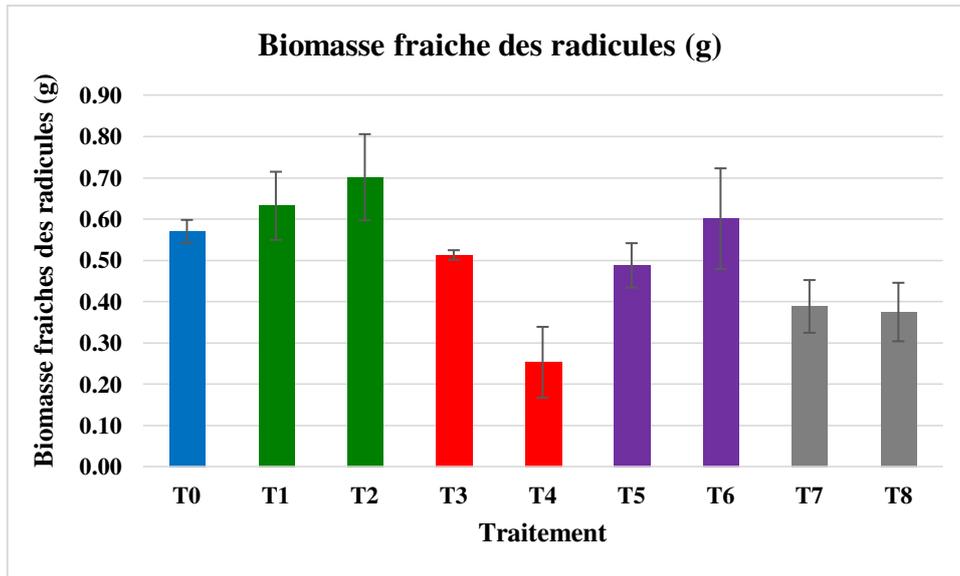
**Figure 15 :** Impact de l'acide salicylique (0.25 et 0.50 mM) et de NaCl (50 et 100 mM) et leur combinaison sur la biomasse fraîche des hypocotyles du haricot (*Phaseolus vulgaris*) après 8 jours de culture comparé au témoin (T0).

La présence de l'acide salicylique dans la solution d'irrigation améliore significativement la biomasse fraîche des hypocotyles et quel que soit la concentration testées. Le pourcentage de stimulation correspond à 11,11 et 16,66 % par rapport au témoin respectivement en présence de 0,25 et 0,50 mM de cette phytohormone. En revanche un effet dépressif a été marqué en présence de 50 et 100 mM de NaCl. La réduction enregistrée à de 25,55 et 50 % respectivement par rapport au témoin.

Il est à noter que la combinaison de 50 mM de NaCl avec 0,25 Mm d'AS a révélé a une amélioration de la biomasse fraîche des hypocotyles. Le pourcentage d'amélioration correspond à 11,94 % par rapport au stress salin.

### 1.5. Impact sur la biomasse fraîche des racicules (g)

Les résultats de l'effet de la salinité par 50 et 100 mM, et de NaCl, 0,25 et 0,50 mM d'acide salicylique et son combinaison sur la biomasse fraîche des racicules du haricot sont illustrés dans la figure 16. L'analyse de la variance (Annexe 07), montre qu'il existe un effet très hautement significatif du facteur traitement sur la biomasse fraîche des racicules du haricot (*Phaseolus vulgaris*).



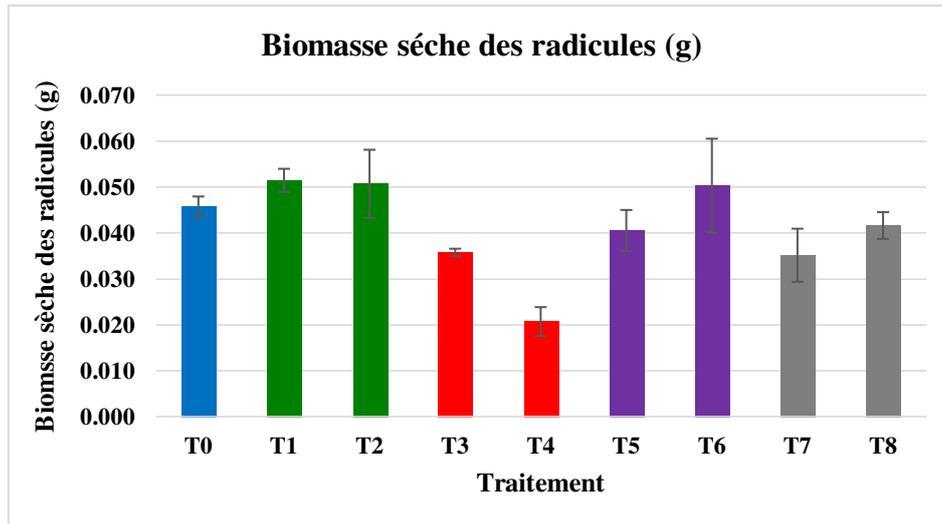
**Figure 16 :** Impact de l'acide salicylique (0.25 et 0.50 mM) et de NaCl (50 et 100 mM) et leur combinaison sur la biomasse fraîche des racines du haricot (*Phaseolus vulgaris*) après 8 jours de culture comparé au témoin (T0).

La présence de l'acide salicylique dans la solution d'irrigation améliore significativement la biomasse fraîche des racines, quel que soit la concentration testée. Le pourcentage de stimulation correspond à 10,52 et 22,80 % par rapport au témoin respectivement en présence de 0,25 et 0,50 mM de cette phytohormone. En revanche un effet dépressif significativement remarquable a été révélé en présence NaCl. La réduction enregistrée à de 10, 52 et 56,14 % respectivement en présence de 50 et 100 mM de NaCl par rapport au témoin.

Il est à noter que la combinaison de 50 mM de NaCl avec 0,50 mM d'AS a révélé à une amélioration de la biomasse fraîche des racines de 5.26% par rapport le témoin.

### 1.6. Impact sur la biomasse sèche des racines (g)

Les résultats de l'effet de la salinité par 50 et 100 mM, et de NaCl, 0,25 et 0,50 mM d'acide salicylique et son combinaison sur la biomasse sèche des racines du haricot sont illustrés dans la figure 17. L'analyse de la variance (Annexe 08), montre qu'il existe un effet très hautement significatif du facteur traitement sur la biomasse sèche des racines du haricot (*Phaseolus vulgaris*).



**Figure 17** : Impact de l'acide salicylique (0.25 et 0.50 mM) et de NaCl (50 et 100 mM) et leur combinaison sur la biomasse sèche des racines du haricot (*Phaseolus vulgaris*) après 8 jours de culture comparé au témoin (T0).

La présence de l'acide salicylique dans la solution d'irrigation améliore significativement la biomasse sèche des racines des graines du haricot et ce quel que soit la concentration testées. Le pourcentage de stimulation correspond à 11,95 et 10,21 % par rapport au témoin respectivement en présence de 0,25 et 0,50 mM de cette phytohormone. En revanche, un effet dépressif très hautement significativement remarquable a été révélé en présence de 50 et 100 mM de NaCl dans le milieu nutritif. Les réductions enregistrées sont de 21,73 et 54,33 % respectivement par rapport au témoin.

D'autre coté, la combinaison 50 mM de NaCl avec 0,50 mM d'acide salicylique a révélé une légère amélioration de la biomasse sèche des racines. Ceci se traduit par un gain correspondant à 8,69 % par rapport au témoin.

## 2. Impact de NaCl et l'acide salicylique sur les paramètres de croissance

### 2.1. Aspect visuel des plantes

L'aspect visuel des résultats de l'effet de la salinité par 50 et 100 mM de NaCl, 0,25 et 0,50 mM d'acide salicylique et son combinaison sur la croissance des plantes du haricot (*Phaseolus vulgaris*) a illustré dans la figure 18.



**Figure 18 :** Impact de l'acide salicylique (0.25 et 0.50 mM) et de NaCl (50 et 100 mM) et leur combinaison sur l'aspect visuel des plantes du haricot (*Phaseolus vulgaris*).

Les plantules irriguées par la solution contenant l'acide salicylique sont des plantules verdâtres, très vigoureuses et qui présentent une hauteur des tiges et un nombre des feuilles plus important comparativement aux autres traitements. Parallèlement, un effet dépressif significativement remarquable sur les plantules alimentées par la solution saline contenant 50 ou 100 mM de NaCl. Ceci se traduit sur l'aspect visuel des plantules par la coloration jaunâtres de la partie foliaire, une régression de la hauteur des plantules et la réduction de nombre des feuilles. En revanche, l'application de 0,25 mM d'AS semble meilleur comparativement à 0,50 mM et ce quel que soit le degré de la salinité (50 ou 100 mM).

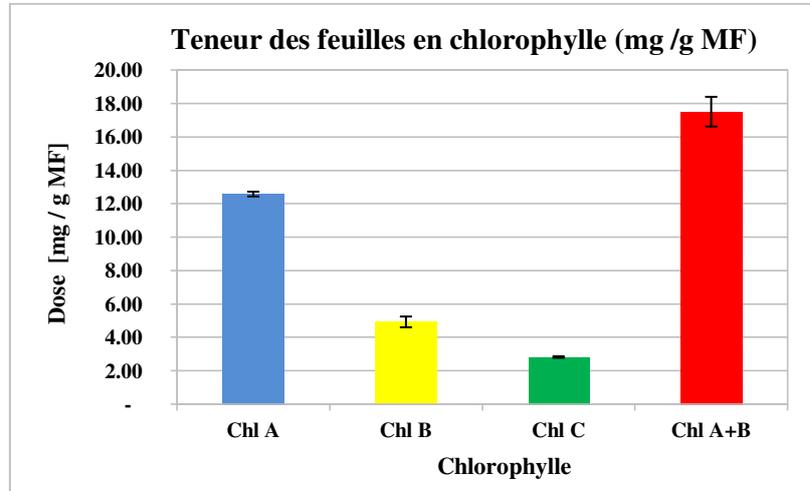
## 2.2. La phase préliminaire

Cette phase représenté par certain nombre d'échantillons qu'on a prendre après 15 jours de semis et un jour avant le début de l'application des traitements.

### 2.2.1. Teneur des feuilles du haricot en chlorophylle (mg /g MF)

Les résultats de la teneur des feuilles du haricot en chlorophylle sont illustrés dans la figure 19. L'analyse de la variance (Annexe 09), montre qu'il existe un effet très hautement

significatif entre les différents types de la chlorophylle (A), (B) et (C) dans les plantes du haricot (*Phaseolus vulgaris*). Nous remarquons que les feuilles du haricot avant le début d'application de stress présente des teneurs faible en chlorophylle (C) et (B). Or, la teneur des feuilles durant cette période en chlorophylle (A) est très importante.

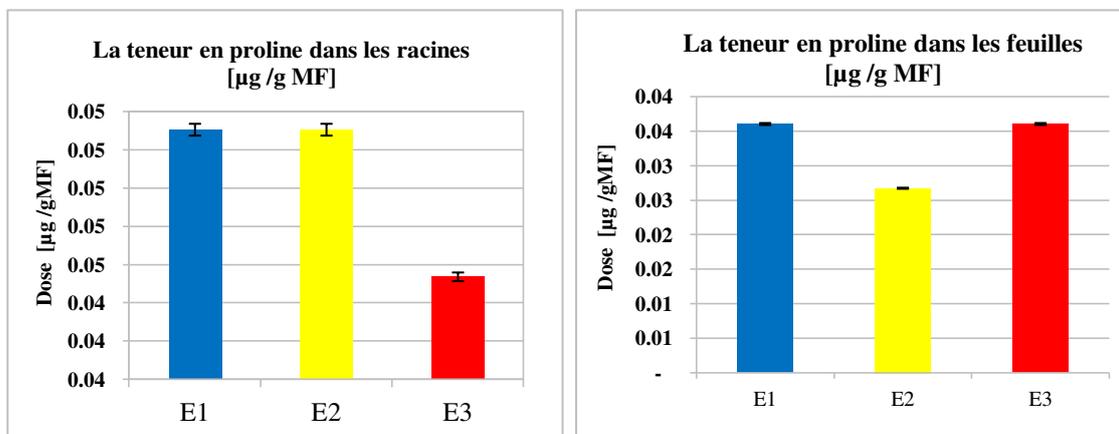


**Figure 19** : La teneur des feuilles du haricot (*Phaseolus vulgaris*) en chlorophylle.

### 2.2.2. Teneur en proline dans les racines et les feuilles des plantes du haricot ( $\mu\text{g} / \text{g MF}$ )

Les résultats de la teneur en proline dans les racines et les feuilles des plantes du haricot (*Phaseolus vulgaris*) sont illustrés dans la figure 20. L'analyse de la variance (Annexe 10 et 11), montrent qu'il existe un effet significatif entre les teneurs en proline dans les racines et dans les feuilles des plantes du haricot.

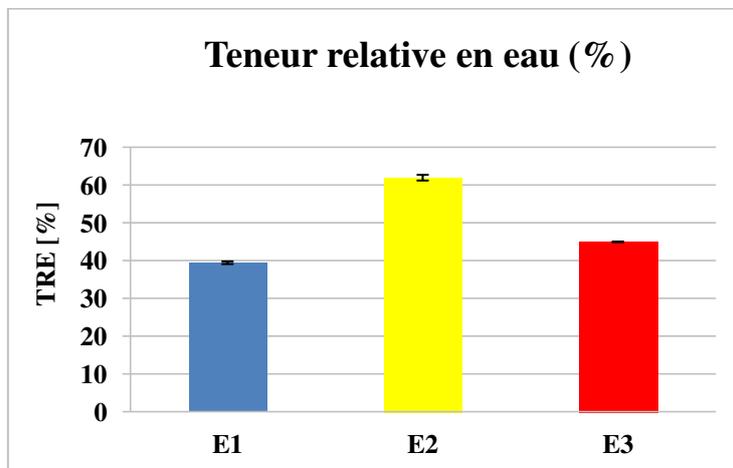
Nous remarquons que cet osmoprotecteur est synthétisé en premier lieu dans les racines, ce qui explique probablement les teneurs élevée dans ces organes comparativement à celle des feuilles durant le même période (avant application de stress).



**Figure 20** : La teneur en proline dans les racines et les feuilles des plantes du haricot (*Phaseolus vulgaris*).

### 2.2.3. Teneur relative en eau (RWC %)

Les résultats de la teneur relative en eau dans les plantes du haricot (*Phaseolus vulgaris*) sont illustrés dans la figure 21. L'analyse de la variance (Annexe 12), montre qu'il existe un effet très hautement significatif entre les teneurs relatives en eau dans les plantes du haricot.



**Figure 21** : La teneur relative en eau dans les plantes du haricot (*Phaseolus vulgaris*).

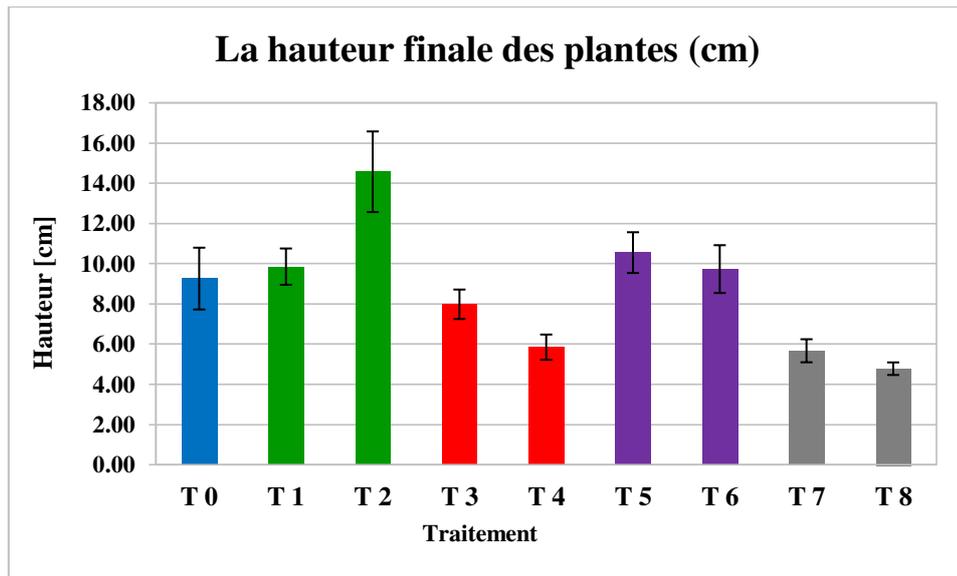
Les résultats obtenus montrent que le statut hydrique des plantules du haricot est stable, et les échanges gazeuse et hydrique de ces plantules durant cette période est parfait car elles est cultivée dans un milieu équilibrée et elle pas subis au stress environnemental.

### 2.3.Impact sur la hauteur finale des plantes (cm)

Les résultats de l'effet de la salinité par 50 et 100 mM de NaCl, 0,25 et 0,50 mM d'acide salicylique et son combinaison sur la hauteur final des plantes du haricot (*Phaseolus vulgaris*) sont illustrés dans la figure 22. L'analyse de la variance (Annexe 14), montre qu'il existe un effet très hautement significatif du facteur traitement sur la hauteur des plantes du haricot (*Phaseolus vulgaris*).

L'irrigation par l'acide salicylique améliorée significativement la hauteur des plantes avec un pourcentage très remarquable correspond de 57,51% à (0.50 mM) par rapport le témoin. En revanche, un effet dépressif significativement remarquable a été révélé en présence de 50 et 100 mM de NaCl dans le milieu nutritif. Les réductions enregistrées sont de 13,73 et 36,87% par rapport au témoin respectivement.

Il est à noter que la combinaison des différentes concentrations d'AS avec 50 mM de NaCl a révélé une amélioration de la hauteur avec un pourcentage de 14,05 et 5,18% par rapport au témoin. Tendis que la combinaison des différentes concentrations d'AS avec 100 mM de NaCl a révélé une réduction de 38,71 et 48,44% par rapport au témoin.



**Figure 22** : Impact de l'acide salicylique (0.25 et 0.50 mM) et de NaCl (50 et 100 mM) et leur combinaison sur la hauteur finale des plantes du haricot (*Phaseolus vulgaris*) comparé au témoin (T0).

### La discussion générale

La salinité est un phénomène complexe qui conduit souvent à un stress osmotique dû à la diminution des quantités d'eau disponible au niveau de la rhizosphère (**BELKHODJA et BIDAI, 2004**), qui constitue une gêne majeure au développement de la production agricole (**BOUAOUINA et al., 2000**).

Ce travail a pour l'objectif d'étudier les effets néfastes de la salinité par le NaCl sur le comportement du haricot (*Phaseolus vulgaris*) et examiner leur correction par l'addition de l'acide salicylique dans le milieu d'irrigation. Dans un premier temps, l'étude du comportement du haricot dans ces milieux durant la phase de germination nous a permis d'obtenir les résultats suivants :

La germination est le premier stade physiologique affecté par la salinité. Cette affection est traduite par un retard et diminution du taux de germination lorsque la concentration saline augmente. L'étude de l'effet de stress salin a révélé que les fortes concentrations du chlorure de sodium (NaCl) provoquent une diminution de taux moyenne de la germination avec une augmentation du taux d'imbibition. Ce qui est récupéré par l'application du 0,25 mM d'acide salicylique. Toutefois, une réduction de la biomasse fraîche et sèches des hypocotyles et les radicules a été révélée. L'application de 100 mM de sel empêche le développement de la longueur et de la biomasse qui sont sensibles aux fortes doses de stress, et le traitement avec 0,25 mM d'AS constitue la meilleure solution pour minimiser l'effet nocif du stress salin appliqué par le NaCl.

Des résultats similaires ont été trouvés par divers auteurs tels que **BEN AHMED et al., (2008)**, où l'action dépressive du sel se manifeste par une réduction de la production de matière sèche des différents organes de la plante. Elle se manifeste également par la réduction de la hauteur des plantes. Les études de **CHARTZOULAKIS et KLAPAKI (2000)**, ont démontré que le stress salin résulte aussi dans la diminution de la biomasse sèche des feuilles. D'autre part, l'étude du comportement croissance montre que l'AS constate une amélioration significative de la hauteur finale de la plante surtout par la dose 0.50 mM de cet phytohormone. Cette augmentation accordée au rôle important que joue l'acide salicylique dans l'augmentation des caractères de croissance, car il augmente la division cellulaire et agit pour prévenir l'oxydation des hormones endogènes telles que les auxines grâce à son effet direct en encourageant et stimulant les auxines et en les stimulant sur la division cellulaire, ce qui se reflète positivement dans l'augmentation de taux de croissance végétative, y compris la hauteur de la plante (**SAHUNI et al., 2019**).

Plus que la croissance en longueur est affectée négativement suite à l'irrigation avec le stress salin qui conduit à une diminution massive au niveau de la longueur des tiges principales causé par les différentes doses de NaCl utilisés. Par la suite, la combinaison salinité avec des faibles concentrations d'acide salicylique montre leur efficacité comme stimulateur de la croissance et correcteur de la salinité. **AFZAL et al., (2006)**, ont rapporté que l'acide salicylique a réduit l'effet du stress salin sur la germination et la croissance du blé (**HAMADA et AL-HAKIMI, 2001**). **SAKHABUTDINOVA et al., (2003)**, ont montré que le prétraitement à 0.05 mM d'acide salicylique réduit les dommages de la salinité chez le blé.

Les concentrations élevées d'acide salicylique provoquent une augmentation de la teneur en coumarine de la plante, par rapport aux plantes témoins, car le composé de coumarine est le moins physiologiquement actif que l'auxine et il est en concurrence avec lui pour les centres actifs de l'enzyme, réduisant ainsi la capacité de l'auxine à agir, ce qui se reflète négativement sur les indications de croissance ; ce qui explique probablement l'effet néfaste de la combinaison salinité avec 0,50 mM d'acide salicylique (**SAHUNI et al., 2019**).

## Conclusion

La salinité est une contrainte abiotique importante dans la perturbation et la limitation des rendements agricoles. À la fin de ce travail, que nous avons mené sur la réponse de *Phaseolus vulgaris* L. soumise à différentes concentrations 50 et 100 mM de NaCl, dans le but de déterminer l'effet du stress salin seul et combiné avec l'acide salicylique à des concentrations de 0.25 et 0.50 mM, sur la phase de germination puis la croissance d'une glycophyte cultivée. Il ressort que le stress salin exerce à un effet dépressif sur la majorité des paramètres étudiés. Cependant l'acide salicylique inhibe cet effet néfaste et favorise le développement de la plupart de ces derniers. Dans le cadre de cette étude les principaux résultats obtenus ont été déjà discutés dans le chapitre précédent et peuvent être résumé comme suit :

L'utilisation d'acide salicylique montre son rôle en tant que stimulateur de la germination et la croissance, avec des meilleurs résultats a été révélée dans le milieu contenant 0.25 mM ce qui explique son rôle dans la réduction des effets néfastes de la salinité. Par contre, la concentration 0.50 mM d'acide salicylique agit négativement. La réduction de la germination et la croissance en réponse au stress salin est due probablement à l'effet inhibiteur de l'AS à forte dose qui peut causer des changements des activités enzymatiques ou hormonales des semences.

L'imbibition des graines par les solutions de NaCl montrent un effet dépressif sur tous les paramètres étudiés : diminution du taux de germination, réduction de la croissance des parties aériennes et racinaires et une chute de la production de la biomasse fraîche et sèche. L'haricot présente une sensibilité aux concentrations élevées en NaCl (100 mM). dans laquelle les paramètres présente les plus faibles valeurs.

## Références bibliographiques

- **ABD- LATEF A., (2010)** - Changes of antioxidative enzymes in salinity tolerance among different wheat cultivars. *Cereal Res .Comm*, 38:43-55.
- **ABDENOUR H., (1982)** - Etude de la fixation de l'azote chez quelques légumineuses. Thèse d'ing. Institut national d'agronomie (INA) d'El Harrach, 72 P.
- **ABOUMERIEM I., ISMAILI M., NASSIRI L., BEN MESSAOUD B., LAHRACH Z. et IBIJBEN J., (2013)** - Effet du stress salin sur la croissance, la nodulation et la nutrition minérale de la légumineuse arbustive « *Medicago arborea* ». ScienceLib Editions Mersenne : Volume 5, N ° 130703.
- **AFZAL I., BASARA M.A., FAROOQ M. et NAWAZ A., (2006)** - Alleviation of salinity stress in spring wheat by hormonal priming with ABA, salicylic acid and ascorbic acid. *Int. J. Agric. Biol.*, 8 : 23-28.
- **AGASTIAN P., KINGSLEY S.J. et VIVEKANANDAN M., (2000)** - Effet of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotypes. *Photosynthetica*, 38: 287-290.
- **ALTIERI M.A., et NICHOLLS C.I., (2012)** - Agroecology Scaling Up for Food Sovereignty and Resiliency, E. Lichtfouse (ed.), *Sustainable Agriculture Reviews*, Sustainable Agriculture Reviews 11, Springer Science and Business Media Dordrecht, 29P.
- **ANONYME, (2006)** - Extension de la salinisation et Stratégies de prévention et réhabilitation. Conférence électronique sur la salinisation : Organisée et coordonnée par : IPTRID du 6 Mars 2006, 20p.
- **ANONYME, (2007)** - Guide Officiel du Classement des Grains services à l'Industrie, (STAT. CANADA).
- **ANTIPOLIS S., (2003)** - Les menaces sur les sols dans les pays Méditerranées. *Les cahiers du plan bleu*, 2 :44-49.
- **APG, (2003)** - An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for orders and families of flowering plants: APG II. *Bot. J. Linn. Soc*141: 399-436.
- **ARFAN M., ATHAR H. R. et ASHRAF M., (2007)** - Does exogenous application of salicylic acid through the rooting medium modulate growth and photosynthetic capacity in two differently adapted spring wheat cultivars under salt stress? *Plant physiol.*, 164(6): 685-94.

- **ASHRAF M. et FOOLAD M. R., (2007)** - Role of glycine betaine and protein in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, 59 : 206-216.
- **ASHRAF M. et O'LEARY J.W., (1997)** - Ion distribution in leaves of salt-tolerant and salt-sensitive lines of spring wheat under salt stress. *Acta botanica neerlandica*, 46(2):207-217.
- **ASHRAF M., AHMAD M.S.A., QZTUTK M. et AKSOY A., (2012)** - Crop Improvement through different Means: Challenges and Prospects. In : Ashraf, M et al. (eds). *Crop production for agricultural improvement*. Springer Science and Business Media B.V. Dordrecht, The Netherlands: 1-15.
- **ASHRAF M., HARRIS P., (2004)** - Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Sci.*, 166:3-16.
- **ASLOUM H., (1990)** - Elaboration d'un système de production maraîchère (Tomate, *Lycopersicum esculentum* L.) en culture hors sol pour les régions sahariennes. Utilisation de substrats sableux et d'eaux saumâtres. Thèse de doctorat, développement et amélioration des végétaux, Université de Nice Sophia-Antipolis: 24- 32.
- **AYDIN A., KANT C. et TURAN M., (2012)** - Humic acid application alleviate salinity stress of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants decreasing membrane leakage. *African Journal of Agricultural Research*, 7(7): 1073-1086.
- **AYDIN A., TUSAN M. et SEZEN Y., (1997)** - Effect of sodium salt on growth and nutrient uptake of spinach ( *Spinacea oleracea*) and bean (*Phaseolus vulgaris*). *Plant and Soil*, 16: 47-54.
- **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 agro systèmes sahariens, Université Kasdi Merbah Ouargla, 133 P.
- **BELKHODJA M. et BIDAI Y., (2004)** – Réponse de la germination des graines d'*Atriplex halimus* L. sous stress salin. *Revue sécheresse*, 15(4) :331-335.
- **BEN AHMED H., MANAA A., ZID E., (2008)** - Tolérance à la salinité d'une poaceae à cycle court : la sétairie (*Setaria verticillata* L.). *Comptes rendus de biologie*, 331(2) : 164-170.

- **BEN AHMED H., MIMOUNI H., MANAA A. et ZID E., (2010)** - L'acide salicylique améliore la tolérance de la tomate cultivée (*Solanum lycopersicum*) à la contrainte saline, *Acta Botanica. Gallica*, 157 (2) : 361-368.
- **BEN KHALED L., MORTE A., HONRUBIA M. et OIHABI A., (2003)** - Effet du stress salin en milieu hydroponique sur le trèfle inoculé par le *Rhizobium*, *Agronomie*, 23(7) : 553-560.
- **BEN NJA R., (2014)** - Effet d'un stress salin sur la teneur en polymères pariétaux dans les feuilles de luzerne (*Medicago sativa* Var Gabès) et sur la distribution dans les cellules de transfert des fines nervures. Limoges: Carthage, Tunisie , 358 P.
- **BENMAHAMMED A., NOUAR H., HADDAD L., LAALA Z., ABDELMALEK O. et BOUZERZOUR H., (2010)** - Analyse de la stabilité des performances de rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions semi-arides. *Base*, 14(1) :177-186.
- **BERTHOMIEU P., CONEJERO G., NUBLAT A., BRACHENBURY W.J., LAMBERT C., SAVIO C., UOZUMI N., OIKI S., YAMADA K., CELLIER F., GOSTI F., SIMONNEAU T., ESSAH P.A. , TESTER M., VERY A.A., SENTENAC H. et CASSE F., (2003)** - Functional analysis of AtHKT1 in Arabidopsis shows that Na<sup>+</sup> recirculation by the phloem is crucial for salt tolerance. *Embo Journal*, 22: 2004- 2014.
- **BOUAOUINA S., ZID E. et HAJJI M. (2000)**- Tolérance à la salinité, transports ioniques et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dur (*Triticum turgidum* L.) .*CIHEAM – Options Méditerranéennes*, 40 :239-243.
- **BOUDA S. HADDIOUI A., (2011)** - Effet de stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *Atriplex*. *Revue « natures & technologie »* :72-79.
- **BOUZID S., (2010)** - Étude de l'effet de la salinité et de la présence du molybdène sur le comportement écophysioologique de deux variétés de plantes de l'espèce *Phaseolus vulgaris* L. Mémoire de magister en biologie végétale, Université Mentouri Constantine, Algérie, 178 P.
- **BRAHIMI REZKIA, (2017)** - Effet de la salinite sur la germination du niebe *vigna unguiculata* subsp *unguiculata* (l.) Walp.p6.-19-20-21-25.
- **BROUGHTON W.J. HERNANDEZ G., BIAIRE MW., BEEBE S., GEPTS P. et VANDERLCY de J., (2003)** - Bean (*Phaseolus* sp.) - Model Food Legumes. *Plant and Soil*, 252 : 55-128.

- **CANADO I.C., DOUSSINAGUE C. et VILLENA E., (2003)** - Technicien en agriculture. Ed. Cultural S. A. Madrid, 519 P.
- **CHARTZOULAKIS K., KLAPAKI G., (2000)** - Response of two green house pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Scientia Horticulturae*, 86(3): 247-260.
- **CHEIKH M'HAMED H., ABDELLOUI R., KADRI K., BEN NACEUR M. et BEL HADJ S., (2008)** - Evaluation de la tolérance au stress salin de quelques accessions d'orge (*Hordiuim vulgar L.*) cultivées en Tunisie: Approche physiologique, *Sciences & Technologie*, (28) : 30-37.
- **CHERIF R., KEMASSI A., BOUAL Z., BOUZIANE N., BENBRAHIM F., HADJSEYD A., GHARIB T., OULD EL HADJ-KHELIL A., SAKEUR M.L. et OULD EL HADJ M.D., (2016)** - Activités biologiques des extraits aqueux de *Pergularia tomentosa L.* (Asclepiadaceae). *Lebanese Science Journal*, 17(1): 25-35.
- **DE FARIA S.M., DIEDHIYOU A.G., DE LIMA H.C., RIBEIRO R.D., GALIANA A., CASTILHO A.F., et HENRIQUES J.C., (2010)** - Evaluating the nodulation status of leguminous species from the Amazonian forest of Brazil. *Journal of experimental botany*, 61: (11): 3119-3127.
- **DEKAK A. CHABI R., MENASRIA T. et BENHIZIA Y., (2018)** - Phenotypic characterization of rhizobia nodulating legumes *Genista microcephala* and *Argyrolobium uniflorum* growing under arid conditions. *Journal of Advanced Research*, 14:35-42.
- **DELANEY T. P., UKNES S., VERNOOIJ B., FRIEDRICH L., WEYMANN K., NEGROTTO D., GAFFNEY T., GUT R M., KESSMANN H., WARD E. et RYALS J., (1994)** - A central role of salicylic acid in plant disease resistance. *Science*, 266: 1247-1250.
- **DELGADO M. J., LIGERO F. et LLUCH C., (1994)** - Effects of salt stress on growth and nitrogen fixation by pea, faba-bean, common bean and soybean plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 26(3): 371-376.
- **DENDEN M., BETTAIEB T., SAHLI A. et MATHOITHI M., (2005)** - Effet de la salinité sur la fluorescence chlorophyllienne, la teneur en proline et la production florale de trois espèces ornementales. *TROPICULTURA*, 23(4) :220-226.

- **DERKAOUI K.M., (2011)** - Les réponses morphologiques physiologique et anatomique des racines de la tomate (*Solanum lycopersicum* L.) vis-à-vis du stress salin. Thèse de Magister, Biodiversité végétale méditerranée de l'Algérie occidentale, Université d'Oran, 80 P.
- **DIAW N.F., (2002)** - Utilisation des inoculums de rhizobium pour la culture du haricot (*Phaseolus vulgaris*) au Sénégal. Thèse doctorat. Université Cheikh Anta Diop. Dakar, 97 P.
- **DOYLE J.J. et LUCKOW M.A., (2003)** - The rest of the iceberg. Legume diversity and evolution in a phylogenetic context. *Plant Physiol*, 131: 900-910.
- **EL TAYEB M. A., (2005)** - Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant growth regulation*, 45(3):215-224.
- **F.A.O., (2005)** - Utilisation des engrais par culture en Algérie. FAO Rome, 61 P.
- **F.A.O., (2007)** - La conservation et la restauration des terres en Afrique : un programme International – Oxford (GBR) - Words and Publications, 38 P.
- **Fatma LAZREK - BEN FRIHA, (2008)** - Analyse de la diversité génétique et symbiotique des populations naturelles tunisiennes de *Medicago truncatula* et recherche de QTL liés au stress salin. Thèse. Doctorat. Biologie. Université Toulouse III - Paul Sabatier. France, 255 P.
- **FRANCIS G.W., HERTZBERG S., ANDERSEN K. ET LIAAEN-JENSEN S., (1970)** - New carotenoid glycosides from *Oscillatoria limosa*. *Phytochemistry*, 9:629-635.
- **GEPTS P., BEAVIS W.D., BRUMMER E.C., SHOEMAKER R.C., STALKER H.T., WEEDEN N.F. et YOUNG N.D., (2005)** - Legumes as a Model Plant Family. Genomics for Food and Feed Report of the Cross-Legume Advances through Genomics Conference. *Plant Physiology*, 137: 1228–1235.
- **GIRARD P., PROST J. et BASSEREAU P., (2005)** - Passive or Active Fluctuations in Membranes Containing Proteins *Phys. Rev. Lett.*94: 60-64.
- **GUNES A., INAL A., ALPASLAN M., ERASLAN F., BAGCI E. G. et CICEK N., (2007)** - Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. *J Plant Physiol.*, 164(6):728-36.
- **HALLOUIN, (2012)** - Tout savoir sur la culture du Haricot sous abris et en plein champ, fiche culturale haricot : 3-16.

- **HAMADA A.M. et EL-HAKIMI A.M.A., (2001)** - Salicylic acid versus salinity-drought- induced stress on wheat seedlings. *Rostlina, Vyroba*, 47 :44-450.
- **HAOUALA F., FERJANI H. et BEN EL HADJ S., (2007)** - Effet de la salinité sur la répartition des cations ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  et  $\text{Ca}^{2+}$ ) et du chlore ( $\text{Cl}^-$ ) dans les parties aériennes et les racines du ray-grass anglais et du chiendent. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 11 (3) : 235-244.
- **HELLER R., ESNAULT R. et LANCE C., (1998)** - Physiologie végétale. Tome1. Nutrition 6<sup>ème</sup> édition, DUNOD, Paris : 134-135.
- **HELLER R., ESNAULT R et LANCE C., (2000)** - Physiologie végétale 2. Développement 6<sup>e</sup> édition de l'Abrégé, 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> cycles, DUNOD, Paris, 366 P.
- **HEMMAMI I. et BEN ALI H., (2018)** - La culture du quinoa dans la région d'Oued souf vis-à-vis le problème de la salinité d'étude morpho physiologique. Mém. Master. Biodiversité et physiologie végétale. Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED, Algérie, 83 P.
- **HOPKINS G. W., (2003)** - Physiologie végétale, Traduction de la 2e édition américaine par Serge Rambour, Révision scientifique de Charles-Marie Evrard, De Boeck, Bruxelles, 514 P.
- **HUBERT P., (1978)** - Le haricot, Fiches techniques, Madagascar : 1- 6.
- **JABNOUNE M., (2008)** - Adaptation des plantes au stress salin : caractérisation de transporteurs de sodium et de potassium de la famille HKT chez le riz. Thèse. Doctorat, CNRS/INRA/Sup Agro. Uni. Montpellier II, 289P.
- **JANSA J., BATIONO A., FROSSARD E. et RAO I. M., (2011)** - Options for improving plant nutrition to increase common bean productivity in Africa. In: *Fighting poverty in Sub-Saharan Africa: the multiple roles of legumes in integrated soil fertility management*. Springer: 201-240.
- **KHAN M.H. et PANDA S. K., (2008)** - Alterations in root lipid peroxidation and antioxidative responses in two rice cultivars under NaCl-Salinity stress, *Acta physiol plant*, 30:81-89.
- **KLESSIG D.F., DURNER J., NOAD R., NAVARRE D.A., WENDEHENNE D., KUMAR D., ZHOU J.M., SHAH J., ZHANG S., KACHROO P., TRIFA Y., PONTIER D., LAM E. et SILVA H., (2000)** - Nitric oxide and salicylic acid signaling in plant defense, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 97 : 8849 – 8855.

- **KORKMAZ A., UZUNILU M. et DEMIRKIRAN A.R., (2007)** - Treatment with acetyl salicylic acid protects muskmelon seedlings against drought stress. Franciszed Górski institute of Plant Physiology. Polish Academy of sciences. Kraków. Turkey, 29 (6): 503-508.
- **LABUSCHAGNE, (2011)** - Haricot (*Phaseolus vulgaris*), Ed. P.I.P, 98 P.
- **LEMEKEDDEM H., DEBBACHE H., (2014)** - Synthèse bibliographique sur l'effet du stress salin sur la germination de blé, 12-15-16 P.
- **LUTTGE U., KLUGE M., BAUER G., (2002)** - Botanique. 3<sup>ème</sup> édition, Tec et Doc- Lavoisier, Paris: 439-450.
- **MACHEIX J. J., FLEURIET A. et ALLEMAND J. C., (2005)** - Les composés phénoliques des végétaux. Un exemple de métabolites secondaires d'importance économique, Lausanne, Presses Polytechniques et universitaires romandes, 192 P.
- **MAHAJAN S., et TUTEJA N., (2005)** - Cold salinity and drought stresses, *An overview Archives of Biochemistry and Biophysics*, 444 (2): 139-158.
- **MAILLARD J., (2001)** - Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone aride : Risques et Recommandations. Handicap International, 35 P.
- **MERMOUD A., (2006)** - Cours de physique du sol: Maitrise de la salinité des sols. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, 23 P.
- **MERRIEN A., GRANDIN G., (1990)** - Comportement hydrique du tournesol. Synthèse des essais 'Irrigation 1983-1988'. Le tournesol et l'eau. Adaptation à la sécheresse. Réponse à l'irrigation. Paris: CETIOM: 75-90.
- **MEYER S., REEB C. et BOSDEVEIX R., (2008)** - Botanique. Biologie et physiologie végétales. 2<sup>ème</sup> édition. Maloine, Paris : 49-51.
- **MIURA K. et TADA Y., (2014)** - Regulation of water, salinity, and cold stress responses by salicylic acid. *Frontiers in PLANT SCIENCE*. Yuriko Osakabe, RIKEN Plant Science Center, Japan, 5(4): 12 P.
- **MOROT-GAUDRY J. F., PRAT G., BOHN-COURSEAU I., JULLIEN M., PARCY F., PERROT-RECHENMANN C., REISDORT-CREN M., RICHARD L. et SAVOURE A., (2009)** - Biologie végétale croissance et développement, 2<sup>e</sup> éd. Dunod, Paris, 241 P.
- **NASIR- KHAN M. H., SIDDIQUI F., MOHAMMAD M., NAEEM M., et MASROOR A. K., (2010)** - Calcium chloride and gibberellic acid protect linseed (*Linum usitatissimum L.*) from NaCl stress by inducing antioxidative defense

system and osmoprotectant accumulation, "Acta Physiologiae Plantarum, 32 (1) : 121-132.

- **OMMAMIE N. E., (2005)** - Response of Amaranth to salinity stress. These of Ph.D. Horticulture . University of Pretoria, 255 P.
- **ORCUTT D.M. et NILSEN E.T., (2000)** - Physiology of plants under stress. Biotic Factors. John Wiley and Sons Inc., New York, USA, 680 P.
- **OUKARROUM A., (2007)** - Vitalité des plantes d'orge (*Hordeum vulgare L.*) en conditions de stress hydrique et thermique analysée par la fluorescence chlorophyllienne. Thèse, doctorat. Université De Genève, 196 P. DOI: 10.13097/archive-ouverte/unige:488.
- **PANCHEVA T.V., POPOVA L.P. et UZUNOVA A.N., (1996)** - Effects of salicylic acid on growth and photosynthesis in barley plants. Journal of Plant Physiology, 149: 57-63.
- **PARIDA A.K. et DAS A.B., (2005)** - Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety, 60 (3): 324-349.
- **PERRET C. et BÉLIARD E., (2013)** - Cultiver des haricots verts, Fiche technique N° 9016 : 1 - 6.
- **POCHON N., (1981)** - La prairie permanente à base de trèfle blanc. Ed. Institut technique de l'élevage bovin. Paris, 104 P.
- **PUJOLA M., FARRERAS A. et CASANAS F., (2007)** - Protein and starch content of raw, soaked and cooked beans (*Phaseolus vulgaris L.*). Food Chemistry, 102: 1034-1041.
- **R'HIM T., TLILI I., HNAN I., ILAHY R., BENALI A. et JEBARI H., (2013)** - Effet du stress salin sur le comportement physiologique et métabolique de trois variétés de piment (*Capsicum annum L.*). Journal of Applied Biosciences, 66: 5060-5069.
- **RAMDANE Z., TRILLES J.P., MAHÉ K. et AMARA R., (2013)** - Metazoan ectoparasites of two teleost fish, *Boops boops L.* and *Mullus barbatus barbatus L.* from Algerian coast: diversity, parasitological index and impact of parasitism. Cybium, 37(1-2): 59-66.
- **RASKIN I., (1992)** - Role of salicylic acid in plants. Annual Review of plant physiology and plant molecular Biology, 43: 439-463.

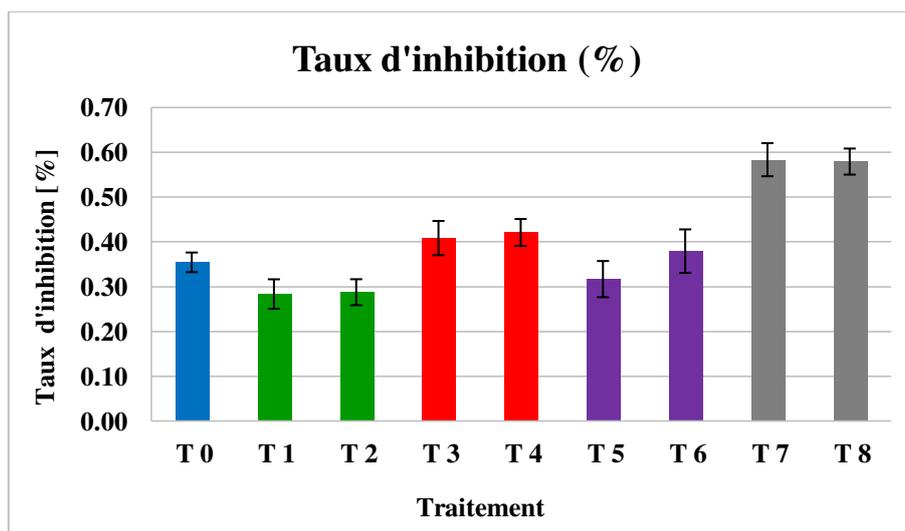
- **REJILI M., VADEL M. A., NEFFATTI M., (2006)** - Comportement germinatif de deux Populations de (*Lotus cretus* L.) en présence de NaCl. Revue des régions arides, 17(1) : 65-68.
- **REMOND D. et WALRAND S., (2017)** - Les graines de légumineuses: caractéristiques nutritionnelles et effets sur la santé. Innovation Agronomiques, 60 : 133-144.
- **RENARD S., GOFFORK J.P. et 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, 106 P.
- **REYNOLDS M. P., ORTIZ-MONASTERIO J. I. et MCNAB A., (2001)** - Application of Physiology in Wheat Breeding. Salinity Tolerance. Mexico, D.F.: CIMMYT: 101-110.
- **ROUCHY J.M., (1999)** - Un événement exceptionnel : la crise de la salinité messénienne de méditerranée. In Fröhlich F. & Schubnel H.-J. (Ed), Les âges de la terre, MNHN, Paris : 104-108.
- **ROZEMA J. et FLOWERS T., (2008)** - Crops for a salinized world. Science, 322 (5907): 1478-1480.
- **SAHUNI F., HAMMAMI H. et SHREKY R., (2019)** - Effect of foliar spray by Salicylic acid on some of Growth and Yield parameters snap bean (*phaseolus vulgaris* L.) cv. Tema. Tishreen University Journal. Bio. Sciences, 14(3) :107-120.
- **SAILAJA K. et SUJATHA B., (2013)** - Impact of salt stress (NaCl) on pigments, phenols and flavonoids in C4 (*Sorghum bicolor*) and C3 (*Oryza sativa*) cultivars. International journal of biology & pharmaceutical Research, 4(5): 361-367.
- **SAKHABUTDINOVA A., FATKHUTDINOVA D.R., BEZRUKOVA M.V. et SHAKIROVA F. M., (2003)** - Salicylic acid prevents the damaging action of stress factors on wheat plants. BULG. J. Plant Physiol., Special issue : 314-319.
- **SANTIAGO L.S., LAU T.S., MELCHER P.J., STEELE O. C., et GOLDESTINE G., (2000)** - Morphological and physiological responses of hawaiian hibiscus tiliaceus populations to light and salinity, Int. J. Plant Sci, 161(1): 99-106.
- **SAXENA S.C., KAUR H., VERMA P., PETLA B.P., ANDUGULA V.R. et MAJEE M., (2013)** - Osmoprotectants : Potential for crop improvement under adverse conditions .In : Tuteja N. and Gill S.S. (eds). Plant acclimation to

environmental Stress. Springer Science and Business Media, New York, USA: 197-232.

- **SCIPPA G.S., DI MICHELE M., ONELLI E., PATRIGNANI G., CHIATANTE D. et BRAY A.E., (2004)** - The histone-like protein H1-S and the response of tomato leaves to water deficit. *J. Exp. Bot.*, 55(394) :99-109.
- **SENTENAC H. et BERTHOMIEU P., (2003)** - Découverte d'un nouveau mécanisme de tolérance des plantes au sel. UMR Biochimie et physiologie moléculaire des plantes (Unité mixte Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier /Université/CNRS/ INRA) Service Presse INRA, 34 P.
- **SHAKIROVA F.M., SAKHABUTDINOVA A.R., BEZRUKOVA M., FATKHUTDINOVA R.A. et FATKHUTDINOVA A.R., (2003)** - Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity .*Plant Science*, 164 (3): 317-322.
- **SNOUSSI S.A., HALITIM A., (1998)** -Valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale des plantes cultivées. *Etude et gestion des sols*: 289- 298.
- **SOUGUIR D., JOUZDAN O., KHOUJA M.L., et ACHICHA M., (2013)** - Suivi de la croissance d'*Aloe vera* en milieu salin : Parcelle de kalaât Landelous (Tunisie), *Etude et Gestion des Sols*, 30 (3) : 19-26.
- **TAK H.I., AHMAD F. et BABALOLA O.O., (2013)** - Advances in the application of plant growth-Promoting rhizobacteria in phytoremediation of heavy metals. In : Whitacre D.M. (ed). *Reviews of environmental contamination and Toxicology*.Springer Science and Business Media, New York, 223: 33-52.
- **TEGGAR N., (2015)** - Etude de l'effet du stress salin sur la nodulation et quelque paramètre biochimique et morphologique de la lentille ( *Lens culinaris L.*) ,Université D'ORAN ES SENIA. p11-12-18.
- **TROLL W. et LINDSLEY J., (1955)** - A photometric method for the determination of proline. *J Biol Chem*, 215 (2): 655-660.
- **TROLL W. ET LINDSLEY J., (1955)** - A photometric method for the determination of proline. *J. Biol. Chem.*, 215: 655-660.
- **VARGAS A. A., et GRAHAM P. H., (1988)** - *Phaseolus vulgaris* cultivar and *Rhizobium* strain variation in acid - pH tolerance and nodulation under acid conditions. *Field Crops Research*, 19(2): 91-101.

- **VAZIRIMEHR M. R. et RIGI K., (2014)** - Effect of salicylic acid in agriculture. International journal of plant, animal and environmental sciences, 4(2): 291-296.
- **WANG Y. et NII N., (2000)** - Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. J. Hortic. Sci. Biotechnol, 75: 623-627.
- **WAUGHRAY D., (2011)** - Agriculture. In: Waughray, D. (ed). The World Economic forum Water Initiative, Water Security: The Water-Food-Energy-Climate Nexus. World Economic forum, Washington, USA: 17-43.
- **WINCH T., (2006)** - Growing Food A Guide to Food Production. Springer, P.O. Box 17, 3300 AA Dordrecht, the Netherlands: 158-161.
- **ZUANG H., (1982)** - La fertilisation des cultures légumières, CTIFL, Paris, 395 P.

## Annexes



**Figure 11** : Impact de l'acide salicylique et de NaCl sur le taux d'inhibition des graines du haricot (*Phaseolus vulgaris*) durant 8 jours de culture.

### Annexes 01 : Taux d'inhibition

Source des variations	S.C.E	DDL	carrés Moyenne	Test F	Probabilité	CV
Var. factorielle	0,61	8	0,08	2,24	0,04	2,15
Var. résiduelle	1,54	45	0,03			
Var. Totale	2,15	53				

### Annexes 02 : Taux de germination

Source des variations	S.C.E	DDL	carrés Moyenne	Test F	Probabilité	CV
Var. factorielle	0,62	8	0,08	2,25	0,04	2,15
Var. résiduelle	1,55	45	0,03			
Var. Totale	2,16	53				

**Annexes 03 :** La longueur des hypocotyles à la phase de germination.

Source des variations	S.C.E	DDL	carrés Moyenne	Test F	Probabilité	CV
Var. factorielle	5,12	8	0,64	6,33	$6,41 \times 10^{-5}$	2,24
Var. résiduelle	3,24	32	0,10			
Var. Totale	8,36	40				

**Annexes 04 :** La Longueur des racines à la phase de germination.

Source des variations	S.C.E	DDL	carrés Moyenne	Test F	Probabilité	CV
Var. factorielle	547,78	8	68,47	82,56	$2,28 \times 10^{-31}$	2,08
Var. résiduelle	54,74	66	0,83			
Var. Totale	602,52	74				

**Annexes 05 :** La biomasse fraîche des hypocotyles à la phase de germination.

Source des variations	S.C.E	DDL	carrés Moyenne	Test F	Probabilité	CV
Var. factorielle	0,012	8	0,00152	35,16	$3,94 \times 10^{-10}$	2,45
Var. résiduelle	0,001	20	0,00004			
Var. Totale	0,013	28				

**Annexes 06:** La biomasse fraîche des racines à la phase de germination.

Source des variations	S.C.E	DDL	carrés Moyenne	Test F	Probabilité	CV
Var. factorielle	1,41	8	0,18	22,70	$5,51 \times 10^{-15}$	2,11
Var. résiduelle	0,43	56	0,01			
Var. Totale	1,84	64				

**Annexes 07 :** La biomasse sèche des hypocotyles à la phase de germination.

Source des variations	S.C.E	DDL	carrés Moyenne	Test F	Probabilité	CV
Var. factorielle	0,001	8	0,00006	1,92	0,09	2,21
Var. résiduelle	0,001	36	0,00003			
Var. Totale	0,002	44				

**Annexes 08 :** La biomasse sèche des racines à la phase de germination.

Source des variations	S.C.E	DDL	carrés Moyenne	Test F	Probabilité	CV
Var. factorielle	0,007	8	0,0009	21,41	$1,11 \times 10^{-13}$	2,13
Var. résiduelle	0,002	50	$4.21 \times 10^{-5}$			
Var. Totale	0,009	58				

**Annexes 09 :** Les types de chlorophylle A B C à la phase préliminaire.

Source des variations	S.C.E	DDL	carrés Moyenne	Test F	Probabilité	CV
Var. factorielle	417,87	3	139,29	398,71	0,000000005	4,07
Var. résiduelle	2,79	8	0,35			
Var. Totale	420,67	11				

**Annexe10 :** La proline dans les racines à la phase préliminaire.

Source des variations	S.C.E	DDL	carrés Moyenne	Test F	Probabilité	CV
Var. factorielle	0,0001	2	0,00004	0,14	0,87	9,55
Var. résiduelle	0,00008	3	0,0003			
Var. Totale	0,0009	5				

**Annexe 11 :** La proline dans les feuilles à la phase préliminaire.

Source des variations	S.C.E	DDL	carrés Moyenne	Test F	Probabilité	CV
Var. factorielle	0,0001	2	0,0001	0,48	0,66	9,55
Var. résiduelle	0,0004	3	0,0001			
Var. Totale	0,0005	5				

**Annexes 12 :** la teneur relative en eau (RWC) à la phase préliminaire.

Source des variations	S.C.E	DDL	carrés Moyenne	Test F	Probabilité	CV
Var. factorielle	825,04	2	421,52	1097,907	$2,02^{-08}$	5,14
Var. résiduelle	2,25	6	0,375			
Var. Totale	827,295	8				

**Annexes 13 :** Le poids sec pourcentage du poids frais à la phase préliminaire.

Source des variations	S.C.E	DDL	carrés Moyenne	Test F	Probabilité	CV
Var. factorielle	360,04	2	180,02	140,11	$5 \times 10^{-9}$	3,89
Var. résiduelle	15,42	12	1,28			
Var. Totale	375,45484	14				

**Annexes 14 :** La longueur des tiges à la partie croissance.

Source des variations	S.C.E	DDL	carrés Moyenne	Test F	Probabilité	CV
Var. factorielle	295,20	8,00	36,90	37,35	$1,21^{-12}$	2,30
Var. résiduelle	26,68	27	0,99			

Var. Totale	321,88	35				
-------------	--------	----	--	--	--	--

**Annexes 15 :** La Longueur de tige et racine à la phase préliminaire.

Source des variations	S.C.E	DDL	carrés Moyenne	Test F	Probabilité	CV
Var. factorielle	0,89	1	0,89	0,91	0,37	5,32
Var. résiduelle	7,90	8	0,99			
Var. Totale	8,79	9				

**Annexes 16 :** Biomasse fraîche F T R à la phase préliminaire.

Source des variations	S.C.E	DDL	carrés Moyenne	Test F	Probabilité	CV
Var. factorielle	0,53	2	0,26	32,68	0,00001	3,89
Var. résiduelle	0,10	12	0,01			
Var. Totale	0,62	14				

**Annexes17:** La biomasse sèche F T R à la phase préliminaire.

Source des variations	S.C.E	DDL	carrés Moyenne	Test F	Probabilité	CV
Var. factorielle	0,02	2	0,01	43,33	0,000003	3,89
Var. résiduelle	0,003	12	0,0003			
Var. Totale	0,03	14				

**Annexes 18 :** Le dosage de la chlorophylle à la phase préliminaire.

Source des variations	S.C.E	DDL	carrés Moyenne	Test F	Probabilité	CV
Var. factorielle	0,68	2	0,34	322,14	0,000001	5,14

Var. résiduelle	0,01	6	0,001			
Var. Totale	0,69	8				

**Annexes 19 : Les photos de l'expérimentation**

**1. Préparation des solutions**



**2. La phase de germination**

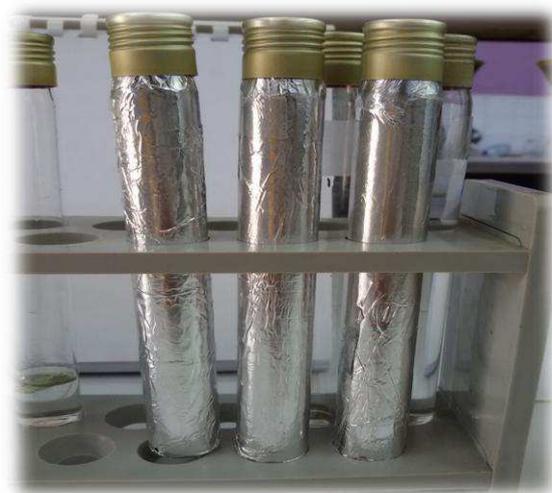




### 3. La phase préliminaire



### 3.1. Dosage de la chlorophylle



### 3.2. Dosage de la proline

