

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE DE BLIDA 1

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGES

## Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme en Master académique spécialité :  
Biotechnologie végétale

### Thème

**Capacité du vermicompost à atténuer les effets d'un  
stress salin chez le haricot (*Phaseolus vulgaris L.*)**

Réalisé par :

Mlle BELAICHE Zahira

**Devant les Jury :**

M <sup>me</sup> BOUCHENAK F.	M.C.B.	U. Blida 1	Présidente
Mr. DJAZOULI Z. E.	Pr.	U. Blida 1	Promoteur
Mr. ZOUAOUI A.	M.C.B.	U. Blida 1	Co-promoteur
Mr. ABBAD M	M.A.A.	U. Blida 1	Examinatrice

**Année Universitaire : 2016-2017**

# REMERCIEMENTS

*Tout d'abord, je rends grâce à DIEU le tout puissant qui m'a donné la force, le courage, la santé et la patience d'accomplir ce travail.*

*Au terme de ce travail, Nous tenons à exprimer nos sincères gratitude et remerciements à :*

*Notre Professeur DJAZOULI Z.E. à l'USDB 1, Département de Biotechnologie à qui je tiens à exprimer ma sincère gratitude pour son aide efficace, pour avoir dirigé ce travail et pour m'avoir encouragé à terminer en me prodiguant ses précieux conseils et pour son intérêt incontestable qu'il porte à ses étudiants.*

*Je voudrais également remercier Docteur ZOUAOUI A. pour ces conseils et de m'avoir pris de son précieux temps pour examiner ce modeste travail et pour sa participation à ce jury.*

*Qu'il me soit permis, de remercier vivement Madame BOUCHNAK F. Et Monsieur ABBAD M. de m'avoir fait l'honneur de présider et examiner ce jury.*

*Une profonde gratitude à tous mes enseignants, je ne saurai vous remercier pour tout ce que j'ai appris avec vous.*

*Je remercier également l'ensemble de personnel des laboratoires spécialement Mme Amina, Mme Nadjiya et Mme Soraya.*

*Sans oublier Mr YOUCEF qui m'a beaucoup aidé à réaliser mon expérimentation au niveau de la serre.*

*Je tiens aussi à remercier plus particulièrement mes chers amies Mahdi Romaiassa, Ferdjani Ikram, Zibouche Fella, Berkane Laila, Bouhaya Soumia Et tous mes collègues de classe.*

*Enfin je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de mon stage et qui m'ont aidé lors de la rédaction de ce document.*

***Merci à vous tous***

# Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail :*

*A la mémoire de mon grand-père et ma grand-mère maternel*

*Qui sont à jamais dans mon esprit et dans mon cœur. Que Dieu, le miséricordieux vous accueille dans son éternel paradis.*

*A Ma grand-mère chérie*

*Qui m'a accompagné par ses prières, sa douceur, puisse Dieu lui prêter longue vie et beaucoup de santé et de bonheur.*

*A mes chers parents*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.*

*Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.*

*Que Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie.*

*Mes frères Salah et Abd el basset et ma unique sœur Ihssen*

*Que dieu le tout puissant, vous protège et vous garde.*

*À mes chers tantes, oncles et chaque membre de ma famille « BELAICHE et BILEL »*

*Veillez trouver dans ce travail l'expression de mon respect et mon amour le plus profond et mon affection la plus sincère pour votre amour et vos encouragements*

*Tous mes amis et collègues et Tous mes professeurs durant tous mes études*

*Une spéciale dédicace a cette personne qui compte déjà énormément pour moi et pour qui je porte beaucoup de respect à toi : Mohammed Amine Saad Allah.*

*A toutes les personnes qui ont participé à l'élaboration de ce travail à tous que j'ai omis de citer*

## Table des matières

<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Synthèse bibliographique.....</b>	<b>3</b>
1. Les légumineuses.....	3
1.1. Généralité sur les légumineuses.....	3
1.2. importance de culture des légumineuses.....	3
1.2.1. Intérêt agronomique.....	3
1.2.2. Intérêt écologique .....	3
1.2.3. Intérêt alimentaire .....	3
1.3. La symbiose.....	4
1.3.1. définition.....	4
1.3.2. La symbiose légumineuses-rhizobium.....	4
2. Haricot.....	5
2.1. Origine et historique du Haricot.....	5
2.2. Classification de la plante du Haricot .....	5
2.3. Description morphologique et botanique du Haricot.....	5
2.4. Exigence de la culture.....	6
2.5. Importance de la culture du Haricot.....	7
II. La salinité et le stress salin.....	7
1. Généralité sur la salinité.....	7
1.1. Définition de la salinité.....	7
1.2. Causes de la salinité.....	8
2. Le stress salin.....	8
2.1. Définition de stress.....	8
2.2. Effets du stress salin sur les plantes.....	8
2.2.1. Effets du stress salin sur la croissance.....	9
2.2.2. Effets du stress salin le processus de nodulation.....	9
2.2.3. Effets de stress salin sur les paramètres hydrique.....	9
2.2.4. Effets de stress salin sur la photosynthèse.....	10
2.2.5. Effets de stress salin sur la nutrition minéral.....	10
2.3. Mécanisme de tolérance des plantes face au stress salin.....	10
2.3.1. Homéostasie ionique .....	10
2.3.1.1. La compartimentation vacuolaire.....	10
2.3.1.2. Exclusion des ions toxiques.....	11
2.3.1.3. Ajustement ionique.....	11
2.3.2. Stratégie osmotique.....	11
2.3.3. Les antioxydants et protéines de détoxication.....	12
III. Biofertilisant et vermicompost.....	12
1. Définition de fertilisation.....	12
2. Définition des biofertilisant.....	13
3. Type de biofertilisant.....	13

3.1. Les engrais vert.....	13
3.2. Engrais d'origine animal.....	13
3.3. Le compostage.....	13
3.3.1. Définition.....	13
3.3.2. principe de compostage.....	14
4. Le vermicompostage.....	14
4.1. Définition de vermicompost.....	14
4.2. le principe de vermicompostage.....	15
4.3. Avantage de vermicompost.....	15
<b>Chapitre II : Matériel et Méthodes.....</b>	<b>17</b>
1. Objectif de travail.....	17
2. Condition expérimentales.....	17
2.1. Lieu de l'expérience.....	17
2.2. Matériel végétal.....	17
2.3. Conduite de la culture.....	18
2.3.1. Prégermination des grains.....	18
2.3.2. Semis.....	18
2.3.3. Le repiquage des plantules.....	18
2.4. Les traitements utilisés.....	19
2.4.1. Solution saline .....	19
2.4.2. Jus de vermicompost.....	19
2.5. Dispositif expérimental.....	20
2.6. Paramètres étudiés.....	21
2.6.1. Paramètres de croissance.....	22
2.6.2. Les paramètres physiologiques.....	23
3. Analyse statistiques des données.....	24
<b>Chapitre III : Résultats.....</b>	<b>25</b>
1. Effet des différentes régies de stress et de nutrition organique sur les paramètres de croissance du haricot vert.....	25
1.1. Effet des différentes régies sur la longueur de la partie aérienne.....	25
1.1.1. Evolution temporelle de la longueur de la partie aérienne des plants sous différents régies.....	25
1.1.2. Etude comparée de l'effet de différents traitements sur la longueur de la partie aérienne..	26
1.2. Effet des différentes régies sur le poids frais de la partie aérienne.....	26
1.2.1. Evolution temporelle du poids frais de la partie Aérienne.....	27
1.2.2. Etude comparée de l'effet des différentes régies sur le poids frais de la partie aérienne.....	28
1.3. Effet des différentes régies sur la biomasse fraiche des	

feuilles.....	28
1.3.1. Evolution temporelle la biomasse fraiche des feuilles sous différentes régies.....	29
1.3.2. Etude comparée de l'effet de différentes régies sur la biomasse fraiche des feuilles.....	30
1.4. Effet de différentes régies sur la longueur de la partie souterraine.....	30
1.4.1. Evolution temporelle de la longueur de la partie souterraine des plantes sous différentes régies....	31
1.4.2. Etude comparée de l'effet des différentes régies sur la longueur de la partie souterraine.....	32
1.5. Effet de différentes régies sur la biomasse fraiche de la partie souterraine .....	32
1.5.1. Evolution temporelle de la biomasse fraiche de la partie souterraine sous différentes régies.....	33
1.5.2. Etude comparée de l'effet de différentes régies sur la biomasse fraiche de la partie souterraine....	34
1.6. Effet des différentes régies sur la formation des nodosités.....	35
1.6.1. Evolution temporelle de la formation de nodosités sous l'effet de différentes régies.....	35
1.6.2. Etude comparée de l'effet de différentes régies sur le nombre de nodosités.....	36
1.7. Effet de différentes régies sur le poids de nodosités.....	37
1.7.1. Evolution temporelle du poids de nodosités sous différentes régies.....	37
1.7.2. Etude comparée de l'effet de différentes régies sur le nombre de nodosités.....	38
2. Effet des différentes régies de stress et de nutrition organique sur les paramètres physiologiques du haricot vert.....	39
2.1. Effet de différentes régies sur l'accumulation de la chlorophylle (a).....	39
2.1.1. Evolution temporelle de l'accumulation de la chlorophylle (a) sous différentes régies.....	39
2.1.2. Etude comparée de l'effet des différentes régies sur l'accumulation de la chlorophylle (a).....	40
2.2. Effet de différentes régies sur l'accumulation de la chlorophylle (b).....	40
2.2.1. Etude temporelle de l'accumulation de la chlorophylle (b) sous l'effet des différentes régies.	41
2.2.2. Etude comparée de l'effet de différentes régies sur l'accumulation de la chlorophylle (b)....	42
2.3. Effet de différentes régies sur l'accumulation de la chlorophylle totale.....	43

2.3.1. Evolution temporelle l'accumulation de la chlorophylle totale sous différents régies.....	43
2.3.2. Etude comparée l'effet de différentes régies sur l'accumulation de la chlorophylle totale.....	44
2.4. Effets des différentes régies sur l'accumulation des acides aminés.....	44
2.4.1. Evolution temporelle l'accumulation des acides aminés sous l'effet de différentes régies.....	45
2.4.2. Etude comparée de l'effet de différentes régies sur l'accumulation des acides aminés.....	46
<b>Chapitre IV : Discussion.....</b>	<b>48</b>
1. Effet du jus de vermicompost sur les paramètres de croissance.....	48
2. Effets des vermicompost sur la physiologie du haricot.....	49
<b>Conclusion générale et perspectives.....</b>	<b>50</b>
<b>Référence bibliographiques</b>	

# Capacité du vermicompost à atténuer les effets d'un stress salin chez le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.)

## Résumé

L'intérêt porté sur l'utilisation de vermicompost en vue d'atténuer les effets des stress abiotiques a suscité l'attention de nombreux chercheurs au cours des dernières années par sa richesse en éléments nutritifs, et sa capacité à améliorer l'état physicochimique du sol. Dans cette optique, le but de ce travail est d'étudier l'effet de biofertilisant à base de jus de vermicompost dans l'atténuation des effets délétères d'un stress salin sur le haricot vert *Phaseolus vulgaris* L. (variété Contender). Ainsi afin d'appréhender la meilleure combinaison entre le stress salin et mode d'apport du vermicompost, nous avons mené cette étude sur quelques paramètres morphologiques et physiologiques des plants de haricot vert soumis aux différents traitements de vermicompost (priming, combinaison, curatif) et d'un stress salin (50 mM de NaCl) pendant 5 semaines. Les résultats obtenus révèlent que l'adjonction de vermicompost au substrat d'étude a amélioré les paramètres de croissance en longueur des plantes de haricots ainsi que le poids et sur l'association Rhizobium-haricot estimée par le nombre et le poids des nodosités. En outre, le vermicompost n'a pas un effet remarquable sur la croissance en longueur de la partie racinaire, ainsi que le poids. Par ailleurs, les résultats relatifs aux paramètres physiologiques exposent une importante accumulation en chlorophylle a, b et totale chez les plantes alimentées par le vermicompost par rapport aux plantes stressées.

**Mot clés :** Salinité, légumineuses, biofertilisant, rhizobium, nodules, chlorophylle Totale.



# **The ability of Vermicompost to attenuate the effects of saline stress in beans (*Phaseolus vulgaris* L.)**

## **Summary**

The interest in using vermicompost to mitigate the effects of abiotic stress has attracted the attention of many researchers over the last few years in terms of its nutrient richness and its ability to improve the physicochemical state of ground. The aim of this approach is to study the effect of vermicompost juice biofertilizing on the reduction of the deleterious effects of salt stress on the green bean *Phaseolus vulgaris* L. (Contender variety). Thus, in order to understand the best combination of saline stress and vermicompost delivery mode, we carried out this study on some morphological and physiological parameters of green bean plants subjected to different vermicompost treatments (priming, combination, healing) and of a salt stress (50 mM / l) for 5 weeks. The results obtained show that the addition of vermicompost to the study substrate improved the lengthening parameters of the bean plants and the weight and the Rhizobium-bean association estimated by the number and weight of the nodules. Moreover, the vermicompost does not have a remarkable effect on the lengthwise growth of the root part, as well as the weight. Moreover, the results relative to the physiological parameters expose a large accumulation in chlorophyll a, b and total in the plants fed by the vermicompost by contribution to the stressed plants.

Key words: Salinity, legumes, biofertilizer, rhizobium, nodules, chlorophyll Total.

## قدرة vermicompost على تخفيف آثار الإجهاد الملحي على الفاصولياء الخضراء (*Phaseolus vulgaris*)

### ملخص

لقد اجتذبت الفائدة من استخدام vermicompost للتخفيف من آثار الإجهاد الملحي انتباه العديد من الباحثين على مدى السنوات القليلة الماضية من حيث ثراء هذه المغذيات وقدرتها على تحسين الحالة الفيزيوكيميائية للأرض.

والهدف من هذا النهج هو دراسة تأثير vermicompost (عصير التسميد الحيوي) على الحد من الآثار الضارة للإجهاد الملحي على الفاصولياء الخضراء (*Phaseolus vulgaris*) من نوع Contender. وهكذا، من أجل فهم أفضل مزيج بين الإجهاد الملحي و vermicompost، قمنا بتنفيذ هذه الدراسة على بعض المعلمات المورفولوجية والفسولوجية للنباتات الفاصولياء الخضراء تخضع لمختلف التركيبات من vermicompost و من الإجهاد الملحي (50 ملم / لتر) لمدة 5 أسابيع. أظهرت النتائج أن إضافة vermicompost إلى ركيزة الدراسة قد حسنت من معلمات إطالة نباتات الفاصولياء الخضراء والوزن ورابطة ريزوبيوم-فاصولياء حيث بين هذه المقدره بحجم وعدد العقيدات. وعلاوة على ذلك، فإن vermicompost لا يكون لها تأثير ملحوظ على نمو طول الجذر، وكذلك الوزن. بالإضافة ، فإن النتائج المتعلقة بالمعلمات الفسولوجية تعرض تراكم كبير في اليخضور أ، ب والكلبي في النباتات التي تغذيها vermicompost بالمقارنة مع النباتات المعرضة للملوحة.

الكلمات الدالة: الملوحة ، البقوليات ، الأسمدة الحيوية ، الريزوبيوم ، العقيدات ، اليخضور الكلي.



## Liste des figures

<b>Figure 1</b>	Aspect morphologique d'une plante de haricot.....	6
<b>Figure 2</b>	Aspect général des vers de vermicompost.....	15
<b>Figure 3</b>	Grains de la variété Contender.....	17
<b>Figure 4</b>	Plantules d'haricot au stade pépinière.....	18
<b>Figure 5</b>	Transplantation du haricot au niveau de la serre.....	19
<b>Figure 6</b>	Dispositif d'obtention du jus de vermicompost.....	20
<b>Figure 7</b>	Dispositif expérimental en conditions semi-contrôlées sous serre.....	21
<b>Figure 8</b>	Variation de la longueur de la partie aérienne sous l'effet des différentes régies.....	26
<b>Figure 9</b>	Comparaison de l'effet des différentes régies sur la longueur de la partie aérienne.....	27
<b>Figure 10</b>	Variation du poids frais de la partie aérienne sous l'effet de la différente régie.....	28
<b>Figure 11</b>	Comparaison de l'effet des différentes régies sur le poids frais de la partie aérienne.....	29
<b>Figure 12</b>	Variation la biomasse fraîche des feuilles sous l'effet des différentes régies.....	30
<b>Figure 13</b>	Comparaison de l'effet des différentes régies sur la biomasse fraîche des feuilles.....	31
<b>Figure 14</b>	Variation de la longueur de la partie souterraine sous l'effet des différentes régies.....	32
<b>Figure 15</b>	Comparaison de l'effet des différentes régies sur la longueur de la partie souterraine.....	33
<b>Figure 16</b>	Variation de la biomasse fraîche de la partie souterraine sous l'effet des différentes régies.....	34

<b>Figure 17</b>	Comparaison de l'effet des différentes régions sur la biomasse fraîche de la partie souterraine.....	35
<b>Figure 18</b>	Variation du nombre de nodosité sous l'effet des différentes régions.....	36
<b>Figure 19</b>	Comparaison de l'effet des différentes régions sur le nombre de nodosités.....	37
<b>Figure 20</b>	Variation du poids de nodosités sous l'effet des différentes régions.....	38
<b>Figure 21</b>	Comparaison de l'effet des différentes régions sur le poids des nodosités.	39
<b>Figure 22</b>	Variation des quantités de chlorophylle a sous l'effet des différentes régions.....	40
<b>Figure 23</b>	Comparaison de l'effet des différentes régions sur l'accumulation de la chlorophylle a.....	41
<b>Figure 24</b>	Variation de l'accumulation de la chlorophylle b sous l'effet des différentes régions.....	42
<b>Figure 25</b>	Comparaison de l'effet des différentes régions sur l'accumulation de la chlorophylle b.....	43
<b>Figure 26</b>	Variation des quantités de chlorophylle totale sous l'effet des différentes régions.....	44
<b>Figure 27</b>	Comparaison de l'effet des différentes régions sur la quantité de chlorophylle totale.....	45
<b>Figure 28</b>	Variation des quantités des acides aminés sous l'effet des différentes régions.....	46
<b>Figure 29</b>	Comparaison de l'effet des différentes régions sur la quantité des acides aminés.....	47

## Liste des abréviations

<b>ANOVA</b>	Analyse of the variance
<b>APX</b>	L'ascorbate peroxydase
<b>CAT</b>	La catalase
<b>Chl a</b>	Chlorophylle a
<b>Chl b</b>	Chlorophylle b
<b>cm</b>	centimètre
<b>Fig.</b>	Figure
<b>GPX</b>	La glutathion peroxydase
<b>GST</b>	La glutathion s.-transférase
<b>Kg</b>	Kilogramme
<b>m</b>	mètre
<b>mm</b>	millimètre
<b>Mt</b>	Million de tonne
<b>nm</b>	nanomètre
<b>SOD</b>	Superoxyde dismutase

### Introduction

L'augmentation de la productivité agricole pour répondre aux besoins de la population croissante est une tâche difficile. Les contraintes abiotiques, telles que la sécheresse, la salinité et les températures extrême causent d'importantes pertes de récolte mondiale réduisant ainsi plus de 50% les rendements moyens pour la plupart des plantes cultivées **(Rao,2006)**.

En particulier, la salinité des sols constitue l'un des stress abiotiques les plus répandus au niveau de la planète. Elle limite fortement les rendements et menace la productivité des terres dans les régions arides et semi-arides, notamment en culture irriguées, ce qui entraîne une réduction des surfaces cultivables et représente une menace pour l'équilibre alimentaire de ces régions **(Yamaguchi et Blumward, 2005)**. Ce phénomène enregistrée dans les écosystèmes aride et semi-aride résulte de forte évaporation d'eau à partir du sol **(Munns et al., 2006)** et d'une pluviométrie irrégulière et insuffisante **(Mezni et al., 2002)**. Elle provient aussi d'irrigation mal contrôlée**(Rozema J. et Flowers T.)**, d'autre part ; l'apport excessif de fertilisation en vue d'augmenter les rendements provoque aussi la salinité des sols.

Dans cette perspective que s'intègre l'action de l'introduction des légumineuse dans les systèmes de rotations agricoles pour la mise en valeurs des sols et pour la minimisation de l'utilisation des engrais chimique, car leurs utilisation est préconisée pour la restauration des sols dégradés ; en jouant le rôle de plantes pionnières facilitant l'implantation d'autres espèces végétales **(Schneider et Huyghe, 2015)**.

Dans le bassin méditerranéen, la culture des plantes légumineuses occupe une place primordiale au niveau des agro-systèmes vu leurs intérêts agronomiques, économiques et nutritionnels qu'elles apportent via leur symbiose avec les rhizobiums.En effet, cette symbiose fournit l'azote nécessaire pour la croissance et le développement de la plante et contribue à l'amélioration du bilan azoté des sols**(Ashraf et Foolard, 2007)**.En outre, une application élevée d'engrais inorganiques pour une production accrue des cultures s'accompagne d'une augmentation des dangers pour la santé humaine et des problèmes environnementaux négatifs tels que la pollution des sols. Par conséquent, l'accent a été mis sur les engrais naturellement dérivés pour les systèmes agricoles durables.Au cours des dernières années, l'utilisation de vermicompost comme engrais organique a été recommandée en tant que tentative d'agriculture durable. Le vermicompost est généré par l'activité des vers de terre à partir d'une large gamme de déchets organiques. Le vermicompost possède de nombreuses propriétés souhaitables, il contient des éléments nutritifs sous des formes facilement absorbées par les plantes telles que les nitrates, le phosphore échangeable et des forme soluble de potassium,de calcium et de magnésium ainsi Plusieurs études confirme que le vermicompost a un effet bénéfique sur la croissance et le développement des plantes **(Atiyahet al.,2000)**.

Le présent travail s'inscrit dans l'optique d'évaluer l'effet de l'irrigation par le jus de vermicompost sur quelque paramètre morphologique et physiologique de haricot vert (*Phaseolus vulgaris* L.) ainsi caractériser son aptitude à atténuer les effets néfastes de stress salin. Pour cela nous avons émis quelques hypothèses auxquelles nous allons essayer de répondre et qui se résument comme suit : (i) Quelle est l'influence de l'apport de vermicompost sur les paramètres morphologiques et physiologiques de l'haricot? (ii) Le jus de vermicompost peut-il corriger le stress salin? (iii) Quelle est le mode d'action le plus important ?



## Chapitre I: Synthèse bibliographique

### 1. Les légumineuses

#### 1.1. Généralité sur les légumineuses

Les légumineuses sont des plantes dicotylédones appartenant à la famille botanique des *fabacées*, qui représente la troisième famille de plante par le nombre d'espèces, après les *composées* et les *orchidées* (Schneider et Huyghe, 2015). Leurs deux signes distinctifs majeurs sont que leurs grains se forment à l'intérieur des gousses ; et qu'elles peuvent former un partenariat (association symbiotique) avec une classe de bactéries (*Rhizobium*) capable de fixer l'Azote atmosphérique interne ( $N_2$ ) pour le transformer en azote biologiquement utile (Vertes et al., 2010). La plupart des légumineuses cultivées appartiennent à une des sous-familles (les *Faboideae* ou *Papilionoideae*) et plus précisément aux tribus des *Fabeae*, des *Phaseoleae* et des *Trifolieae* (Schneider et Huyghe, 2015). Ils sont cultivés pour leurs graines qui sont riches en amidon (fève, haricot, lentille, pois, pois chiche), en huile (arachides, soja) ou en protéines (fenugrec, lupin, soja), les trèfles ; luzernes, le sainfoin et le lotie servent à l'alimentation du bétail (Vertes et al., 2010).

#### 1.2. Importance de la culture des légumineuses

##### 1.2.1. Intérêt agronomique

Les légumineuses constituent une excellente tête de rotations ou un bon engrais vert dans certains systèmes agricoles. En exploitation de grande culture ; elles peuvent assurer l'entretien organique des sols contribuant à préserver leur structure et leur fertilité (Vertes et al., 2010).

##### 1.2.2. Intérêt écologique

La culture des légumineuses est la plus respectueuse de l'environnement puisque ce sont les seules plantes à assurer leur propre approvisionnement en azote grâce à l'activité de bactéries symbiotiques *Rhizobium*. Cette voie symbiotique permet de fournir 70% à 80% des besoins énergétiques de la plante et l'obtenir de bons rendements sans recourir à des apports d'azote minéral. En limitant l'utilisation d'engrais azotés ; la culture de légumineuses contribue à préserver la qualité des sols et des eaux (Gabaye, 2013).

##### 1.2.3. Intérêt alimentaire

Les légumineuses représentent un potentiel important pour une alimentation plus saine et durable. D'une part, les légumes secs sont riches en protéines et en fibres alimentaires ; ils sont sources de glucides à faible indice glycémique et sont

sources de vitamines (en particulier B, B2, B3 et E) et de minéraux. Ces caractéristiques en font des aliments qui présentent un intérêt majeur dans le cadre de la prévention et du traitement du diabète de type 2 et probablement de l'obésité, des maladies cardiovasculaires et du cancer colorectal (**Schneider et Huyghe, 2015**).

### 1.3. La symbiose

#### 1.3.1. Définition

Le mot symbiose provient du grec sym (avec) et biose (vie), d'où sa définition générale très large : vie avec ou vie en commun. Selon **Gabaye(2013)**, la symbiose s'agit d'une association intime ; durable et mutualiste. C'est une association de deux ou plusieurs organismes différents, qui leur permettent de vivre avec des avantages pour chacun.

#### 1.3.2. La symbiose légumineuses-Rhizobium

En raison de l'importance économique et environnementale des symbioses fixatrice d'azote, les mécanismes qui initient les premières étapes de la reconnaissance entre les racines des *Fabacée* et les bactéries du genre *Rhizobium*, et amènent à la formation de nodules racinaires sont particulièrement étudiés (**Jain et Nainawatee,2002**).

La fixation symbiotique d'azote chez les légumineuses implique des interactions anatomiques, morphologiques et biochimiques importantes entre la plante hôte et les microorganismes qui l'envahissent. Il est généralement admis que les fixateurs d'azote symbiotiques apportent au sol, une quantité d'azote nettement plus importante que ne le font les bactéries libres. Un hectare de légumineuses en symbiose avec rhizobium fixe couramment de 25 à 60 kg d'azote par an, alors que les organismes non symbiotiques fixent moins de 5 kg par hectare (**Sprent,1990**).

La fixation symbiotique d'azote implique des interactions génétiques et biochimiques complexes entre les racines des plantes hôte et la bactérie. L'invasion par les rhizobiums induit, dans la racine, la formation des nodules dans lesquels une protéine, la légohémoglobine, permet le maintien d'un environnement pauvre en oxygène permettant le fonctionnement de la dinitrogénase. La plante hôte fournit l'énergie sous la forme de photosynthétas et reçoit en retour un apport d'azote combiné qu'elle utilise pour sa croissance et son développement. Le produit de fixation de l'azote est l'ammonium qui est rapidement incorporé dans les acides aminés avant d'être exporté du nodule (**Hopkins,2003**).

### 2. Haricot

#### 2.2.1. Origine et historique du Haricot

Selon **Peron (2006)**, le haricot vert vient d'Amérique ; avec un centre d'origine méso-américain et un autre andine. Sa domestication date de plus de 9700 ans, ainsi cette plante est cultivée depuis des millénaires d'année au Pérou et au Mexique. La première introduction en Europe est due à Christophe Colomb lui-même ; mais de nombreuses autres lui succédèrent. En dépit de quelques réticences, le haricot ne tarda pas à se répandre dans tout le bassin méditerranéen.

Le haricot sec, denrée très appréciée pour les voyages au long cours du fait de sa bonne conservation, se répandit rapidement dans le monde et s'installa très tôt en divers points de l'Afrique où il retrouvait des latitudes proches de celles de ses aires d'origines (**Chaux, 1972**).

#### 2.2.2. Classification de la plante du Haricot

Selon **Guignard (1998)**, la position systématique du haricot est la suivante :

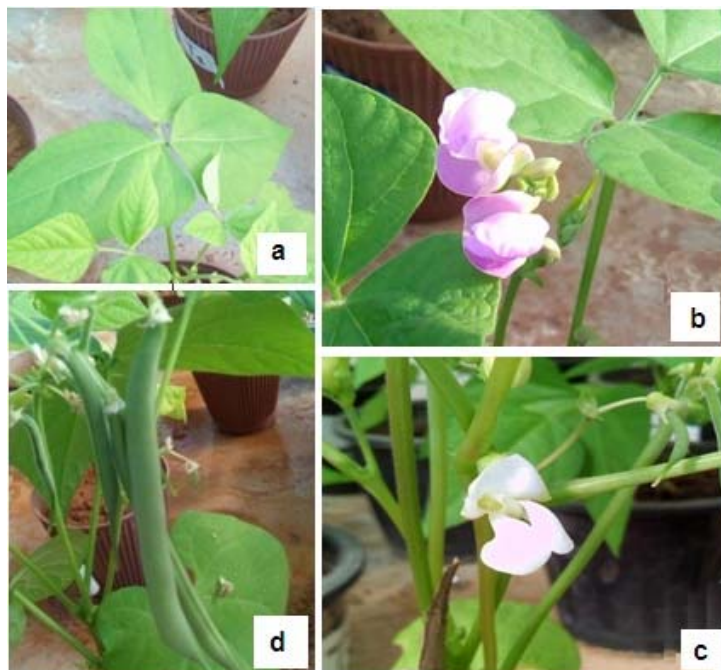
Rang	<i>Nom scientifique</i>
Embranchement	<i>Spermaphytes</i>
Sous embranchement	<i>Angiospermes</i>
Classe	<i>Dicotylédones</i>
Ordre	<i>Fabales</i>
Famille	<i>Fabacées</i>
Genre	<i>Phaseolus</i>
Espèce	<i>Phaseolus vulgaris L</i>

#### 2.2.3. Description morphologique et botanique du Haricot

Le haricot commun (*Phaseolus vulgaris L*) appartient à la tribu des Phaseolas dont le nombre chromosomique est  $2n=22$ . La plante se développe selon deux modes bien distincts qui constituent le premier critère de classification pratique des variétés : variétés à rames et variété naines. Chez les variétés à rames la tige est à croissance indéterminée, faiblement ramifiée et peut atteindre 2 m. Chez les variétés naines la tige est à croissance déterminée est dressée et très ramifiée donne une plante buissonnante de 35 à 50 cm de hauteur. (**Chaux, 1972**).

La racine principale n'est pas dominante et sa croissance peut être facilement stoppée par les obstacles du sol. Les racines latérales sont nombreuses et ont un développement qui dépasse par la suite en longueur celui de la racine principale. Des nodosités peuvent se former sur les radicelles, mais on ne peut pas considérer le haricot comme une plante enrichissant le sol en azote car son cycle végétatif est très

court (**Chaux et Fourry, 1994**). En conditions moyennes, les racines atteignent 15 cm de profondeur au stade de la 3<sup>ème</sup> feuille trifoliolée et dépassent 30 cm au début de floraison. Les deux premières feuilles sont simples ; les suivantes sont trifoliées ; foliole lancéolée à sommet acuminé et limbe mince, fragile au déchirement (**Chaux et Fourry, 1994**) (**Fig. 1a**). Les fleurs sont portées sur des grappes axillaires courtes, rapidement épuisées, de 4 à 10 fleurs (**Chaux et Fourry, 1994**) de couleur blanche (**Fig. 1c**) ou violette (**Fig. 1b**). (**Peron, 2006**). Chez le haricot, la fleur reste naturellement fermée donc la pollinisation est autogame. Les gousses sont droites arquées, à section aplatie, elliptiques ou arrondies (**Fig. 1d**) (**Chaux, 1972**). A l'état frais, elles présentent une vaste gamme de nuances allant du vert (haricot vert) au jaune (haricot beurre). A un stade plus ou moins avancé, selon le type variétal, la gousse développe deux structures fibreuses. A maturité complète, ces structures interviennent dans le mécanisme de la déhiscence : le fil et le parchemin (**Chaux et Fourry, 1994**).



**Figure 1 : Aspect morphologique d'une plante de haricot (Original, 2017)**

(b : fleur de variétés Contender ; c : fleur de variétés Djadida)

### 2.2.4. Exigence de la culture

D'après **Peron(2006)**, Les haricots verts sont cultivés en zone tempérée comme en zone tropicale. La température optimale de germination et de croissance est entre 20°C et 25°C. Le zéro végétatif est à 10°C et les fortes chaleurs qui dépasse 35° sont néfastes à la germination, la fécondation des fleurs et à la formations des gousses de qualité.

La plante présente une forte sensibilité à l'intensité lumineuse, notamment au moment de la floraison. Une déficience de lumière entraîne l'avortement des fleurs.

Le haricot vert s'adapte à de nombreux types de sols : légers à moyennement lourds ou tourbeux, avec un pH neutre et un bon drainage. Il est sensible à la salinité. Les sols les plus propices sont colluvions, les sols allophanes bien pourvus en matières organiques et les vertisols magnésiens. Les sols ferrallitiques acides sont les moins appropriés (**Caburet et Hekimian, 2003**).

### 2.2.5. Importance de la culture du Haricot

Le haricot commun (*P. vulgaris* L.) appartient à la famille des légumineuses (Fabaceae) et figure parmi les cultures vivrières les plus anciennes et les plus importantes au monde, à la fois sur le plan nutritionnel et économique (**Cortner, 1985**).

Le haricot commun en tant que grain est très riche en amidon, les protéines et les fibres alimentaires et est une excellente source de minéraux et de vitamines, y compris le fer, le potassium, le sélénium, le molybdène, la thiamine, la vitamine B6 et l'acide folique. (**Ferris et Kaganzi, 2008**)

Des milliers d'espèces de légumineuses existent, mais le haricot commun sous quelque forme que ce soit est le plus mangé par les êtres humains par rapport à toute autre légumineuse (**Broughton et al. 2003**).

Lorsque le haricot commun est utilisé pour ses fruits non mûrs, il est appelé «haricot vert». Environ 23,9 Mt de haricots secs, 20,7 Mt de haricots verts et 1,9 Mt de haricots instantanés ont été produits dans le monde entier en 2012 (**FAO STAT, 2014**).

## II. Salinité et Stress salin

Les contraintes abiotiques sont généralement causées par la sécheresse, la salinité, les températures élevées ou basses, les nutriments légers, déficients ou en excès, les métaux lourds, les polluants, etc. individuellement ou en combinaisons. Le stress causé par les facteurs abiotiques modifie le métabolisme des plantes conduisant à des effets négatifs sur la croissance, le développement et la productivité des plantes (**Rao et al., 2006**).

### 1.1. Définition de la salinité

**Farissi et al., (2014)** ont montré que la salinité désigne la surcharge en sels minéraux solubles de l'eau d'irrigation ou de la solution du sol, ces sels sont représentés en grande partie par la combinaison de trois cations ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  et  $\text{Na}^+$ )

et trois anions ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  et  $\text{HCO}_3^-$ ). En général, le chlorure de sodium ( $\text{NaCl}$ ) est le plus fréquent et représente plus de 90 % des sels. On définit en général deux types de salinité : la salinité primaire et la salinité secondaire. La première résulte de la présence initiale de sels dans le sol ou dans la nappe phréatique. La seconde résulte des apports de l'eau d'irrigation.

### 1.2. Causes de la salinité

En principe ; le niveau élevé de salinité dans les sols résulte principalement de deux sources naturelles et artificielles. La salinité dans les zones arides et semi-arides est principalement causée par des causes naturelles comme une faible précipitation; Niveau élevé d'évaporation, existence de roches parentérales salines et état hydrologique. Cependant, la salinité résulte également de systèmes d'amélioration mal gérés; Mauvaise technique d'irrigation, irrigation avec eau salinisée, accumulation de sel à partir de fortes doses de fertilisation minérale; Le pâturage et la déforestation (**Bresler et al., 1982**).

## 2. Le stress salin

### 2.1. Définition de stress

Selon **Gravot (2008)**, le stress est tout facteur environnemental susceptible de déclencher chez les plantes des modifications chimiques ou physiques dommageables. Ces modifications représentent la contrainte qui peut être plastique ou élastique. Le problème de la salinité est multiple car en plus de la toxicité des ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  et de la perturbation de la nutrition minérale, les plantes ont du mal à absorber l'eau du sol du fait de sa pression osmotique élevée et cela se traduit par un stress hydrique que en plus du stress salin, compliquant et altérant ainsi de façon exponentielle leur états physiologique (**Hanana et al., 2011**).

### 2.2. Effets du stress salin sur les plantes

Les effets néfastes de la salinité sur la croissance des plantes sont généralement associés au faible potentiel osmotique de la solution du sol et au faible potentiel osmotique de la solution du sol et au niveau élevé de toxicité du sodium qui provoquent des perturbations multiples sur le métabolisme, la croissance et le développement des plantes aux niveaux moléculaire, biochimique et physiologique (**Munns, 2002**).



### 2.2.1. Effets du stress salin sur la croissance

La salinité est une contrainte majeure qui affecte la croissance et le développement des plantes. La croissance de la majorité des plantes est réduite ou inhibée quand la concentration en sel dans l'environnement racinaire s'élève au-dessus de 100 mM NaCl. Chez les légumineuses, l'effet dépressif du sel se manifeste à partir d'un seuil critique de concentration, caractéristique de l'espèce ou de la variété (**Farissi et al. 2011**). Ainsi, la croissance végétative de *Phaseolus vulgaris* L. est fortement déprimée par une concentration de NaCl de l'ordre de 25 mM (**Faghire et al.,2011**).

Plusieurs causes sont évoquées pour expliquer le déterminisme de la réduction de la croissance sous les conditions de stress salin, incluant entre autre, la diminution du contrôle du statut hydrique le désordre nutritionnel,le ralentissement de la synthèse protéique, la perturbation de la stabilité des structures membranaires et l'inhibition de l'activité des enzymes,les changements dans l'extensibilité de la paroi cellulaire en relation avec sa composition protéique, et la réduction de la capacité photosynthétique (**Farissi et al.,2014**).

### 2.2.2. Effets du stress salin sur le processus de nodulation

La salinité est un facteur majeur limitant la fixation symbiotique de l'azote. Elle affecte d'une manière délétère la croissance et la persistance des souches rhizobiennes dans le sol (**Farissi et al., 2014**).Le stress salin peut affecter la symbiose légumineuse-rhizobium indirectement, en réduisant la croissance de la plante hôte et en affectant certains de ses processus physiologiques, ou bien directement en inhibant le processus d'infection et le développement des nodules . En général, les premières étapes de la nodulation sont les plus sensibles au stress salin (**Cesar et al., 2011**).D'autres résultats suggèrent que l'accumulation des ions toxiques ( $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$ ) dans les nodosités peut affecter le métabolisme dans ces organes et inhiber leur activité fixatrice d'azote (**Coronille et al. 1995**).

### 2.2.3. Effets du stress salin sur les paramètres hydriques

Dans la nature, les plantes perdent de l'eau par transpiration et ont tendance à la remplacer par son absorption à partir de la solution du sol (**Yio, 1983**).La présence des sels dans le milieu de culture limite la disponibilité de l'eau pour la plante et par conséquent, cette dernière se trouve en état de déficit hydrique (**Farissi et al.,2013b**).Les potentiels hydrique et osmotique de plantes deviennent plus négatifs avec l'augmentation de la salinité, alors que la pression de turgescence se trouve augmentée(**Aziz et Khan, 2001**).Le stress salin réduit la teneur en eau, le contenu relatif en eau et le potentiel hydrique chez les légumineuses telles que *Phaseolus vulgaris* L.(**Senoussie al.,2004**).Ces réductions sont plus importantes chez les cultivars sensibles comparativement aux tolérants. Le statut hydrique de la plante est

un facteur déterminant pour l'activité métabolique et la survie des feuilles. La réduction de la teneur relative en eau entraîne une faible disponibilité de l'eau pour l'extension cellulaire (**Farissi et al., 2014**).

### 2.2.4. Effets du stress salin sur la photosynthèse

Il se manifeste essentiellement par la réduction de l'assimilation du CO<sub>2</sub>, la conductance stomatique et le ralentissement de l'activité du transport des électrons du photosystème II. La réduction de la photosynthèse par la salinité est l'une des causes majeures de la réduction de la croissance et de la productivité végétale (**Farissi et al., 2014**).

### 2.2.5. Effets du stress salin sur la nutrition minérale

Le stress salin engendre un déséquilibre de la nutrition minérale de la plante qui résulte d'une perturbation de l'absorption et du transport des éléments essentiels. En général, la présence du NaCl dans le milieu de culture inhibe l'absorption des ions K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Pi, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> et renforce celle des ions salins, Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup> qui s'accumulent jusqu'à devenir toxiques pour la plante (**Fghire et al., 2011**).

## 2.3. Mécanisme de tolérance des plantes face au stress salin

Pour lutter contre cette contrainte, les plantes présentent plusieurs mécanismes qui les rendent résistantes au stress grâce à la formation de nouvelles molécules et des mécanismes moléculaires de tolérance au stress. Les mécanismes de tolérance au sel sont de deux types principaux: ceux qui minimisent l'entrée de sel dans la plante (ou au moins leur accumulation dans les tissus photosynthétiques) et ceux qui minimisent la concentration de sel dans le cytoplasme (**Munns, 2002**).

### 2.3.1. Homéostasie ionique

#### 2.3.1.1. La compartimentation vacuolaire

Celle-ci consiste à évacuer du cytoplasme les ions Na<sup>+</sup> en excès vers la vacuole afin d'éviter leur effet toxique et inhibiteur à l'encontre des processus enzymatiques. (**Flowers et al., 1977**). Ainsi, grâce à ce processus de compartimentation de sodium au sein de la vacuole, la cellule parvient à maintenir une faible concentration de sodium dans les cytoplasmes, minimisant ainsi son effet toxique ; et d'autre part, l'augmentation concomitante de la concentration de sodium dans la vacuole va engendrer une forte pression osmotique qui va favoriser l'absorption d'eau et donc améliorer la turgescence des cellules (**Apse et Blumward, 2007**). La compartimentation du NaCl dans les vacuoles représente le mécanisme principal de détoxification du sel chez les halophytes (**Ksour et al., 2010**), tandis que les glycophytes ont recours au mécanisme d'exclusion du sodium des cellules (au



niveau de la membrane plasmique des parties aériennes vers les racines)(**Tester et Davenport, 2003**).

### 2.3.1.2. Exclusion des ions toxiques

Cette stratégie consiste à exclure le sodium du cytoplasme vers l'extérieur de la cellule. Dans ce cas, les plantes limitent l'entrée des éléments salins et les rejettent dans le compartiment apoplasmiques (**Munns, 2005**); ce qui permet une absorption et une accumulation plus faible de sels dans les parties supérieures de la plante, en particulier dans les organes transpirants (**Rao et al., 2006**). Bien qu'il soit considéré que ce mécanisme d'exclusion du sel est principalement caractéristique pour les espèces moins tolérantes au stress salin, les plantes halophytiques excluent également les sels (**Munns, 2002**).

### 2.3.1.3. Ajustement ionique

L'augmentation des concentrations vacuolaires de sodium induit la nécessité et le besoin d'élever la pression osmotique des autres compartiments cellulaires afin de maintenir leur volume (**Amtmann et Leigh, 2010**). Quoique, la synthèse et l'accumulation de composés solubles compatibles contribue au maintien de la croissance cellulaire en conditions de stress ionique, les plantes ont développé d'autres moyens non moins efficaces tels que l'ajustement ionique afin de réduire et d'équilibrer la concentration d'ions dans le but d'ajuster la pression osmotique au niveau du cytoplasme (**Shabala et Cuin, 2007**).

### 2.3.2. Stratégie osmotique

Certains végétaux régulent leur pression osmotique interne par la synthèse d'osmoprotecteurs principalement des composés aminés et des sucres, et à les accumuler dans le cytoplasme et les organites (**Hanana et al., 2011**). Parmi ces composés synthétisés, figurent certains polyols, des sucres, des acides aminés, des bêtaïnes (**Hanana et al., 2011**). La proline, observée chez de nombreuses monocotylédones ou dicotylédones s'accumule aussi bien chez les glycophytes que chez les halophytes sur des cellules en suspension ou des plantes entières (**Denden et al., 2005**).

La proline agit en tant que composé soluble compatible dans l'ajustement osmotique pouvant atteindre de fortes concentrations sans exercer d'effet toxique comme le cas des ions (**Silva-Ortiga et al., 2008**). En plus du rôle osmotique attribué à la proline, celle-ci intervient dans les détoxications des formes actives d'oxygène et la stabilisation des protéines, protégerait l'intégrité de la membrane plasmique et constituerait une source de carbone et d'azote. (**Hanana et al., 2011**). L'accumulation de la proline chez diverses espèces de plantes stressées a été corrélée à leur

capacité de tolérance, et sa concentration est généralement plus élevée chez les plantes tolérantes que les plantes sensibles (**Achraf et Foolad, 2007**).

La glycine-Bétaine est principalement présente au niveau des chloroplastes où elle joue une fonction vitale dans la protection des membranes thylakoïdes et par conséquent dans le maintien de l'efficacité photosynthétique (**Achraf et Foolad, 2007**) et aussi dans l'osmoprotection en stabilisant les macromolécules et en préservant les membranes sous stress (**Naidu, 2003**).

### 2.3.3. Les antioxydants et protéines de détoxication

Le stress salin provoque la formation de dérivés réactifs de l'oxygène tels que le peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ), le super oxyde ( $O_2^{\cdot-}$ ) et les radicaux libres. Ces dérivés causent des dommages oxydatifs aux différents composants cellulaires, y compris les lipides membranaires, les protéines et les acides nucléiques (**Halliwell et Gutteridge, 1985**) et par conséquent entraver le métabolisme cellulaire, la physiologie de la plante et finalement la croissance et le rendement (**Imaly et Linn, 1988**). De ce fait, et afin d'éliminer ces formes actives d'oxygène, les plantes possèdent des antioxydants de nature non enzymatique de faible masse moléculaire, tels que les composés phénoliques, les flavonoïdes, les anthocyanes et l'acide ascorbique. (**Achraf, 2008**). Elles emploient aussi une vaste panoplie d'enzymes, telles que le super oxyde dismutase (SOD), la catalase (CAT), l'ascorbate peroxydase (APX), la glutathion S-transférase (GST) et la glutathion peroxydase (GPX) (**Munns, 2005**).

## III. Biofertilisant et vermicompost

### 1. Définition de fertilisation

L'ensemble des techniques agricoles permettant la mise en œuvre des matières fertilisantes. Ces opérations ont pour but de conserver ou d'améliorer la productivité d'une terre ; qui inclut d'une part les engrais dont la fonction principale est d'apporter des éléments nutritifs aux plantes ; d'autre part les amendements destinés à améliorer les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols (**Schavarts et al., 2005**). Les engrais sont des produits de nature minérale ou organique que l'on apporte au sol pour fournir aux végétaux des éléments minéraux. Les végétaux des éléments minéraux plus ou moins rapidement disponibles. Les principaux engrais apportent de l'azote ; du phosphore et du potassium. C'est trois éléments sont appelés éléments fertilisants majeurs (**Asdrubal, 2014**).

### 2. Définition des biofertilisants

Les biofertilisants sont définis comme des préparations contenant des cellules vivantes ou des cellules latentes de souches de micro-organismes efficaces qui aident à l'absorption des éléments minéraux par les plantes cultivées suite à leurs interactions dans la rhizosphère lorsqu'ils sont appliqués sur les semences ou dans le sol. Ils accélèrent certains processus microbiens dans le sol impliqués dans l'augmentation de la disponibilité des nutriments dans une forme facilement assimilable par les plantes (**Vessey, 2003**).

### 3. Type de biofertilisant

#### 3.1. Les engrais vert

On appelle engrais vert une plante cultivée en dérobée et destinée à être enfouie superficiellement dans le sol pour améliorer les propriétés de ce dernier. Ces cultures sont également appelées cultures intermédiaires. Les engrais verts provoquent une stimulation importante de la vie microbienne ; à laquelle ils fournissent une nourriture abondante et fermentescible. Les engrais verts à base de légumineuses enrichissent le sol en azote par fixation symbiotique de l'azote de l'air (**Amand et Langlois, 2004**).

#### 3.2. Engrais d'origine animal

Les engrais d'origine animale sont précisément des déchets industriels, tels que des déchets d'abattoirs: sang desséché, les bouses de vache, les fientes de poules etc. Ces derniers sont intéressants pour leur apport en azote à décomposition relativement lente et pour leur action favorisant la multiplication rapide de la microflore du sol, mais n'enrichissent guère le sol en humus stable, ces engrais sont enfouis dans le sol pendant la préparation du terrain ou trois semaines avant le repiquage pour la campagne de saison de pluie (**World, 2009**).

#### 3.3. Le compostage

##### 3.3.1. Définition

Le compostage est le processus biologique contrôlé de conversion par fermentation aérobie des matières organiques fraîches en un produit stabilisé ; hygiénique ; semblable à un terrau c'est le compost (**Guet, 2003**), (**Asdrubal, 2014**).

### 3.3.2. Principe de compostage

Les molécules organiques sont transformées par étapes successives en substances de poids moléculaire de plus en plus faible pour aboutir à la production de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et d'eau. Cette fermentation se déroule selon trois phases successives :

- Phase de latence: correspond au temps nécessaire à la colonisation du milieu par les micro-organismes. Elle dure environ un jour. La température s'élève progressivement : elle résulte de l'activité respiratoire endogène des cellules vivantes présentes dans la masse.

- Phase de fermentation chaude: d'abord mésophile, est due à la multiplication des micro-organismes, qui provoquent le début de fermentation.

La réaction exothermique dégage de la chaleur et la température du mélange s'accroît fortement pour passer ensuite en régime thermophile.

- Phase de refroidissement et de maturation: elle termine le processus jusqu'à la raréfaction des matières facilement utilisables par micro-organismes. Le compost a alors atteint son stade de maturité, il est apte à un usage agricole

## 4. Le vermicompostage

### 4.1. Définition de vermicompost

C'est une méthode d'utilisation des vers en vue de transformer des matières organiques (généralement des déchets) en une matière très semblable à l'humus ou au terreau ; connue sous le nom de vermicompost ou lombricompost. Les déchets ce sont en général les déchets verts ; mous et mouillés ; comme les épluchures de fruits, les restes de légumes et les tontes de gazon qui sont facilement dégradables (Desbois, 2013).

Certaines espèces de vers de terre consomment de la matière organique en décomposition et sont capables de convertir ce matériau en composés riches en éléments nutritifs qui forment un environnement dans le sol qui soutient la croissance des plantes (Huerta *et al.*, 2010). Le vermicompost est produit par la décomposition de la matière organique en utilisant une interaction non thermique entre les vers de terre et les microorganismes (Bender, 2008). Vermicompost est une composition organique qui est légère, inodore et exempte de graines de mauvaises herbes (Huerta *et al.*, 2010).

### 4.2. Le principe de vermicompostage

Techniquement, le vermicompostage est plus proche de la production animale, car le processus ne repose pas sur les microorganismes, mais sur les vers qui digèrent les matières premières organiques et les excitent comme des pièces moulantes riches en éléments nutritifs. Les vers et les microorganismes ajoutent des forces dans un processus de bio-oxydation et de stabilisation n'ont pas de stade thermophile. Les vers de terre sont les agents de rotation; de fragmentation et d'aération. Les vers de terre les plus répandues utilisées pour la vermicompostation de vers à la mèche (*Eisenia foetida*) et les vers roux ou les nerfs rouges (*Lumbricus rubellus*) (Gershuny, 2011) (Fig. 2).

***Eisenia foetida***, ver de petite taille, de couleur rosée avec des anneaux clairs, presque jaune. C'est le ver le plus utilisé pour le vermicompost, il ingère de grandes quantités de matières organiques, et très prolifiques et vit très bien en conditions de fortes densités (Desbois, 2013) (Fig. 2a).

***Lumbricus rubellus***, considéré par certains comme le véritable ver du fumier, ce ver est de petite taille et absorbe de grandes quantités de matière organique (Desbois, 2013) (Fig. 2b).



**Figure 2 : Aspect général des vers de vermicompost (Desbois, 2013)**

(a : *Lumbricus rubellus* ; b : *Eisenia foetida*)

### 4.3. Avantage du vermicompost

L'agriculture conventionnelle avec un apport élevé d'engrais chimique entraîne une réduction du sol organique qui, à leur tour, entraîne une détérioration de la qualité des produits comestibles et du sol. En outre, une application élevée d'engrais inorganiques pour une production accrue des cultures s'accompagne d'une augmentation des dangers pour la santé humaine et des problèmes environnementaux négatifs tels que la pollution des sols et des sols. Par conséquent, l'accent a été mis sur les engrais naturellement dérivés pour les systèmes agricoles durables (Suthar, 2010).

Au cours des dernières années, l'utilisation de vermicompost comme engrais organique a été recommandée en tant que Tentative d'agriculture durable.

Le vermicompost possède de nombreuses propriétés souhaitables, telles que la capacité d'échange de cations, les capacités élevées de maintien de l'eau, la capacité de séquestrer les contaminants (organiques et inorganiques) et l'activité hormonale des plantes; Il a des effets bénéfiques sur les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques de l'absorption des sols et des nutriments; et il supprime les maladies transmises par le sol (**Martin et Brathwaite, 2012**). Il possède des niveaux plus élevés d'éléments nutritifs tels que l'azote, le phosphore, le potassium, le calcium et le magnésium que d'autres engrais organiques, et contient les micronutriments du fer, du zinc, du cuivre et du manganèse. L'ajout de matière organique au sol augmente le nombre de pores dans le sol, ce qui est nécessaire pour augmenter la circulation de l'air pour la croissance des plantes et des microorganismes (**Huerta et al., 2010**). **Sharma et al. (2014)**, ont montré que l'application du vermicompost a augmenté la production de CO<sub>2</sub> et de substances humiques, ce qui a entraîné une augmentation de l'activité immunitaire. Une concentration accrue de CO<sub>2</sub> et de substances humiques peut également neutraliser l'effet du stress déficitaire hydrique. Le Vermicompost contient également de grandes quantités de substances humiques et certains des effets de ces substances sur la croissance des plantes se sont révélés très semblables à ceux des régulateurs de croissance des plantes ou des hormones (**Muscolo et al., 1999**). Il a été démontré que le vermicompost et son liquide corporel (jus de vermicompost) sont des agents efficaces de biocontrôle contre les phytopathogènes du sol (**Archana et al., 2009**).



## Chapitre II : Matériel et Méthodes

### 1. Objectif de travail

Notre travail a pour objectif d'évaluer la capacité de vermicompost a atténué les effets du stress salin sur la nodulation et sur quelques paramètres morphologiques et physiologiques de l'haricot. La salinité provoque chez les plantes des perturbations morpho-physiologiques multiples touchant la croissance et le métabolisme. Le but de l'étude est de contourner ces effets néfastes par une alimentation organique.

### 2. Condition expérimentales

#### 2.1. Lieu de l'expérience

L'expérimentation a été réalisée à la station expérimentale du département des Biotechnologies, Faculté des Sciences de la nature et de la Vie, Université de Blida 1, dans une serre en polycarbonate dont l'orientation est nord sud (Fig. 3).L'aération est assurée par plusieurs fenêtres placée latéralement de part et d'autres de la serre.des radiateurs sont installées au niveau de la serre pour assurer le chauffage pendant les périodes froides.

#### 2.2. Matériel végétal

Le matériel végétal ayant fait l'objet de notre expérimentation concerne le haricot vert (*Phaseolus vulgaris. L*), dont la variété testée est Contender. Cette dernière est une variété naine de type mangetout à grain unicolore, à port demi-dressé. Elle se caractérise par de longues feuilles de couleur verte claire, des fleurs à couleur violettes qui produit des gousses charnues sans fil de 17 à 18cm de diamètre. La variété Contender est résistante au virus. (Fig. 4).



Figure 3 : Grains de la variété Contender (Originale, 2017)

### 2.3. Conduite de la culture

#### 2.3.1. Prégermination des grains

C'est la première opération effectuée, réalisée le 28/12/2017 dans des boîtes de Pétris contenant du coton imbibé d'eau pendant 6 jours jusqu'à l'apparition des radicules.

#### 2.3.2. Semis

C'est la deuxième opération effectuée, elle a été réalisée le 02/01/2017. Les grains prégermés sont semés dans des alvéoles contenant la tourbe noire et arrosés en abondance (Fig. 5). Les arrosages ont été effectués selon les besoins des plantes pendant 10 jours dans des conditions adéquates pour le développement de l'haricot afin que les plantes soient prêtes pour la transplantation.



**Figure 4 : Plantules d'haricot au stade pépinière (Originale, 2017)**

#### 2.3.3. Le repiquage des plantules

Lorsque les plantes prennent un aspect vigoureux et homogène un repiquage des plantes a été réalisé le 12/01/2017 dans leur place définitif. L'essai a été conduit dans des pots en plastique remplis de terre (de la région de Boufarik) ayant une capacité de 1 kg. Chaque pot mesure 12 cm de longueur et 13 cm de largeur. Les pots sont tapissés par une couche fine de gravier pour assurer un bon drainage. À la date de 01/02/2017 soit 20 jours après le repiquage, nous avons procédé à l'application des différents traitements (Fig. 6).





**Figure 5: La mise en place du haricot au niveau de la serre (Originale, 2017)**

### **2.4. Les traitements utilisés**

La réalisation de l'essai a mis en œuvre deux traitements à savoir

#### **2.4.1. Solution saline**

Le traitement à base de sel est préparé par la dilution de Chlorure de sodium (NaCl) dans l'eau courante. **Allagui et al. (1994)** ont estimé que la dose  $1,45 \text{ g.l}^{-1}$  du NaCl a un effet dépressif sur le taux de germination, la croissance et la production en grains. Cependant, cet effet varie en fonction de l'intensité du stress et de la variété en question.

Nous avons doublé la quantité de sel soit  $2,90 \text{ g.l}^{-1}$  de NaCl/l (50mM).

#### **2.4.2. Jus de vermicompost**

Le jus de vermicompost brut est un liquide provenant essentiellement de la dégradation des déchets ménagés par un ver de terre anécique *Eisina foetida*. En plus de l'eau chargée de nutriments minéraux et d'oligo-éléments assimilés contenue dans les déchets, il renferme le mucus intestinal riche en protéines, en polysaccharides, en matières organiques et minérales, en acides aminés et en symbiontes microbiens (bactéries, protozoaires et micro-fungis) (Fig. 7). Le jus de vermicompost a été utilisé à la dilution ( $4V_{\text{jus de vermicompost brut}}/40V_{\text{eau}}$ ) (**Chaichi et Djazouli, 2017**)



**Figure 6 : Dispositif d'obtention du jus de vermicompost**  
(a : le lombric ; b : les déchets ménagers).

### 2.5. Dispositif expérimental

Notre expérimentation a été menée selon un plan à randomisation totale avec un seul facteur étudié (solution d'irrigation). Le dispositif expérimental comprend 6 traitements à raison de 24 plantes par traitement soit au total 144 plants (Fig. 8).



**Figure 7 : Dispositif expérimental en conditions semi-contrôlées sous serre**

L'application des traitements a été lancée le 01/02/2017 et a duré 5 semaines. Chaque a reçu un traitement comme suivant :

**T<sub>1</sub>**: Témoin (T) irrigation régulière par l'eau courante.

**T<sub>2</sub>**: Chaque plante doit recevoir 100 ml de vermicompost (VER) diluée à 10%, 3 fois par semaine.

**T<sub>3</sub>**: Chaque plante doit recevoir 100 ml de solution saline (SS) à 50 mM de NaCl 3 fois par semaine.

**T<sub>4</sub>**: Chaque plante doit recevoir 100ml de solution saline après 24h 100ml de vermicompost. (SS&VER)

**T<sub>5</sub>**: chaque plante doit recevoir 100ml de vermicompost après 24h 100ml de solution saline. (VER&SS)

**T<sub>6</sub>**: Chaque plante doit recevoir 100 ml de vermicompost et 100 ml de solution saline en même temps. (SS+VER).

4 Plantes ont été prélevées chaque 10 jours afin d'évaluer les paramètres physiologiques et morphologiques selon les différents stades de développement de l'espèce étudiée.

1<sup>er</sup> prélèvement : 01/02/2017

2<sup>ème</sup> prélèvement : 10/02/2017

3<sup>ème</sup> prélèvement : 19/02/2017

4<sup>ème</sup> prélèvement : 01/02/2017

### 2.6. Paramètres étudiés

Nous avons distingué 2 types de paramètres étudiés durant l'expérimentation : paramètres de croissance et paramètres physiologiques.

#### 2.6.1. Paramètres de croissance

##### *-Longueur de la partie aérienne*

Elle a été mesurée en cm à l'aide d'une règle graduée, du collet jusqu'à l'apex effectuée pour chaque plante chaque prélèvement.

##### *-Poids frais de la partie aérienne*

Consiste à mesurer le poids des tiges et des feuilles juste après l'arrachage des plantes à l'aide d'une balance de précision.

##### *-Longueur de la partie souterraine*

Consiste à mesurer la longueur de l'axe principale des racines. Elle a été mesurée en (cm) à l'aide d'une règle graduée à partir du collet jusqu'à son extrémité inférieure.

##### *-Poids frais de la partie souterraine*

Consiste à peser les racines à l'état frais juste après l'arrachage de la plante à l'aide d'une balance de précision.

##### *- Poids frais des feuilles*

Consiste à peser l'ensemble des feuilles à l'état frais juste après l'arrachage de la plante.

### - *Nombre de nodosités*

Un comptage manuelle a été effectué au niveau des racines afin de déterminé le nombre des nodosités.

### - *Poids de nodosités*

Après comptages des nodosités un arrachage complet des nodosités a été effectuée afin de pouvoir les pesés à l'aide d'un balance de précision.

## 2.6.2. Les paramètres physiologiques

Les analyses physiologiques effectuées ont concerné: les acides aminés et les teneurs en chlorophylles

### - *Extraction et quantification de la chlorophylle*

Les teneurs en chlorophylle (a), chlorophylle (b), chlorophylle totale sont déterminées selon la méthode Proposée par **Lichtenther (1987)**. Un échantillon de (0,1g) à partir des feuilles médianes est mixé avec 4ml d'acétone à 80 % et centrifugé à 3000 rpm pendant 10 min. La lecture de la densité optique (DO en nm) de surnageant a été faite à l'aide d'un spectrophotomètre à des longueurs d'onde respectives de 647, 664 et 470 nm. Le calcul des quantités de chlorophylle(a), chlorophylle (b), chlorophylle totale exprimé en (mg. /g.M.F.) Se fait à l'aide des formules suivant :

$$\text{Chl (a)} = 12,21 \times \text{DO}_{664} - 2,79 \times \text{DO}_{647}$$

$$\text{Chl (b)} = 21,21 \times \text{DO}_{647} - 5,1 \times \text{DO}_{664}$$

$$\text{Chl Totale} = \text{Chl a} + \text{Chl b}$$

### - *Extraction et quantification des acides aminés*

Les échantillons ont été conservés en deçà de -15°C avant analyse. L'extraction a été réalisée selon la méthode décrite par **Naidu (2003)**, 50mg d'échantillon ont été placés dans des tubes de centrifugation contenant 5ml d'un mélange (méthanol : chloroforme : eau) (60 : 25 : 15 ml). Les tubes scellés ont été chauffés au bain marie (60°C) durant 2 h et centrifugés à 5000 G pendant 10 mn. Le surnageant a servi ensuite aux dosages des acides aminés solubles. Un (01) millilitre de solution tampon acide acétique /acétate de sodium (pH= 4,3) et 1ml de Ninhydrine (5% dans l'éthanol) ont été additionnés à 1ml de surnageant. Les échantillons ont été agités puis chauffés au bain marie (95°C) pendant 15mn. L'absorbance des essais a été déterminée à 570nm. Un courbe étalon a été réalisé à partir d'une solution mère de leucine à 5 mM préparée dans l'eau distillée pour des

valeurs comprises entre 0 et 200 moles de leucine. Les résultats ont été exprimés en  $\mu$ moles d'équivalents leucine/g M.F.

### 3. Analyse statistiques des données

L'analyse statistique a concerné l'impact des différentes régimes de stress et de nutrition organique sur les paramètres de croissance et de la qualité phytochimique du haricot vert. Les analyses de la variance sont faites sur des moyennes homogènes adoptées sur la base d'un coefficient de variance (C.V. <15%). La signification des comparaisons des moyennes a été confirmée par un test de comparaison par paire (Test Tukey). Les contributions significatives retenues sont au seuil d'une probabilité de 5%, les calculs ont été déroulés par le logiciel XLSTAT vers. 9.

## Chapitre III : Résultats

Le présent travail a été conduit en vue d'évaluer la capacité du vermicompost à promouvoir les paramètres morphologiques et physiologiques du haricot vert en conditions du stress salin dans des conditions semis contrôlées. Ainsi, les paramètres étudiés permettent de caractériser la capacité du vermicompost à atténuer les effets néfastes du stress salin sur les plantes.

### 1. Effet des différentes régies de stress et de nutrition organique sur les paramètres de croissance du haricot vert

Pour cerner l'aptitude du vermicompost à contourner les effets du stress salin sur le haricot vert on s'est intéressés à mesurer différents paramètres qui concernent la croissance et la biomasse fraîche des parties aérienne et souterraine, le nombre des feuilles, le nombre et le poids des nodosités.

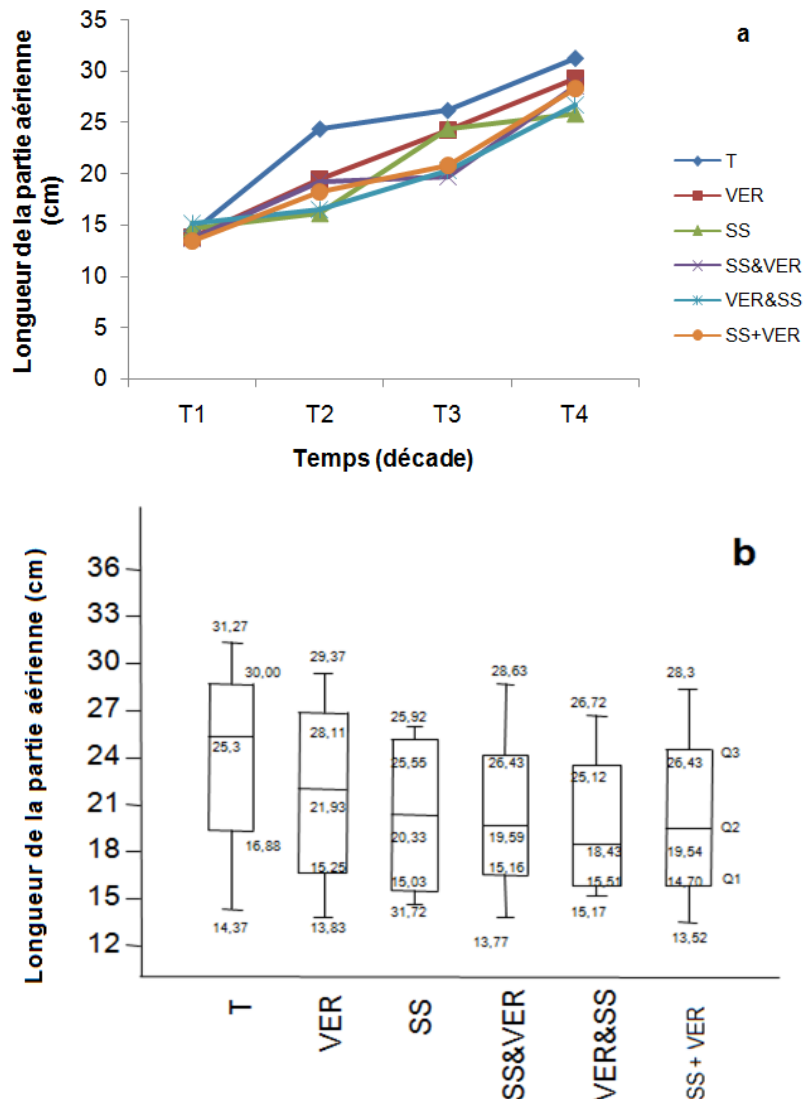
#### 1.1. Effet des différentes régies sur la longueur de la partie aérienne

Les mesures de la longueur de la partie aérienne des plantes du haricot ont été effectuées dans le but d'évaluer l'effet des différentes régies proposées.

##### 1.1.1. Evolution temporelle de la longueur de la partie aérienne des plants sous différentes régies

Les résultats de l'effet des différentes régies sur la croissance en longueur des plantes du haricot sont présentés à la **figure 9a**. Ces résultats montrent un accroissement continu et important de la longueur des tiges chez le témoin. Sous l'effet des différents traitements, nous constatons que la croissance affiche une même tendance temporelle avec une légère dominance des plantes non soumises au stress et traitées par le vermicompost. Les résultats graphiques du Box Plot reportés sur la **figure 9b** montrent que la longueur de la partie aérienne des plantes soumises aux différents traitements diminue par rapport au témoin. Également on constate que le traitement au vermicompost est plus performant par rapport aux autres traitements.





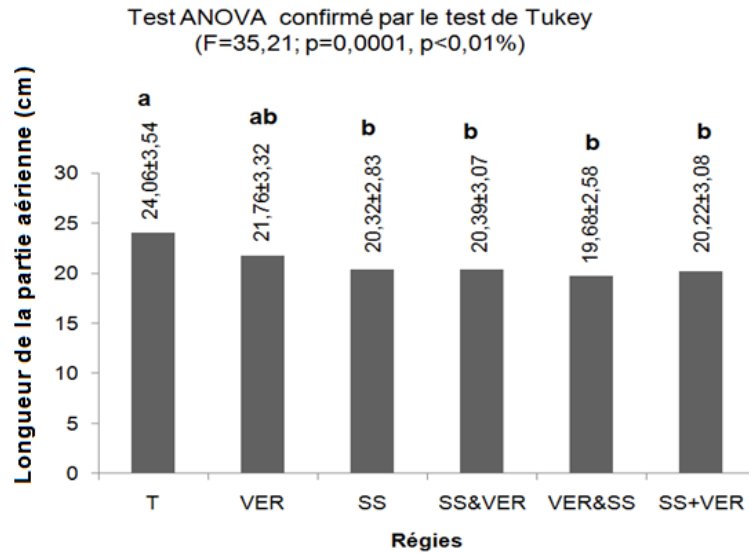
**Figure 8 : Variation de la longueur de la partie aérienne sous l'effet des différentes régies**

T: témoin, VER: Vermicompost, SS: Stress salin, SS&VER: Stress Sali puis vermicompost, VER&SS: Vermicompost puis stress salin, VER + SS: Vermicompost en combinaison avec stress salin

### 1.1.2. Etude comparée de l'effet de différents traitements sur la longueur de la partie aérienne

L'analyse de variance type ANOVA montre clairement la capacité d'atténuation du stress salin du vermicompost par référence à la variation de la longueur des tiges. L'analyse montre une différence très hautement significative ( $p < 0,01$ ) entre les moyennes de la longueur de la partie aérienne des plantes témoin et l'ensemble des traitements. Le test de Tukey classe le traitement témoin en première position représenté par le groupe (a) reflétant les valeurs les plus élevées par rapport au groupe (ab) qui représente le traitement VER présente des valeurs aussi intéressantes. Les autres traitements soit SS, SS&VER, VER&SS et SS+VER sont représentés par le groupe (b) reflètent les valeurs les moins intéressante (**Fig. 10**).





**Figure 9 : Comparaison de l'effet des différentes régies sur la longueur de la partie aérienne**

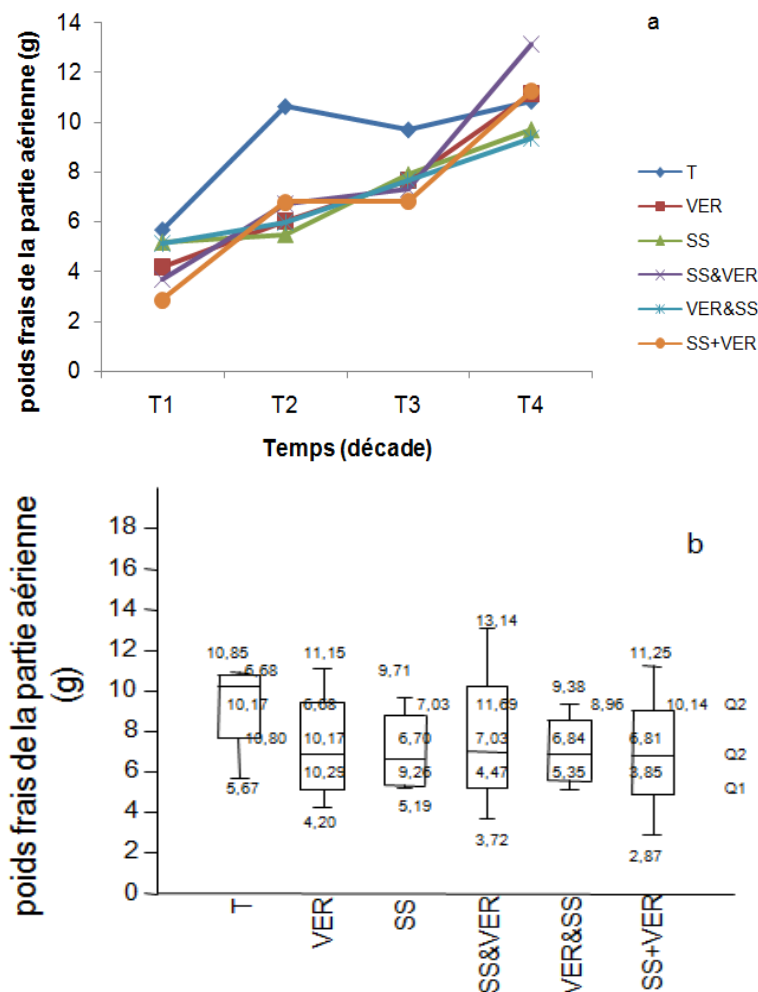
T: témoin, VER: Vermicompost, SS: Stress salin, SS&VER: Stress Sali puis vermicompost, VER&SS: Vermicompost puis stress salin, VER + SS: vermicompost en combinaison avec stress Salin

## 1.2. Effet des différentes régies sur le poids frais de la partie aérienne

Afin de visualiser l'effet du vermicompost sur la vigueur des plants, nous avons étudié la variation temporelle de la biomasse fraîche de la partie aérienne des plants d'haricot.

### 1.2.1. Evolution temporelle du poids frais de la partie aérienne

La **figure 11a** présente les résultats concernant l'évolution temporelle du poids frais de la partie aérienne des plantes du haricot sous l'effet de différents traitements. Les profils temporels de la biomasse fraîche montrent un croissement continue du poids de la partie aérienne des plantes du haricot soumis aux différents traitements. Le bloc témoin présente les résultats les plus importants par rapport aux traitements VER, SS, SS&VER, VER&SS, SS+VER qui affichent une même variation temporel en biomasse fraîche de la partie aérienne avec une légère dominance de traitement SS&VER à partir de la troisième décade T3. Les résultats exprimés en boîte à moustache (**Fig. 11b**) signalent que les valeurs les plus basses Q3 sont enregistrées chez les traitements SS et SS+VER. Tandis que le traitement VER et SS&VER signalent les valeurs les plus élevées.

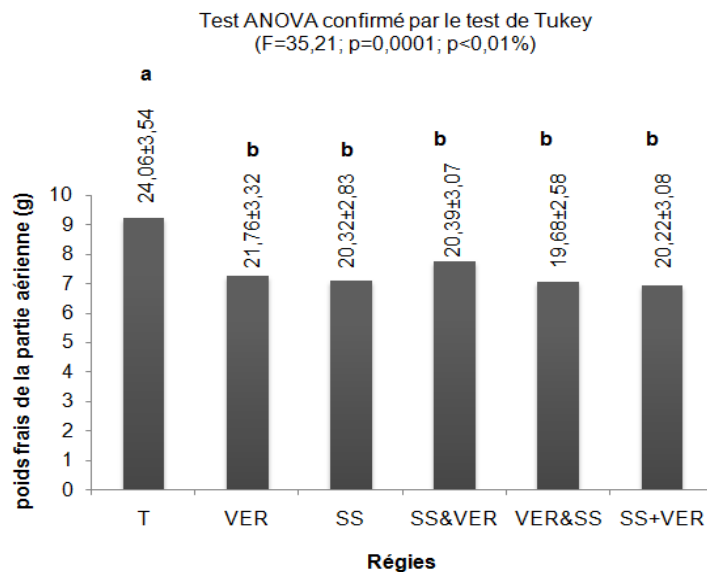


**Figure 10 : Variation du poids frais de la partie aérienne sous l'effet de la différente régie**

T: témoin, VER: Vermicompost, SS: Stress salin, SS&VER: Stress Sali puis vermicompost, VER&SS: Vermicompost puis stress salin, VER + SS: Vermicompost en combinaison avec stress salin

### 1.2.2. Etude comparée de l'effet des différentes régies sur le poids frais de la partie aérienne

Les résultats obtenus montrent que le stress salin induit par les différents traitements influe sur la biomasse fraîche de la partie aérienne. Ces résultats sont confirmés par l'analyse de la variance type ANOVA qui montre une différence très hautement significative entre les moyennes de biomasse fraîche de la partie aérienne pour les différents traitements testés ( $p < 0,01$ ). Le recourt au test de Tukey fait ressortir deux groupes homogènes où le premier est le groupe (a) qui présente les valeurs les plus élevés obtenu par les plantes témoin par rapport au deuxième groupe (b) qui regroupe les traitements VER, SS, SS&VER, VER&SS et SS+VER (**Fig. 12**).



**Figure 11 : Comparaison de l'effet des différentes régies sur le poids frais de la partie aérienne**

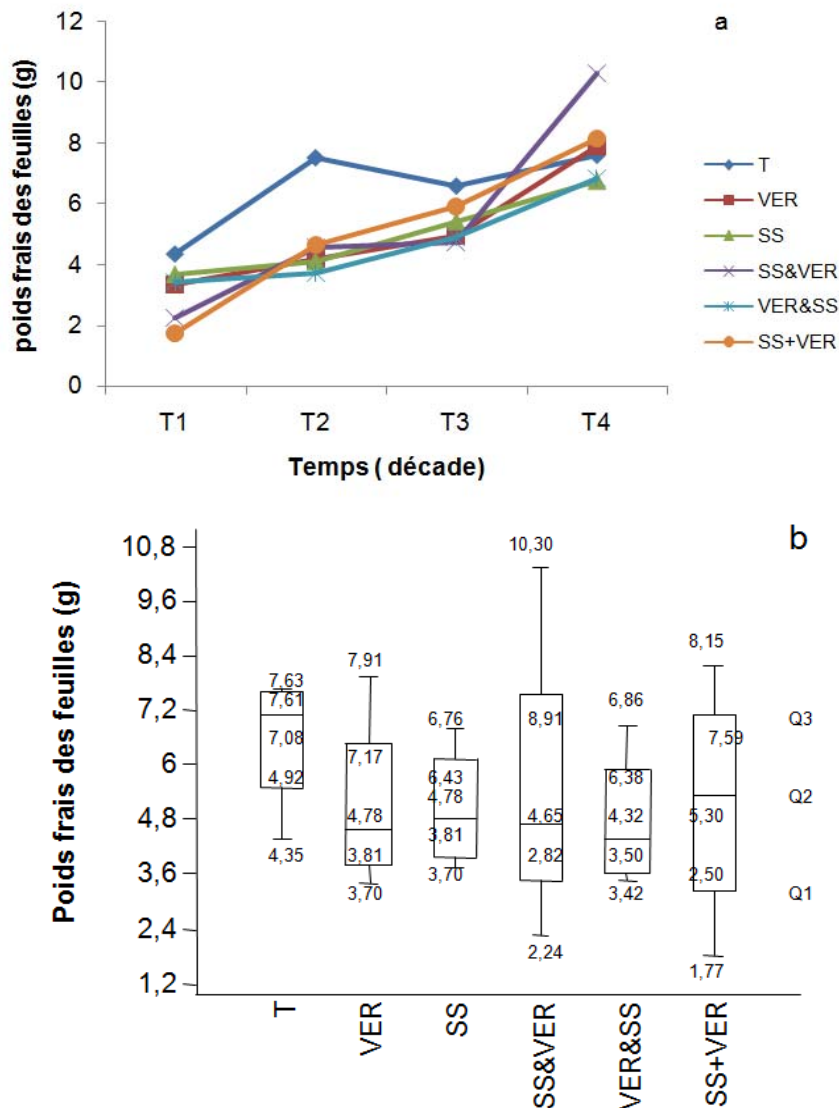
T: témoin, VER: Vermicompost, SS: Stress salin, SS&VER: Stress Salin puis vermicompost, VER&SS: Vermicompost puis stress salin, VER + SS: Vermicompost en combinaison avec stress salin

### 1.3. Effet des différentes régies sur la biomasse fraîche des feuilles

Les changements de la biomasse fraîche foliaire d'haricot, ont été évalués dans cette partie de l'étude afin de visualiser les effets des différentes régies appliqués.

#### 1.3.1. Evolution temporelle la biomasse fraîche des feuilles sous différentes régies

Les résultats présentant l'effet des différentes régies par apport du vermicompost et par application du stress salin sur le poids frais des feuilles chez les plantes d'haricot sont présentés à la **figure 13a**. Les résultats obtenus montrent une amplification continue du poids frais des feuilles des plantes du haricot sous les différents traitements au cours de temps. Le bloc témoin présente les résultats les plus intéressants par rapport aux autres traitements dont VER, SS, VER&SS, SS+VER qui présentent une même variation temporel en biomasse fraîche de la partie aérienne. Chez le traitement SS&VER on constate une évolution importante en poids des feuilles à partir de T3 (périodes de floraison). La **figure 13b** montre qu'au niveau des Q3 les valeurs les plus faibles sont signalées au niveau des traitements SS&VER et SS+VER. Tandis que les niveaux Q1 présentent les valeurs maximales très marquées sous le traitement SS&VER.

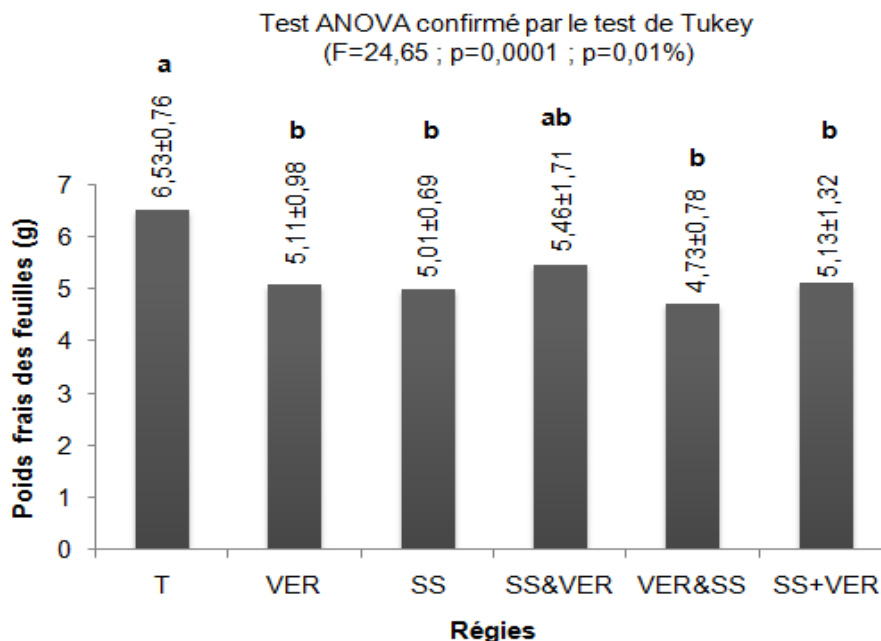


**Figure 12 : Variation la biomasse fraîche des feuilles sous l'effet des différentes régies**

T: témoin, VER: Vermicompost, SS: Stress salin, SS&VER: Stress Sali puis vermicompost, VER&SS: Vermicompost puis stress salin, VER + SS: Vermicompost en combinaison avec stress salin

### 1.3.2. Etude comparée de l'effet de différentes régies sur la biomasse fraîche des feuilles

L'analyse de la variance révèle une différence très hautement significative des traitements sur biomasse fraîche des feuilles chez les plantes sous l'effet des différentes régies ( $p < 0,01\%$ ). Le test de Tukey classe le traitement témoin en première position représenté par le groupe homogène (a) reflétant les teneurs les plus élevées. Concernant les plantes stressés et traités par le vermicompost sont regroupés dans le groupe (b) (**Fig. 14**).



**Figure 13 : Comparaison de l'effet des différentes régies sur la biomasse fraîche des feuilles**

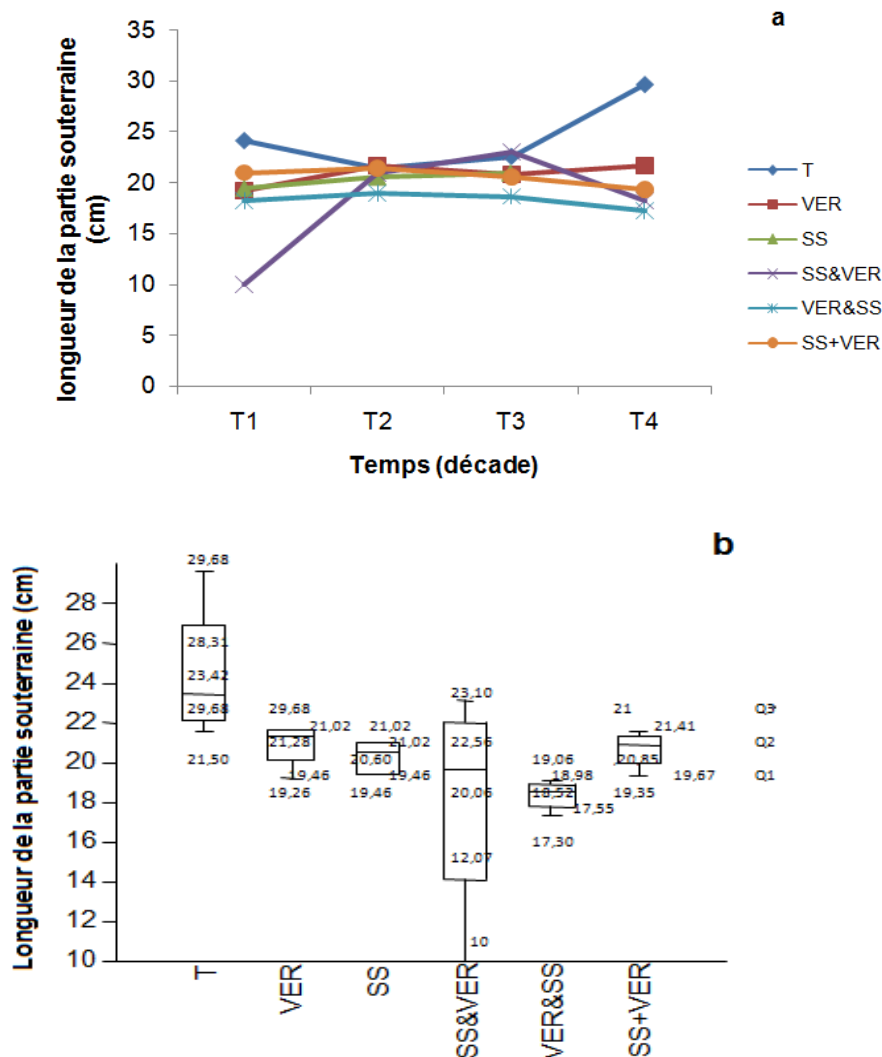
T: témoin, VER: Vermicompost, SS: Stress salin, SS&VER: Stress Sali puis vermicompost, VER&SS: Vermicompost puis stress salin, VER + SS: Vermicompost en combinaison avec stress salin

#### 1.4. Effet de différentes régies sur la longueur de la partie souterraine

Les variations de la longueur des racines d'haricot, ont été évaluées dans cette partie d'étude de manière à vérifier les effets du stress salin et du vermicompost.

##### 1.4.1. Evolution temporelle de la longueur de la partie souterraine des plantes sous différentes régies

Les résultats de l'effet des différentes régies sur la longueur des racines de de l'haricot sont présentés dans la **figure 15a** . Ces derniers montrent une gradation temporelle positive de la longueur des racines, plus importantes à partir de T3 chez les plantes témoin. Par contre chez les plantes soumises aux différentes régies, la croissance été presque stable au cours du cycle de développement du haricot. 'expérience qu'à partir de T3 on. Les résultats exprimé en boîte a moustache signalent que au niveau des Q1 qui présence les valeurs minimale ont enregistrées une diminution en croissance des racines plus accentuée chez les traitements SS&VER. Au niveau des Q1 il apparait que le traitement T et VER sont les plus importants.

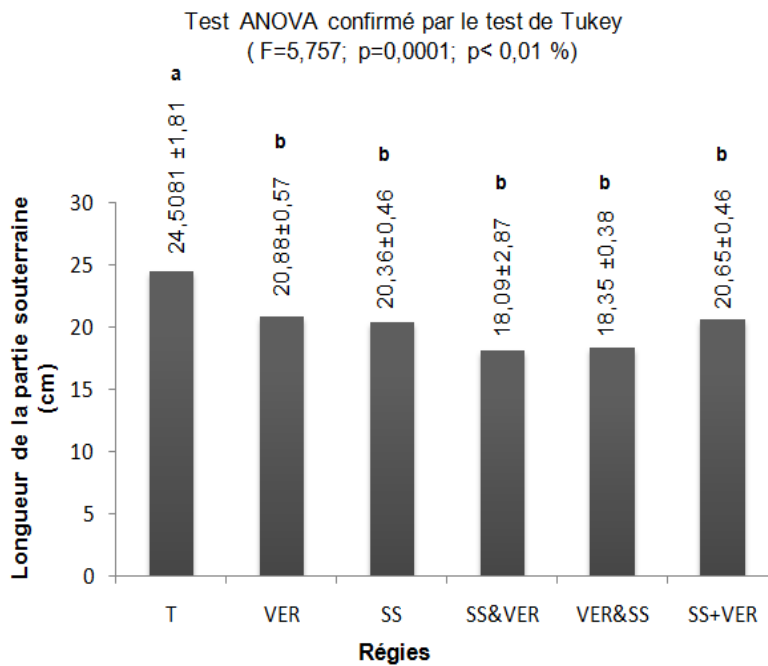


**Figure 14 : Variation de la longueur de la partie souterraine sous l'effet des différentes régies**

T: témoin, VER: Vermicompost, SS: Stress salin, SS&VER: Stress Sali puis vermicompost, VER&SS: Vermicompost puis stress salin, VER + SS: Vermicompost en combinaison avec stress salin

#### 1.4.2. Etude comparée de l'effet des différentes régies sur la longueur de la partie souterraine

Dans le but d'étudier l'influence du temps et du type de traitements sur la croissance en longueur de la partie souterraine des plants d'haricot. Une confrontation des facteurs en termes de test ANOVA est avancée dans le but d'apprécier clairement l'effet temporel des traitements sur la croissance. Les résultats montrent que la longueur de la partie racinaire dans le temps présence une différence très significative ( $p < 0,01$ ). Le recours au test de Tukey fait ressortir deux groupes homogènes où le premier est le groupe (a) qui présente les valeurs les plus élevés obtenu par les plantes témoin par apport au deuxième groupe (b) qui regroupe le traitement VER, SS, SS&VER, VER&SS et SS+VER (**Fig. 16**).



**Figure 15 : Comparaison de l'effet des différentes régies sur la longueur de la partie souterraine**

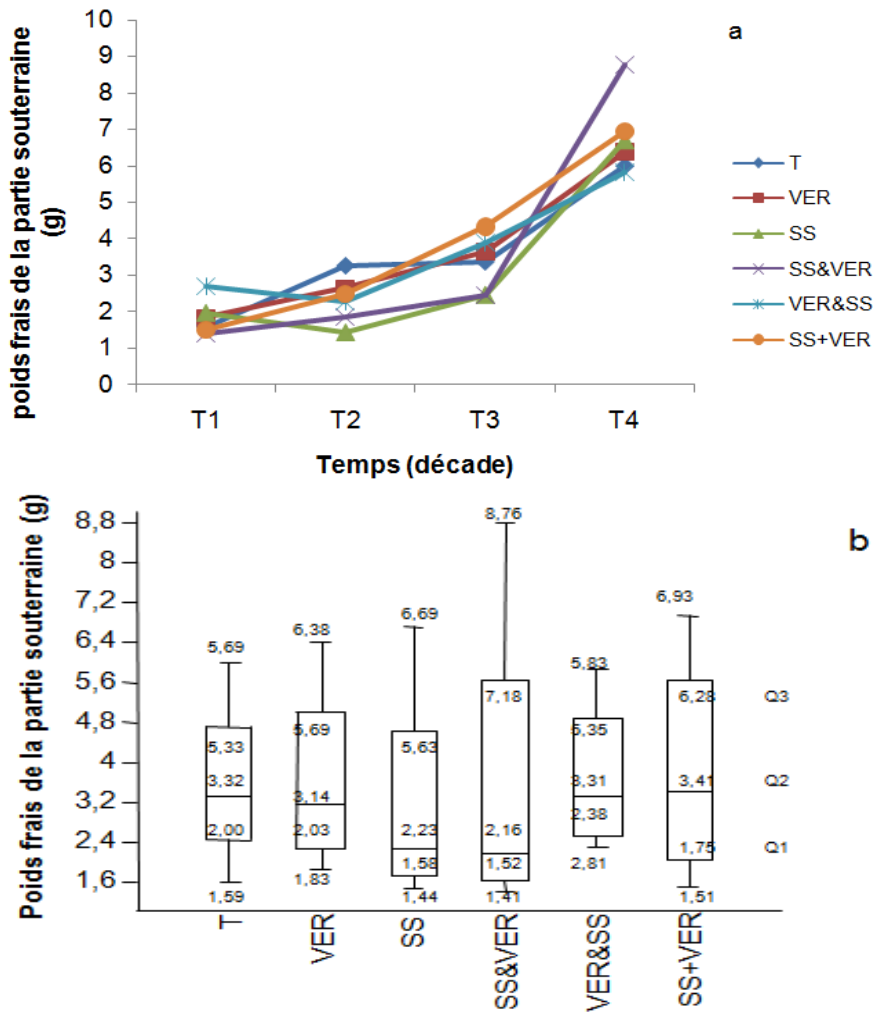
T: témoin, VER: Vermicompost, SS: Stress salin, SS&VER: Stress Sali puis vermicompost, VER&SS: Vermicompost puis stress salin, VER + SS: Vermicompost en combinaison avec stress salin

### 1.5. Effet de différentes régies sur la biomasse fraîche de la partie souterraine

Les mesures de la biomasse fraîche de la partie souterraine ont été effectuées chaque prélèvement afin d'évaluer les effets de stress et de vermicompost sur ce paramètre.

#### 1.5.1. Evolution temporelle de la biomasse fraîche de la partie souterraine sous différentes régies

Les résultats obtenus sur les variations du poids des racines au cours de l'expérience sont illustrés dans la **figure 17a**. Les résultats obtenus montrent que la réponse des plantes exposées aux différents traitements est similaire avec une légère dominance au niveau du traitement SS&VER à partir de T3. On a enregistré un croisement de poids jusqu'à la fin de l'expérience. Les résultats graphiques reportés sur la **figure 17b** montrent que la biomasse fraîche de la partie aérienne des plantes soumises aux différents traitements diminue par rapport au témoin. Egalement on constate que le traitement SS&VER est plus performant par rapport aux autres traitements.



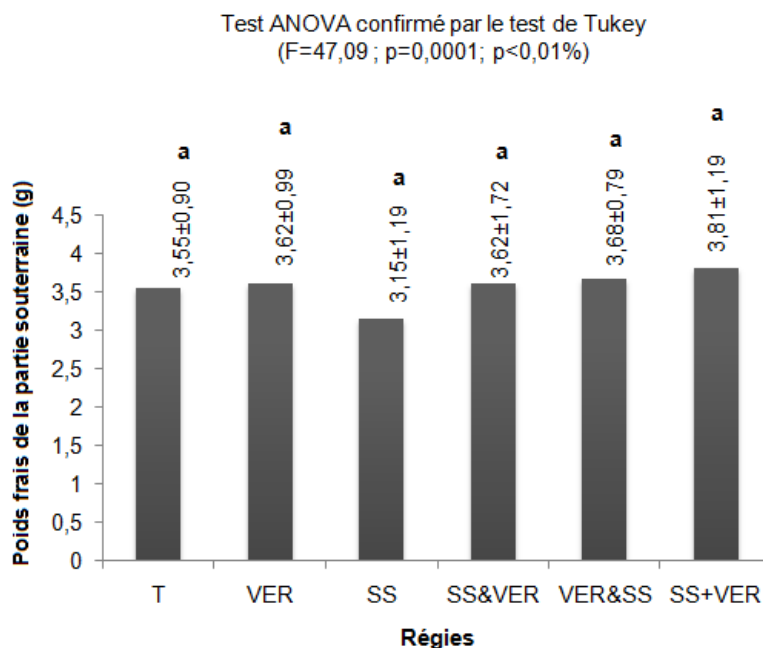
**Figure 16 : Variation de la biomasse fraîche de la partie souterraine sous l'effet des différentes régies**

T: témoin, VER: Vermicompost, SS: Stress salin, SS&VER: Stress Sali puis vermicompost, VER&SS: Vermicompost puis stress salin, VER + SS: Vermicompost en combinaison avec stress salin

### 1.5.2. Etude comparée de l'effet de différentes régies sur la biomasse fraîche de la partie souterraine

Une comparaison des facteurs en termes de test ANOVA est avancée dans le but de voir clairement l'effet temporel des traitements sur le poids frais des racines. Les résultats des différents tests (ANOVA confirmé par celle de Tukey) sont consignés dans la **figure 18**. Ils montrent que le temps et le type de traitement n'affichent aucune différence significative sur le poids frais de la partie souterraine.





**Figure 17 : Comparaison de l'effet des différentes régies sur la biomasse fraîche de la partie souterraine**

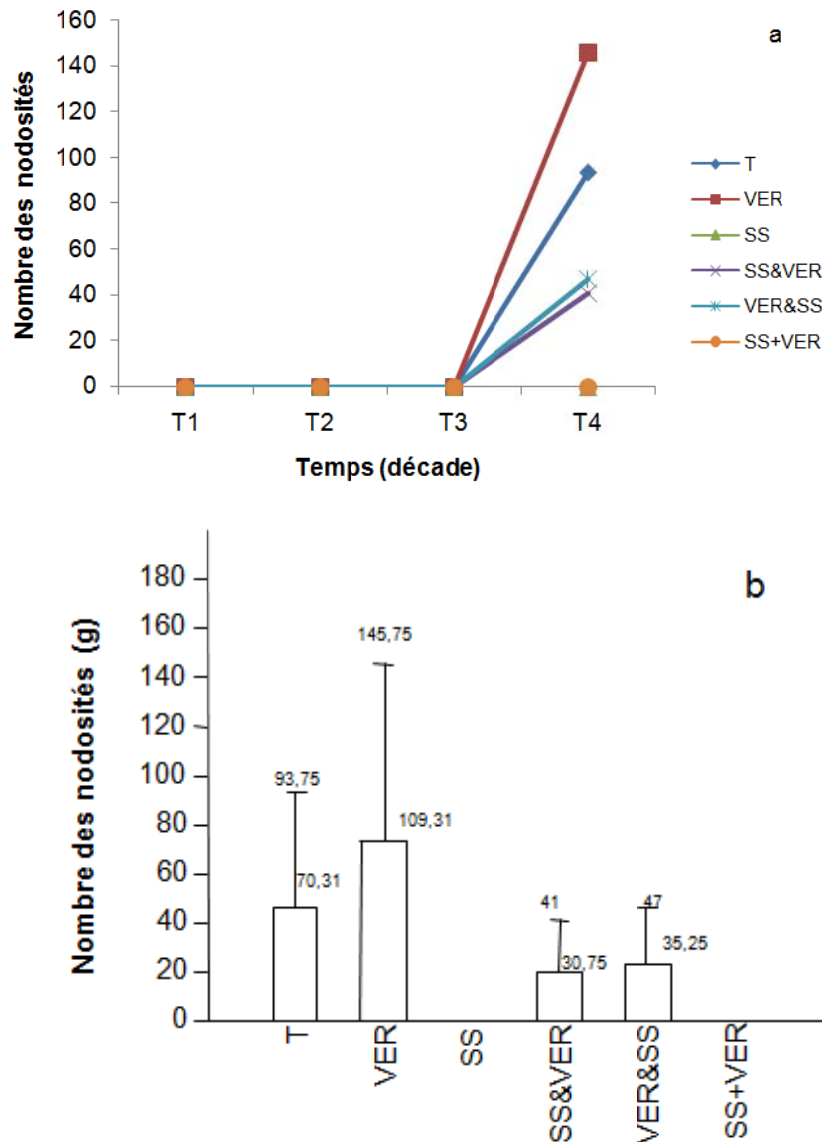
T: témoin, VER: Vermicompost, SS: Stress salin, SS&VER: Stress Sali puis vermicompost, VER&SS: Vermicompost puis stress salin, VER + SS: Vermicompost en combinaison avec stress salin

### 1.6. Effet des différentes régies sur la formation des nodosités

Dans cette partie d'étude se propose d'évaluer l'effet de l'irrigation par le vermicompost sur la formation des nodules par l'estimation de nombre des nodosités au niveau des racines des plantes sous condition de stress salin.

#### 1.6.1. Evolution temporelle de la formation de nodosités sous l'effet différentes régies

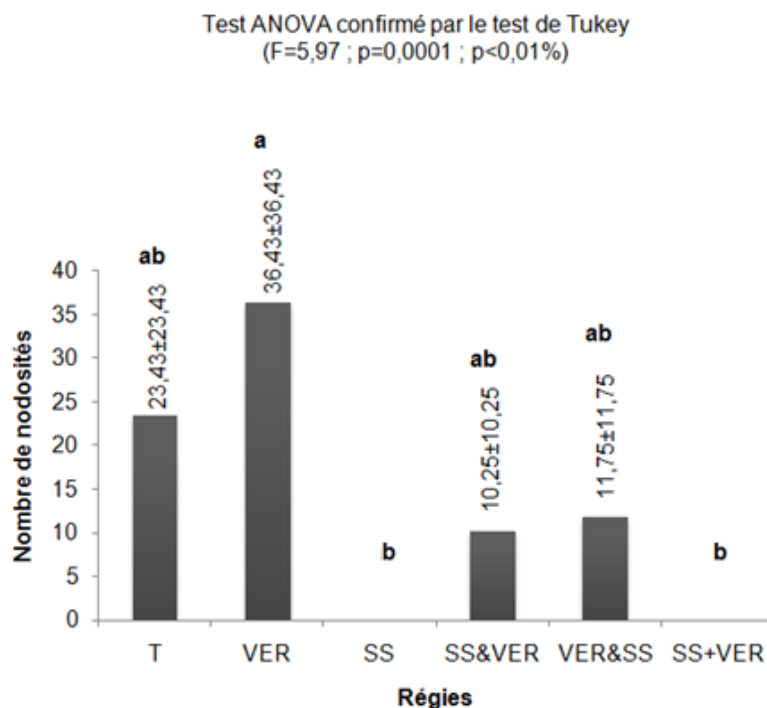
Les résultats qui présentent l'effet des différentes régies de stress salin et de vermicompost et leur action combinée sur le nombre de nodosités sont présentés dans la **figure 19a**. Il apparait que la formation de nodosités est plus importante chez les plantes traitées par le vermicompost par apport aux plantes témoins. On note ainsi une légère stimulation de la nodulation chez les plantes soumises aux traitements SS&VER et VER&SS exprimés par un faible nombre de nodosités. Les plantes soumises à la contrainte saline montre une absence complète des nodosités ainsi au niveau des plantes traités par les traitements SS+VER ce qui montre l'effet de ce contrainte sur le nombre de nodosités. Les résultats graphiques reportés sur la **figure 19b** montrent que le traitement VER enregistre la valeur la plus élevée (145,75) en nombre des nodosités par rapport aux autres traitements.



**Figure 18 : Variation du nombre de nodosité sous l'effet des différentes régies**  
 T: témoin, VER: Vermicompost, SS: Stress salin, SS&VER: Stress Sali puis vermicompost,  
 VER&SS: Vermicompost puis stress salin, VER + SS: Vermicompost en combinaison avec stress salin

### 1.6.2. Etude comparée de l'effet de différentes régies sur le nombre de nodosités

L'analyse de variance de type ANOVA montre l'effet temporel du vermicompost sur le nombre des nodosités en condition de stress salin. L'analyse montre une différence très hautement significative ( $p < 0,01$ ) entre les traitements. Le recours au test de Tukey classe le traitement VER en première position représenté par le groupe (a) reflétant les valeurs les plus élevées par rapport au groupe (ab) qui représente le traitement T, SS&VER et VER&SS qui reflètent les valeurs les moins intéressante (Fig. 20).



**Figure 19 : Comparaison de l'effet des différentes régies sur le nombre de nodosités**

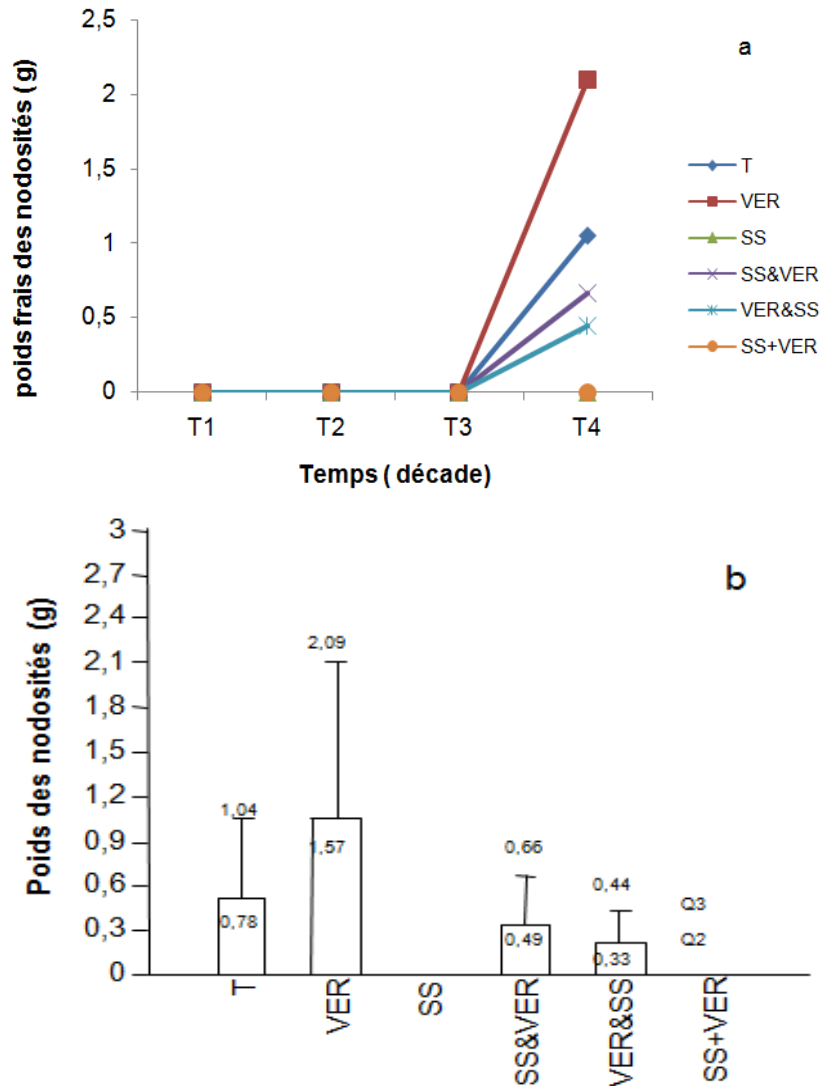
T: témoin, VER: Vermicompost, SS: Stress salin, SS&VER: Stress Sali puis vermicompost, VER&SS: Vermicompost puis stress salin, VER + SS: Vermicompost en combinaison avec stress salin

### 1.7. Effet de différentes régies sur le poids de nodosités

Cette partie d'étude se propose d'évaluer l'effet de vermicompost sur le poids de nodosités au niveau des racines des plantes en condition de stress salin.

#### 1.7.1. Evolution temporelle du poids de nodosités sous différentes régies

Les résultats qui présentent l'effet des différentes régies de stress salin et de vermicompost et leur action combinée sur le poids de nodosités sont présentés dans la **figure 21a**. Il en ressort que les nodules formés au niveau des racines des plantes traitées par le vermicompost présentent un poids plus important par rapport au témoin et aux traitements SS&VER et VER&SS qui présentent les résultats les plus faibles. Les résultats graphiques reportés sur la **figure 21b** dévoilent que le traitement VER affiche les mesures pondérales les plus élevés en poids de nodosités par rapport aux autres traitements.

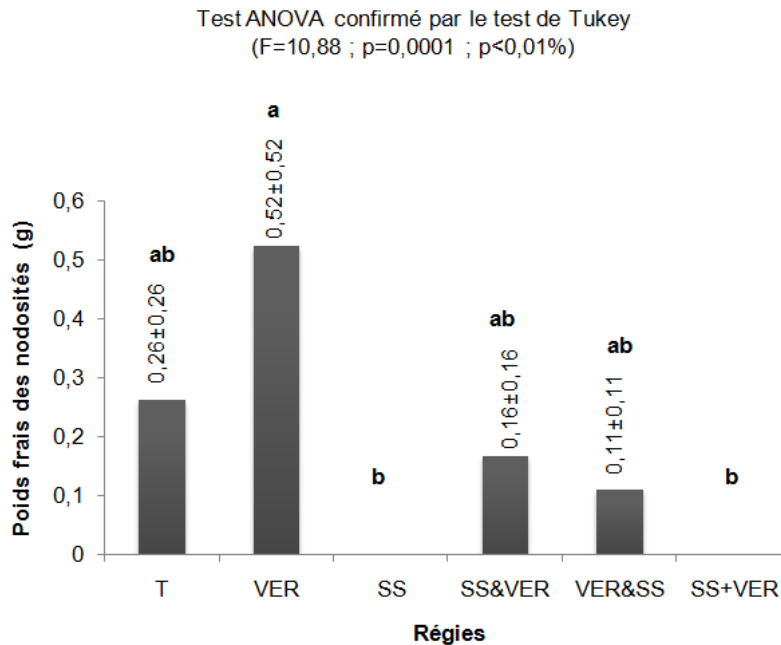


**Figure 20 : Variation du poids de nodosités sous l'effet des différentes régies**

T: témoin, VER: Vermicompost, SS: Stress salin, SS&VER: Stress Sali puis vermicompost, VER&SS: Vermicompost puis stress salin, VER + SS: Vermicompost en combinaison avec stress salin

### 1.7.2. Etude comparée de l'effet de différentes régies sur le nombre de nodosités

L'analyse de variance type ANOVA montre l'effet temporel du vermicompost sur le poids de nodosités en condition de stress salin. L'analyse montre la présence d'une différence très hautement significative ( $p < 0,01$ ) entre les traitements. Le recours au test de Tukey classe le traitement VER en première position représenté par le groupe (a) reflétant les valeurs les plus élevées par rapport au groupe (ab) qui représente le traitement T, SS&VER et VER&SS qui reflètent les valeurs les plus basses (**Fig. 22**).



**Figure 21 : Comparaison de l'effet des différentes régies sur le poids des nodosités.**

T: témoin, VER: Vermicompost, SS: Stress salin, SS&VER: Stress Sali puis vermicompost, VER&SS: Vermicompost puis stress salin, VER + SS: Vermicompost en combinaison avec stress salin

## 2. Effet des différentes régies de stress et de nutrition organique sur les paramètres physiologiques du haricot vert

Les effets des différents traitements sur le comportement physiologique du haricot, notamment les teneurs en chlorophylle a, chlorophylle b et chlorophylle total ainsi que les teneurs des plantes en acides aminés ont été évalués afin de discerner l'aptitude du vermicompost à atténuer les effets néfastes du stress salin sur les plants d'haricot.

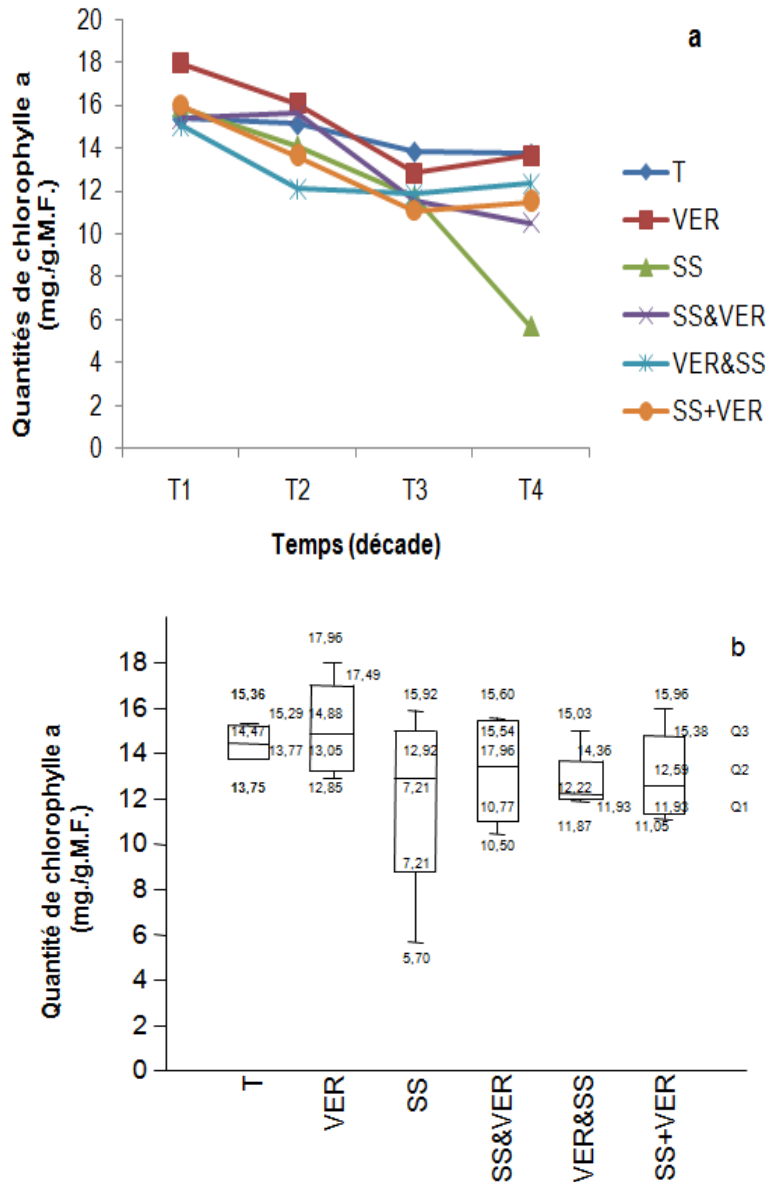
### 2.1. Effet de différentes régies sur l'accumulation de la chlorophylle a

Dans cette partie, nous allons présenter les résultats qui concernent l'accumulation de la chlorophylle (a) au niveau des feuilles du haricot irrigué par le vermicompost sous l'influence d'un stress salin.

#### 2.1.1. Evolution temporelle de l'accumulation de la chlorophylle a sous différentes régies

Les résultats présentés sur la **figure 23a** relatifs à l'évolution de la teneur en chlorophylle a chez les plantules du haricot, mettent en évidence des réponses différentes des plantules soumises aux différents traitements. Les profils des teneurs en chlorophylle a les plus élevés sont enregistrées chez les traités a

l'exception du SS. Les résultats graphiques reportés sur la **figure 23b** montrent que les taux maximums Q3 et minimums Q1 des quantités de chlorophylle (a). Les valeurs les plus élevés en chlorophylle (a) sont signalés au niveau des de traitements vermicompost. En revanche les résultats les moins importants sont signalées au niveau du traitement SS.

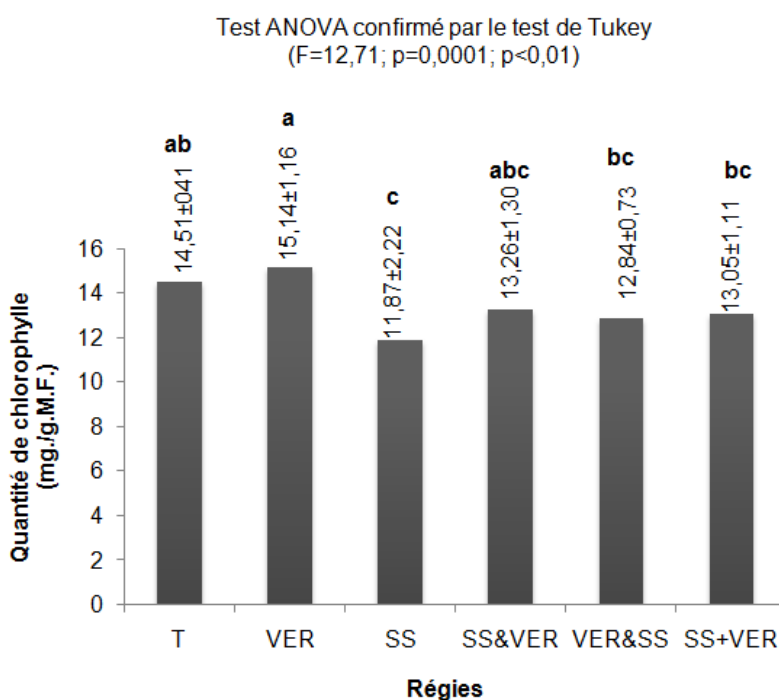


**Figure 22 : Variation des quantités de chlorophylle a sous l'effet des différentes régies**

T: témoin, VER: Vermicompost, SS: Stress salin, SS&VER: Stress Sali puis vermicompost, VER&SS: Vermicompost puis stress salin, VER + SS: Vermicompost en combinaison avec stress salin

### 2.1.2. Etude comparée de l'effet des différentes régies sur l'accumulation de la chlorophylle a

L'analyse de la variance révèle une différence très hautement significative des traitements sur la teneur en chlorophylle (a) ( $p < 0,01\%$ ). Le test de Tukey classe le traitement VER en première position représenté par le groupe homogène (a) reflétant les teneurs les plus élevées. Ainsi les résultats du groupe témoin représentés par le groupe homogène (ab) sont aussi intéressants. Concernant les plantes stressées et traitées par le vermicompost SS&VER, les teneurs en chlorophylle a se rapprochent le plus du résultat du témoin (groupe abc) suivie par les traitements VER&SS et SS&VER représentés par le groupe (bc). A l'inverse les traitements par la solution saline seul ont donnés des valeurs faibles des teneurs en chlorophylle (a).



**Figure 23 : Comparaison de l'effet des différentes régies sur l'accumulation de la chlorophylle a**

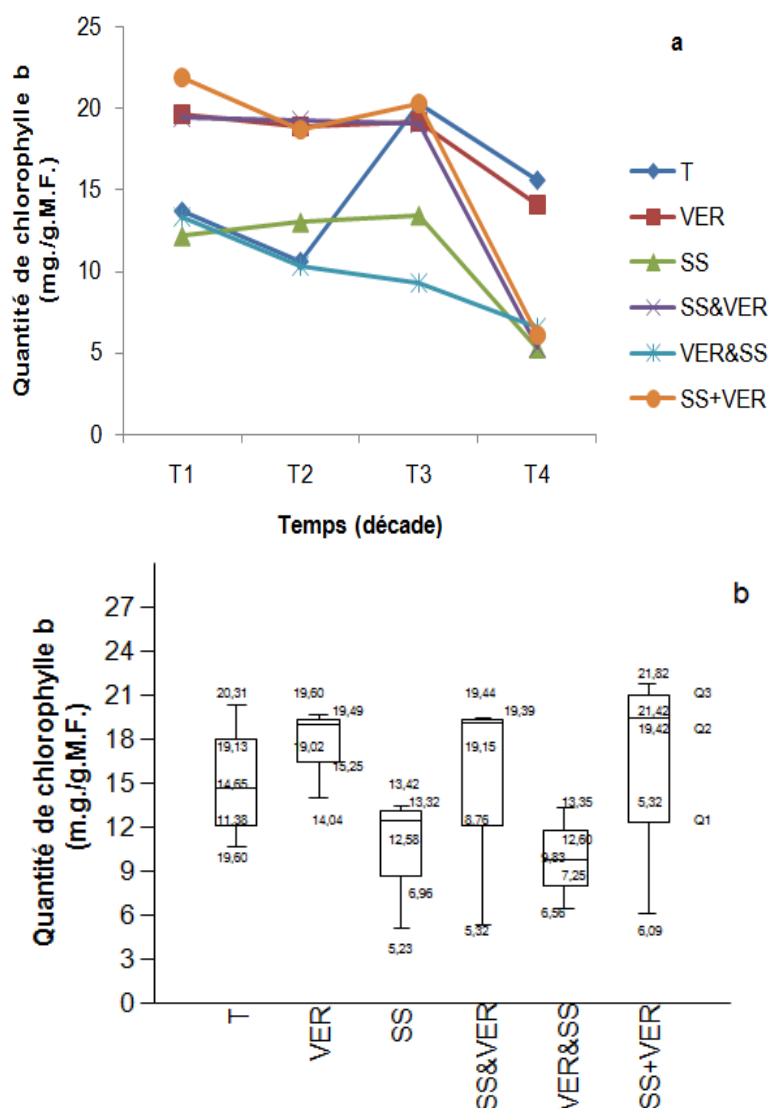
T: témoin, VER: Vermicompost, SS: Stress salin, SS&VER: Stress Sali puis vermicompost, VER&SS: Vermicompost puis stress salin, VER + SS: Vermicompost en combinaison avec stress salin

#### 2.1. Effet de différentes régies sur l'accumulation de la chlorophylle b

Dans cette partie d'étude, nous allons présenter les résultats qui concernent l'accumulation de chlorophylle (b) au niveau des feuilles du haricot irrigué par le vermicompost sous l'influence d'un stress salin.

### 2.2.1. Etude temporelle de l'accumulation de la chlorophylle b sous l'effet des différentes régies

Les résultats qui représentent l'évolution temporelle des quantités de la chlorophylle b sous l'effet des différents traitements font remarquer qu'au niveau des plantes soumises au stress salin ainsi qu'au traitement VER&SS manifestent les quantités les plus faibles en chlorophylle b (**Fig. 25a**). En revanche, les résultats graphiques reportés sur la **figure 25b** montrent que les moyennes maximales Q3 et minimal Q1 des quantités de chlorophylle (b). Les valeurs les plus élevés en chlorophylle (b) sont signalées au niveau du traitement SS+VER suivi par le témoin tandis que les quantités au niveau de traitement VER sont aussi importantes. Enfin, les quantités les moins importantes sont signalisées au niveau des traitements SS.



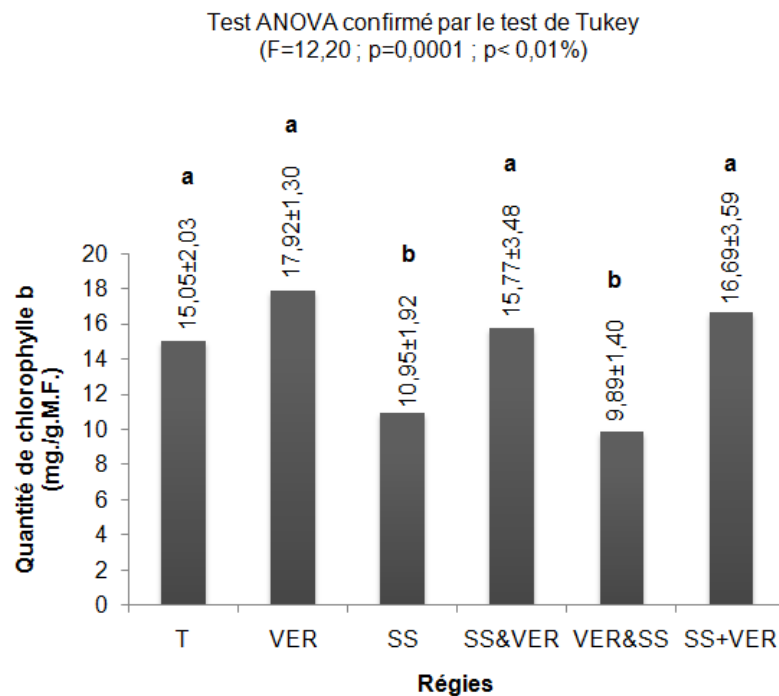
**Figure 24 : Variation de l'accumulation de la chlorophylle b sous l'effet des différentes régies**

T: témoin, VER: Vermicompost, SS: Stress salin, SS&VER: Stress Sali puis vermicompost, VER&SS: Vermicompost puis stress salin, VER + SS: Vermicompost en combinaison avec stress salin



### 2.2.2. Etude comparée de l'effet de différentes régies sur l'accumulation de la chlorophylle b

Les résultats d'analyse de variance ANOVA montrent que l'effet des traitements exerce une action significative sur les taux de chlorophylle (b). Le Test de Tukey fait ressortir 2 groupes homogènes où le premier groupe (a) représente les moyennes les plus élevées issues des plantes alimentées respectivement par les traitements témoin, VER, SS&VER et SS+VER. En revanche, les teneurs les plus faibles sont représentées par le groupe (b) qui sont issues des plantes des traitements SS et VER&SS.



**Figure 25 : Comparaison de l'effet des différentes régies sur l'accumulation de la chlorophylle b**

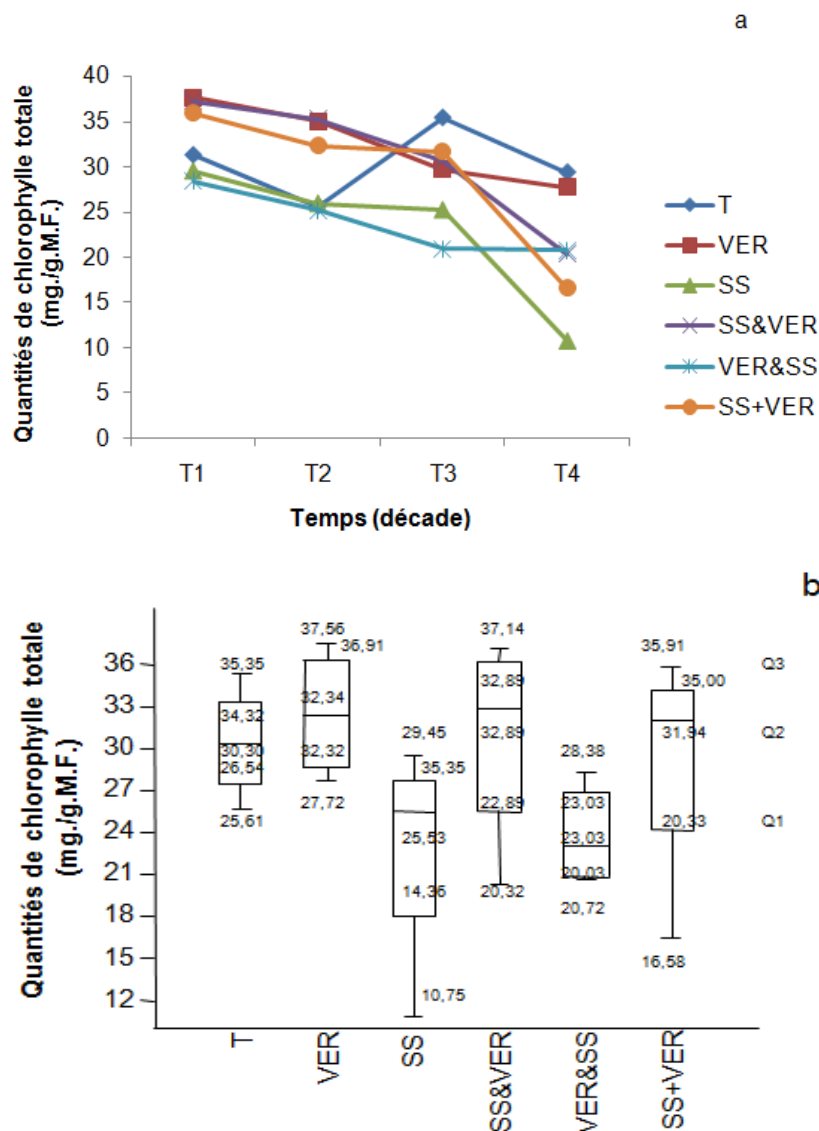
T: témoin, VER: Vermicompost, SS: Stress salin, SS&VER: Stress Sali puis vermicompost, VER&SS: Vermicompost puis stress salin, VER + SS: Vermicompost en combinaison avec stress salin

### 2.3. Effet de différentes régies sur l'accumulation de la chlorophylle totale

Dans cette partie nous allons présenter les résultats qui concernent l'accumulation de la chlorophylle totale au niveau des feuilles d'haricot irrigué par le vermicompost sous l'influence d'un stress salin.

### 2.3.1. Evolution temporelle l'accumulation de la chlorophylle totale sous différents régies

Les résultats de la variation d'accumulation de la chlorophylle totale montrent que les traitements appliqués ont provoqués une accumulation différente de chlorophylle totale dans les feuilles des plantes (**Fig. 27a**). Les teneurs les plus élevées en chlorophylle totale sont accumulées au niveau des feuilles témoin et les traitements VER, SS&VER. En revanche les teneurs les plus faibles sont enregistrées au niveau des feuilles de plantes soumise au stress salin et non corrigée par le vermicompost. Les résultats graphiques reportés sur la **figure 27b** montrent que les moyennes maximales Q3 et minimal Q1 des quantités de chlorophylle totale. Les valeurs les plus élevés en chlorophylle totale sont signalées au niveau du traitement VER. En revanche les résultats les moins importants sont signalisés au niveau du traitement SS.

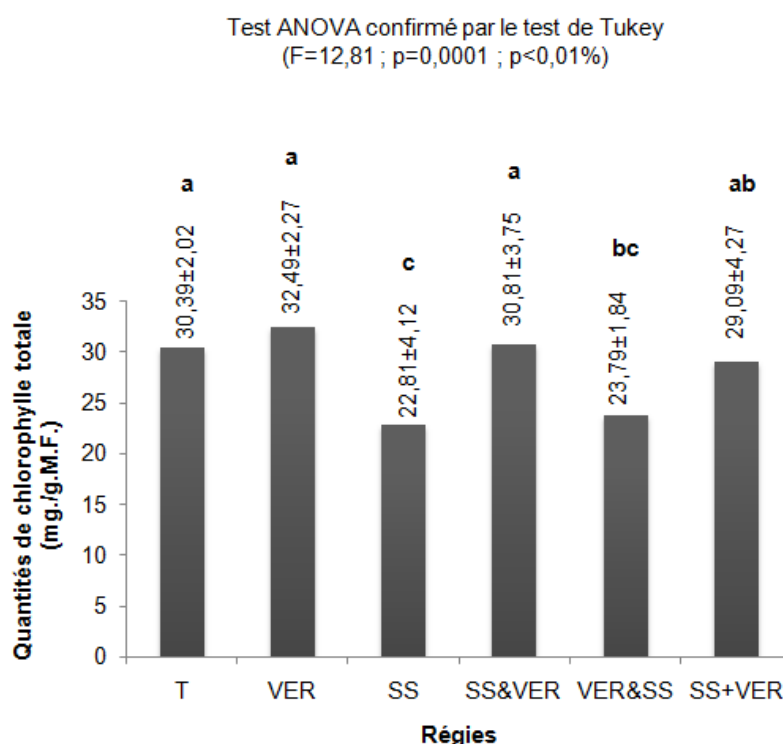


**Figure 26 : Variation des quantités de chlorophylle totale sous l'effet des différentes régies**

T: témoin, VER: Vermicompost, SS: Stress salin, SS&VER: Stress Sali puis vermicompost, VER&SS: Vermicompost puis stress salin, VER + SS: Vermicompost en combinaison avec stress salin

### 2.3.2. Etude comparée l'effet de différentes régies sur l'accumulation de la chlorophylle totale

L'analyse de la variance ANOVA montre une différence très hautement significatif ( $p < 0,01\%$ ). Le recourt au test du Tukey fait ressortir quatre groupes homogènes, le premier groupe (a) représente les moyennes les plus élevées issues des plantes traités respectivement par le traitement témoin, VER et SS&VER. Les groupes homogènes (ab) et (bc) représentés par les traitements SS&VER et VER&SS signalent les taux en chlorophylle totale les moins intéressantes. En revanche, les résultats les plus faibles de teneurs en chlorophylle totale sont représentés par le groupe homogène (c) des plantes traitées par la solution saline.



**Figure 27 : Comparaison de l'effet des différentes régies sur la quantité de chlorophylle totale**

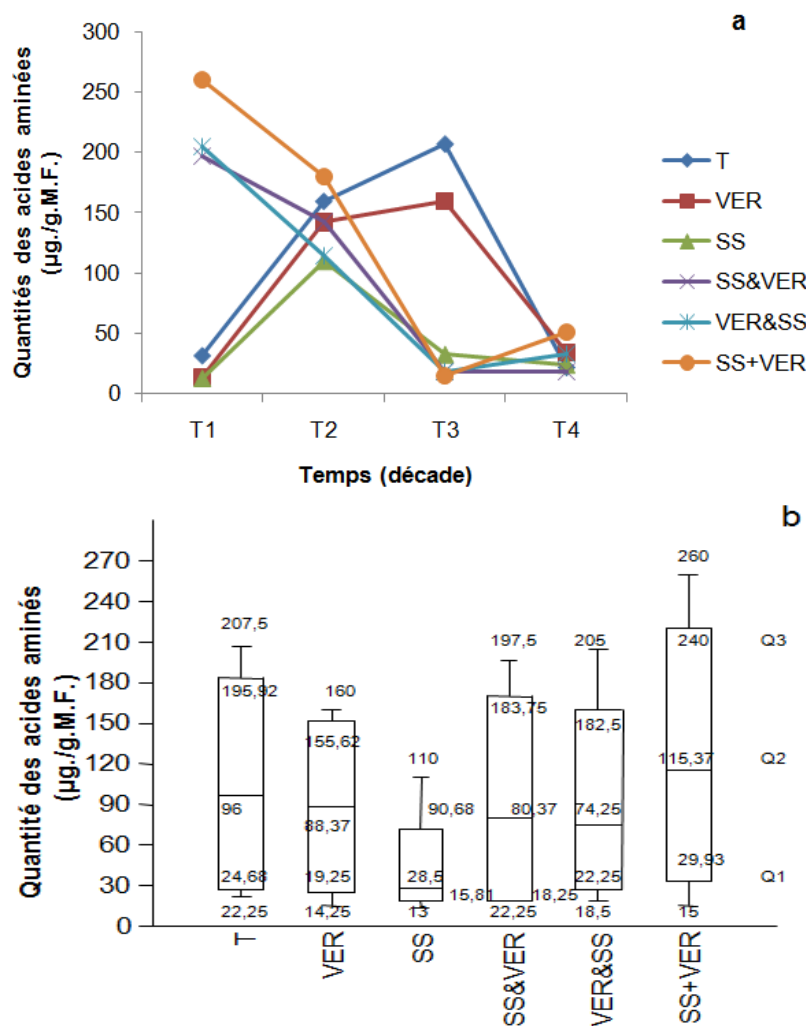
T: témoin, VER: Vermicompost, SS: Stress salin, SS&VER: Stress Sali puis vermicompost, VER&SS: Vermicompost puis stress salin, VER + SS: Vermicompost en combinaison avec stress salin

### 2.4. Effets des différentes régies sur l'accumulation des acides aminés

Dans cette partie, nous allons présenter les résultats qui concernent les quantités des acides aminés au niveau des racines des plantes d'haricot irriguées par le vermicompost sous l'influence d'un stress salin.

### 2.4.1. Evolution temporelle l'accumulation des acides aminés sous l'effet de différentes régies

Les résultats des quantités d'acides aminés montrent que le traitement témoin et VER reflètent les meilleurs taux. Les traitements notamment SS, SS&VER, VER&SS et SS+VER présentent les taux les plus faibles (**Fig. 29a**). Les résultats graphiques reportés sur la **figure 29b** montrent que les moyennes maximales Q3 et minimal Q1 des quantités d'acides aminés. Les valeurs les plus élevées en acides aminés sont signalées au niveau du traitement SS+VER suivi par le témoin et le vermicompost. En revanche les résultats les moins importants sont signalés au niveau des traitements SS.

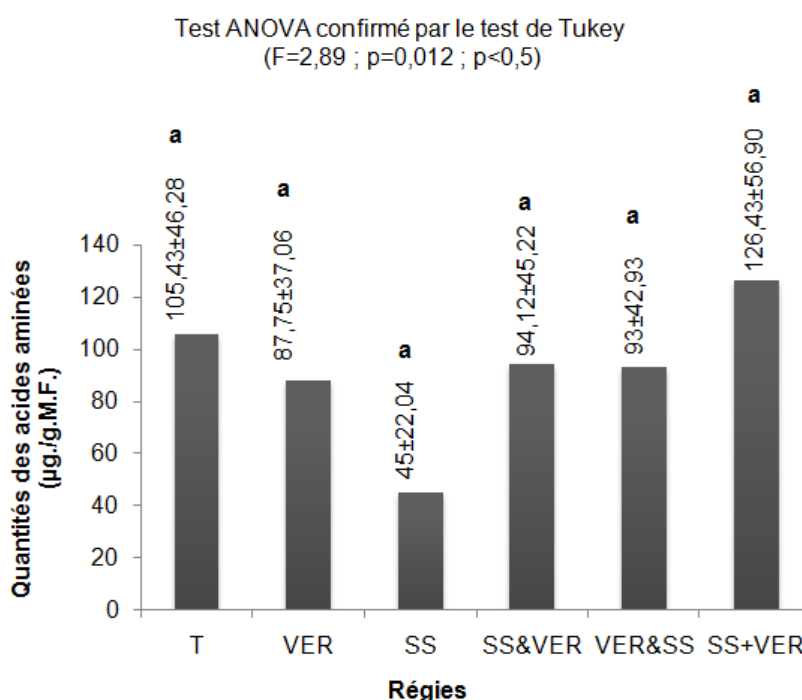


**Figure 28 : Variation des quantités des acides aminés sous l'effet des différentes régies**

T: témoin, VER: Vermicompost, SS: Stress salin, SS&VER: Stress Sali puis vermicompost, VER&SS: Vermicompost puis stress salin, VER + SS: Vermicompost en combinaison avec stress salin

### 2.4.2. Etude comparée de l'effet de différentes régies sur l'accumulation des acides aminés

Dans le but d'étudier l'influence du temps et du type de traitements sur la quantité des acides aminés. Une confrontation des facteurs en termes de test ANOVA est avancée dans le but de voir clairement l'effet temporel des traitements sur la quantité des acides aminés. Les résultats des différents tests (ANOVA confirmé par celle de Tukey) sont consignés dans la **figure 30**. Ces derniers montrent que le type de traitement n'affiche aucune différence significative sur la quantité des acides aminés.



**Figure 29 : Comparaison de l'effet des différentes régies sur la quantité des acides aminés**

T: témoin, VER: Vermicompost, SS: Stress salin, SS&VER: Stress Sali puis vermicompost, VER&SS: Vermicompost puis stress salin, VER + SS: Vermicompost en combinaison avec stress salin

### Chapitre IV : Discussion

Dans les zones arides et semi-aride, la contrainte saline reste l'un des facteurs majeurs limitant la production des légumineuses plus particulièrement la croissance et le développement des plantes ainsi leur état physiologique et le processus de symbiose Légumineuses- Rhizobia. Dans ce cadre nous nous sommes proposé d'étudier la capacité du jus de vermicompost d'atténuer les effets délétères d'une contrainte saline sur les paramètres de croissance aussi bien les paramètres physiologique des plantes de haricot variétés « Contender ». Les résultats nous on permit de dégager les hypothèses suivantes :

#### 1. Effet du jus de vermicompost sur les paramètres de croissance

Les résultats concernant la croissance et la biomasse aérienne des plants d'haricot affichent nettement une gradation temporelle positive sous l'effet du jus de vermicompost. Ces résultats sont conformes à ceux de **Bouzidi et Baouni (2016)**, qui confirment que l'utilisation du jus de vermicompost a constamment amélioré la croissance des plantes du haricot. Beaucoup de travaux et résultats similaire ont été trouvés par divers auteurs qui ont étudié l'effet du vermicompost sur la croissance des plantes, tel que **Huerta et al. (2013)** sur la culture de pois chiche, et **Arancon et al. (2004)** sur la culture de fraisier. Ils ont démontré que le vermicompost a un potentiel considérable pour amélioré significativement la croissance des plantes. Ce constat conduit à l'hypothèse suivante : Ce biofertilisant riche en azote et en hormones, stimulent la croissance des plantes de haricot. Cette hypothèse est confirmée par **Bowden et al. (2010)**, qui ont déclaré que l'augmentation de la hauteur de la plante résulte de la stimulation des substances auxiliaires produites lors de la consommation de vermicompost. Les acides humiques et fulviques et d'autres acides organiques trouvés dans le vermicompost (**Hosseinzadeh et al., 2015**), ainsi que la fréquence des nutriments, en particulier l'azote (**Roy et al., 2010**), peuvent stimuler la croissance des plantes. On outre, l'augmentation des paramètres de croissance pourrait également s'expliquer simplement en raison de l'efficacité accrue de la photosynthèse (**Amooghaie et Golmohammadi, 2017**).

D'autre part, nos résultats montrent que la formation des nodosités au niveau des racines des plantes du haricot, a été bien marquée sous l'influence de jus de vermicompost. Ce constat nous permet d'avancer l'hypothèse suivant : Ces biofertilisant riche en microorganisme et en phosphore stimulent la formation des nodosités. Cette hypothèse est confirmée par **Jat et Ahlawat (2006)**, qui montrent que le vermicompost est porteur de microorganismes du sol bénéfique, en particulier les *Rhizobiums* qui sont des bactéries du sol qui se caractérisent par leur faculté unique d'infecter les racines des légumineuses ainsi la formation des nodules. Aussi, les travaux de **Muraleedharan et al. (2010)**, qui signalent que les biofertilisants produisent des hormones et des anti-métabolites qui favorisent la croissance des racines et fixent l'azote atmosphérique dans les nodosités du sol et des racines des

cultures légumineuses. On outre, ils est connu également que le phosphore influence le développement des racines, de nodulation et de la fixation de l'azote par les bactéries. L'amélioration de la nutrition du phosphore associée à une forte fixation de l'azote pourrait avoir contribué à une meilleure croissance et développement des plantes (**Baya et al., 1981**).

### 2. Effets des vermicompost sur la physiologie du haricot

Les résultats obtenue dans notre expérience montrent que la salinité exerce un effet remarquable sur les plantes du haricot irriguées par le traitement SS ce qui manifeste toujours les valeurs les plus faibles en chlorophylle a, chlorophylle b et chlorophylle totale. Egalement, les résultats obtenus par **R'Him et al. (2013)** sur le comportement de trois variétés de piment (*Capsicum annum* L) soumis à des conditions de stress salin (0, 25, 50,100 mmol de NaCl) ont montré une réduction de la conductance stomatique et la teneur en chlorophylle a, b et totale. L'irrigation par le vermicompost (soit seul, avant ou après stress) a permis d'augmenter la quantité de chlorophylle(a), chlorophylle (b) notamment la chlorophylle totale. Ces résultats sont confirmés par **Amiri et al. (2017)**, quant ils ont démontré que l'ajout du vermicompost au sol augmentait la teneur de la chlorophylle (a) ainsi que la teneur totale en chlorophylle des plantes de pois chiche. Ces résultats nous permettent d'avancer l'hypothèse suivante : Le vermicompost par sa richesse en nutriment comme l'azote aide les plantes stressées à maintenir un taux élevé de chlorophylle. **Atik (2013)**, montre que l'engrais à base de vermicompost contient des niveaux plus élevés de nutriments tels que l'azote, le phosphore, le potassium, le calcium, le magnésium et les micronutriments tels que le fer, le zinc, le cuivre et le manganèse que d'autres engrais organiques. Ainsi, les plantes présentes sur des surfaces sèches et salées vont se retrouver exposées à un stress hydrique important (**Calu, 2006**). **Hosseinzadeh et al. (2014)** ont signalé que le stress hydrique a diminué la quantité d'eau utilisable pour les plantes et a diminué la teneur en chlorophylle(a), (b) et la teneur totale en chlorophylle dans le tissu vert d'une feuille. Il semble que le vermicompost maintien la disponibilité de l'eau et des nutriments tels que le potassium et l'azote qui sont impliqués dans la régulation de la pression osmotique (**Amiri et al., 2017**) et par la suite il maintien la formation de chlorophylle. **Hosseinzadeh et al. (2015)**, ont signalés que, dans les conditions d'un stress salin, l'absorption de magnésium et de fer diminue car les ions magnésium contribuent directement à la production de chlorophylle. Ainsi **Keles et Onsel (2004)** ont constatés qu'une diminution de la quantité de magnésium diminuait le taux de synthèse de la chlorophylle. Selon **Chen et al. (2012)**, une diminution de la teneur de chlorophylle totale en réponse au stress de la hydrique (qui peut être le résultat d'un stress salin) peut influencer le métabolisme de l'azote pour la biosynthèse de composés azotés tels que la proline lors de la régulation osmotique.

### Conclusion générale et perspectives

Le présent travail est mené dans le but d'évaluer la capacité du jus de vermicompost à contourner les effets néfastes d'un stress salin appliqué sur des plants d'haricot vert variété « Contender ». Comme toute plante glycophyte, l'haricot vert qui est sensible au stress salin exerce des adaptations morphologiques et physiologiques qui sont estimées au cours de notre expérience.

Les résultats montrent que la biomasse aérienne des plants d'haricot affiche nettement une gradation temporelle positive sous l'effet du jus de vermicompost ainsi qu'au niveau de formation de nodosités.

Par ailleurs, on note que l'apport du vermicompost a amélioré d'une part, la croissance en longueur des plants d'haricots, d'autre part, l'association *Rhizobium*-haricot grâce à la sur numération du nombre des nodosités et le gain pondéral des nodosités. En outre, le vermicompost n'a pas un effet remarquable sur la croissance en longueur de la partie racinaire, ni sur le poids de la phytomasse.

D'autre part, nous signalons que parmi les combinaisons de stress et de vermicompost appliquées, la combinaison SS&VER qui sert à l'application de régime de vermicompost après le stress salin révèle les meilleurs résultats sur la croissance des plantes, la biomasse fraîche des feuilles, et les teneurs en chlorophylle (a), (b) et totale.

Par ailleurs, les paramètres physiologiques exposent une importante accumulation en chlorophylle (a), (b) et total chez les plantes alimentées par le vermicompost par rapport aux plantes stressées.

Au final, nous pouvons conclure que la combinaison du NaCl avec un biofertilisant tel que le jus de vermicompost régulerait le stress en le corrigeant et en permettant aux plantules d'augmenter leur capacité de tolérance face à un stress salin.

L'ensemble de ce travail, à but appliqué, a conduit à l'obtention de résultats qui nous permettent de mieux comprendre la capacité des biofertilisants organiques de lever la contrainte saline. En terme de perspectives, il conviendrait d'exploiter la totalité des résultats obtenus afin d'assurer un programme de gestion du stress salin, d'analyser la capacité stimulatrice de l'effet inhibiteur du sel, pour confirmer ou infirmer l'importance de l'utilisation du vermicompost pour atténuer l'effet inhibiteur du sel et aider la plante à résister au stress. Il convient aussi de mieux adapter leur utilisation dans des stratégies alternatives ou complémentaires de la gestion des sols agricoles atteints par la salinité.



## Références Bibliographiques

- **Allagui M., Andreotti V. et Cuartero J., 1994-** Détermination de critères de sélection pour la tolérance de la tomate à la salinité. À la germination et au stade plantule. *Ann INRAT*, 67: 45-65.
- **AMAND L. et LANGLOIS N., 2004-** Les grands principes de production et l'environnement professionnel .Ed . Educagri, France; 239 p.
- **AMIRI H., ISMAILI A. and HOSSEINZADEH S.R., 2017-** Influence of vermicompost fertilizer and water deficit stress on morpho-physiological features of chickpea (*Cicer arietinum L. cv. Karaj*), *compost science & utilization* (1): 1–14.
- **AMOOAGHAIE R. and GOLMOHAMMADI S. , 2017-** Effect of vermicompost on growth, essential oil , and health of *Thymus Vulgaris* ,*compost science & utilization* (1): 1–12.
- **APSE M.P. and BLUMWALD E., 2007-** Na<sup>+</sup>transport in plants. *FEBS Letters* (581): 2247–2254.
- **ARANCON N.Q. , EDWARDS C.A. , BIERMAN P. , WELCH C. and METZGER J.D. , 2004-** Influences of vermicomposts on field strawberries : Effects on growth and yields , *bioresource technology* (93) :145-153.
- **ASDRUBAL M., 2014 -** Fertilisation et amendements. Ed.Educagri, France, 132 p.
- **ASHRAF M. and FOOLAD M., 2007 -** Roles of glycine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and experimental botany* (59): 206-216.
- **ASHRAF M., 2009-** Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. *Biotechnology advances* (27):84–93.
- **ATIK A., 2014-** Effects of planting density and treatment with vermicompost on the morphological characteristics of oriental beech (*Fagus orientalis* Lipsky.), *compost science & utilization* (21):87-98.
- **ATIYEH R.M., SUBLER S. , EDWARDS C.A., BACHMAN G., METZGER J.D. and SHUSTER W., 2000-** Effect of vermicompost and composts on plant growth in horticultural container media and soil , *pedo biologia* (44) :579-590.
- **AZIZ I. and AJMAL KHAN M., 2001 -** Experimental assesement of salinity tolerance of *Cerriops tagal* seedlings and saplings from the Indus delta ,Pakistan . *Aquatic botany* (70) : 259 268.
- **BAOUNI S. et BOUZIDI M., 2016-** Gestion d'un stress salin chez le haricot (*Phaseolus vulgaris L.*) par l'utilisation de lombricompost .Mém .Master II, univ. Blida 1, Blida.

- **BAYA M., BOETHLINGT S. and RAMOS-CORMEZANA A.**, 1981- Vitamin production in relation to phosphate solubilization by soil Bacteria, soil biol. Biochem (13): 527-531.
- **BEN KHALED L., OURRAQI E. et ZID E.**, 2007 - Impact du NaCl sur la croissance et la nutrition de la variété de blé dur Massa cultivée en milieu hydroponique. Acta Botanica Gallica (154):101–116.
- **BENDER D.**, 2008- Growth and transpiration of tomato seedlings growth in Hazelnut Husk compost under water deficit stress, compost science & utilization (16):125-131.
- **BOWDEN C.L. , EVANYLO G.K. , ZHANG X. , ERVIN E.H. et SEILER J.R.**, 2010 - Soil carbon and physiological responses of corn and soybean to organic amendments , compost science & utilization (18) : 162-173.
- **BRESLER E. , MCNEAL B.L. et CARTER D.L.** , 1982- saline and sodic soils principles-dynamics-modeling .Ed. Springer , Berlin , 301p.
- **BROUGHTON W.J., HERNANDEZ G., BLAIR M., BEEBE S., GEPTS P. and VANDERLEYDEN J.**, 2003 - Bean (*Phaseolus spp.*)- Model food legumes, plant and soil (252): 55-128.
- **CESAR A.-I. , ESTHER M. , DANIEL M. , RUBEN L. , ESTIBALIZ L.**
- **CHAUX C.**, 1972 - Productions légumière .Ed.Baillièrre & Cie, France ; 414 p.
- **CHAUX C. et FOURY C.** ,1994 - Productions légumière légumineuses potagères légumes fruits. Ed. Lavoisier, France, 563 p.
- **CHEN J., XU W., VELTEN J., XIN Z. and STOUT J.**, 2012- Characterization of maize inbred lines for drought and heat tolerance, journal of soil and water conservation (67): 354-364.
- **CORDOVILLA M. p. , OCANA A. , LIGERO F. and LLUCH C.**, 1995 - Salinity effects on growth analysis and nutrient composition in four grain legumes-rhizobium symbiosis , journal of plant nutrition (8) : 1595 - 1609.
- **DEBOIS V.**, 2013- lombricompost : toutes les méthodes geste par geste. Ed.Rustica, France, 60 p.
- **et ERENA G.**, 2011 - Physiological responses of legume nodules to drought , global science books (5) : 24 - 31.
- **FAGHIRE M. , BARGAZ A. , FARISSI M. , PALMA F., MANDRI B. , LIUCH C. , TEJERA GARCIA N.-A. , HERRERA-CERVERA J.-A. , OUFDOU K. and GHOUAM C.** , 2011 - Effect of salinity on nodulation, nitrogen fixation and growth of common bean ( *Phaseolus vulgaris*) inoculated with rhizobial strains isolated from the Haouz region of Morocco. Symbiosis (55): 69-75.
- **FAO STAT. 2014.** Food and Agriculture organizations of the United Nations. Statistics Division. <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx> (accessed 9, Sept. 2014).
- **FARISSI M. , BOUIZGAREN A. , FAGHIRE M. , BARGAZ A. and GHOUAM C.** ,2011- Agro physiological responses of Moroccan alfalfa

- (*Medicago sativa* L.) populations to salt stress during germination and early seedling stages , seed sci. & Technol.,(39) :389-401.
- **FARISSI M., AZIZ F., BOUIZGAREN A. et GHoulAM CH.**, 2014 - La symbiose légumineuses rhizobia sous conditions de salinité Aspect Agro-physiologique et biochimique de la tolérance. Innovative space of scientific research journals (11) : 96-104.
  - **FARISSI M., GHoulAM C. and BOUIZGAREN A.**, 2013 - changes in water deficit saturation and photosynthetic pigments of Alfalfa populations under salinity and assessment of proline role in salt tolerance, agricultural science research journals (3): 29 - 35.
  - **Ferris S. and Kaganzi, E.** 2008. Evaluating marketing opportunities for haricot bean in Ethiopia. IPMS (Improving Productivity and Market Success) of Ethiopian Farmers Project Working Paper 7. ILRI (International Livestock Research Institute), Nairobi, Kenya. 68 pp.
  - **FLOWERS T.J., TROKE P.F. and YEO A.R.**, 1977- the mechanisms of salt tolerance in halophytes. Plant physiol (28):89-121.
  - **GABAYE J.**, 2013 - La symbiose mycorhizienne une association entre les plantes et les champignons. Ed. Quae, France, 251 p.
  - **GERSHUNY G.**, 2011- Compost; vermicompost; and compost tea (feeding the soil on the organic farm).Ed. northeast organic farming association interstate council, united state, 96 p.
  - **GRAVOT A.**, 2007 :Réponse aux stress chez les végétaux .présentation power point.
  - **GUET G.**, 2003- Mémento d'agriculture biologique. Ed.Agridécisions, Paris, 417p.
  - **GUIGNARD J. I.** ,1998 : Biochimie végétale .Ed. Masson ,Paris, 255p.
  - **HALLIWELL B. and GUTTERIDGE J.**, 1985- Free radicals in biology and medicine. Journal of free radicals in biology & medicine (1): 331-334.
  - **HALLIWELL B. and GUTTERIDGE J.**, 1986. Oxygen free radicals and iron relation to biology and medicine: some problems and concepts. ARCHIVES OF BIOCHEMISTRY AND BIOPHYSICS (246) : 501-514.
  - **HANANA M., HAMROUNI L., CAGNAC O. et BLUMWALD E.**, 2011- Mécanismes et strategies cellulaires de tolerance à la salinité (NaCl) chez les plantes. NRC research press (19) : 121-140.
  - **HOPKINS W.G.**, 2003 - physiologie végétale. Ed. John wiley & sons, Belgium, 514 p.
  - **HOSSEINZADEH S.R. , SALIMI A., GANJEALI A. and AHMADPOUR R.**, 2014 - effect of foliar application of methanol on photosynthetic characteristics chlorophyll fluorescence and chlorophyll content of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress, Iranian journal of plant biology (5):32-115.

- **HOSSEINZADEH S.R., AMIRI H. and ISMAILI A.**, 2015 - effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum L.*) under drought stress, *photosynthetica* (53): 1–6.
- **Hosseinzadeh S.R., Salimi A. and Ganjeali A.**, 2014- Effects of foliar application of methanol on photosynthetic characteristics chlorophyll fluorescence and chlorophyll content of chickpea (*Cicer arietinum L.*) under drought stress, *Iran J. Plant Biol.* (5): 115-132.
- **HUERTA E., VIDAL O., JARQUIN A., GEISSEN V. and GOMEZ R.** ,2010- Effect of vermicompost on the growth and production of Amashito Pepper, interactions with earthworms and Rhizobacteria , *compost science & utilization* (18) : 282-288.
- **IMLAY J.A. and LINN S.**, 1988- DNA damage and oxygen radical toxicity. *SCIENCE* (240):1302-1309.
- **JAT R.S. and AHLAWAT I.** , 2006- Direct and residual effect of vermicompost, biofertilizers and phosphorus on soil nutrient dynamics and productivity of chickpea-fodder maize sequence, *journal of sustainable agriculture* (28) : 41-54.
- **KELES Y. and ONCEL I.**, 2004 - Growth and solute composition on two wheat species experiencing combined influence of stress conditions, *Russian journal of plant physiology* (51): 8–203.
- **KSOURI R., MEGDICHE W. , KOYRO H. and ABDELLY C.**, 2010 - Responces of halophytes to environmental stresses with special emphasis to salinity. *Advances in Botanical Research* (53): 1-29.
- **MARTIN C. and BRATHWAITE R.**, 2012- compost and compost tea: Principals and prospects as substrates and soil borne disease management strategies in soil-less vegetable production, *biological agriculture & horticulture* (28):1-33.
- **Mezni M, Albouchi A, Bizid E. and Hamza M.**, 2010- Minerals uptake, organic osmotic contents and water balance in alfalfa under salt stress, *J. Phytol* (33): 01–12.
- **MUNNS R.**, 2002 - Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, cell and environment* (25): 239–250.
- **MUNNS R.**, 2005- Genes and salt tolerance: bringing them together. *New phytologist* (167):645.663.
- **MUNNS R., JAMES R.A. and LAUCHLI A.**, 2006 - Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals, *journal of experimental botany* (57) :1025-1043.
- **Muraleedharan H.S., Seshadri S. and Perumal K.**, 2010- Biofertilizer (phosphobacteria).ShriammMurugappachettiar research centre, *taramani, Chennai-* 133.600.

- **MUSCOLO A. , BOVALO., GIONFRIDDO F. and NARDI S.,** 1992- Earthworm humic matter produces auxin-like effects on *Daucus carotid* cell growth and nitrate metabolism , soil biology and biochemistry (31): 1303-1311 .
- **NAIDU B.P.,** 2003 - Production of betaine from Australian *Melaleuca spp.* for use in agriculture to reduce plant stress. Australian journal of experimental agriculture (43):1163–1170.
- **PANT A.P. , RADOVICH T. , HUE N. , TALCOTT S. and KRENEK K.,** 2009- vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients , phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa cv. Bonsai, Chinensis* group) grown under vermicompost and chemical fertilizer. J sci food agric (89): 2383–2392.
- **PERON j.-Y.,** 2006 - Références de productions légumières .Ed. Lavoisier, France, 613 p.
- **R'HIM T., TIILI I., HNAN I., IIAHY R., BENALI A. and 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.
- **RAO A.R. and KISHORE A.K.,** 2006 - Plant growth promoting rhizobacteria, plant associated bacteria (1): 195 230.OF
- **ROY S., ARUNACHALAM K., DUTTA B.K. and ARUNACHALAM A.,** 2010- Effect of organic amendments of soil on growth and productivity of tree common crops *viz. Zea mays, Phaseolus vulgaris* and *Abelmoschus esculentus*, applied soil ecology (45):78-84.
- **Rozema J. and Flowers T.,** 2008. Crops for a salinized world. Science (322) : 1478–1480.
- **SCHNEIDER A. et HUYGHE C.,** 2015 - les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaire durables .Ed. Quae, France, 473 p.
- **SCHRAVARTZ C., MULLER J-C., et DECROUX J.,** 2005 - Guide de fertilisation raisonnée. Ed. France agricole, Paris, 414p.
- **SHABALA S. and CUIN T.,** 2008- potassium transport and plant salt tolerance. Physiologia Plant arum (133): 651–669.
- **SHARMA R. and BANIK P.,** 2014- Vermicompost and fertilizer application: Effect on productivity and profitability of baby corn (*Zea Mays L.*) and soil health, compost science & utilization (22): 83-92 .
- **SILVA-ORTEGA C.O., OCHOA-ALFARO A.E., REYES-AGUERO J.A., AGUADO-SANTACRUZ G.A. and JIMENEZ-BREMONT j.F.,** 2007- salt stress increases the expression of p5cs gene and induces proline accumulation in cactus pear. Plant Physiology and Biochemistry (46): 82-92.
- **SNOUSSI S.A., HALITIM A. and VALLES V.,** 2004- Absorption hydrique en milieu salin chez la tomate et le haricot, cahiers agricultures (13) : 283 287.

- **SPRENT j.**, 1990 - the biology of nitrogen transformations, soil use and management (6):74-77.
- **SUTHAR S.**, 2010 - Evidence of plant hormone like substances in vermiwash: An ecologically safe option of synthetic chemicals for sustainable farming, ecological engineering (36):1089-1092.
- **TESTER M. and DAVENPORT R.J.**, 2003- Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup>transport in higher plants, annals of botany (91): 503-527.
- **VERTES F., JEUFFROY M.-H. , JUSTES E., THIEBEAU P. et CORSON M.**, 2010 - Connaitre et maximiser les bénéfices environnementaux liés à l'azote chez les légumineuses à l'échelle de la culture de la rotation et de l'exploitation. Innovations Agronomique (11) :33-45.
- **YEO A.-R .**, 1983 - Salinité resistance : physiologies and prices, physiol.plant (58) :214-222.