

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

UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA

FACULTE DES SCIENCES AGRO-VETERINAIRES ET BIOLOGIQUE

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE.

COMPORTEMENT DU HARICOT (Phaseolus vulgaris) VARIETE
DJADIDA DANS UNE SOLUTION SALINE NATURELLE : IMPACT
DE LA CONCENTRATION ET DU POTENTIEL HYDROGENE EN
HORS-SOL.

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

Domaine : Science de la nature et de la vie

Spécialité : Biotechnologie végétale

Présenté par

BENYAHIA REKIA

Devant le jury composé de :

Mme.BOUTEKRABT. L	MCA	USD. Blida	Président
Mr.SNOUSSI.S.A	Professeur	USD. Blida	Promoteur
Mr.ZOUAOUI.A	Maitre assistant A	USD. Blida	Examineur

ANNEE UNIVERSITAIRE 2012/2013

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je remercie d'abord Dieu le tout puissant qui m'a donné, patience, santé et surtout préservation durant mes années d'études.

Je tiens à exprimer mes gratitude à mon promoteur Mr SNOUSSI.S.A, pour m'avoir encadré tout au long de ce mémoire, pour sa gentillesse, son soutien, et ses conseils éclairés.

Je remercie Mme BOUTEKRABT.L qui a bien voulu m'honorer en président de jury et Mr ZOUAOUI qui a accepté de faire parti de jury et de m'avoir eu comme étudiante et contribuer à ma formation.

Mes remerciements s'adresse aussi a tous les enseignants du departement d'agronomie de l'université de Blida, car ce travail n'aurait pu concrétiser sans toutes les connaissances qu'ils ont mises à notre disposition.

Enfin à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

DÉDICACES

J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail à:

A mes chères parents qui c'est à eux que je dois ce que je suis aujourd'hui. Ce travail est le fruit de patience, de conseils et des encouragements qu'ils m'ont prodigué durant mes années d'études.

A mon mari Nouredine pour tous ces sacrifices, son soutien moral et matériel, sa gentillesse sans égal, son profond attachement qui m'ont permis de réussir mes études.

A toute la famille Toumi, Benyahia, Khalouf, et Bouaissaoui .

Mes frères et mes sœurs.

A toute l'équipe de laboratoire : Mr. Zouaoui, Mr. Abbad, Amine, Abderrazak, Halim, Soraya .

A mes amies et mes collègues : Nawel, Zahra, Nadhira, Fatiha, Mahdia, youcef qui ont toujours été présents pour ma soutenir pendant nos travail.

A ma promotion.

A tous ceux qui m'aiment et ceux que j'aime.

Résumé

Le principal facteur de la réduction de la production des cultures légumières est la salinisation notamment dans les zones arides et semi arides. Aussi le potentiel hydrogène (pH) a des effets sur la croissance des plantes. Une saine gestion du sol commence par la correction des problèmes de pH.

L'expérimentation consiste à étudier l'impact de la concentration saline et du potentiel hydrogène sur la croissance, et le développement du haricot (*Phaseolus vulgaris*), variété « Djadida » dans cinq milieux nutritifs salins en hors-sol.

Les résultats expérimentaux, montrent que l'équilibre nutritionnel et le pH favorable dans la solution saline corrigée a permis d'augmenter les paramètres de croissance et de production, contrairement à la solution saline naturelle qui a limité la croissance des plantes

Mots clés : Zones arides et semi-arides-potentiel hydrogène- concentration saline-haricot.

Summary

The principal factor of the reduction of the production of the vegetable cultures is the Salinization in particular in the arid and semi-arid areas.. Also the hydrogen potential pH has effects on the growth of the plants. A healthy management of the ground starts with the correction of the problems of pH.

The experimentation consists in studying the impact of the concentration saltworks and the hydrogen potential on the growth, and the development of the bean (*Phaseolus vulgaris*), variety "Djadida" in five saline nutritive mediums in outground.

The experimental results, show that nutritional balance and the favorable pH in the corrected saline solution made it possible to increase the parameters of growth and production, contrary with the natural saline solution which limited the growth of the plants

Key words: Concentration saltwork-potential hydrogen-bean-zones arid and semi-arid

ملخص

تعتبر الملوحة عامل رئيسي لتقليص إنتاج الخضروات خاصة في المناطق الجافة و الشبه الجافة. أيضا درجة الحموضة لها تأثير على نمو النبات، فالتسيير الجيد للتربة يبدأ بتصحيح مشاكل درجة الحموضة.

التجربة تحث على دراسة تأثير التركيز الملحي و درجة الحموضة على نمو و تطور الفاصوليا، نوع "جديدة" في خمسة محاليل ملحية مغذية خارج التربة.

النتائج التجريبية تؤكد أن التوازن في العناصر الاساسية و درجة الحموضة الملائمة الموجودة في المحلول الملحي المعدل أدى إلى حدوث ارتفاع النمو والإنتاج على عكس المحلول الملحي الطبيعي الذي حد من نمو النباتات.

الكلمات الدالة: المناطق الجافة و الشبه الجافة- درجة الحموضة -التركيز الملحي-الفاصوليا.

SOMMAIRE

Partie bibliographique

Chapitre I : La salinité

I.1 Définition de la salinité	3
I.2 Salinité dans le monde	3
I.3 Salinité en Algérie	4
I.4 Causes et conséquences de la salinité	4
I.5 Salinisation des eaux	5
I.6 Les différents types de salinisation	7
I.7 Méthodes de lutte contre la salinité.....	7
I.8 Effet des sels sur les plantes	8
I.9 Tolérance des plantes à la salinité.....	10

Chapitre II : Notions générales du procédé hors-sol

II.1 Quelques généralités sur le procédé hors-sol	12
II.2 Composantes de l'hydroponie.....	12
II.3 Les avantages et les inconvénients des cultures hors sol	15

Chapitre III : Etude de la plante : le haricot

III.1 Généralités.....	17
III.2 Place du haricot dans le monde.....	17
III.3 Haricot en Algérie.....	17
III.4 Description de la plante.....	18
III.5 Classification botanique.....	19
III.6 Exigences de la plante.....	20
III.7 Travaux d'entretien	22
III.8 Maladies du haricot	23
III.9 Récolte.....	23

La liste des abréviations

CE : Conductivité électrique

ETP : Evapotranspiration

Meq/l : Milliéquivalent par litre

µg/g MF : Microgramme par gramme de la matière fraîche

Qx : Quintaux

ha : Hectare

pH : Potentiel hydrogène

C.V : Coefficient de variation.

D.D.L : Degré de liberté.

S.C.E : Somme des carrés des écarts

BCMV : Le virus de la mosaïque commune de l'haricot

Liste des tableaux

Tableau 1 : Superficies affectées par la salinité dans le monde.....	03
Tableau 2 : Classification des eaux salines	06
Tableau 3 : Principaux pays producteurs du haricot	17
Tableau 4 : Production du haricot vert en Algérie 2010- 2012	18
Tableau 5 : Besoins en température selon les stades de développement.....	20
Tableau 6 : Fumures apportées pour la culture du haricot.....	22
Tableau 7 : Les maladies et les parasites du haricot	23
Tableau 8 : Moyennes des températures par décade en °C.....	25
Tableau 9 : Composition de l'eau de Blida en meq/l, pH=7.52.....	28
Tableau 10 : Eau d'oued Chélif, reconstituée avec l'eau de Blida en meq /l, pH= 7.52 (T1)	28
Tableau 11 : Eau d'Oued Chélif, reconstituée avec l'eau de Blida en meq /l, pH= 5.5-5.8.....	29
Tableau 12 : Eau d'Oued Cheliff corrigée, reconstituée avec l'eau de Blida en meq/l. pH = 5.5-5.8.....	30
Tableau 13 : Composition des solutions complémentaires d'oligoéléments	30
Tableau 14 : Doses et fréquences nécessaires pour la culture du haricot.....	33
Tableau15 : Programme des traitements phytosanitaires appliqués	34
Tableau16 : Hauteur finale des plantes en (cm).....	40
Tableau17 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1	41
Tableau18 : Diamètre moyen des tiges en (mm).....	41
Tableau19 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1	42
Tableau 20 : Nombre de feuilles	42

Liste des tableaux

Tableau 21 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturelT1	43
Tableau 22 : Biomasse fraîche des feuilles, des tiges et racines [g]:.....	43
Tableau 23 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturelT1:	45
Tableau 24 : Biomasse fraîche totale (tige+feuille) [g]:.....	46
Tableau 25 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturelT1:.....	46
Tableau 26 : Biomasse sèche des feuilles, des tiges et des racines [g].....	47
Tableau 27 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturelT1 :	48
Tableau 28 : Biomasse sèche totale (tige+feuille) [g]:.....	49
Tableau 29 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturelT1 :	49
Tableau 30 : Taux de la matière sèche totale (tige+feuille) [%] :.....	50
Tableau 31 : Nombre de fleurs par plant:.....	51
Tableau 32 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1:.....	51
Tableau 33 : Taux d'avortement [%] :.....	52
Tableau 34 : Nombre de gousses par plant :.....	52
Tableau 35 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturelT1 :	53
Tableau 36 : Poids des gousses [g] :.....	54
Tableau 37 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturelT1 :.....	54
Tableau 38 : Répartition des classes de calibre en (%).....	55

Liste des tableaux

Tableau 39 : Extrait sec des fruits [%].....	56
Tableau 40 : Quantité de la chlorophylle (A) [$\mu\text{g/g}$ MF]:.....	56
Tableau 41 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1 :	57
Tableau 42 : Quantité de la chlorophylle (B) [$\mu\text{g/g}$ MF]:.....	57
Tableau 43 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1 :	58
Tableau 44 : Quantité de la chlorophylle (C) [$\mu\text{g/g}$ MF]:.....	58
Tableau 45 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel :.....	59
Tableau 46 : Quantité du proline dans la plante [$\mu\text{g/g}$ MF]:.....	59
Tableau 47 : Classements des traitements selon les paramètres biométriques	61
Tableau 48 : Classements des traitements selon les paramètres de production.....	62
Tableau 49 : Classements des traitements selon les paramètres biochimiques.....	63

Liste des figures

Figure N°1 : Présentation du site expérimental (Anonyme, 2013).	25
Figure N°2 : Schéma de dispositif expérimental	27
Figure N°3 : Vue de dispositif expérimental.....	27
Figure n°4 : Schéma d'élaboration du traitement T4.....	31
Figure n°5 : Schéma d'élaboration du traitement T5.....	32
Figure N°6 : Essai de germination des graines d'haricot dans l'étuve.....	32
Figure N°7 : Levée des plantules.....	32
Figure N°8 : Aspect général des plantes irriguées par les cinq traitements testés.....	38
Figure N°9 : Comparaison entre le traitement salin naturel T1 (pH=7.52) et le traitement salin naturel T2 (pH=5.55.8).....	38
Figure N°10 : La vitesse de croissance des plantes du haricot (cm /jour).....	39
Figure N°11 : Aspect général des racines de l'haricot.....	45

INTRODUCTION

L'eau est un élément indispensable pour la vie des êtres vivants. Il couvre environ 75% de notre planète, mais la majeure partie de cette eau est non conventionnelle, parce qu'elle présente une concentration élevée en sel. Cependant l'eau douce constitue le principal facteur qui limite l'extension et l'intensification de l'agriculture.

La salinité du sol est l'une des principales contraintes environnementales qui limite la production végétale dans les régions arides. Elle est souvent associée à la sécheresse et elle entraîne une réduction des surfaces cultivables et menace l'équilibre alimentaire mondial. Ce problème est aussi très répandu dans les zones cultivées puisque toutes les eaux d'irrigations contiennent. En effet, la présence de sel soluble dans un sol à un certain niveau de concentration affecte les mécanismes physiologiques de la plante et limite la production végétale. Aussi le potentiel hydrogène (pH) a des effets sur la croissance des plantes. C'est à cause du pH que les éléments nutritifs sont assimilables ou non par les plantes.

La culture hors sol est l'une des technologies modernes utilisées aujourd'hui en horticulture pour valoriser les terrains à problèmes. C'est l'unique solution lorsque le sol naturel souffre de contraintes édaphiques (terrains rocailleux, salés,...)

Le sel est un facteur limitant la production agricole. Seules les plantes dites halophytes s'épanouissent sur un sol riche en sels. La majorité des plantes cultivées appartiennent à des espèces ne tolérant pas la salinité elles sont dites glycophytes.

La tolérance des végétaux aux sels est un phénomène complexe qui implique des particularités morphologiques et développementales avec des mécanismes physiologiques et biochimiques variés.

L'un des principaux caractères physiologiques de tolérance aux contraintes du milieu est l'ajustement osmotique. Celui ci est réalisé grâce à une accumulation de composés osmorégulateurs conduisant à une réduction du potentiel osmotique permettant ainsi le maintien du potentiel de turgescence des plantes. Cette accumulation varie dans de larges proportions suivant l'espèce, le stade de développement et le niveau de la salinité.

Chez les légumineuses, le stress salin perturbe la croissance et le développement du végétal. Le haricot fait partie des plantes qui sont sensibles à la salinité.

Notre travail a pour objectif de voir l'impact de la concentration saline et du potentiel hydrogène sur le haricot, variété djadida cultivée dans cinq milieux nutritifs salins en hors-sol.

CHAPITRE I : La salinité

I.1 Définition de la salinité

On peut définir la salinité comme étant la concentration de la solution nutritive s'exprimant en grammes de sels par litre d'eau. Elle est couramment contrôlée par la mesure de la conductivité électrique que les sels dissociés sous forme ioniques confèrent à la solution. Elle s'exprime alors en milli siemens (BRUN et MONTARON, 1987)

Selon RODIER (1984) la salinité (s‰) est définie conventionnellement comme poids en gramme des composés solides séchés à poids constant à 480 C⁰, obtenu à partir de 1Kg d'eau de mer.

L'accumulation de ces sels dans le sol affecte les rendements et peut détériorer les terres de façon irrémédiable (WARRENCE et al ; 2002). Dans les zones arides et semi arides, la contrainte saline s'associe souvent au déficit hydrique pour limiter la production des espèces végétales (BEN KHALED et al ; 2003)

I.2 Salinité dans le monde

On a 7% de la superficie mondiale des terres (920 millions d'ha) étaient plus ou moins salins, 3% (400 millions d'ha) présentant un caractère salin ou sodique dominant. La salinisation des sols touche d'abord les régions arides, l'évapotranspiration y est en effet beaucoup plus forte que les précipitations pendant une bonne partie de l'année (HOSNI, 2009)

Il est rappelé que 10 millions d'hectares des terres irriguées sont perdus chaque année pour la culture par suite d'une salinisation excessive 10 à 15 % des surfaces irriguées soit 20 à 30 millions d'hectares souffrent à des degrés divers de problèmes de salinisation ; près de la moitié de toutes les surfaces irriguées sont menacées à long terme (Mermoud, et Musy ; 2006)

Tableau 1 : Superficies affectées par la salinité dans le monde.

<i>Région</i>	<i>Millions d'hectares</i>	<i>Région</i>	<i>Millions d'hectares</i>
Afrique	80.50	Australie	357.30
Europe	50.80	Mexique et Amérique centrale	2.00
Amérique du sud	129.20	Asie du sud-est	20.00
Amérique du nord	15.70	Asie centrale et du nord	211.70
Asie du sud	87.60		
Total		954.80	

(LASRAM ; 1995)

I.3 Salinité en Algérie

Ce problème s'est peu posé dans le passé mais durant les dernières années, on a décelé des intrusions des eaux marines dans les nappes côtières d'Annaba et d'Oran (phénomène analogue au niveau de la sebkha). L'exploitation intensive et anarchique des nappes par l'agriculture a créé localement des problèmes de pollution et de dégradation du sol (MORSLI, 2007).

En Algérie près de 95 % du territoire national est représenté par la zone aride. Par conséquent, la majorité des sols sont potentiellement affectés par le sel (HALITIM ; 1988)

I.4 Causes et conséquences de la salinité

I.4.1 Les causes de la salinité

Les rares précipitations, l'évaporation élevée, l'irrigation avec de l'eau saline, et les pratiques culturales sont parmi les facteurs principaux qui contribuent à la salinité croissante. La salinisation secondaire, en particulier, aggrave le problème où une fois que les superficies agricoles productives deviennent impropres à la culture due à la qualité inférieure de l'eau d'irrigation (ASHRAF, et FOOLAD ; 2005).

L'eau saline occupe 71% de la surface de la terre. Environ la moitié des systèmes d'irrigation existant dans le monde sont sous l'influence de la salinisation. De tels sols défavorables de faible fertilité sont généralement peu convenables pour la production agricole, entraînant la réduction inacceptable de rendement. En raison du besoin accru de distribution de production alimentaire et d'augmentation des sols affectés par la salinité, la recherche sur des réponses des plantes vis-à-vis la salinité a rapidement augmenté en quelques dernières décennies (MADHAVA RAO KV, et al ; 2006).

La salinité excessive affecte la rhizosphère et limite la répartition des plantes dans leur habitat naturel. Le fort éclaircissement et les rares pluies dans les régions semi-arides et arides accentuent la salinisation des périmètres irrigués et les rendent impropres aux cultures (DENDEN, et al ; 2005).

Le phénomène d'invasion marine, qui peut s'étendre sur plusieurs kilomètres à l'intérieur des terres est d'un grand risque pour les régions côtières tributaires des eaux souterraines pour leur approvisionnement en eau. Sous certaines conditions, l'eau salée se propage à l'intérieur des terres et contamine les eaux de la nappe située à proximité de la mer. Par ailleurs, l'invasion des eaux douces par les eaux salées aura

pour effet une dégradation des sols et une salinisation par suite des irrigations avec ces eaux. (BOUZID ; 2010)

I .4.2 Les conséquences de la salinité

L'excès de sel modifie principalement les propriétés physico-chimiques et biologiques des sols. Les effets chimiques sont liés à la concentration des solutions et à la valeur du pH.

Selon STENGEL et GELIN (1998) il existe deux cas spectaculaire du changement du pH du sol qui peuvent survenir au phénomène de la salinisation :

a. Le premier est celui de forte augmentation du pH lorsque les sels qui s'accumulent sont des bicarbonates ou carbonates de sodium (processus d'alcalinisation). Dans ce cas, la matière organique du sol est solubilisée, la fertilité est alors très réduite car de nombreux éléments indispensables à la plante sont totalement insolubilisés.

b. C'est le cas inverse c'est celui des sols acides, exemple : sols sulfatés acides, dont le pH peut descendre de 2 à 4 à cause de l'accumulation des sulfures à faible profondeur.

La dégradation physique des sols peut intervenir pour de très faibles teneurs en sels alors que la dégradation chimique et les effets biologiques sont encore quasi nuls (Robert ; 1996).

D'après DONAHUE(1958), le sodium présent en solution va s'échanger sur les sites externes des feuillettes, par son effet sur la couche diffuse des argiles.

L'argile aussi bien que la matière organique est dispersée, ce qui provoque un tassage serré des particules de sol. Ce tassage des particules réduit le volume et le nombre des espaces poreux, et de ce fait, l'eau et l'air ne peuvent se mouvoir rapidement dans le sol.

Les densités des populations microbiennes dans les sols salés relativement plus faibles que dans les sols sains (CHAUSSOD, et al 1986).

DOMMERGUE (1962) mentionne que la baisse de la microflore totale ne s'observe qu'à des niveaux de salinité relativement élevés.

I .5. Salinisation des eaux

La plupart des eaux d'irrigation sont d'une qualité bonne à excellente et ne présentant pas de contraintes sérieuses de salinité. Le contrôle de la salinité devient cependant plus difficile avec une eau plus médiocre. Les sels solubles contenus dans les eaux souterraines ou superficielles sont susceptibles de contaminer les sols par l'accumulation des produits solubles dans le milieu poreux ainsi que par une

modification du complexe adsorbant, par conséquent la création d'un milieu stérile vis-à-vis de la production agricole. L'irrigation en fait ne fait qu'aggraver ce problème. En effet les sels sont apportés dans le sol à chaque irrigation, la culture prélève dans le sol ses besoins en eau en laissant sur le sol une solution très concentrée de sel (Anonyme, 2012).

I .5.1 Origine des eaux salines

L'eau d'irrigation inclut toujours une certaine quantité de substances dissoutes. Ces sels sont issus de la désagrégation des roches par l'eau. Le gypse et d'autres sources de sels sont dissous avec le temps, menant à des degrés variables de salinité dans l'eau d'irrigation (MILLER et DONAHUE, 1995).

Parmi les différentes origines des eaux salines existantes,(RHOADES et al ; 1992), soulignent que dans l'utilisation agricole pratique, une source commune de l'eau saline est celle des eaux souterraines qui peut être naturelle ou induite par l'homme :

- L'eau dans les couches sédimentaires devient de plus en plus saline avec l'augmentation de la profondeur.

- Dans les zones côtières, les sources d'eau peuvent devenir saline dues à l'influence des marées de la mer.

- La surexploitation des eaux est un autre mécanisme par lequel les eaux souterraines pourraient devenir saumâtres.

I .5.2. Classification des eaux salines

La convenance d'une eau saline pour l'irrigation dépend des conditions de son utilisation, du climat, du sol, de la méthode d'irrigation et des procédures de gestion et afin d'identifier les niveaux de salinité de l'eau. Un arrangement de classification à été abordé :

Tableau 2: Classification des eaux salines :

<i>Classe de l'eau</i>	<i>Conductivité Electrique (ds/m)</i>	<i>Concentration en sel (mg/l)</i>	<i>Type d'eau</i>
Non salée	<0.7	<500	Eau potable et d'irrigation
Légèrement salée	0.7-2	500-1500	Eau d'irrigation
Moyennement salée	2-10	1500-7000	Eau souterraine de drainage primaire
Fortement salée	10-25	7000-15000	Eau souterraine de drainage secondaire
Très Fortement salée	25-45	15000-35000	Eau souterraine très saline
Saumâtre	>45	>35000	Eau de mer

Source FAO (1992).

I.6. Les différents types de salinisation

I.6.1. Salinisation primaire

Selon HOSNI (2009) ,80% des terres salinisées ont une origine naturelle .On parle alors de salinisation primaire, due aux sels se formant lors de l'altération des roches ou à des apports naturels externes.

La migration et le dépôt des sels solubles dépendent de l'intensité et de la répartition de précipitations, du degré de porosité du sol et autres caractéristiques du milieu naturel (MERMOUD, 2006).

Elle est due principalement aux sels se formant lors de l'altération des roches. Ce sont de types chlorures (Na, k, Ca, Mg) ou sulfates (Na, Ca, Mg) qui sont respectivement très ou moyennement solubles qui, vont pouvoir se déplacer et aller contaminer à la fois les nappes et les sols (ROBERT, 1996).

I.6.2. Salinisation secondaire

Elle est induite par l'activité humaine et fréquemment liée à des pratiques agricoles (MERMOUD, 2006).

Dans les sols irrigués, elle s'explique par irrigation avec une eau de mauvaise qualité, un lessivage insuffisant, un drainage déficient, des infiltrations à partir des canaux et des zones adjacentes, la présence d'un niveau phréatique élevé et un taux d'évapotranspiration importante. Donc elle est souvent due à l'irrigation, soit que le plan phréatique remonte au-dessus du seuil minimum, soit que l'on ait mal utilisée une eau saline (HUDSON, 1987 in MOSTAFAOUI, 2007).

I.7. Méthodes de lutte contre la salinité

Selon AYERI et WESTCOT (1984), le but recherché est l'amélioration de la disponibilité de l'eau du sol pour la culture. En voici quelques recommandations préconisées :

- ✓ Irriguer plus fréquemment pour améliorer l'approvisionnement en eau de la culture.
- ✓ Choisir des cultures tolérantes à une salinité existante ou éventuelle.
- ✓ Appliquer régulièrement un supplément d'eau pour satisfaire le besoin de lessivage.
- ✓ Changer de méthodes d'irrigation.
- ✓ Modifier les pratiques culturales.
- ✓ Parmi les pratiques les plus radicales permettant l'amélioration ou la restauration de la productivité d'un sol gravement endommagé par le sel.
- ✓ Lessiver autant qu'il est nécessaire pour réduire la concentration saline.

- ✓ Améliorer ou régulariser la surface ou la pente du terrain pour rendre l'application d'eau uniforme.
- ✓ Modifier le profil du sol afin d'améliorer la percolation d'eau en profondeur.
- ✓ Installer un drainage artificiel s'il existe une nappe gênante.
- ✓ Utilisation des engrais liquides, tels que « le fertiactyle » présente un effet positif contre le stress salin.
- ✓ Utilisation de brise vent pour limiter l'ETP qui favorise les remontées d'eau saline.
- ✓ Ne pas cultiver en été car l'ETP élevée.
- ✓ Utilisation de fumure azotée permettant une résistance plus grande aux maladies.

I .8. Effet des sels sur les plantes

Selon CLAVET (2003) les effets néfastes des sels sur les végétaux se situent à deux niveaux pour la plante :

Une pression osmotique élevée de la solution des sols qui limite la biodisponibilité de l'eau. La pression osmotique intracellulaire élevée due à l'absorption des sels et qui aurait des effets inhibiteurs sur la croissance. L'augmentation de la pression osmotique dans la solution des sols diminue l'eau disponible pour les plantes (KHECHAI, 2001).

I .8.1. Action sur les phénomènes physiologiques

Lorsque les racines sont soumises à une forte salinité momentanée, elles provoquent la fermeture des stomates au niveau des feuilles qui constitue la première conséquence d'un défaut d'arrosage ou d'un apport excessif d'éléments minéraux. Si la salinité persiste, elle conduit à une diminution de la taille des organes (URBAN, 1997). Aussi, à partir d'un certain seuil, les plantes soumises à l'action des chlorures portent des brûlures marginales sur les limbes et se défolient (DUTHIL, 1973).

I .8.2. Action sur l'absorption hydrominérale

Lorsque la pression osmotique du milieu externe (solution du sol) est égale ou dépasse celle du suc cellulaire des racines, l'alimentation en eau devient impossible et les diverses fonctions physiologiques sont bloquées et le végétal s'arrête de croître et flétrit (DUTHIL, 1973).

MAILLARD (2001), mis en évidence l'effet indirect de la pression excessive d'ion sodique, chlorique et borique sur l'absorption des ions ferreux, phosphate, zinc, et magnésium indispensables à la croissance des plantes.

Les plantes cultivées dans les sols salins se comporte de la même manière que celles poussent sous des conditions d'humidité stressante, et qui réagissent faiblement à l'application des fertilisants.

I .8.3. Effet de la salinité sur la croissance

La réponse immédiate du stress salin est la réduction de la vitesse de l'expansion de la surface foliaire ce qui conduit à l'arrêt de l'expansion si la concentration du sel augmente (NIL, 2000). Le stress salin résulte aussi dans la diminution de la biomasse sèche et fraîche des feuilles, tiges et racines (KLAPAKI, 2000). La salinité accrue est accompagnée par une réduction significative de la biomasse racinaire, la hauteur de la plante, le nombre de feuilles par plante, la longueur des racines et la surface racinaire chez la tomate (NIMRI, 1998).

I .8.4. Effet de la salinité sur l'eau dans la plante

Le potentiel hydrique et le potentiel osmotique des plantes deviennent de plus en plus négatifs avec l'augmentation de la salinité ainsi que la pression de la turgescence. Dans les conditions de concentrations élevées de salinité accrue, le potentiel hydrique de la feuille et la vitesse d'évaporation diminuent significativement chez les halophytes, alors qu'il n'y a pas de changement dans le contenu relatif en eau (PARIDA et DAS, 2005).

I .8.5. Effet de la salinité sur l'anatomie de la feuille

La salinité cause une augmentation de l'épaisseur de l'épiderme, l'épaisseur du mésophylle, la longueur des cellules palissadiques, le diamètre des cellules palissadiques dans les feuilles du haricot, du coton et de l'atriplex. La salinité réduit aussi l'espace intercellulaire dans les feuilles (PARIDA et DAS, 2005).

I .8.6. Effet de la salinité sur l'ultra-structure du chloroplaste

Chez les plantes traitées avec le Na Cl, la microscopie électronique a montré que la structure du thylacoïde du chloroplaste devient désorganisée. Le nombre et la taille des plastoglobules augmentent et le taux d'amidon diminue (HERNANDEZ, 1999).

I .8.7. Effet de la salinité sur la photosynthèse

Le stress salin cause des effets à long et à court terme sur la photosynthèse. Les effets à court terme se manifestent après quelques heures jusqu'à un à deux jours de l'exposition au stress, et la réponse est importante ; il y a complètement arrêt de l'assimilation du carbone.

L'effet à long terme s'exprime après plusieurs jours de l'exposition au sel et la diminution de l'assimilation du carbone est due à l'accumulation du sel dans les feuilles en développement (MUNNS, et TERMAAT ; 1986), aussi on a rapporté qu'il y a une suppression de la photosynthèse sous les conditions d'un stress salin (PARIDA et DAS, 2005), et qu'elle ne diminue pas mais plutôt elle est stimulée par de petites concentrations du sel (URBAN et al ; 1997)

Le développement des plantes est le résultat de l'intégration et la régulation des processus physiologiques dont le plus dominant est la photosynthèse. La croissance du végétal autant que la production de biomasse est une mesure de la photosynthèse nette et comme les stress environnementaux affectent la croissance donc affectent la photosynthèse (BOUZIDE ; 2010).

La diminution de la vitesse photosynthétique est due à plusieurs facteurs :

- ✓ La déshydratation des membranes cellulaires ce qui réduit leur perméabilité au CO₂.
- ✓ La toxicité du sel.
- ✓ La réduction de l'approvisionnement en CO₂ à cause de la fermeture hydro active des stomates.
- ✓ La sénescence accrue induite par la salinité.
- ✓ Le changement dans l'activité des enzymes causé par le changement dans la structure cytoplasmique (Parida et Das, 2005).

I .9. Tolérance des plantes à la salinité

DIEHL (1975), indique que la tolérance à la salinité est le degré d'ajustement de la pression osmotique d'un plant en sacrifiant un minimum de son développement végétatif. Ceci implique une accumulation d'éléments nécessaires pour maintenir la pression de

turgescence et que la sensibilité des plantes à la salinité varie, non seulement en fonction de l'espèce, mais également selon les cultivars et l'âge des plantes.

Deux grandes stratégies de résistance au sel étaient connues chez les plantes :

- Limiter l'entrée de sodium au niveau des racines
- Ou séquestrer le sodium au niveau des feuilles.

A l'échelle de la plante entière, les ions chlorures et sodium entrent par les racines, et sont véhiculés par la sève brute jusqu'aux tiges et aux feuilles. Là, ils sont stockés, soit au contraire très peu retenus et mobilisés par la sève élaborée jusqu'aux racines (MATHLOUTHI, 2005).

BOUZID (2010), montre que les plantes développent un nombre important de mécanismes biochimiques et cellulaires pour faire face au stress salin. Les stratégies biochimiques comprennent :

- ✓ L'accumulation sélective ou l'exclusion des ions.
- ✓ Le contrôle de l'absorption racinaire des ions et leur transport dans les feuilles.
- ✓ La compartimentation des ions au niveau cellulaire et au niveau de toute la plante.
- ✓ La synthèse de solutés compatibles.
- ✓ Le changement dans le chemin de la photosynthèse.
- ✓ L'altération de la structure membranaire.
- ✓ L'induction des enzymes anti-oxydatives.
- ✓ L'induction des hormones végétales.

CHAPITRE II : Notions générales du procédé hors-sol

II.1 Quelques généralités sur le procédé hors-sol :

Les cultures hors-sol sont des cultures de végétaux effectuant leur cycle complet de production sans que leur système racinaire ait été en contact avec leur environnement naturel, le sol (ZIEGLER, 2008).

Selon JEANNEQUIN (1992) Le terme « culture hors-sol » regroupe un ensemble de systèmes de production qui permet aux plantes de se développer sur des matériaux plus ou moins inertes en faisant abstraction du sol en place.

MICHAUD et BOUDREAU (2001), rapportent que les substrats utilisés en hors sol peuvent être du gravier, sable, vermiculite, laine, roche, brique concassé, et même du polystyrène

D'après MORARD (1995), on distingue les systèmes de culture hors sol suivants :

- L'aéroponique : dans lequel les racines sont placées dans un brouillard nutritif ;
- La NFT (Nutrient Film Technique) : dont lequel les racines baignent dans un liquide nutritif ;
- La culture sur substrat inerte ;

La culture sur substrat inerte, désigne les cultures hors sol faisant appel à des supports de culture placés dans des contenaires tels que des pots, des sacs, des tranchées ou des bacs.

II.2 Composantes de l'hydroponie:

La nature du substrat et des conteneurs ainsi que la solution nutritive constituent les composantes de la culture hors sol.

II.2.1 Substrat

Le terme de substrat en agriculture s'applique à tout matériel naturel ou artificiel qui, placé en conteneur, pure ou en mélange permet l'ancrage du système racinaire et joue ainsi vis-à-vis de la plante le rôle du support (BLANC, 1987). VITRE (2003), souligne que le substrat doit présenter les propriétés suivantes :

- Une structure physique permettant un comportement vis-à-vis de l'air et de l'eau pour une bonne alimentation de la plante.

- Le milieu racinaire devra garder ses qualités structurales dans le temps (pas de tassement par exemple) et dans l'espace : le volume racinaire doit être physiquement homogène.

- Le substrat doit être chimiquement inerte, avec une capacité d'échange nulle ou faible et ne libérant aucun éléments nutritifs.

- Etre facile à mettre en œuvre et à recycler.

- Avoir un coût faible.

Par ailleurs, tous substrat doit être bien entretenu, indemne de germes pathogènes ou de substances toxiques

II.2.2 Conteneurs

Les conteneurs sont des récipients contenant la plante et le substrat. Le choix des conteneurs doit se faire en fonction de l'espèce cultivée et de son système racinaire, car ils doivent être de forme et de dimensions adéquates avec la culture et le substrat, chimiquement inertes, résistants, faciles à mettre en œuvre, à désinfecter et à un prix réduit (MOSTEFAOUI, 2003).

II.2.3 Solution nutritive

Les solutions nutritives sont fabriquées à partir des eaux naturelles qui peuvent renfermer des sels. Certains sels sont indésirables, mais la technologie de fabrication permet de tenir en compte ou de corriger les teneurs (LESAIN, 1974).

D'après COIC et LESAIN (1975), la composition de la solution nutritive est en fonction des besoins spécifiques de la plante au cours de son développement et doit assurer la croissance optimale.

Une solution nutritive donnée, fabriquée avec des sels chimiques totalement dissociés, renferme un nombre total d'équivalent égal de cations ainsi que d'anions (VILAIN, 1987)

Le but recherché est de fabriquer une solution nutritive dont la composition est proche de l'une des solutions de référence tout en corrigeant la mauvaise qualité de l'eau lorsque cela est nécessaire (LESAIN et COÏC, 1983)

Les travaux de BLANC (1987), indique que la solution nutritive est caractérisée par trois paramètres principaux :

- Le pH ;
- La conductivité électrique ;
- L'équilibre ionique.

II.2.3.1- Le pH

C'est une expression chiffrée d'une façon commode, précise et désigne le caractère acide, neutre ou basique d'une solution aqueuse d'après MORARD, (1995).

Le pH est important en hydroponie vu l'absence de l'effet tampon que donne le complexe argilo-humique des sols classiques. C'est à cause du pH que les éléments nutritifs sont assimilables ou non par les plantes. (SNOUSSI, 1984).

D'après LESAIN et COÏC(1983), la mesure du pH, permet de vérifier la teneur en bicarbonates de l'eau et les erreurs éventuelles concernant l'apport d'acide nitrique. Le pH est mesuré par le pH mètre

Selon LOUE (1986), l'augmentation du pH réduit la solubilité et l'absorption des oligo-éléments tel que ; Al (aluminium), Co (cobalt), Cu (cuivre), Fe (fer), Zn (zinc) et plus particulièrement Mn (manganèse), et augmente celle de Mo (molybdène).

L'optimum physiologique du pH pour la majorité des espèces cultivées se situe entre 5,5 et 5,8 (CHAUX, 1972).

Les plantes peuvent être réparties en trois catégories en fonction de leur pH :

- Les plantes acidophiles : le pH est compris entre 4,0 et 6,5.
- Les plantes neutrophiles : le pH est compris entre 6,5 et 7,5.
- Les plantes basophiles : le pH est compris entre 7,5 et 9,0.(ANONYME ,2013),

Brun (1989) indique que le contrôle du pH de la solution nutritive à pour objectifs de :

- Neutraliser l'alcalinité naturelle de l'eau.
- Eviter la précipitation des éléments minéraux notamment le phosphore et le calcium.
- Mener le pH de la solution dans une zone favorable à l'absorption de la majorité des éléments minéraux.

Ajuster le pH de la solution aux exigences de l'espèce

II.2.3.2- Conductivité électrique

Elle représente la concentration totale en éléments minéraux contenu dans la solution. Les mêmes auteurs montrent que si la concentration est faible, les racines prélèvent très facilement les éléments minéraux en quantités insuffisantes. Lorsque la concentration augmente, l'eau est difficilement absorbée et par conséquent le potentiel hydrique diminue (LETARD et PATRICIA, 1995).

La conductivité électrique de la solution nutritive doit être propre à chaque espèce cultivée et permettant une absorption équilibrée en eau et en éléments nutritifs au niveau des racines (Vitre, 2003).

Une conductivité électrique élevée limite l'absorption du Ca^{2+} , la production de la matière fraîche et la capacité d'échange des ions (Thiault, 2004).

II.2.3.3- Equilibre ionique

Il est possible de réaliser un équilibre entre les ions minéraux correspondant aux besoins de la culture de telle manière qu'il n'y ait pas excès créant une salinité résiduelle (LESAIN, 1974).

- L'égalité équivalente entre les anions et cations est obligatoire dans la solution, les équilibres ioniques pour l'alimentation hydrique et minérale ne sont pas indifférents et pourront être modulés en fonction des stades de développement de la plante (Choix de la nature des sels minéraux ;
- Calcul des pesés de sels correspondant à la fabrication du volume de solution nutritive préparée (éventuellement de la qualité d'acides à apporter) ;
- Fabrication des solutions mères A et B d'oligo-éléments ;
- Contrôle de la composition minérale de la solution fille à la sortie des goutteurs (COIC, 1984 ; CHAUX et FOURY, 1994).

II.3 Les avantages et les inconvénients du procédé hors sol

II.3.1. Les avantages du procédé hors sol

Selon MOREL (2005), l'intérêt de la culture hors sol :

- Elimination des contraintes liées au sol :
 - sol inadapté ou de mauvaise qualité agronomique.
 - présence d'agents pathogènes, de polluants.
- Simplification des techniques culturales :
 - pas de préparation de sol.
 - rotations culturelles rapides et mise en œuvre facile.
- Meilleure qualité du produit :
 - aspect esthétique.
 - réduction de l'utilisation de produits phytosanitaires.
- Meilleure productivité de la plante :
 - optimisation du potentiel de la plante.
 - réduction des pertes en culture.

Les avantages de la production hydroponique dans la région méditerranéenne restent globalement l'économie d'eau et l'augmentation des rendements (dans certaines régions où les sols ne sont pas très favorables aux cultures) (PADILLA, 2006).

II.3.2. Les inconvénients du procédé hors sol

Selon MORARD (1995), les cultures hors sol ont les inconvénients suivants :

- Coût d'installation et d'entretien (investissement, charges proportionnelles) élevé
- Utilisation d'une haute technologie.
- Qualité de produit élevée.
- Maîtrise incomplète des déchets (rejet de solution nutritive, certains substrats non recyclables).

CHAPITRE III : ETUDE DE LA PLANTE : LE HARICOT

III.1 Généralités

Le haricot (*Phaseolus vulgaris* L), est originaire de L'Amérique centrale (Mexique, Pérou) (DORE et VAROQUAUX, 2006) .Aussi que selon ; (PERON. 2006), il est originaire d'Amérique du Sud de sa zone tropicale de moyenne montagne. Sa domestication date de plus de 9700 ans.

La culture de cette légumineuse a pris une très grande importance en raison de la place qu'elle occupe dans l'alimentation humaine. Elle est utilisée soit pour sa gousse (consommation en vert), soit pour ses graines à l'état frais ou sec ou encore pour la conserve (LAUMONIER, 1979). Les graines du haricot sont particulièrement riches en protéines (PESSON et LOUVEAUX, 1984).

Toutes les espèces du genre *Phaseolus* sont diploïdes et ont 22 chromosomes ($2n = 22$), à l'exception de quelques unes qui ont subi une réduction aneuploïde à 20 chromosomes (GOUST, 2003)

III.2 Place du haricot dans le monde

La production mondiale des haricots selon les statistiques publiées en 2006, s'estimé à 28,6 millions de tonnes. Elle s'échelonne comme suit :

- 19,6 millions de tonnes avec 68% de haricots secs,
- 6,4 millions de tonnes avec 22% de haricots frais,
- Et 2,6 millions de tonnes avec 10% de haricots verts (Anonyme, 2004).

Tableau 3 : Principaux pays producteurs du haricot

Principaux pays producteurs en 2011	Production (T)
États-Unis d'Amérique	861190
France	340376
Maroc	157232
Philippines	116302
Mexique	110623
Turquie	78871

Source FAO (2012)

III.3 Haricot en Algérie

D'après ANONYME (2002), le haricot est une plante cultivée dans tout le territoire Algérien. Le haricot est placé en 13^{ème} position des cultures maraîchères, soit 2.16% de la production totale.

Parmi les légumes, le haricot occupe la 3^{ème} position par une surface de 14.57% et ce par rapport à la superficie totale réservée au maraîchage.

Tableau 4 : Production du haricot vert en Algérie 2010- 2012

Années	Superficie (ha)	Production (qx)	Rdt (qx /ha)
2010	167,09	12 144	72,7
2011	147,89	15 373	103,9
2012	141,48	14 460	102,2

Source (MADR, 2013)

III.4 Description de la plante

D'après ORIA (1969), le haricot est une plante à un cycle végétatif court (3 à 4 mois). La plante comprend les organes suivants :

III.4.1 Racines

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 il demeure trop peu de temps en terre (HUBERT, 1978).

En conditions moyennes, les racines atteignent 15 cm de profondeur au stade de la 3^{ème} feuille trifoliolée et dépassent 30cm au début de floraison (CHAUX et FOURY, 1994)

III.4.2 Tige

La tige du haricot est herbacée, parfois lignifiée à la base. Suivant le port de la tige, on distingue des formes naines et des formes hautes à rames (BEZPALY ,1984) Elle est angulaire, mince et volubile chez les variétés à rames, pouvant atteindre jusqu'à 3 mètres de hauteur, et de 20 à 40 cm chez les variétés naines, de couleur verte ou violacée vide à l'intérieur et d'un diamètre supérieur à 4mm (CABURET et LETHÈVE, 2002)

III.4.3 Feuilles

La feuille est simple quant elle est jeune. La feuille d'une plante adulte est composée. Elle est trifoliée (HOPKINS, 2003).

III.4.4 Fleurs

Les fleurs sont portées sur des grappes axillaires, de 4 à 10 fleurs. La corolle, papilionacée présente un étendard verdâtre à carmin, 2 ailes, blanches, une carène de même couleur. La fleur du haricot reste naturellement fermée (cleistogamie). Elle est très rarement visitée par les insectes (CHAUX et FOURRY, 1994).

III.4.5 Gousses

Les gousses sont droites arquées, à section aplatie, elliptiques ou arrondies (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).

III.4.6 Graine

Les graines du haricot peuvent présenter des formes, des couleurs et des consistances variables (DORE et VAROQUAUX, 2006). Selon ; (CABURET et LETHÈVE, 2002) les graines peuvent être blanches; roses; noires; marrons ou violettes. Elles sont rondes uniformes, cylindriques ou ovales.

III.5 Classification botanique

La classification pratique des variétés de haricot repose essentiellement sur le mode de croissance, qu'il soit indéterminé ou apparemment déterminé, et la structure de la gousse avec la forme de section transversale entre autres. La classification botanique du haricot établie par (BOUMLIK, 1995) se présente comme suit :

Embranchement.....	Spermaphytes
Sous-embranchement.....	Angiospermes
Ordre.....	Rosales
Famille.....	Légumineuses
Genre	Phaseolus
Espèce.....	<i>Phaseolus vulgaris</i>

Le cycle de développement est court qui peut être de 90 à 100 jours pour les variétés naines et de 100 à 120 jours pour les variétés grimpanes.

III.6 Exigences de la plante

III.6.1 Exigences climatiques

III.6.1.1 Température

D'après PERON (2006), les haricots verts sont cultivés en zone tempérée comme en zone tropicale. La température optimum pour sa culture est entre 20°C et 25°C. Le zéro végétatif est à 10°C et les fortes chaleurs sont néfastes à la fécondation des fleurs.

C'est une plante de climat chaud, qui nécessite donc des températures assez élevées. Sa température un peu élevée que les haricots nains. La germination n'est normale qu'au dessus de 14 à 15°C (CHAUX, 1972).

Selon LAUMONIER (1979), le haricot est une plante très sensible à l'influence de la température. Cette sensibilité varie selon les variétés. Les haricots à rames demandent une température un peu élevée que les haricots nains.

Tableau 5: Besoins en température selon les stades de développement.

Stade de développement	Besoin en température (°C)
La germination	20 à 25
la croissance végétative et Floraison	15 à 25
Formation des gousses	>30

(CHAUX et FOURY ,1994).

III.6.1.2 Lumière

La plante présente une forte sensibilité à l'intensité lumineuse, notamment au moment de la floraison. Une insuffisance en lumière entraîne l'avortement des fleurs (PERON, 2006). La croissance et la fructification demande seulement 2400 Lux (MASS ,1986).

III.6.1.3 Humidité

Le haricot exige autant en humidité de l'air que du sol pendant sa végétation (KOLEV ,1976)

III.6.2 Exigences édaphiques

Les sols les plus indiqués pour la culture du haricot sont ceux à texture moyenne, donc argilo-siliceux, profonde (CHAUX, 1972); fertiles à pH compris entre 6,5 à 7,5. (VOINEA et MAIER, 1976). Ces auteurs notent que le haricot préfère bien les sols peu profonds et bien approvisionnés en eau et en sels minéraux. Toujours selon les mêmes auteurs, sur des sols

froids, lourds et acides, la levée n'est pas homogène et les plantes deviennent très sensibles aux maladies ainsi que la fixation de l'azote par les bactéries sur les nodosités racinaires devient très faible.

Les sols destinés à la culture du haricot doivent présenter des caractéristiques générales de perméabilité et un bon état sanitaire et de richesse relative (LAUMONIER, 1979).

III.6.2.1 Salinité

Le haricot est une espèce très sensible aux excès de la salinité. Il redoute le chlorure de sodium et le bore (CHAUX, 1972).

Certains précédents culturaux sont à éviter ; la betterave par exemple, en raison des apports importants de chlorure de potassium et de bore qui lui sont nécessaires, ce qui augmente sensiblement le taux de la salinité des sols (LAUMONIER, 1979).

La sensibilité du haricot à la salinité par rapport aux espèces tolérantes se manifeste par une faible résistance des tissus à la déshydratation initiale (diminution de la capacité de l'absorption de l'eau) (HAMZA, 1980).

III.6.2.2 PH :

Le pH optimum se situe entre 6 et 7,5. Cette fourchette correspond à l'optimum pour le développement de *rhizobium phaseoli*, bactérie fixatrice de l'azote de l'air pour le haricot (PERON, 2006).

La chute de rendement est relativement lente lorsque l'alcalinité croit, alors qu'elle est très brutale lorsque le pH descend au-dessous de " 6 " (CHAUX et FOURY ; 1994)

III.6.3 Exigences hydriques

Le facteur eau est très important pour la qualité des filets des variétés cultivées (LAUMONNIER, 1979). Aussi, les travaux de BESAPLAY (1984), ont montré que pendant la floraison et la formation des gousses, le haricot exige beaucoup d'eau. L'insuffisance de l'humidité au cours de cette phase de développement, diminue considérablement le rendement. L'excès d'eau, allonge la période de fructification et favorise l'attaque des maladies fongiques telle que l'antracnose (STANTON, 1970)

III.6.4 Exigences nutritionnelles

Les haricots verts apprécient un apport de potasse et de phosphore, qui doit être fait sous une forme rapidement assimilable (superphosphate, sulfate de potasse). Etant donné le cycle de la culture est assez court. Comme tous les haricots, assimilent l'azote de l'air, un apport de 60 à 80 unités d'azote à l'hectare, immédiatement avant ou après le semis, est généralement recommandé et permet une amélioration du rendement (VOINEA et MAIER, 1976).

Tableau 6: Fumures apportées pour la culture du haricot.

Fumures	Pour la production des haricots verts			Pour la production des haricots secs		
	N	P	K	N	P	K
Fumier bien décomposé 25t / ha	N	P	K	N	P	K
Amonitrate	50			50		
Superphosphate		70			110	
Sulfate de potasse			150			150
Total des unités exprimées en Kg	50	70	150	50	110	150
Ordre de grandeur de l'équilibre minéral.	1	1.40	3	1	2.2	3

(VOINEA et MAIER, 1976)

III.7 Travaux d'entretien

III.7.1 Binage et buttage

Deux binages assurés au tracteur léger. Le premier est effectué quelques jours après la levée, le second, qui sert de buttage, un peu avant la floraison, c'est-à-dire sensiblement un mois plus tard. On peut effectuer un léger buttage. Ces soins culturaux visent à maintenir l'aération et la fraîcheur du sol et favoriser l'assimilation des fumures (LAUMONNIER, 1979).

III.7.2 Désherbage

Le désherbage chimique du haricot est valable mais il demande de la prudence et de l'expérience. Le comportement des variétés et aussi des saisons de mise en culture étant fort variables (LAUMONNIER, 1979).

III.7.3 Arrosage

Les arrosages distribués par aspersion sont à exécuter le soir pour écarter tout risque de grillage du feuillage (LAUMONNIER, 1979).

III.7.4 Tuteurage

Les haricots à rames ont besoin d'être tuteurés pour le soutien des pousses, qui atteignent 1,80 m. Les bambous, piquets, ficelles, fil de fer, grillage sont utilisés pour le tuteurage (DOOREMBOS, 1980).

III.8 Maladies et parasites du haricot

Tableau 7 : Les maladies et les parasites du haricot.

Organe attaqués et symptômes	Parasites ou Maladies	Traitement observation produit conseillé
La mouche de semis ronge les cotylédons et détruit le bourgeon central	Mouche des semis	Avant le semis Traitement préventif des sols avec : MOUCHES DES LEGUMES
Feuilles décolorées, couvertes de petits points blancs, présence d'acariens à la face inférieure	Tétranyques (araignées jaunes)	Ils sont favorisé s par la sécheresse ; pulvériser : ANTI ARAIGNEES et JAUNES
Colonies de pucerons noirs ou verts	Pucerons	ils transmettent de graves viroses. pulvérisés : INSECTICIDE LIQUIDE dès leur apparition
Feuilles portant des taches suivant les nervures, taches circulaires sur les gousses.	Anthraxose	Effectuez trois traitements préventifs a partir de l'apparition des 1 ^{er} feuilles jusqu'après la floraison avec : MALADIES et POURRITURES
Postules brunes sous et sur les feuilles.	Rouille	Traitez préventivement les cultures tardives : MALADIES et POURRITURES
Feuilles et gousses portant des taches huileuses qui se nécrosent	Graisse	Maladies bactériennes, pulvérisés préventivement : BOUILLIE BORDELAISE
Pourriture grise avec feutrage grisâtre sur les gousses	Botrytis	Favorise par les conditions humides et un grand développement de la végétation ; pulvériser : MALADIES et POURRITURES

(JARDIN.1995)

III.9 Récolte

Selon Kolev (1976), les gousses atteignent une longueur, une forme et une couleur typique pour la variété. Elle se situe entre 12 et 15 jours après la floraison dans les conditions normales de températures et d'humidité. A ce moment, les cueillettes doivent se faire très fréquemment et régulièrement tous les deux à trois jours car les gousses durcissent.

CHAPITRE IV : Matériels et méthodes

4-1- Objectif d'expérimentation :

Le présent travail a pour objectif de voir l'impact de la concentration saline et du potentiel hydrogène sur le haricot, variété djadida dans cinq milieux nutritifs salins en hors-sol.

4-2- Matériel végétal testé :

Le matériel végétal utilisé dans notre expérimentation est le haricot vert (*Phaseolus vulgaris*) variété Djadida.

Le haricot est une espèce qui se développe rapidement, mais qui est très sensible à la salinité. Sa tolérance aux sels est faible. Elle est de l'ordre de 0.5 à 2g/l.

La variété Djadida est une plante très cultivée en Algérie qui possèdent les caractéristiques suivantes :

- type mangetout, variété naine ;
- Bonne vigueur ;
- Feuilles longues de couleur verte claire à Fleurs blanches ;
- Gousses de longueurs moyennes (16 cm), et de diamètre de (10 mm) à couleur verte foncée sans fil .
- Forme de la graine est sub-céniforme de couleur marron noirâtre;
- Résistance : BCMV, mildiou poudreux

4-3- Conditions expérimentales

4-3-1- Lieu de l'expérience

Notre expérimentation a été réalisée à la station expérimentale du département d'agronomie de Blida, sous serre de 382,5 m² en polycarbonate dont :

- L'orientation est nord-sud.
- L'aération est assurée par des fenêtres placées latéralement de part et d'autres de la serre.



Figure N°1 : Présentation du site expérimental (Google earth;2011).

Afin de suivre l'évolution de la température au cours du cycle de développement de l'espèce testée, nous avons installé un thermomètre au milieu de la serre. Les relevés quotidiens ont été effectués à trois moments de la journée (9h, 12h, 16h). Le tableau n°8 indique les moyennes des températures par décade.

Tableau 8: Moyennes des températures par décade en °C.

Périodes	Températures		
	09 ^h	12 ^h	16 ^h
17-12-12 au 26-12-12	11,9	26,1	24,1
27-12-12 au 05-01-13	9,5	20,1	20,9
06-01-13 au 15-01-13	8,7	20,8	22,2
16-01-13 au 25-01-13	10,8	17,2	18,7
26-01-13 au 04-02-13	9,2	22,5	22,9
05-02-13 au 14-02-13	8	17,8	22,5
15-02-13 au 24-02-13	10,1	22,3	24
25-02-13 au 06-03-13	6,62	19,7	19
07-03-13 au 16-03-13	14	25,7	24,3
17-03-13 au 26-03-13	16,8	24,5	24,4
27-03-13 au 05-04-13	19,4	27,2	26,2
06-04-13 au 15-04-13	17,9	29	26,6

D'après les données du tableau (8), nous constatons que les températures matinales moyennes, étaient défavorables à la croissance du haricot et ce par rapport aux données préconisées par CHAUX et FOURY (1994) qui se situent entre 15 et 30°C. A partir de 12h, les températures moyennes sont devenues plus favorables à la croissance et au développement de la plante testée.

4-3-2- Substrat :

Dans notre expérimentation on a utilisé du gravier concassé de carrière 3 à 8 mm de diamètre comme substrat. Il provient de la carrière de Chebli situé à 25 Km d'Alger. Afin d'écartier tous les risques de contamination, une procédure de désinfection du substrat a été effectué comme suite :

- Lavage à l'eau afin de supprimer les particules terreuses et les débris végétaux.
- Remplissage des pots avec le gravier lavé.
- Désinfection du gravier avec une solution Hypochlorite de sodium diluée de concentration initiale 12°, durant 24h;
- Au moment du semis, rinçage abondant de tous les pots à l'eau courante pour éliminer toutes les traces de l'eau de javel fortement nocives pour les jeunes plantes

4-3-3- Containers :

Les containers utilisés sont des pots en polyéthylène de couleur sombre (noir) ayant une capacité de 3,5L et présentent des orifices de drainage à leur base afin de permettre l'évacuation des solutions nutritives excédentaires.

4-4- Dispositif expérimental :

Le dispositif expérimental adopté est un plan sans contrôle d'hétérogénéité (randomisation totale), dont l'affectation des traitements s'est faite d'une manière aléatoire selon la table des permutations des nombres aléatoires de (01) à (10).

Le dispositif expérimentale est constitué par la combinaison d'un seul facteur : (facteur solution à 05 niveaux), L'ensemble du dispositif expérimental adopté donne donc 05 traitements, répétés sept fois, soit 35 unités expérimentales au total.

T2	T4	T5	T1	T3
T1	T5	T2	T4	T3
T4	T1	T3	T2	T5
T3	T4	T2	T5	T1
T5	T2	T4	T1	T3
T2	T3	T4	T5	T1
T1	T2	T3	T4	T5

Figure N°2 : schéma de dispositif expérimental

T1, T2, T3, T4 et T5 : Traitements utilisés.



Figure N°3 : vue de dispositif expérimental.

4-5- Traitements testés :

- **T1** : solution saline naturelle ayant un PH=7 ,5
- **T2** : solution saline naturelle ayant un pH = 5,5 – 5,8 ;
- **T3** : solution saline corrigée ; pH = 5,5 – 5,8 ;
- **T4** : la solution saline corrigée diluée à 20% ;
- **T5** : la solution saline corrigée diluée à 40%.

4-5-1- Reconstitution de la solution saline naturelle d'origine de Chélif à partir de l'eau de Blida : T1

Dans sa nature, l'eau de Chélif renferme des teneurs en éléments nettement supérieures aux besoins de certaines espèces végétales.

Nous avons réalisé la reconstitution de l'eau de oued Chélif avec l'eau de Blida, en prenant compte des éléments minéraux déjà présents dans cette eau, en apportant les éléments manquants afin d'avoir un total anions et cations le proche possible de l'analyse initiale.

Tableau 9 : composition de l'eau de Blida en meq/l pH=7.52

Eau de Blida	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Total
	0.35	00	0.80	0.60	
K+					0
00					
Na ⁺					1.30
1.30					
Ca ⁺⁺					2.80
2.80					
Mg ²⁺⁺					1.80
1.80					
NH ₄ ⁺					00
00					
HCO ₃ ⁻					4.08
4.08					
Total	0.35	00	0.80	0.60	

Tableau 10: Eau d'oued Chélif, reconstituée avec l'eau de Blida en meq /l, pH= 7.52 (T1)

Eau de Blida	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Total
	0.35	00	0.80	0.60	
K+				0.35	0.35
00					
Na ⁺			1.14	7.46	9.90
1.30					
Ca ⁺⁺				6.45	9.25
2.80					
Mg ²⁺⁺			7.40		9.20
1.80					
NH ₄ ⁺					00
00					
HCO ₃ ⁻					00
4.08					
Total	0.35	00	9.35	14.86	

4-5-2- Quantités et ordres de dissolution des sels : T1

- $KCl = 0.35 \times 74.54 = 26.08 \text{ mg/l}$
- $Na_2SO_4 = 1.14 \times 71.01 = 80.95 \text{ mg/l}$
- $NaCl = 7.46 \times 58.43 = 435.88$
- $CaCl_2 = 6.45 \times 73.49 = 474.01 \text{ mg /l}$
- $MgSO_4 = 7.40 \times 123.18 = 911.53 \text{mg /l}$
- Concentration de l'eau de Blida = 433.9 mg/l

Concentration
Total = 2362.35 mg/l
Soit 2.36 g/l

4-5-3- Reconstitution du traitement deux : T2

Tableau 11 : Eau d'Oued Chélif, reconstituée avec l'eau de Blida en meq /l, avec correction du pH= 5.5-5.8 (T2)

T2	NO ₃ ⁻ 0.35	PO ₄ ³⁻ 0	SO ₄ ²⁻ 0.80	Cl ⁻ 0.60	Total
K ⁺ 0				0.35	0.35
Na ⁺ 1.30			1.14	7.46	9.90
Ca ⁺⁺ 2.80				6.45	9.25
Mg ⁺⁺ 1.80			7.40		9.20
NH ₄ ⁺ 0					0
HCO ₃ ⁻ 4.08	2,20	1,10			7,38
Total	2,55	1,10	9.35	14.86	

L'utilisation de l'acide phosphorique et l'acide nitrique nous a permis de détruire partiellement les bicarbonates (HCO₃) et rendre le pH au voisinage de 5,5 à 5,8.

Ces deux acides permettent d'une part l'abaissement du pH et l'apport des éléments utiles et nécessaires pour la plante.

La quantité d'acide nécessaire à l'abaissement du pH est 3,3 meq/l. Cette quantité sera partagée entre : H₃PO₄ = 1,1 meq/l (correspond aux besoins des végétaux qui sont de 3,3 meq/l de phosphore), et HNO₃ = 3.3 – 1.1 = 2.2 meq/l (besoins partiels en nitrates). Donc le traitement T2 = T1 + 1,1 (H₃PO₄) + 2,2 (HNO₃).

4-5-4- Quantités et ordres de dissolution des sels : T2

- HNO₃ = 2,2 × 63 = 138,61 mg/l
 - H₃PO₄ = 1,10 × 98 = 107,80 mg/l
 - KCl = 0.35 × 74.54 = 26.08 mg/l
 - Na₂SO₄ = 1.14 × 71.01 = 80.95 mg/l
 - NaCl = 7.46 × 58.43 = 435.88
 - CaCl₂ = 6.45 × 73.49 = 474.01 mg /l
 - MgSO₄ = 7.40 × 123.18 = 911.53mg /l
 - Concentration de l'eau de Blida = 433.9 mg/l
- Concentration
Total = 2608.76 mg/l
Soit 2.608 g/l

4-5-5- Elaboration du traitement T3:

Le traitement T3 est une correction du traitement T1. La solution nutritive T3 renferme tous les éléments nécessaires au développement des plantes, à savoir les macroéléments et la solution complémentaire d'oligoéléments.

Tableau 12 : Eau d'Oued Cheliff corrigée, reconstituée avec l'eau de Blida en meq/l.

pH = 5.5-5.8 (T3)

T3	NO ₃ ⁻ 0.35	PO ₄ ³⁻ 0	SO ₄ ²⁻ 0.80	Cl ⁻ 0.60	Total
K ⁺ 0				4.35	4.35
Na ⁺ 1.30			0,42	8,18	9.90
Ca ⁺⁺ 2.80	5,85			0,60	9.25
Mg ⁺⁺ 1.80			7.40		9.20
NH ₄ ⁺ 0	1,80				1,80
H ⁺	2,20	1,10			3,30
Total	10,20	3 ,30	8,62	13,50	

Tableau 13 : composition des solutions complémentaires d'oligoéléments

Solution « A »			Solution « B »		
Eléments	Dose g/l	Prélèvement (ml)	Elément	Dose g/l	Prélèvement (ml)
Molybdate d'ammonium (NH ₄) ₆ (MO ₇ O ₂₄) 4H ₂ O	0,50	0,10	Séquestrène de fer	2.00	5.00
Acide borique (H ₃ BO ₃)	15,00				
Sulfate de manganèse (MnSO ₄ , 5H ₂ O)	20,00				
Sulfate de cuivre (CuSO ₄ , 5H ₂ O)	2,50				
Sulfate de zinc (ZnSO ₄ , 7H ₂ O)	10.00				

4-5-6- Quantités et ordres de dissolution des sels de la solution nutritive T3 :

- $\text{HNO}_3 = 2,2 \times 63 = 138,61 \text{ mg/l}$
 - $\text{H}_3\text{PO}_4 = 1,10 \times 98 = 107,80 \text{ mg/l}$
 - $\text{KCl} = 4,35 \times 74,54 = 439,78 \text{ mg/l}$
 - $\text{Na}_2\text{SO}_4 = 0,42 \times 71,02 = 29,82 \text{ mg/l}$
 - $\text{NaCl} = 8,18 \times 58,43 = 477,95 \text{ mg/l}$
 - $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 = 5,85 \times 118,07 = 690,53 \text{ mg/l}$
 - $\text{CaCl}_2 = 0,60 \times 73,51 = 44,09 \text{ mg/l}$
 - $\text{MgSO}_4 = 7,40 \times 123,18 = 752,21 \text{ mg/l}$
 - $\text{NH}_4\text{NO}_3 = 1,80 \times 80,00 = 144,0 \text{ mg/l}$
 - Concentration de l'eau de Blida = 433,9 mg/l
 - Oligo-élément A et B = 14,8 mg/l
- Total = 3273,49 mg/l
Soit 3,27 g/l

4-5-7- Elaboration du traitement T4

Pour obtenir le traitement T4, on a dilué cinq fois le traitement T3. Pour 1 litre de T4 on prend 200ml de T3 et on réajuste jusqu'à 1000ml avec l'eau naturelle de Blida.

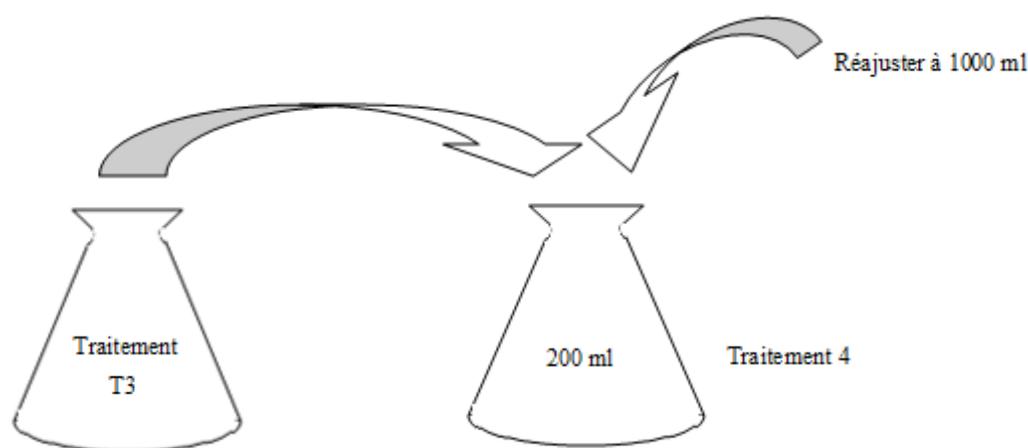


Figure n°4 : Schéma d'élaboration du traitement T4

4-5-8- Elaboration du traitement T5

Pour l'élaboration du traitement T5 on prend 400ml de la solution nutritive T3 et on réajuste jusqu'à 1l, ainsi on a dilué deux fois et demi la solution saline corrigée T3.

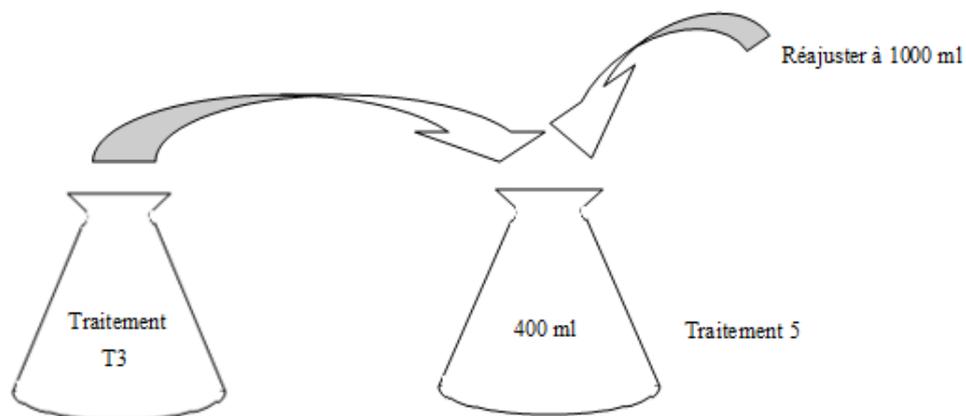


Figure n°5 : Schéma d'élaboration du traitement T5

4-6- Pré-germination des graines :

La pré-germination a été réalisée le : **06/12/2012** dans une étuve à une température de 25°C, les graines sont mises dans des boîtes de pétri sur un papier imbibé d'eau. La faculté germinative était de 80%, après trois jours de germination.

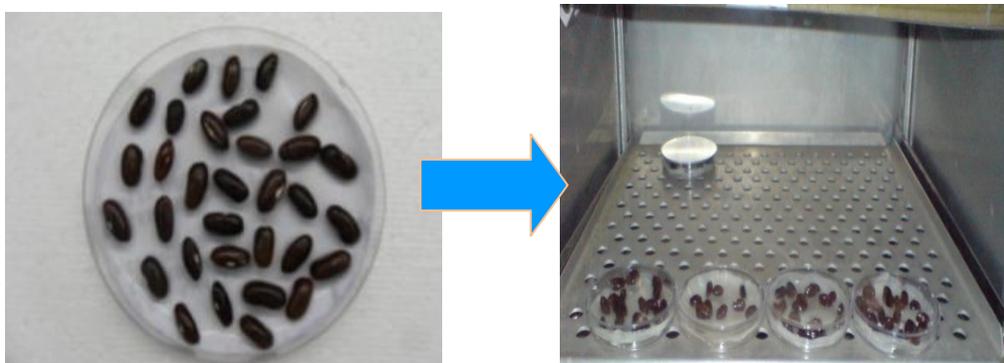


Figure N°6: Essai de germination des graines d'haricot dans l'étuve.

4-6-1- Repiquage des jeunes plants :

Le repiquage des plants en place définitive a été réalisé le **10/12/2012** à raison de deux germes par pot.



Figure N°7 : levée des plantules

Les jeunes plantules ont été arrosées avec l'eau de robinet tiède pendant une semaine, jusqu'à l'apparition des feuilles cotylédonaire. Ensuite, nous avons procédé à l'application de la solution nutritive standard (complète et équilibrée), et ce juste pour avoir un matériel végétal vigoureux et homogène de départ.

Le **06/01/2013** soit 26 jours après le semis, nous avons commencés l'application des différents traitements.

4-7- Entretien de la culture :

4-7-1- Irrigation :

Le système d'irrigation adopté est celui de la percolation à circuit ouvert permettant l'évacuation de la solution d'irrigation en excès.

Il est important dans la culture hors sol de connaître les besoins journaliers en solution nutritive des cultures, pour pouvoir rationaliser les besoins selon les stades de développement du végétal et ce pour éviter les déficits et les éventuels excès de solution nutritive.

La dose et les fréquences des arrosages varient selon le cycle de développement de la plante et les conditions climatiques telle que la température.

Tableau 14: doses et fréquences nécessaires pour la culture du haricot.

Dates	Stade végétatif	La dose d'irrigation	La fréquence
10/12/2012 au 05/01/2013	Germination au stade trois feuilles	20ml	3fois / j
06/01/2013 au 03/02/2013	Stade trois feuilles au début floraison	40ml	3fois / j
04/02/2013 au 14/02/2013	Début floraison à la formation des fruits (gousses)	60ml	3fois / j
15/02/2013 au 01/04/2012	Formation des fruits à la récolte	80ml	4fois / j

4-7-2- Traitements phytosanitaires :

Au cours de l'expérimentation, nous avons effectué des traitements préventifs et curatifs pour écarter toute attaque cryptogamique ou celle d'insectes nuisibles contre les plantes selon le modèle suivant :

Tableau15 : Programme des traitements phytosanitaires appliqués

Dates	Produit	Matière active	Désignation	Dose	Fréquence du traitement
15/01/2013	Duresban	Chorpyriphos-éthyle (50g/kg)	Traitement préventif contre les insectes	3 g / l	1 fois/ semaine
18/01/2013	Medomyl	Mancozeb 64% Metaloxyl 8%	Traitement préventif contre les maladies cryptogamiques	3 g / l	1 fois/ semaine

4-7-3- Palissage :

Malgré que la variété du haricot utilisée dans notre expérimentation est une variété naine, à un moment donné on a remarqué que les plantes avaient tendance à ce recourbé ce qui nous a permis de placer des ficelles, permettant de maintenir les plantes dressées.

4-8- Récolte :

Durant notre expérimentation, nous avons effectué trois récoltes. Les gousses récoltées sont de type haricot mangetout.

Récolte 1 : 12/03/2013 c'est-à-dire 93 jours après semis.

Récolte 2 : 21/03/2013 c'est-à-dire 102 jours après semis.

Récolte 3 : 01/04/2013 c'est-à-dire 114 jours après semis.

4-9- Dosage des paramètres biochimiques:

4-9-1- Dosage de la proline :

La proline est dosée selon la technique utilisée par TROLL et LINDESLEY (1955) simplifiée et mise au point par DREIER et GORING (1974) et modifiée par MONNEVEUX et NEMMAR (1986).

Le principe est la quantification de la réaction proline-ninhydrine par mesure spectrophotométrique. La proline se couple avec la ninhydrine en formant un complexe coloré.

L'intensité de la coloration est proportionnelle à la quantité de proline dans l'échantillon.

La méthode consiste à mettre 100 mg de matière fraîche végétale dans des tubes à essai et on ajoute 2 ml de Méthanol à 40 %. Les tubes couverts (pour éviter la volatilisation de l'alcool) sont portés à l'ébullition au bain-marie à 85 °C pendant 60 min.

Après refroidissement, 1 ml de la solution a été prélevé de chaque tube et mis dans de nouveaux tubes auxquels, nous avons ajouté 1 ml d'acide acétique et 25 mg de ninhydrine.

Ensuite, on ajoute, dans chaque tube, 1 ml d'un mélange contenant; 120 ml d'eau distillée, 300 ml d'acide acétique, 80 ml d'acide ortho phosphorique.

On porte les tubes à essai à ébullition au bain Marie durant 30 min. Après refroidissement des solutions, on ajoute 5 ml de toluène dans chaque tube. Après agitation au vortex deux phases apparaissent. On prélève la phase supérieure à laquelle on ajoute 5 mg du sulfate de sodium, puis on les laisse au repos pendant 48h. On procède à la lecture de la densité optique des échantillons avec le spectrophotomètre (UV) à la longueur d'onde de 528 nm.

La détermination de la teneur de la proline est réalisée selon la formule:

$$\text{Proline } (\mu\text{g/g MF}) = \text{DO}_{528} \times 0.62$$

4-9-2- Dosage de la chlorophylle :

L'extraction de la chlorophylle (a) et (b) a été réalisé selon la méthode de FRANCIS et al (1970). La méthode d'extraction consiste en une macération des feuilles (0.1g) dans 10 ml du mélange de l'acétone et de l'éthanol (75 % et 25%) de volume et de (80% et 40%) de concentration. Les feuilles sont coupées en petits morceaux et mises dans les boîtes noires (pour éviter l'oxydation de la chlorophylle par la lumière), 48h plus tard, on procède à la lecture des densités optiques des solutions avec un spectrophotomètre (UV), à deux longueurs d'ondes : (645 et 663 nm).

La détermination des teneurs réalisée selon les formules :

- Chl a ($\mu\text{g/g MF}$) = $12,7 \times \text{DO}_{(663)} - 2,59 \times \text{DO}_{(645)} \times V / (1000 \times W)$;
- Chl b ($\mu\text{g/g MF}$) = $22,9 \times \text{DO}_{(645)} - 4,68 \times \text{DO}_{(663)} \times V / (1000 \times W)$.
- Chl c ($\mu\text{g/g MF}$) = $[1000 \times \text{DO}_{(470)} - 1,7 \times \text{Chl a} - 63,14 \times \text{Chl b}] / 214$.

V : volume solution extraite et W le poids de matière fraîche de l'échantillon.

4-10- Paramètres de croissance mesurés:

4-10-1- La vitesse de croissance :

Le principe consiste à diviser la hauteur des plants de chaque traitement par le nombre de jours, correspondant à chaque mesure. Ce paramètre est exprimé en cm / jour.

4-10-2- Hauteur finale des plantes :

Cette mesure a été effectuée au moment de la coupe à l'aide d'une règle graduée.

4-10-3- Nombre des feuilles :

Ce paramètre a été réalisé au moment de la coupe, le principe consiste à faire un comptage des feuilles pour chaque plant.

4-10-4- Diamètre des tiges :

La mesure de diamètre finale des tiges de chaque plant a été effectuée à l'aide d'un pied à coulisse au moment de la coupe.

4-10-5- Biomasse fraîche produite :

Au moment de la coupe, nous avons pesé les différents organes de la plante (feuilles, tiges, racines) en gramme à l'aide d'une balance. L'opération a été réalisée comme suite :

- Poids frais total (feuilles + tiges) de chaque plante.
- Poids frais des feuilles de chaque plante.
- Poids frais de la tige de chaque plante.
- Poids frais de la racine de chaque plante.
- Poids frais d'un échantillon moyen des feuilles.
- Poids frais d'un échantillon moyen des tiges.
- Poids frais d'un échantillon moyen des racines

4-10-6- Biomasse sèche produite :

La matière sèche a été mesurée après le séchage de la matière fraîche dans une étuve à 70°C jusqu'à stabilité du poids sec, nous avons pesé :

- Poids sec de l'échantillon moyen des feuilles.
- Poids sec de l'échantillon moyen des tiges.
- Poids de l'échantillon moyen des racines.

4-10-7- Taux de la matière sèche produite :

Le taux de matière sèche est exprimé en pourcentage [%] et qui est calculé comme suit:
 $\% \text{ MS} = (\text{poids sec} / \text{poids frais}) \times 100$. Nous avons calculé quatre variables :

- Taux de la matière sèche des feuilles (%).
- Taux de la matière sèche des tiges (%).
- Taux de la matière sèche totale (feuilles + tiges) (%).
- Taux de la matière sèche des racines.

4-11- Paramètres de production :

4-11-1- Taux d'avortement des fleurs :

Le taux d'avortement est exprimé par la différence entre le nombre total des fleurs apparues et le nombre total des fleurs nouées ou transformées en gousse.

4-11-2- Nombre des gousses :

Nous avons compté toutes les gousses produites par les plantes

4-11-3- Poids frais moyen des gousses :

Nous avons pesé chaque gousse récoltée par plante puis nous avons calculé le poids moyen des gousses par plantes, parce que la récolte est échelonnée.

4-11-4- Poids sec moyen des gousses :

Le poids sec moyen a été mesuré après le séchage des gousses dans une étuve à 70°C jusqu'à stabilité du poids.

V.1 Paramètres de croissance

V.1.1- Aspect général des plantes :

Après l'application des différentes solutions, nous avons constaté que l'effet traitement est remarquable sur les plantes du haricot.



Figure N°8: Aspect général des plantes irriguées par les cinq traitements testés



Figure N°9: Comparaison entre le traitement salin naturel T1 (pH=7.52) et le traitement salin naturel T2 (pH=5.5-5.8)

Les plantes irriguées par la solution saline naturelle (T1), sont chétives, de couleur verte jaunâtre avec un nombre réduit de feuilles, de fleurs et de gousses. En revanche les plantes irriguées par la solution saline corrigée (T3), les solutions diluées (T4-T5), et la solution saline T2 (pH=5.5-5.8), sont vigoureuses, de couleur verte foncée avec un nombre élevé de feuilles, de fleurs et de gousses.

V.1.2- Vitesse de croissance des plantes:

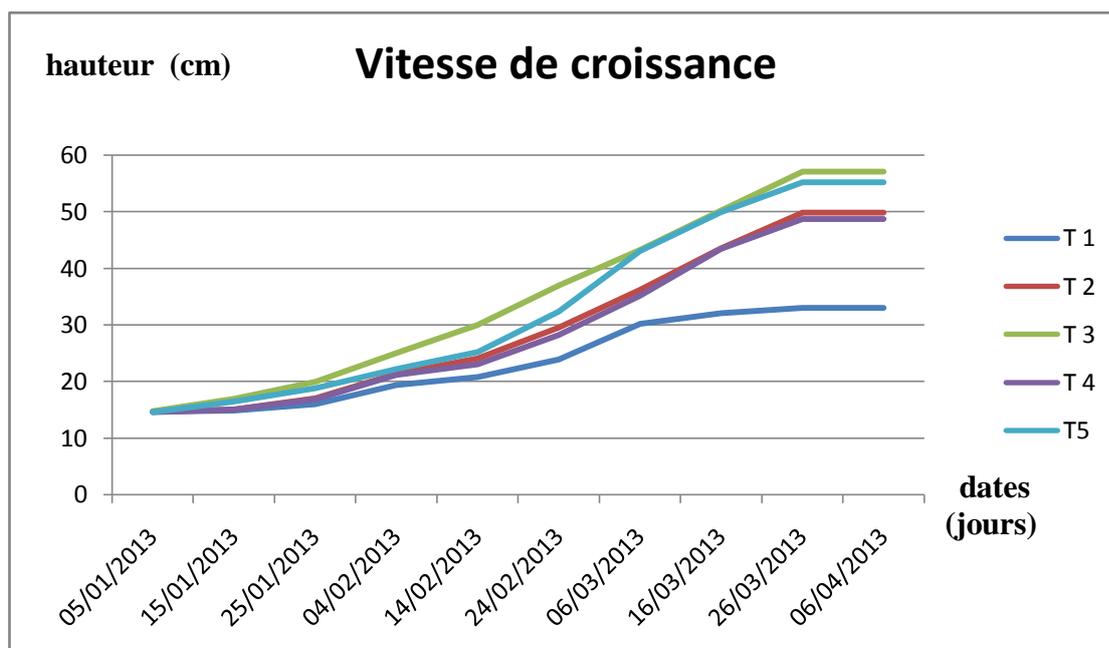


Figure N°10: la vitesse de croissance des plantes du haricot (cm /jour)

La courbe ci-dessus montre l'évolution de la vitesse de croissance des plantes du haricot après l'application des différents traitements.

Au niveau de la figure N°10, nous constatons que la vitesse de croissance des plantes testées passe par trois phases :

- La première phase débute du (05/01/2013) jusqu'à la date de (15/01/2013). Cette phase se traduit par une faible croissance qui peut être expliquée par la période d'adaptation des jeunes plantules dans les milieux nutritifs correspondants.

-La deuxième phase du (15/01/2013) jusqu'au (26/03/2013), où l'on distingue une vitesse de croissance importante au niveau des traitements T3 et T5 par rapport à la solution saline naturelle T1. Ceci peut être expliqué par la présence au niveau des traitements T3 et T5 des éléments nutritifs favorables à la croissance des plantes notamment le N, P, K et les oligo-éléments, en plus le pH (5.5-5.8) de ces solutions qui est considéré comme un facteur déterminant dans l'absorption hydrominérale des plantes dans un environnement salin. Le traitement T2 donne une croissance importante par rapport au traitement T4. A l'inverse la faible croissance des plantes au niveau du traitement T1 peut être liée à la concentration saline élevée de la solution et son déséquilibre ionique, aussi à son pH élevé (pH=7,5).

-Enfin la troisième phase qui correspond au (26/03/2013) jusqu'à (6/04/2013) qui est une phase stationnaire.

V.1. 3- Hauteur finale des plantes en (cm):

La hauteur finale des plants a été mesurée au moment de la réalisation de la coupe. Les résultats relatifs au paramètre mesuré, sont présentés dans le tableau 16.

Tableau16 : Hauteur finale des plantes en (cm):

Traitements utilisés Paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
Hauteur finale des plantes en (cm)	33.07 ± 0.61 d	48.70 ± 1.01 c	57.00 ± 1.29 a	49.06 ± 1.02 c	55.19 ± 0.61 b

L'analyse de la variance révèle une différence hautement significative ($P < 0,0000$) du facteur traitement sur le paramètre mesuré. Le test de Newman-Keuls ($\alpha = 5\%$) classe les traitements testés en quatre groupes homogènes à savoir le groupe (a), (b), (c) et (d).

Les résultats obtenus durant la coupe finale montre qu'il y a une augmentation de la hauteur des plantes au niveau du traitement salin corrigés T3, les traitements dilués à 20% T4 et à 40% T5 et le traitement T2 ou on a corrigé que le pH et ce par rapport au traitement salin naturel T1. Ceci peut s'expliquer par l'équilibre ionique parfait dans les solutions salines corrigées et de leur richesse en éléments fertilisants, notamment la présence des éléments utilisés tels que l'azote, le phosphore, le potassium et les oligo-éléments.

A l'inverse les hauteurs les plus faibles sont observées chez les plantes irriguées par la solution saline naturelle T1. Ceci peut être expliqué par un déséquilibre ionique entre les éléments et au pH alcalin défavorable pour une meilleure absorption hydrominérale des plantes dans ce milieu salin naturel.

Des résultats similaires ont été confirmés par Hela et Al, (2008) où ils ont montré que les deux principales manifestations de la salinité sont la réduction de la taille des plantes, et l'apparition des nécroses foliaires dues aux concentrations plus élevées, signes d'une toxicité par excès d'accumulation du sel dans les feuilles.

Il est nécessaire d'élaborer un tableau relatif à la croissance du paramètre mesuré à savoir la hauteur finale des plants par rapport au traitement salin naturel T1.

Tableau17:Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1 :

Accroissement de la hauteur finale par rapport au T1	T2	T3	T4	T5
	147,26%	172,36%	148,35%	166,88%

Les résultats du tableau 17, montre l'existence d'un effet du traitement sur la hauteur finale des plantes :

En effet, on constate que le traitement corrigé T3 semble présenter l'accroissement le plus élevée (172,36%), et ce compte tenu la richesse du milieu nutritif en éléments minéraux indispensable.

V.1. 4-Diamètre moyen des tiges en (mm):

Les résultats de ce paramètre sont présentés dans le tableau18.

Tableau18 : Diamètre moyen des tiges en (mm):

Traitements utilisés Paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
Diamètre moyen des tiges en (mm)	4.14 ± 0.38 d	6.86 ± 0.69 c	10.86 ± 1.07 a	7.43 ± 0.53 bc	8.14 ± 0.69 b

L'analyse de la variance nous renseigne l'existence d'une différence hautement significative pour ($P < 0,0000$). Les mesures effectuées ont montré que les traitements T3 et T5 enregistrent une augmentation du diamètre avec des moyens de 10,86mm et 8,14mm respectivement par rapport au traitement salin naturel T1 avec une valeur de 4.14mm

Le test de Newman-Keuls ($\alpha = 5\%$) classe les traitements testés en cinq groupes homogènes (a), (b), (bc), (c), et (d).

Les carences en éléments essentiels entraînent inévitablement un ralentissement et un retard de croissance avec apparition de phénomène de plasmolyse aboutissant ainsi à la formation des tiges moins rigides et donc peu développées.

Il est nécessaire d'élaborer un tableau relatif à la croissance du paramètre mesuré à savoir le diamètre moyen des tiges par rapport au traitement salin naturel T1

Tableau19 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1 :

Accroissement du diamètre moyen des tiges par rapport au T1	T2	T3	T4	T5
	165,70%	262,31%	179,46%	196,61%

Selon le tableau 19, nous remarquons que le facteur traitement exerce un effet sur le diamètre des tiges. En effet, nous constatons que le traitement T3 semble présenter l'accroissement le plus élevé avec une valeur de 262,31% par rapport au T1, suivie par le traitement T5 avec une addition de 196,61% plus que le traitement T1. Néanmoins les traitements T4 et T2 présentent les valeurs les moins élevées.

V.1. 5- Nombre de feuilles

Le nombre de feuilles par plante est présenté dans le tableau 20.

Tableau 20 : Nombre de feuilles

Traitements utilisés	T1	T2	T3	T4	T5
Paramètre					
Nombre de feuilles	6.86	18.14	36.29	16.14	19.57
	±	±	±	±	±
	0.69	1.57	0.49	0.69	0.98
	e	c	a	d	b

L'analyse de la variance révèle une différence très hautement significative ($P < 0,000$) du facteur traitement sur ce paramètre. Le test de Newman-Keuls ($\alpha = 5\%$) classe les traitements testés en cinq groupes homogènes (a), (b), (c), (d), et (e).

Les meilleures valeurs sont enregistrées par les plantes issues du traitement salin corrigé T3 avec 36,29 feuilles suivie par le traitement dilué à 40% T5 et T2 (pH = 5,5-5,8) avec un nombre moyen de 19,57 et 18,14 feuilles respectivement. Alors que celles issues de la solution saline naturelle T1 n'ayant que 6,86 feuilles.

La première réponse des plantes du haricot face à la concentration élevée en sel au niveau de traitement salin naturel T1 est la réduction de la vitesse d'extension de la surface foliaire, et du nombre de feuilles.

Des résultats similaires ont été trouvés par (RIOU, et al ; 1997), où ils ont montré que le sel provoque un effet défavorable à la formation des feuilles. Il diminue leur masse individuelle, et finit par entraîner leur dessèchement.

En revanche, l'effet de la correction des solutions salines naturelles améliore la production de la biomasse des feuilles. Ceci permet d'affirmer que la formation de nouvelles feuilles est dépendante du milieu de culture et tout particulièrement de sa composition ionique.

Il est nécessaire d'élaborer un tableau relatif à la croissance du paramètre mesuré à savoir le nombre de feuilles par rapport au traitement salin naturel T1

Tableau 21 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1 :

Accroissement du nombre de feuilles par rapport au T1	T2	T3	T4	T5
	164,43%	429,01%	135,27%	185,27%

D'après les résultats montrés dans le tableau 21, on conclue que le paramètre traitement a un effet sur le nombre de feuilles. Cependant le traitement T3 désigne l'accroissement le plus élevé avec un pourcentage de 429,01% par rapport au T1, suivi le traitement T5 et T2, puis enfin le traitement T4 avec la valeur la moins élevée de 135,27%.

V.1. 6 Biomasse fraîche des feuilles, des tiges et racines [g]:

Les résultats du poids de la biomasse fraîche des feuilles, des tiges et des racines sont présentés au niveau du tableau 22

Tableau 22 : Biomasse fraîche des feuilles, des tiges et racines [g]:

Traitements utilisés	T1	T2	T3	T4	T5
Paramètres					
Biomasse fraîche des racines	38.24 ± 1.05 e	78.34 ± 1.02 d	102.45 ± 0.92 a	87.30 ± 1.17 c	99.72 ± 1.08 b
Biomasse fraîche des Tiges	1.72 ± 0.36 d	3.05 ± 0.50 c	5.13 ± 0.48 a	3.31 ± 0.33 c	4.01 ± 0.72 b
Biomasse fraîche des Feuilles	1.39 ± 0.33 e	7.80 ± 0.71 d	24.47 ± 0.46 a	8.98 ± 0.42 c	16.80 ± 0.41 b

L'analyse de la variance révèle une différence très hautement significative ($p < 0.000$) du facteur traitement sur les trois paramètres mesurés.

Les paramètres mesurés les plus élevés sont enregistrés par la solution saline corrigée T3 et les plus faible par la solution saline naturelle T1

Nous avons remarqué aussi que les plantes qui sont irriguées par le traitement T2 (pH=5.5-5,8) présentent un développement des trois paramètres mesurés plus important par apport aux plantes qui sont irriguées par le traitement T1 (pH=7,5). Donc la correction du pH permet d'améliorer la biomasse fraîche des feuilles, des tiges et racines par les permissions d'une meilleure absorption des sels nutritives.

La biomasse fraîche des racines est influencée par le stress salin. En effet, les plantes issues de la solution saline naturelle T1, donnent un chevelu racinaire chétif. Ceci peut être expliqué par l'accumulation des sels nocifs au niveau des racines de la plante tels que le NaCl.

A l'inverse les plantes issues de la solution saline corrigée produisent une biomasse racinaire bien développée et dense. A cet effet DUTHIL (1997), note également que la concentration élevée du sel dans le sol peut augmenter la pression osmotique qui devient égale ou dépasse celle de suc cellulaire des racines. Dans ce cas, le végétal subit un flétrissement temporaire qui peut devenir permanent en cas de déficit hydrique durable.

Pour ce qui est de la biomasse fraîche des feuilles, on peut noter qu'il ya une différence très hautement significative de l'effet du traitement sur la biomasse fraîche des feuilles. Les plantes irriguées par la solution saline naturelle T1, présentent une biomasse fraîche des feuilles faible .Ceci peut être expliqué par le manque des éléments essentiels pour le développement et la croissance des plantes tels que : N, P, K, Mg, Fe,... Aussi le sel provoque un effet défavorable à la formation des feuilles. Il diminue leur masse individuelle, et finit par entraîner leur dessèchement

En revanche, les plantes irriguées par la solution saline corrigée T3 donne un développement important de la biomasse fraîche des feuilles car il ya un équilibre ionique parfait du milieu nutritif qui permet d'affirmer que la formation de nouvelles feuilles est dépendante du milieu de culture et tout particulièrement de sa composition ionique.

Au niveau des tiges, on remarque que la salinité provoque une réduction du poids frais des tiges. Ce résultat est confirmé par MUNNS et al (2002) ; qui ont montré que la réponse à la salinité se manifeste généralement chez la plupart des plantes cultivées par une réduction de la croissance et du développement des plantes. Il est à noter que le poids frais des tiges des plantes traitées par la solution saline naturelle T1 présente le paramètre le plus faible se traduise par l'aspect mince des tiges.

Les meilleures valeurs mesurées ont été enregistrées au niveau du traitement corrigé T3 avec une valeur de 5,13g

Il est nécessaire d'élaborer un tableau relatif à la croissance du paramètre mesuré à savoir la biomasse fraîche des feuilles, des tiges et racines par rapport au traitement salin naturel T1

Tableau 23 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1 :

	T2	T3	T4	T5
Accroissement de la biomasse fraîche des racines par rapport au T1	104,86%	167,91%	128,29%	160,77%
Accroissement de la biomasse fraîche des tiges par rapport au T1	77,32%	198,25%	92,44%	133,13%
Accroissement de la biomasse fraîche des feuilles par rapport au T1	461,15%	1660,43%	546,04%	1108,63%

L'accroissement le plus élevé par rapport au T1 est observé au niveau des plantes alimentées par les traitements (T3 et T5). Suivi par le traitement T4. En dernier vient le traitement T2 avec l'accroissement le plus faible. Ces observations sont les mêmes que ce soit pour la biomasse fraîche des feuilles, des tiges ou des racines.



Figure N°11: Aspect général des racines de l'haricot

V.1.7 Biomasse fraîche totale (tige+feuille) [g]:

Les résultats sont présentés dans le tableau 24

Tableau 24 : Biomasse fraiche totale (tige+feuille) [g]:

Traitements utilisés Paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
Biomasse fraiche totale (tige+feuille) [g]	44.96 ± 0.67 e	87.93 ± 0.88 d	120.31 ± 1.36 a	96.83 ± 0.43 c	110.83 ± 1.04 b

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence très hautement significative entre les différentes moyennes mesurées du poids frais total. Ceci met en évidence l'influence des différentes solutions nutritives testées sur le paramètre mesuré.

En outre, le test de Newman et keuls au seuil $\alpha = 5\%$ fait ressortir cinq groupes homogènes (a) (b) (c) (d) (e). Le poids frais le plus élevé est observé chez les plantes qui ont reçu le traitement salin corrigé T3, de ce fait on peut dire que la correction de l'eau saline naturelle a un effet bénéfique sur la croissance des plantes, cela s'explique par la composition idéale et l'équilibre parfait du milieu sur le développement des plantes. Le traitement dilué à 40% T5 présente une biomasse fraiche la plus élevée par rapport au traitement dilué à 20% T4, donc la concentration des sels dans la solution nutritive joue un rôle très important sur la biomasse fraiche totale.

A l'inverse le traitement salin naturel T1 donne le poids frais total le plus faible. Cette diminution de la biomasse fraiche totale est une réponse à la déshydratation et contribue donc à la conservation des ressources en eau, ce qui permet la survie des plantes.

C.W. BRADFORD, (1915) confirme que dans un milieu salin, la vigueur du plant est réduite et la biomasse fraîche des organes est atténuée.

Il est nécessaire d'élaborer un tableau relatif à la croissance du paramètre mesuré à savoir la biomasse fraiche totale (tige+feuille) par rapport au traitement salin naturel T1.

Tableau 25 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1:

Accroissement de la biomasse fraiche totale (tige+feuille) par rapport au T1	T2	T3	T4	T5
	95,57%	167,59%	115,36%	146,50%

Le tableau de l'accroissement montre que le facteur traitement a un effet sur la biomasse fraiche aérienne. Cependant le traitement T3 enregistre l'accroissement le plus élevé par rapport au T1, suivi par le traitement T5 avec une proportion de 146,50%, alors que le traitement T4 et le traitement T2 présentent les accroissements les moins importants.

V.1.8 Biomasse sèche des feuilles, des tiges et des racines [g]

Les résultats sont présentés dans le tableau 26

Tableau 26 : Biomasse sèche des feuilles, des tiges et des racines [g]

Traitements utilisés	T1	T2	T3	T4	T5
Paramètres					
Biomasse sèche des racines	2.47 ± 0.07 e	7.64 ± 0.09 d	10.13 ± 0.14 b	8.29 ± 0.12 c	11.17 ± 0.10 a
Biomasse sèche des Tiges	0.62 ± 0.13 d	1.06 ± 0.17 bc	1.54 ± 0.25 a	1.08 ± 0.10 c	1.26 ± 0.21 b
Biomasse sèche des Feuilles	1.39 ± 0.33 e	7.80 ± 0.71 d	24.47 ± 0.46 a	8.98 ± 0.42 c	16.80 ± 0.41 b

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence significative de l'effet du traitement sur la biomasse sèche des feuilles, des tiges et des racines de la variété de haricot testée.

Les plantes issues de la solution saline corrigée T3, et dilué à 40% T5 révèlent un poids sec des feuilles, des tiges et des racines élevé par rapport à celui des plantes alimentées par l'eau saline naturelle du traitement T1, car la richesse de ces solutions en macros et en micro-éléments, et potentiel hydrique (pH) favorable facilitant l'absorption de ces derniers par les plantes du haricot.

Pour les racines ceci peut être expliqué par la meilleure répartition spatiale des racines suite à l'équilibre ionique des milieux et surtout leur richesse en éléments minéraux indispensables à la croissance racinaire. Aussi, on peut noter que l'effet de sel empêche le développement des racines, et donc la réduction de la surface d'exploration au niveau des plantes alimentées par les eaux salines naturelles. Les mêmes constatations sont faites par HELLER, 1981.

Vu la grande présence du sel dans le traitement T1 ce qui engendre une conductivité électrique et une pression osmotique élevées, causant un déséquilibre ionique et une mauvaise alimentation hydrominérale des plantes du haricot, ce qui se traduit par une faible production de matière sèche des tiges.

Enfin, pour ce qui est de la biomasse sèche des feuilles, le travail de (SNOUSSI et al, 2004.In DEROUICHE B., 2011) qui ont montré que la correction des eaux salines provoque l'augmentation de la biomasse sèche des feuilles du haricot confirme notre résultat.

Il est nécessaire d'élaborer un tableau relatif à la croissance du paramètre mesuré à savoir la biomasse sèche des feuilles, des tiges et des racines par rapport au traitement salin naturel T1

Tableau 27: Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1:

	T2	T3	T4	T5
Accroissement de la biomasse sèche des racines par rapport au T1	309,31%	410,12%	335,62%	452,22%
Accroissement de la biomasse sèche des tiges par rapport au T1	170,96%	248,38%	162,90%	203,22%
Accroissement de la biomasse sèche des feuilles par rapport au T1	561,15%	1760,43%	646,04%	120,86%

L'accroissement le plus élevé par rapport au T1 est observé au niveau des plantes alimentées par les traitements (T3 et T5). Suivi par le traitement T4. En dernier vient le traitement T2 avec l'accroissement le plus faible. Ces observations sont les mêmes que ce soit pour la biomasse sèche des feuilles, des tiges ou des racines.

V.1.9 Biomasse sèche totale (tige+feuille) [g]:

Le poids sec total (feuilles + tiges) de la partie aérienne est présenté est obtenu par séchage des organes végétaux à l'étuve à 70°C jusqu'à stabilisation du poids sec.

Les résultats sont présentés dans le tableau 28

Tableau 28 : Biomasse sèche totale (tige+feuille) [g]:

Traitements utilisés Paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
Biomasse sèche totale (tige+feuille) [g]	4.51 ± 0.04 d	7.98 ± 0.09 c	9.35 ± 0.13 a	8.28 ± 0.09 b	8.32 ± 0.14 b

Les résultats obtenus révèlent que les traitements testés ont un effet hautement significatif sur la production de la biomasse sèche totale durant le cycle du développement de l'espèce étudiée.

Le test de Newman et keuls au seuil $\alpha = 5\%$ révèle l'existence de trois groupes homogènes dont le premier groupe (a) représente la solution saline corrigée T3 avec une valeur qui correspond à 9.35 g et qui représente la valeur la plus élevée, suivie par le groupe homogène (b) qui représente les traitements dilués à 40% T5 et à 20% T4 avec les valeurs de 8.32 et 8.28 g respectivement.

Le groupe homogène (c) représente le traitement T2 avec une valeur de 7.98g. Alors que le groupe homogène (d) représente la solution saline naturelle T1 enregistre les faibles biomasses sèches totales de la partie aérienne. Ceci peut être expliqué par le pH alcalin qui cause un déséquilibre ionique des traitements d'irrigation des milieux et une mauvaise alimentation hydrominérale suite à une pression osmotique très élevée du milieu extérieur.

Les travaux de (BREISSAN, 1984) ont montré qu'en milieu salin la plante doit réguler strictement la pénétration des ions à travers les racines pour empêcher une accumulation trop rapide des ions au niveau aérien ; ceci conduit à une accentuation du déficit hydrique.

Il est nécessaire d'élaborer un tableau relatif à la croissance du paramètre mesuré à savoir la biomasse sèche totale (tige+feuille) par rapport au traitement salin naturel T1

Tableau 29 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1 :

Accroissement de la biomasse sèche totale (tige+feuille) par rapport au T1	T2	T3	T4	T5
	76.94%	107.31%	83.59%	84.47%

Le tableau 29, montre l'existence d'un effet du traitement sur la biomasse sèche totale. En effet, on constate que le traitement corrigé T3 semble présenter l'accroissement le plus élevée (107.31%) par rapport au traitement T1, suivie par le traitement T5 avec une valeur de (84.47%), tandis que les traitements T4 et T2, présentent les valeurs les moins importantes.

V.1.10 Taux de la matière sèche totale (tige+feuille) [%] :

Les résultats sont présentés dans le tableau 30.

Tableau 30 : Taux de la matière sèche totale (tige+feuille) [%] :

Traitements utilisés	T1	T2	T3	T4	T5
Paramètre					
Taux de la matière sèche totale (tige+feuille) [%]	10.07 ± 0.34 b	9.07 ± 0.94 bc	7.43 ± 0.33 bc	8.46 ± 0.30 bc	7.50 ± 0.07 bc

L'analyse de la variance montre un effet significatif de l'effet traitement sur le taux de la matière sèche totale. Le test de Newman et keuls au seuil $\alpha = 5\%$, fait ressortir deux groupes homogènes (b) et (bc).

Les taux de la matière sèche les plus faibles semblent être enregistrés au niveau des plantes alimentées par le traitement salin corrigé T3 et T5, c'est à dire la correction des solutions salines naturelles améliore l'état hydrique de la plante. En effet, l'élimination plus ou moins équilibrée provoque la diminution du taux de la matière sèche de ces organes.

A l'inverse les plantes irriguées par le traitement salin naturel T1 présentent les taux de matières sèches les plus élevées suivies par le traitement T2 (PH=5,5-5,8). A ce propos, HOPKINS, (2003) ; note que les concentrations salines élevées provoquent une sécheresse physiologique précoce, ce qui rend de plus en plus difficiles l'absorption d'eau et de nutriments par les plantes stressées et par conséquent le taux de la matière fraîche est proche de celui de la matière sèche.

V.2 Paramètres de production

V.2.1 Nombre de fleurs par plante:

L'estimation de la floraison à été faite tous les trois jours au niveau des plantes traitées, Les valeurs moyennes du nombre de fleurs par plant sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 31 : Nombre de fleurs par plante:

Traitements utilisés	T1	T2	T3	T4	T5
Paramètre					
Nombre De fleurs	6.86 ± 0.69 e	18.14 ± 1.57 c	36,29 ± 0.49 a	16.14 ± 0.69 d	19,57 ± 0.98 b

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence très hautement significative entre les différentes moyennes estimées du paramètre étudié. Le test de Newman et keuls au seuil $\alpha = 5\%$ indique la présence de cinq groupements homogènes. La floraison la plus élevée est observée au niveau du traitement salin corrigé T3, avec 36.29 fleurs/plant, et la plus faible chez le traitement salin naturel T1 avec 6,86 fleurs/plant. Ceci est dû à la présence de l'élément phosphore à une teneur maximale. D'après VILAIN (1987), le phosphore régularise la mise à fleurs ainsi que la mise à fruits, donc on peut dire que le phosphore est un facteur de précocité et de qualité. Aussi des résultats similaires ont été notés par DENDEN et al, 2005, où ils ont montré que le nombre des fleurs diminuent avec l'augmentation de la salinité du milieu.

Nous avons remarqué aussi que le nombre de fleurs au niveau du traitement T2 (PH=5,5-5,8) est plus élevé avec 18,14 fleurs/plant par rapport au traitement dilué à 20% qui donne 16,14 fleurs/plant.

Il est nécessaire d'élaborer un tableau relatif à la croissance du paramètre mesuré à savoir le nombre de fleurs par plant par rapport au traitement salin naturel T1

Tableau 32 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1:

Accroissement du nombre de fleurs par plant par rapport au T1	T2	T3	T4	T5
	264,43%	529,01%	235,27%	285,27%

Selon le tableau 32, nous observons que le traitement T3 manifeste l'accroissement le plus élevé, suivi par les traitements T5 et T2. Alors que, le traitement T4 donne le plus faible accroissement.

V.2.2 Taux d'avortement [%] :

L'estimation de ce facteur a été élaborée sur la base du comptage du nombre de fleurs total et du nombre de gousses par plante, et par traitement.

Les résultats relatifs aux taux de fleurs avortées par traitement sont présentés dans le tableau 33

Tableau 33: Taux d'avortement [%] :

Traitements utilisés Paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
Taux d'avortement [%]	25	14,17	8,66	13,30	12,41

En effet, les plantes irriguées par le traitement salin naturel T1 enregistrent le taux d'avortement le plus élevé avec 25%. Ce taux élevé chez les plantes est l'une des conséquences de la salinité. Les plantes alimentées par ce traitement faisant face au stress salin, accélèrent leur cycle biologique ce qui se traduit par un faible taux de floraison et de nouaison accompagné par un taux d'avortement élevé. Assi les conditions du milieu qui n'étaient pas favorables à la pollinisation des fleurs de l'autre part, les basses températures qui pourraient agir négativement sur le phénomène de pollinisation. Cette observation est similaire à celle notée par CHAUX et FOURY(1994) qui ont montré que les températures diurnes supérieures à 30°C sont défavorables à la floraison et à la fécondation. A l'inverse la chute des températures (inférieures à 15°C) provoque l'avortement de boutons floraux. Suivie par le traitement T2 (pH=5,5-5,8) avec un taux d'avortement moins élevé 14,17%, c'est à dire la correction du pH permet une meilleure absorption des sels nutritives, donc les plantes ralenties un peu leur cycle biologique, et ça diminué le taux d'avortement des fleurs par rapport auT1.

A l'inverse les plantes alimentées par le traitement salin corrigé T3 présentent le taux d'avortement le plus faible, car le milieu présente un équilibre parfait entre les éléments nutritifs indispensables et le pH favorable au développement de la plante.

V.2.2.2. Nombre de gousses par plant :

Tableau 34 : Nombre de gousses par plant :

Traitements utilisés Paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
Nombre de gousses	5.14 ± 0.69 e	15.57 ± 0.98 c	33.14 ± 0.69 a	14.00 ± 0.82 d	17.14 ± 0.90 b

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence très hautement significative de l'effet traitements sur le paramètre étudié. Ainsi, le test de Newman et keuls au seuil $\alpha = 5\%$

indique la présence de cinq groupes homogènes (a) (b) (c) (d) et (e). Le groupe (a) constitue la solution saline corrigée T3, les groupes (b), (c), et (d) représentent les traitements T5, T2, et T4 respectivement, et le groupe (e) constitue la solution saline naturelle.

Les plantes issues des traitements T3 et T5 donnent le nombre de gousses le plus élevé, car les plantes trouvent un milieu riche en éléments nutritifs nécessaires à leur développement. Suivie par le traitement T2 ou on a corrigé que le pH (5,5-5,8) avec 15,57 gousse/plant et le traitement T4 (dilué à 20%) avec 14 gousse/plant.

Le traitement salin naturel T1 donne le plus faible nombre de gousses avec 5,14 gousse/plant, ce qui explique bien l'effet de la salinité et le pH alcalin sur le nombre de fruits.

Il est nécessaire d'élaborer un tableau relatif à la croissance du paramètre mesuré à savoir le nombre de gousses par plant par rapport au traitement salin naturel T1

Tableau 35: Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1 :

Accroissement du nombre de gousses par plant par rapport au T1	T2	T3	T4	T5
	302,91%	644,74%	272,37%	333,46%

Le tableau 35, montre l'existence d'un effet du traitement sur le nombre de gousses par plant. En effet, on constate que le traitement corrigé T3 semble présenter l'accroissement le plus élevé par rapport au traitement T1, suivie par le traitement T5 avec une valeur de (333,46%), tandis que les traitements T2 et T4, présentent les valeurs les moins importantes.

V.2.4.2 Poids des gousses [g] :

Les valeurs moyennes du poids total des gousses par traitement sont représentées dans le tableau 36

Tableau 36 : Poids des gousses [g] :

Traitements utilisés Paramètre	T1	T2	T3	T4	T5
Poids des gousses [g]	16.29 ± 0.75 e	73.37 ± 0.84 c	148.86 ± 1.05 a	67.60 ± 1.07 d	84.98 ± 0.76 b

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence très hautement significative entre les différentes moyennes calculées du paramètre étudié.

Le test de Newman et keuls au seuil $\alpha = 5\%$ indique la présence de cinq groupements homogènes (a) (b) (c) (d) (e). La production est plus importante au niveau des traitements salins corrigés T3, et T5 avec des valeurs de 148.86g et 84.98g, suivie par les traitements T2, et T4 avec les valeurs 73.37g et 67.60g.

Par contre le traitement T1 manifeste la valeur le plus faible. Ceci est dû d'une part, au retard de la fructification causée par le déséquilibre ionique et le pH alcalin de ce milieu nutritif et d'autre part, par le taux d'avortement élevé observé au niveau des plants irrigués par ce traitement.

Nos résultats au niveau du traitement corrigé concordent avec ceux de SATTI et al, (1994) ; où ils montrèrent que le nombre de fruit dépend de l'alimentation hydrominérale.

Il est nécessaire d'élaborer un tableau relatif à la croissance du paramètre mesuré à savoir le poids des gousses par rapport au traitement salin naturel T1

Tableau 37 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1 :

Accroissement du poids des gousses par plant par rapport au T1	T2	T3	T4	T5
	450,39%	913,81%	414,97%	521,66%

Selon le tableau 37, nous observons que le traitement T3 manifeste l'accroissement le plus élevé, suivi par les traitements T5 et T2. Alors que, le traitement T4 donne le plus faible accroissement.

V.2.5 Classification des gousses :

Les calibres des fruits de haricot son représentés dans le tableau 38.

Tableau 38 : Répartition des classes de calibre en (%)

Traitement		T 1	T 2	T 3	T 4	T 5
Total classe A < 6 cm	Nbre (%)	63,88	8,25	0	11,22	7,5
	Poids (%)	60,17	4,63	0	3,93	1,89
Total classe B 6_12 cm	Nbre (%)	36,11	55,04	60,77	54,08	49,16
	Poids (%)	39,82	47,68	41,27	46,33	39,97
Total classe C > 12 cm	Nbre (%)	0	36,69	39,22	34,69	43,33
	Poids (%)	0	47,68	58,74	49,72	58,12

Selon les résultats illustrés dans le tableau 38, nous remarquons que le traitement salin naturel affecte négativement le calibre des fruits du haricot à un degré plus élevé.

Les gammes produites au niveau du traitement salin naturel T1 sont classés généralement dans la classe A et par conséquent la majorité des gousses ont une longueur inférieure à 6 cm, et aucune gousse dans la classe C. Ces observations mettent en évidence l'impact des sels et le pH alcalin sur les calibres et le rendement des fruits.

Aussi, on peut noter une légère augmentation de la longueur des gousses chez les plantes irriguées par le traitement T2 (pH=5,5-5,8) par rapport au traitement T4 (dilué à 20%).

En revanche, la solution saline corrigée T3 a permis la formation de gousses ayant aucune gousse inférieure à 6 cm.

Des observations similaires ont été notées par Satti et Al, (1994) où ils rapportent que dans les fruits est réduite.

V.2.6 Extrait sec des fruits [%]

Les résultats sont présentés dans le tableau 39.

Tableau 39 : Extrait sec des fruits [%]

Traitements utilisés	T1	T2	T3	T4	T5
Paramètre					
Extrait sec des fruits [%]	39.43 ± 0.79 a	30.14 ± 1.07 b	9.00 ± 1.00 d	28.14 ± 0.69 c	21.13 ± 0.92 c

L'analyse de la variance révèle une différence très hautement significative du facteur traitement sur le paramètre mesuré. A cet effet, le test de Newman et keuls au seuil $\alpha = 5\%$ fait ressortir quatre groupes homogènes.

Nous remarquons qu'au niveau du traitement T1 que l'extrait sec est plus élevé car les fruits sont moins gorgés d'eau vue l'osmolarité externe plus élevée. Par contre le traitement T3 présente le plus faible taux car les plantes ont présenté des fruits juteux compte tenu la bonne absorption hydrominérale par les plantes de ce traitement. Suivie par les traitements T5 et T4 respectivement qui sont classés dans le même groupe homogène c

V. 3.Paramètres biochimiques :

V. 3.1 Quantité de la chlorophylle (A) [$\mu\text{g/g MF}$]:

Les résultats sont présentés dans le tableau 40

Tableau 40 : Quantité de la chlorophylle (A) [$\mu\text{g/g MF}$]:

Traitements utilisés	T1	T2	T3	T4	T5
Paramètre					
Quantité de la chlorophylle (A) [$\mu\text{g/g MF}$]	0.91 ± 0.02 c	1.00 ± 0.06 b	1.23 ± 0.07 a	1.04 ± 0.03 b	1.16 ± 0.01 a

L'analyse de la variance montre qu'il y'a une différence hautement significative de l'effet du traitement sur la quantité de la chlorophylle (A) .Le test de Newman et Keuls au seuil $\alpha = 5\%$ fait ressortir trois groupes homogènes. Le groupe (a) représente le traitement corrigé T3 et le traitement dilué à 40% T5 avec une valeur de (1.23 et 1.16 $\mu\text{g/g MF}$). Le groupe (b) renferme le traitement T4 et le traitement T2 avec des valeurs de (1.04 et 1.00 $\mu\text{g/g MF}$). Alors que le dernier groupe (c) renferme le traitement T1 avec une valeur de (0.91 $\mu\text{g/g MF}$).

Nous remarquons que la solution saline corrigé T3 produise des quantités de chlorophylle (A) plus élevé par rapport au traitement salin naturel T1. Ces résultats obtenus sont justifiés par une meilleure alimentation hydrominérale suite à la correction des eaux salines naturelles qui se manifeste par une production importante de la masse foliaire, car l'augmentation du sel limite la croissance et la productivité foliaire.

Les travaux de (AGASTIAN, 2000) ont montré que le taux de la chlorophylle (A) des feuilles diminue en général sous les conditions de stress salin et les feuilles les plus âgées commencent à développer une chlorose et finissent par tomber pendant une période prolongée du stress salin.

Il est nécessaire d'élaborer un tableau relatif à la croissance du paramètre mesuré à savoir la quantité de la chlorophylle (A) par rapport au traitement salin naturel T1.

Tableau 41 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1 :

Accroissement de la chlorophylle A par rapport au T1	T2	T3	T4	T5
	9,89%	35,16%	14,28%	27,47%

Nous constatons que le traitement salin corrigé T3 donne les quantités de chlorophylle (A) les plus élevées avec un accroissement très hautement dominant de 35.16% par rapport au T1, et au niveau du traitement T2 que l'accroissement reste le plus réduit.

V. 3.2 Quantité de la chlorophylle (B) [$\mu\text{g/g MF}$]:

Les résultats obtenus sont classés dans le tableau suivant :

Tableau 42: Quantité de la chlorophylle (B) [$\mu\text{g/g MF}$]:

Traitements utilisés	T1	T2	T3	T4	T5
Paramètre					
Quantité de la chlorophylle (B) [$\mu\text{g/g MF}$]	0.22 ± 0.07 b	0.27 ± 0.16 b	0.82 ± 0.01 a	0.36 ± 0.09 b	0.77 ± 0.12 a

L'analyse de la variance montre qu'il y'a une différence hautement significative entre les moyennes de chlorophylle (B) mesurées, le test de Newman et Keuls au seuil $\alpha = 5\%$ fait ressortir deux groupes homogènes.

Les résultats présentés dans le tableau 41 sont similaires à ceux trouvés pour le facteur précédent (quantité de la chlorophylle (A)). Ce sont toujours les plantes traitées par la solution saline corrigée T3 qui synthétise la plus grande quantité de la chlorophylle (B), grâce aux équilibres ioniques et à la richesse de ce traitement en éléments minéraux (notamment l'azote qui donne un aspect verdâtres aux plantes).

Nous avons remarqué que de la teneur en chlorophylle (B) a une sensibilité moindre au stress salin par rapport à la chlorophylle (A) et (C).

Les travaux de Cheikh, et al ; (2008), ont montré que dans un milieu salin, la fluorescence chlorophyllienne (B) est affectée par des perturbations au niveau des chloroplastes.

Il est nécessaire d'élaborer un tableau relatif à la croissance du paramètre mesuré à savoir la quantité de la chlorophylle par rapport au traitement salin naturel T1.

Tableau 43 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel T1 :

Accroissement de la chlorophylle B par rapport au T1	T2	T3	T4	T5
	22,72%	272,72%	63,63%	250%

Le tableau de l'accroissement montre que Le facteur traitement a eu un effet grandiose sur la quantité de la chlorophylle (B). L'accroissement du traitement T3 est plus élevée, suivie par le traitement T5, et le dernier traitement c'est T2 avec 22.72% par rapport au T1.

V. 3.3 Quantité de la chlorophylle (C) [$\mu\text{g/g MF}$]:

Les résultats sont présentés dans le tableau 44

Tableau 44 : Quantité de la chlorophylle (C) [$\mu\text{g/g MF}$]:

Paramètre	Traitements utilisés				
	T1	T2	T3	T4	T5
Quantité de la chlorophylle (C) [$\mu\text{g/g MF}$]	6.98	7.83	11.16	8.64	9.94
	\pm 0.06	\pm 0.96	\pm 0.23	\pm 0.37	\pm 0.51
	d	cd	a	c	b

L'analyse de la variance montre qu'il y'a une différence hautement significative entre les moyennes de chlorophylle (C) mesurées, le test de Newman et Keuls au seuil $\alpha = 5\%$ fait ressortir cinq groupes homogènes(a),(b),(c),(cd), et(d).

Le traitement salin corrigé T3 donne la valeur la plus élevée avec 11.16 $\mu\text{g/g MF}$ cela du fait que ce dernier a un équilibre ionique contrairement au traitement salin naturel ou on a la plus faible valeur avec 6.98 $\mu\text{g/g MF}$.

Il est nécessaire d'élaborer un tableau relatif à la croissance du paramètre mesuré à savoir la quantité de la chlorophylle (C) par rapport au traitement salin naturel T1.

Tableau 45 : Accroissement du paramètre mesuré en fonction du traitement salin naturel :

Accroissement de la chlorophylle C par rapport au T1	T2	T3	T4	T5
	12,17%	59,88%	23,78%	42,40%

Le traitement T3 prend toujours la première place avec un accroissement de 59.88% suivi du T5 avec une légère diminution, le T4 vient en troisième position avec un taux de 23.78%. En dernière place vient le traitement T2 (pH=5.5-5.8) avec une valeur minime par rapport au T1.

V. 3.4 Quantité du proline dans la plante [$\mu\text{g/g}$ MF]:

La proline s'accumule fortement dans les plantes exposées au stress salin. La plupart des travaux signalent qu'elle migre vers les feuilles et s'y localise, c'est pour cette raison qu'on la dose au niveau des feuilles médianes, les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 46 : Quantité du proline dans la plante [$\mu\text{g/g}$ MF]:

Traitements utilisés	T1	T2	T3	T4	T5
Paramètres					
Quantité du proline dans la plante [$\mu\text{g/g}$ MF]	0.04 ± 0.01 b	0.05 ± 0.01 ab	0.06 ± 0.01 a	0.02 ± 0.00 c	0.03 ± 0.01 c

L'analyse de la variance montre qu'il y'a une différence significative entre les différents traitements testés. Le test de Newman et Keuls au seuil $\alpha = 5\%$ fait ressortir quatre groupes homogènes. Le premier groupe (a) renferme le traitement salin corrigé T3 qui présente la quantité de proline la plus élevée contrairement au quatrième groupe (c) qui représente les traitements T5 et T4 et qui donne la quantité de proline la moins élevée.

La proline augmente de teneur avec l'augmentation de la concentration en sel. En effet, l'augmentation des teneurs de la solution d'irrigation en sel est accompagnée parallèlement par une augmentation croissante et relativement régulière de proline (DENDEN, et al ; 2005).

Les plantes irriguées par la solution saline naturelle T1 produisent de la proline pour ajuster l'osmolarité interne mais dont la proportion reste inférieure à celle produite par les plantes alimentées par la solution saline corrigée T3 et ce en raison de la correction du traitement T3. Par conséquent, en corrigeant ce dernier traitement, l'osmolarité externe devient alors élevée et

donc supérieure à l'osmolarité interne au niveau cellulaire des plantes arrosées par le traitement T3. Afin de permettre le passage de l'eau du milieu externe vers le milieu interne, la plante crée sa propre pression interne en l'augmentant afin de permettre le passage de l'eau du milieu moins concentré vers le milieu le plus concentré et de ce fait nous constatons une production de proline accrue au niveau cellulaire de ces plantes

Des résultats similaires ont été trouvés par (DJERROUDI, et al ; 2010), Où il indique que, l'augmentation de la teneur en proline dans les feuilles est en fonction de l'augmentation de la salinité.

V. 4 Discussion générale

L'expérimentation réalisée dans ce travail, avait pour but de tester l'impact de la concentration et du potentiel hydrogène des différents traitements sur les paramètres biométriques, de production et biochimiques du haricot, et ce en hors-sol.

Nous avons jugé utile de synthétiser les résultats obtenus selon les potentialités de chaque traitements afin d'identifier le ou les traitements les plus performants selon les trois critères retenus à savoir :

- Critères biométriques.
- Critères de production.
- Critères biochimiques.

V. 4 .1 Classements des traitements selon les paramètres biométriques :

Tableau 47 : Classements des traitements selon les paramètres biométriques

Paramètres biométriques	T1	T2	T3	T4	T5
Hauteur finale	5	4	1	3	2
Diamètre moyen des tiges	5	4	1	3	2
Nombre de feuilles	5	3	1	4	2
Biomasse fraîche totale	5	4	1	3	2
Biomasse fraîche des feuilles, tiges et racines	5	4	1	3	2
Biomasse sèche totale	5	4	1	3	2
Biomasse sèche des feuilles, des tiges et des racines	5	4	1	3	2
Taux de la matière sèche totale	1	2	5	3	4
Classement final	5	4	1	3	2

Selon les résultats présentés dans le tableau n°47, nous remarquons que le traitement salin corrigé T3 manifeste les meilleures performances biométriques et se classe en première position par rapport aux autres traitements. Ensuite, arrivent les traitements salins corrigés dilués à 40% et 20% respectivement.

L'irrigation par l'eau saline naturelle conduit à l'augmentation de la salinité dans le milieu racinaire. Le déséquilibre ionique de traitement salin naturel testé T1 accentue l'effet de la salinité du milieu alimentaire ce qui limite la croissance des plantes du haricot, et réduit en conséquence, la consommation hydrique et minérale qui est en relation avec l'évapotranspiration.

L'application de traitement salin naturel T1 aux plantes expérimentées provoque le retard de la vitesse de croissance, la limitation de la croissance et le développement des plantes mis en évidence à travers les différents paramètres biométriques mesurés.

Aussi, nous constatons que le traitement salin naturel T1 manifeste une augmentation du taux de la matière sèche totale (feuilles + tiges) par rapport aux autres traitements testés (T3, T5, T4, T2), et ce cause le dessèchement précoce des plantes dû à la mauvaise croissance et à l'inhibition de la photosynthèse au niveau des chloroplastes en particulier par l'accumulation du sodium et des chlorures au niveau des jeunes feuilles qui limitent le mouvement des stomates et de la photosynthèse.

A l'inverse, le traitement salin corrigé T3, et les traitements diluées à 40% T5 et à 20% T4 manifestent une augmentation significative des paramètres de croissance précités, suivie par une production de matière sèche plus importante au niveau de la partie aérienne, en raison d'une adsorption hydrominérale parfaite et convenable.

V. 4.2 Classements des traitements selon les paramètres de production:

Tableau 48 : Classements des traitements selon les paramètres de production

Paramètres De production	T1	T2	T3	T4	T5
Nombre de fleurs par plant	5	3	1	4	2
Nombre de gousses par plant	5	3	1	4	2
Poids des gousses par plant	5	3	1	4	2
Extrait sec des fruits	1	2	5	3	4
Taux d'avortement	1	2	5	3	4
Classement final	5	3	1	4	2

L'application des différents traitements (T1, T2, T3, T4, et T5) n'a pas donné le même effet sur les plantes expérimentées et cela suivant les paramètres de production montrés dans le tableau n°48.

L'analyse des principales composantes du rendement a montré que le déséquilibre ionique de traitement salin naturel T1 réduit significativement le nombre et le poids moyen des fruits ainsi que la longueur chez le haricot.

On note que le traitement salin naturel corrigé T3 présente les meilleurs résultats en terme de nombres de fleurs, poids de fruits ainsi que le rendement. Les autres traitements T5, T4, T2 viennent juste après. Cette amélioration au niveau des résultats s'explique par

l'équilibre ionique parfait des milieux nutritifs et par l'apport d'oligo-éléments mais aussi un pH favorable, indispensables à la croissance et au développement des plantes.

V. 4.3 Classements des traitements selon les paramètres biochimiques :

Tableau 49 : Classements des traitements selon les paramètres biochimiques

Paramètres biochimiques	T1	T2	T3	T4	T5
Proline	3	2	1	5	4
Chlorophylle (A)	5	4	1	3	2
Chlorophylle (B)	5	4	1	3	2
Chlorophylle (C)	5	4	1	3	2
Classement final	5	4	1	3	2

Pour ce qui est effet de la salinité de l'eau d'irrigation sur le paramètre physiologique, la réponse biochimique analysée à travers l'expression de l'accumulation de la proline montre que les plantes du haricot accumulent ce composé protéinique dans les feuilles à des proportions variable selon les différents traitements.

La teneur en proline se concentre dans les tissus foliaires, à des teneuses significativement élevées notamment au niveau du traitement salin corrigé (T3) et ce par rapport aux traitements testés.

Cette élévation de la concentration de proline au niveau de traitement salin corrigé T3 est en relation avec la composition et la concentration en osmolytes plus forte que dans les autres traitements testés.

L'osmolarité externe est donc plus forte, ce qui nécessite un ajustement de l'osmolarité interne encore plus forte afin de permettre le passage de l'eau du milieu le moins concentré vers le milieu le plus concentré, ce qui se traduit par une production accrue de proline.

L'évolution de la teneur en chlorophylle (A, B, C) montre que tous les traitements testés répondent parfaitement aux solutions d'irrigation préparées. Cependant, la réponse des traitements est variable, elle est en fonction de type de sel présent et de l'intensité du stress.

Globalement, l'étude de la teneur de la chlorophylle en condition saline, fait ressortir que les traitements sont répartis en deux groupes :

-Le premier groupe relativement riche en chlorophylle, qui est constitué essentiellement du traitement salin corrigé à savoir le T3.

-Le deuxième groupe relativement pauvre en chlorophylle est constitué par le traitement salin naturel T1.

L'inhibition du transport du magnésium (Mg), à partir de la racine vers les feuilles stoppe la formation de la chlorophylle (A et B) et donc de la photosynthèse. L'accumulation des sels dans le milieu salin naturel T1 entraîne une toxicité partielle vis à vis des plantes en début de culture. Au fur et à mesure de développement végétatif, on remarque plus ou moins une adaptation des plantes à ce milieu de culture, néanmoins, elles finissent par se dessécher.

En ce qui concerne la teneur en chlorophylle (C) nous remarquons que le traitement T1 présente la teneur la moins élevée par rapport aux autres traitements testés.

Conclusion

Ce travail avait pour objectif de voir l'effet de la concentration saline et du potentiel hydrogène sur la croissance, le développement, et la production des plantes du haricot (*Phaseolus vulgaris*), variété « Djadida » dans cinq milieux nutritifs salins en hors-sol.

Les solutions salines corrigées (T3, T4, T5, T2) montrent un effet bénéfique sur les paramètres physiologiques et métaboliques étudiés et ce durant tous les stades du développement du haricot. En effet, nous avons obtenu des plantes vigoureuses avec un nombre de feuilles élevé, un chevelu racinaire développé, et une production importante, des gousses. Ceci, nous a permis de conclure que la correction des eaux salines joue un rôle prépondérant sur la conduite des plantes du haricot, tout en limitant les dommages provoqués par les sels nocifs et le pH alcalin en cours de la culture.

A l'inverse les plantes irriguées par la solution saline naturelle T1 manifestent un effet dépressif au niveau de tous les paramètres précédemment signalés. En effet, nous avons montré que le stress salin s'exprime par une réduction des paramètres de croissance, tels que la hauteur finale des plants, la vitesse de croissance, le nombre de feuilles, le poids frais, et le poids sec (feuilles, tiges, et racines). A l'inverse le taux de la matière sèche (feuilles, tiges) présente des proportions élevées par rapport aux autres traitements testés ceci en raison du dessèchement précoce de la biomasse fraîche suite à l'accélération de la sénescence des plantes sous l'effet de la toxicité des sels à savoir le NaCl contenu dans le milieu nutritif salé naturel T1. Aussi le déséquilibre nutritionnel dans le traitement salin naturel T1 a permis de diminuer le nombre de fruits par plante, le poids moyen des fruits, la production en fruits ainsi que le calibre des fruits.

Les teneurs en chlorophylles **a**, **b** et **c** sont des paramètres très sensibles, qui peuvent nous renseigner sur le degré de tolérance du haricot à la salinité. Le traitement salin naturel a une action directe sur le taux de la chlorophylle et de ce fait leur teneur est moindre par rapport aux traitements salins corrigés

La réponse du végétal face à un stress salin se manifeste par le déclenchement du métabolisme secondaire et par la synthèse des osmo-régulateurs tel que la proline qui agit directement même a des teneurs assez faible sur l'équilibre osmotique qui assure la vie du végétal

En fin, ces résultats seront d'un apport important pour participer à une meilleure conduite du haricot dans les zones arides où la qualité des eaux fournie pour l'irrigation est défavorable. Pour cela, il est souhaitable d'approfondir ces recherches afin de valoriser ces ressources en eaux salines non seulement à l'échelle expérimentale, mais aussi pour des applications pratiques à grande échelle et notamment dans les régions arides.

Références bibliographiques

Anonyme ; 2002 : Rapport de ministère de l'agriculture, les statistiques agricoles, série « B ». 59p

Anonyme ; 2004 : Statistiques agricole série B, 18-23p

Anonyme ; 2011 : Google earth

Anonyme ; 2013 : Céréaliculture; revue n°51. Alger. 13p.

AGASTIAN, et al;2000: Effect of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotypes. *Photosynthetica* 38, pp287–290.

ASHRAF et FOOLAD; 2007: Pre-sowing seed treatment shotgun approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions. *Advances in Agronomy*, 88: 223-271.

AYERIM et WESTCOC.G ;1984 : influence de la nutrition minéral sur les cultures. ED. JB. BALL p304.

BEN KHALED, L., GÓMEZ, A.M., HONRUBIA. M., OIHABI. A. ; 2003 : “Effet du stress salin en milieu hydroponique sur le trèfle inoculé par le Rhizobium”, *Agronomie* 23, pp553-560.

BERSSAN., 1984 .In DEROUICHE B., 2011: Ecophysiologie du haricot (*phaseolus vulgaris*) variété djadida dans un environnement salin. Mémoire de magistère Blida. 120p

BESAPLAY D., 1984 : Les plantes cultivées en Afrique occidentale – Macou. Ed Mir. Moscou. 279p.

BEZPALY ; 1984 : Les plantes cultivées en Afrique occidentale .Ed. MIR. Moscou. 104P.

BLANC .D ; 1987 : « Culture hors sol », 2^{ème} édition, Ed INRA, Paris, 409p.

BOUMLIK M., 1995 : Systématique des spermaphytes, éd. OPU. Alger. 200p.

BOUZIDE S., 2010: Étude de l'effet de la salinité et de la présence du molybdène sur le comportement écophysiologique de deux variétés de plantes de l'espèce *phaseolus vulgaris*. Mémoire de magistère Biologie Végétale. Université Mentouri Constantine. 112p

BRUN.R., 1989 : Maitrise de la nutrition des cultures florales en hors sols sur substrat inerte. The Pennsylvaniaian state University Presse, 277 p.

BRUN, R et MONTARON, C. ; 1987 : « Influence de la concentration de la solution nutritive sur la réaction de la plante », Ed INRA, Paris, 165p.

CABURET et LETHÈVE ; 2002 : Agriculture spéciale. Les plantes à autres usages : les plantes médicinales, cosmétiques, à parfum et à huiles. Montpellier : CIRAD, pp. 1203-1222.

CHAUSSOD. R,NICOLARDO .B,GATROUX. G ;1986 :Mesure en routine de la biomasse microbienne des sols par la method de fumigation au chloroforme.Sci.Soil.2.Pp201-211.

CHAUX.C., 1972 : Production légumière Ed. J.B. Baillière. 300 p

CHAUX . C. et FOURY. C ; 1994: Productions légumières, Tome III, Légumineuses potagères, Légumes fruits, Technique et Documentation – Lavoisier, Paris. 414p.

CHEIKH.M'HAMED.H,BENNACEU .M,ABDELLAOUI.R ,KADRI.K, et BEL HADIS ,2008 :Evaluation de la tolérance au stress salin de quelques accessions d'orge (*Hordium vulgare*) cultivées en Tunisie : Approche physiologique .Sciences et Tech n 28.pp :30-37.

CLAVET R., 2003 : le sol, le sol, propriétés et fonctions. Tome 2.Ed. DUNOD. Paris, 511p.

COIC Y. et LESAINTE C., 1975: La nutrition minérale en eau de plantes horticulture avancée • h, Document technique S.C.P.A, n° 23, Versailles, 21p.

COIC Y., 1984: Les cultures sans sol. Revue science et vie, hors série n°146. pp 67-75.

C.W. BRADFORD; 1915: Peanuts. Fayetteville, Arkansas: Arkansas Agricultural Experiment Station.

DENDEN. T, BETTAIEB, ALEF SALHI et MATHLOUTHI.M ; 2005: Effet de la salinité sur la fluorescence chlorophyllienne, la teneur en proline et la production florale de trois ornementales, Tropiculture, Pp220-225.

DJERROUDI . Z, BELKHODJA .M, BISSATI. S, HADJADJ .S ; 2010: Effet du Stress Salin sur l'accumulation de Proline Chez Deux espèces d'Atriplex *Halimus L.* et *Atriplex Canescens* (Pursh) Nutt; European Journal of Scientific Research, pp.249-260.

DIEHIL R., 1975 : Agriculture générale , Ed J.B Baillière, 396p. Document technique SCPA n°23. Versailles, 21 p.

DOMMERGUE Y;1962 :Contribution à l'étude de la dynamique de simulation application aux sols salés du Tchad.Sci.Soil.46.177p

DONAHUE L, 1958:Nature des sols et croissance végétale.Ed .Intercontinental Inc .NewYor.pp281-286.

DOOREMBOS G., 1980. -Réponse de rendement l'eau – Bull. FAO. Irri. Draï. N0 33. 42, 111pp

DORE . C et VAROQUAUX. F ; 2006 : « Histoires et amélioration de cinquante plantes cultivées », Ed INRA, Paris.

DUTHIL D., 1973 : Eléments d'écologie et d'agronomie, tome III. Exploitation et amélioration du milieu, emploi des facteurs de la production végétale, Ed J.B Baillièrè, Paris, 392p.

GOUST. J ; 2003 : « Le haricot, L'encyclopédie du potager, Actes Sud,.

HALITIM, A ; 1988 : « Sols des régions arides d'Algérie », Ed O.P.U, 384P.

HAMZA M., 1980 : Réponse des végétaux à la salinité, Physiologie végétale, pp 69-81.

HELA .B. A, MANAA.A, ZID.E ; 2008 : Tolérance à la salinité d'une Poaceae à cycle court : la sétairie (*Setaria verticillata* L.) ; compte rendus biologies 331. Pp 164- 170.

HELLER.R ; 1981 : «Physiologie végétale, nutrition », 2^{ème} édition. Ed Masson, Paris, 244p.

HERNANDEZ; 1999: Alleviation of Salt Stress in Common Bean (*Phaseolus vulgaris*) by Exogenous Abscisic Acid Supply. Journal of Plant Growth Regulation. Pp 25:110.119.

HOPKINS .W., 2003 : Physiologie végétale, 2^{ème} édition, Ed de boeck et Larcier s.a, Bruxelles, 514p.

HOSNI ; 2009: La tolérance au sel, Ecophysiologie Végétale. Pp 1-6.

HUBERT, 1978 in BENCHOHRA . N, KRAMOU. R ; 2011 : Etude de deux types d'engrais organiques sur la production de la tomate. Pp 12.

HUDSON, 1987 in MOSTAFAOUI, 2007 : “Effet d'un antistress « Le Fertiactyl » en agriculture sous conditions salines”, mémoire de Magister, USD Blida, (2007), 100p.

JARDIN.C ; 1995 :Le guide, traité pratique de jardinage,31^{ème} édition. Ed GLAUSE JARDIN Pari.895p.

JEANNEQUIN.B ;1992 : « Les plastiques en agriculture », C.A.P. Revue horticole, pp 153-161.

KHECHAI. S, 2001: contribution à l'étude du comportement hydrophysique des sols du périmètre irrigué de l'ITDAS dans la plaine de l'outaya (W.Biskra), Thèse de magister science agronomique. Université de Biskra.

KLAPAKI, 2000., in ABAD.M ;2011: impact des sels nocifs sur le comportement ecophysiologique de la culture de tomate (*lycopersicum, esculentum* mill) variété saine pierre cultivée dans un milieu salin naturel. Blida.136p

KOLEV. N ; 1976 : les cultures maraichères en Algérie Tome 1 légumes et fruits Ed. Ministère de l'agriculture et de la réforme agraire. Pp : 145 – 161.

LAFON J.P, THARAUD-PRAYER. C et LEVY. G ; 1996 : « Biologie des plantes cultivées » Tome 1, 2. Ed Technique et Documentation, 233p.

LASRAM ; 1995 : « Comportement des plantes en milieu salé et placé en pourtour méditerranéen », ACR, Acad Agric, pp 47.

LAUMONIER R., 1979: Cultures légumières et maraichères, Tome III, Ed J.B Baillièrre, Paris, 1276p.

LESAINTE.C; 1974: Evaluation de la fertilisation et l'irrigation vers l'utilisation des solutions nutritives équilibrées. Ed : Versailles. 118 p.

LESAINTE. C et COÏC.Y ; 1983 : « Cultures hydroponiques », Ed Maison Rustique, Paris, 118p.

LETARD.M et PATRICIA.P ;1995 :Maitrise de l'irrigation fertilisante de la tomate.Ed C.T.I.F.L Paris.220p

LOUEA., 1986 : Les oligo-éléments en agriculture Ed : Agri-Nathan Internationale. Paris. 339 p.

MADHAVA RAO K.V, RAGHAVENDRA A.S, JANARDHAN REDDY. K; 2006: Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants. P41-99.

MADR ; 2013 : Ministère de l'agriculture et développement rural

Maillard J., 2001 : Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone aride : Risques et Recommandations. Handicap International. 35p

MASS. E.V; 1986: "Salt tolerance of plants", Appl. Agric. Res. 1, pp. 12-26.

MERMOUD, A., MUSY A., 2006 : Salinisation du sol depuis une nappe peu profonde : Stimulation de l'effet d'un abaissement de la nappe sur les remontées d'eau vers la surface, 42th. Int. Exécutive concile Meeting of ICID, China, pp 1-9

.MICHAUD, N. et BOUDREAU, M.E ; 2001 : "La culture hydroponique", Agriculture Canada Publication, Ottawa, 52p.

MILLER.R.W, et DONAHUE.R.L ; 1995 : Les sols dans notre environnement. Ed. Prudence Hall. Englewood. 323p.

MORARD.G ;1995: LES cultures végétales en hors sol • h, Pub. Agris, Paris, 301p.

MOREL. P ; 2005 : Les cultures hors sols. Application aux jardins de ville.I.N.R.A.UMR SAGAH.17p

MORSLI, 2007 : Étude de l'intrusion marine et de ses répercussions sur la dégradation des sols : cas des zones côtières d'Alger Est.

MOSTFAOUI.R ; 2003 : Effet d'un engrais liquide le fertiactyle sur le stresse salin en milieu hydroponique sur une culture de tomate thèse ing. INES. Blida.82 p.

MUNNS. R et TERMAAT. A; 1986: « Whol-plant responses to salinity", Aust. J. Plant, Physiol, 13, pp 143-160.

MUNNS et al;2002: « Water relation and leaf expansion: importance of time scale", J. Exp. Bot. 51 350, pp 1495-1504.

NIL, 2000.in ABAD.M., 2011 : impact des sels nocifs sur le comportement ecophysiologique de la culture de tomate (*lycopersicum, exculuntum mill*) variété saine pierre cultivée dans un milieu salin naturel. mémoire de Magister, USD Blida, 136p.

NIMRI., 1998.IN AIT OUAZZOU F., 2010: effet de l'utilisation d'antistress de synthèse et biologique sur la production de plants de concombre (*cucumis sativus* l.) en hors sol et dans des conditions salines. mémoire de Magister, USD Blida. 126p

ORIA ; 1969 : « Biologie » Ed Hatier, Paris, 191p.

PADDILLA.M ; 2006 : Le développement des produits protégeant la santé et l'environnement en méditerranée. Les notes d'analyses du CIHEAM.N°5, pp 8-17

PARIDA A.K., Das A.B., 2005: Salt tolerance and salinity effect on plants: review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Vol.60, pp. 324-349.

PERON J.Y., 2006 : Référence, productions légumières , 2^{ème} édition, Ed Lavoisier, 613 p.

PESSON et LOUVEAUX ; 1984 : Pollinisation et production végétale. INRA, Paris, pp261-262.

RHOADES J.D, KANDIAH, A. and MASHALI A.M.; 1992: The use of saline water for crop production", irrigation and drainage paper, FAO, n°48, Rome, 140p.

RIOU. C, BONHOMME. R, NEVEU. A et PAPY. F ; 1997 : « L'eau dans l'espace rural : production végétale et qualité de l'eau », Ed INRA, Paris, 411p.

ROBERT M., 1996 : le sol : interface dans l'environnement ressource pour le développement. Ed. Masson .paris. 244p.

RODIER, J ; 1984 : « L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer », 7^{ème} édition, Ed Bordas, Paris, 1365p.

SATTI S. M. E, LOPEZ . M. and Al-SAID. A., 1994: Salinity induced changes in vegetative and reproductive growth in tomato. *Commun. Soil Sci. Pant Anal.*, 25 (5 et 6), pp 501-510.

SNOUSSI S.A ; 1984 : Effet des variations des concentrations d'azote et de potassium d'une solution nutritive de base sur la tomate cultivée en système hydroponique.Th.Mag.INA.El-Harrach.115p.

SNOUSSI et al, 2004 : Absorption hydrique en milieu salin chez la tomate et le haricot. *Cahiers Agricultures*. Vol.13, N° 3, 283-287.

Source : FAO ;1992 : Le sel de la terre: un danger pour la production vivrière. Pp 1-3

Source : FAO; 2013:

STANTON., 1970 : Les légumineuses à graines en Afrique, Rome : organisation des nations unies pour l'amélioration et l'agriculture. 37, 38, 172pp.

STENGEI P, GELIN S ; 1998 : Sol interface fragil.Ed.INRA.Paris.pp109-127.

THIAULT. J.F ; 2004 : “La maitrise de la culture hors-sol”, Bulletin Détail, n° 215, ISSN 0758-4334.

URBAN, L., 1997: l'Introduction à la production sous serre • h, Maison Rustique, Paris, 180p.

VILAIN.M., 1987 : la production végétale, les composantes de la production. Tome 1 : techniques et documentation .Lavoisier, paris. 416p.

VILAIN. M ; 1993 : Production végétale. (BOCKMAN et al, 1990). Vol 1, les composantes de la production. Ed : J.L.Baillièrè. Paris. 458 p.

VITRE.A., 2003 : Fondements & principes du hors-sol, Doc Vol 3. N° 12, pp 110-121.

VOINEA M et MAIER L., 1976 : Cultura legumilor tumpuri et cimp. Ed. CERES. Bugaresti. 129p.

WARRENCE, N., BAUDER, J.W., PEARSON.K.E ; 2002 : “Fondements de la salinité et des effets de la sodicité sur les propriétés physiques du sol”, Université Bozeman d'état de Montana, 13p.

ZIEGLER ; 2008 : L'hydroponie ou culture hydroponique » maladies des plantes, agriculture et écologie. P16.

Table des matières

Introduction

Partie bibliographique

Chapitre I : La salinité

I .1 Définition de la salinité	3
I .2 Salinité dans le monde	3
I .3 Salinité en Algérie	4
I .4 Causes et conséquences de la salinité	4
I .4.1 Les causes de la salinité.....	4
I .4.2 Les conséquences de la salinité	5
I .5 Salinisation des eaux	5
I .5.1 Origine des eaux salines	6
I .5.2. Classification des eaux salines	6
I .6 Les différents types de salinisation	7
I .6.1. Salinisation primaire	7
I .6.2. Salinisation secondaire	7
I .7 Méthodes de lutte contre la salinité.....	7
I .8 Effet des sels sur les plantes	8
I .8.1. Action sur les phénomènes physiologiques	8
I .8.2. Action sur l'absorption hydrominérale	8
I .8.3. Effet de la salinité sur la croissance.....	9
I .8.4. Effet de la salinité sur l'eau dans la plante.....	9
I .8.5. Effet de la salinité sur l'anatomie de la feuille.....	9
I .8.6. Effet de la salinité sur l'ultra-structure du chloroplaste.....	10

I .8.7. Effet de la salinité sur la photosynthèse.....	10
I .9 Tolérance des plantes à la salinité.....	10
Chapitre II : Notions générales du procédé hors-sol	
II.1 Quelques généralités sur le procédé hors-sol	12
II.2 Composantes de l'hydroponie.....	12
II.2.1 Substrat	12
II.2.2 Conteneurs.....	13
II.2.3 Solution nutritive.....	13
II.2.3.1- Le pH.....	13
II.2.3.2- Conductivité électrique	14
II.2.3.3- Equilibre ionique	15
II.3- Les avantages et les inconvénients du procédé hors sol	15
II.3.1. Les avantages du procédé hors sol	15
II.3.2. Les inconvénients du procédé hors sol	16
Chapitre III : Etude de la plante : le haricot	
III.1 Généralités.....	17
III.2 Place du haricot dans le monde.....	17
III.3 Haricot en Algérie.....	17
III.4 Description de la plante.....	18
III.4.1 Racines.....	18
III.4.2 Tige.....	18
III.4.3 Feuilles.....	18
III.4.4 Fleurs.....	19

III.4.5 Gousses.....	19
III.4.6 Graine.....	19
III.5 Classification botanique.....	19
III.6 Exigences de la plante.....	20
III.6.1 Exigences climatiques.....	20
III.6.1.1 Température.....	20
III.6.1.2 Lumière	20
III.6.1.3 Humidité	20
III.6.2 Exigences édaphiques.....	20
III.6.2.1 Salinité.....	21
III.6.2.2 PH :.....	21
III.6.3 Exigences hydriques	21
III.6.4 Exigences nutritionnelles.....	21
III.7 Travaux d'entretien.....	22
III.7.1 Binage et buttage.....	22
III.7.2 Désherbage	22
III.7.3 Arrosage	22
III.7.4 Tuteurage	22
III.8 Maladies du haricot	23
III.9 Récolte.....	23
 Partie expérimentale	
 Chapitre IV : Matériel et méthodes	
IV.1. Objectif d'expérimentation	24

IV.2. Matériel végétal testé :.....	24
IV.3. Conditions expérimentales.....	24
IV.3.1 Lieu de l'expérience.....	24
IV.3.2 Substrat :.....	26
IV.3.3 Containers :.....	26
IV.4. Dispositif expérimental :.....	26
IV.5. Traitements testés :.....	27
IV.5.1 Reconstitution de la solution saline naturelle d'origine de Chélif à partir de l'eau de Blida : T1.....	28
IV.5. 2 Quantités et ordres de dissolution des sels : T1.....	28
IV.5.3 Reconstitution du traitement deux : T2.....	29
IV.5.4 Quantités et ordres de dissolution des sels : T2.....	29
IV.5.5 Elaboration du traitement T3:.....	30
IV.5.6 Quantités et ordres de dissolution des sels de la solution nutritive T3 :	31
IV.5.7 Elaboration du traitement T4.....	31
IV.6. Pré-germination des graines :.....	32
IV.6.1 Repiquage des jeunes plants :.....	32
IV.7. Entretien de la culture :.....	33
IV.7.1 Irrigation :.....	33
IV.7.2 Traitements phytosanitaires :.....	34
IV.7. 3 Palissage :.....	34
IV.8. Récolte :.....	34
IV.9. Dosage des paramètres biochimiques:	34

IV.9. 1 Dosage de la proline :.....	34
IV.9.2 Dosage de la chlorophylle :.....	35
IV.10. Paramètres de croissance mesurés:.....	36
IV.10. 1 La vitesse de croissance :	36
IV.10. 2 Hauteur finale des plantes :.....	36
IV.10.3 Nombre des feuilles :.....	36
IV.10.4 Diamètre des tiges :.....	36
IV.10.5 Biomasse fraîche produite :.....	36
IV.10. 6 Biomasse sèche produite :.....	36
IV.10. 7 Taux de la matière sèche produite :.....	37
IV.11. Paramètres de production :.....	37
IV.11.1 Taux d'avortement des fleurs :.....	37
IV.11. 2 Nombre des gousses :.....	37
IV.11.3 Poids frais moyen des gousses :.....	37
IV.11.4 Poids sec moyen des gousses :.....	37
 Chapitre V : Résultats et discussions	
V.1 Paramètres de croissance.....	38
V.1.1- Aspect général des plantes :.....	38
V.1.2- Vitesse de croissance des plantes:.....	39
V.1. 3- Hauteur finale des plantes en (cm):.....	40
V.1. 4-Diamètre moyen des tiges en (mm):.....	41
V.1. 5- Nombre de feuilles	42
V.1. 6 Biomasse fraîche des feuilles, des tiges et racines [g]:.....	43

V.1.7 Biomasse fraîche totale (tige+feuille) [g]:.....	45
V.1.8 Biomasse sèche des feuilles, des tiges et des racines [g].....	47
V.1.9 Biomasse sèche totale (tige+feuille) [g]:.....	48
V.1.10 Taux de la matière sèche totale (tige+feuille) [%] :.....	50
V.2 Paramètres de production.....	50
V.2.1 Nombre de fleurs par plant:.....	50
V.2.2 Taux d'avortement [%] :.....	51
V.2.2.2. Nombre de gousses par plant :	52
V.2.4.2 Poids des gousses [g] :	53
V.2.5 Classification des gousses :.....	54
V.2.6 Extrait sec des fruits [%].....	55
V. 3. Paramètres biochimiques :.....	56
V. 3.1 Quantité de la chlorophylle (A) [µg/g MF]:	56
V. 3.2 Quantité de la chlorophylle (B) [µg/g MF]:.....	57
V. 3.3 Quantité de la chlorophylle (C) [µg/g MF]:.....	58
V. 3.4 Quantité du proline dans la plante [µg/g MF]:... ..	59
V. 4 Discussion générale.....	60
V. 4 .1 Classements des traitements selon les paramètres biométriques :.....	61
V. 4.2 Classements des traitements selon les paramètres de production:.....	62
V. 4.3 Classements des traitements selon les paramètres biochimiques :	63
Conclusion.....	65

Références bibliographiques.

Les annexes.

Les annexes

Annexe 01 : Hauteur finale des plantes en (cm).

SOURCE DE VARIATION	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR. TOTALE	2513.75	34	73.93	697.55	0.0000	0.94	1.9%
VAR. FACTEUR 1	2487.01	4	621.75				
VAR. RESIDUELLE 1	26.74	30	0.89				

Annexe 02 : Diamètre moyen des tiges en (mm).

SOURCE DE VARIATION	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR. TOTALE	98.74	34	2.90	41.41	0.0000	0.71	9.5%
VAR. FACTEUR 1	83.60	4	20.90				
VAR. RESIDUELLE 1	15.14	30	0.50				

Annexe 03 : Nombre de feuilles.

SOURCE DE VARIATION	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR. TOTALE	3210.40	34	94.42	861.29	0.0000	0.96	5.0%
VAR. FACTEUR 1	3182.69	4	795.67				
VAR. RESIDUELLE 1	27.71	30	0.92				

Annexe 04 : Biomasse fraiche des racines [g].

SOURCE DE VARIATION	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR. TOTALE	18832.57	34	553.90	4262.27	0.0000	1.05	1.3%
VAR. FACTEUR 1	18799.49	4	4699.87				
VAR. RESIDUELLE 1	33.08	30	1.10				

Annexe 05 : Biomasse fraiche des tiges [g].

SOURCE DE VARIATION	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR. TOTALE	51.45	34	1.52	44.67	0.0000	0.50	14.4 %
VAR. FACTEUR 1	44.13	4	11.03				
VAR. RESIDUELLE 1	7.41	30	0.25				

Annexe 06 : Biomasse fraiche des feuilles [g].

SOURCE DE VARIATION	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR. TOTALE	2231.06	34	65.62	2388.94	0.0000	0.48	4.1%
VAR. FACTEUR 1	2224.08	4	556.02				
VAR. RESIDUELLE 1	6.98	30	0.23				

Annexe 07 : Biomasse fraiche totale (tige+feuille) [g]:

SOURCE DE VARIATION	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR. TOTALE	21092.98	34	620.8	6052.43	0.0000	0.93	1.0%
VAR. FACTEUR 1	21066.88	4	5266.72				
VAR. RESIDUELLE 1	26.11	30	0.87				

Annexe 08 : Biomasse sèche des racines [g]

SOURCE DE VARIATION	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR. TOTALE	317.62	34	9.34	7278.89	0.0000	0.10	1.3%
VAR. FACTEUR 1	317.30	4	79.32				
VAR. RESIDUELLE 1	0.33	30	0.01				

Annexe 09: Biomasse sèche des tiges [g]

SOURCE DE VARIATION	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR. TOTALE	4.15	34	0.12	24.19	0.0000	0.18	16.5 %
VAR. FACTEUR 1	3.17	4	0.79				
VAR. RESIDUELLE 1	0.98	30	0.03				

Annexe 10 : Biomasse sèche des feuilles [g]:

SOURCE DE VARIATION	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR. TOTALE	2231.06	34	65.62	2388.94	0.0000	0.48	4.1%
VAR. FACTEUR 1	2224.08	4	556.02				
VAR. RESIDUELLE 1	6.98	30	0.23				

Annexe 11 : Biomasse sèche totale (tige+feuille) [g]:

SOURCE DE VARIATION	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR. TOTALE	317.75	34	9.35	7143.65	0.0000	0.11	1.3%
VAR. FACTEUR 1	317.42	4	79.35				
VAR. RESIDUELLE 1	0.33	30	0.01				

Annexe 12 : Taux de la matière sèche totale (feuille+tige) [%] :

SOURCE DE VARIATION	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR. TOTALE VAR. TOTAL	92.87	34	2.73	88,37	0,0000	0,49	6,0%
VAR. FACTEUR 1	85.61	4	21.40				
VAR. RESIDUELLE 1	7,27	30	0,24				

Annexe 13 : Nombre de fleurs par plant :

SOURCE DE VARIATION	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR. TOTALE	3210.40	34	814.42	861.29	0.0000	0.96	5.0%
VAR. FACTEUR 1	3182.69	4	795.67				
VAR. RESIDUELLE 1	27.71	30	0.92				

Annexe 14 : Nombre de gousses par plant :

SOURCE DE VARIATION	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR. TOTALE	2906.00	34	85.47	1066.91	0.0000	0.82	4.8%
VAR. FACTEUR 1	2885.71	4	721.43				
VAR. RESIDUELLE 1	20.29	30	0.68				

Annexe 15 : Poids des gousses par plant [g] :

SOURCE DE VARIATION	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR. TOTALE	63074.69	34	1855.14	19375.25	0.0000	0.90	1.2%
VAR. FACTEUR 1	63050.29	4	15762.57				
VAR. RESIDUELLE 1	24.41	30	0.81				

Annexe 16 : Extrait sec des fruits [%]

SOURCE DE VARIATION	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR. TOTALE	3482.82	34	102.44	1057.67	0.0000	0.90	3.3%
VAR. FACTEUR 1	3458.21	4	864.57				
VAR. RESIDUELLE 1	24.52	30	0.82				

Annexe 17 : la quantité de la chlorophylle A :

SOURCE DE VARIATION	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR. TOTALE	0.21	14	0.02	25.92	0.0000	0.04	4.1%
VAR. FACTEUR 1	0.20	4	0.05				
VAR. RESIDUELLE 1	0.02	10	0.00				

Annexe 18: la quantité de la chlorophylle B :

SOURCE DE VARIATION	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR. TOTALE	1.10	14	0.08	23.02	0.0001	0.10	19%
VAR. FACTEUR 1	0.99	4	0.25				
VAR. RESIDUELLE 1	0.1	10	0.01				

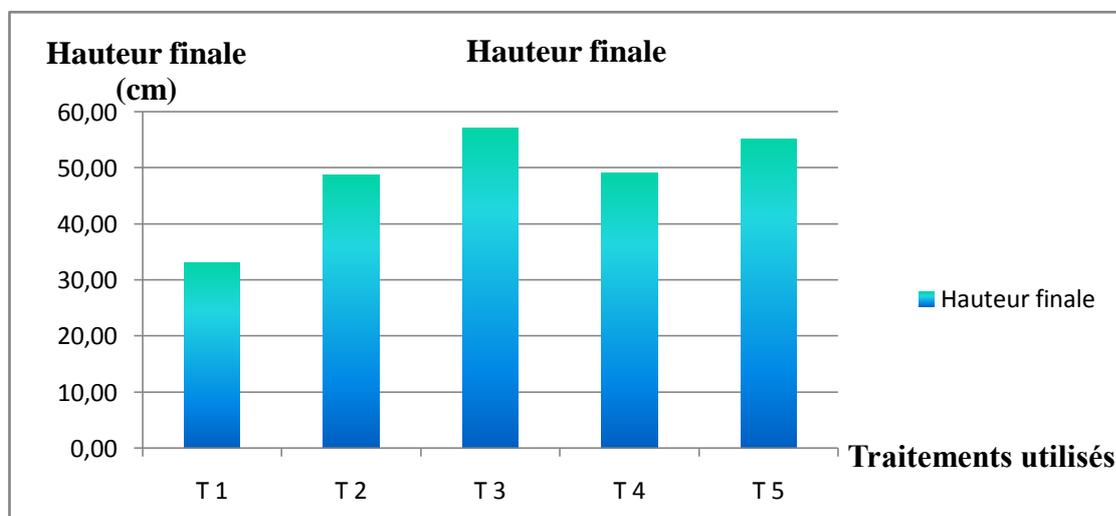
Annexe 19: la quantité de la chlorophylle C :

SOURCE DE VARIATION	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR. TOTALE	36.07	14	2.58	30.33	0.0000	0.52	5.9%
VAR. FACTEUR 1	33.32	4	8.33				
VAR. RESIDUELLE 1	2.75	10	0.27				

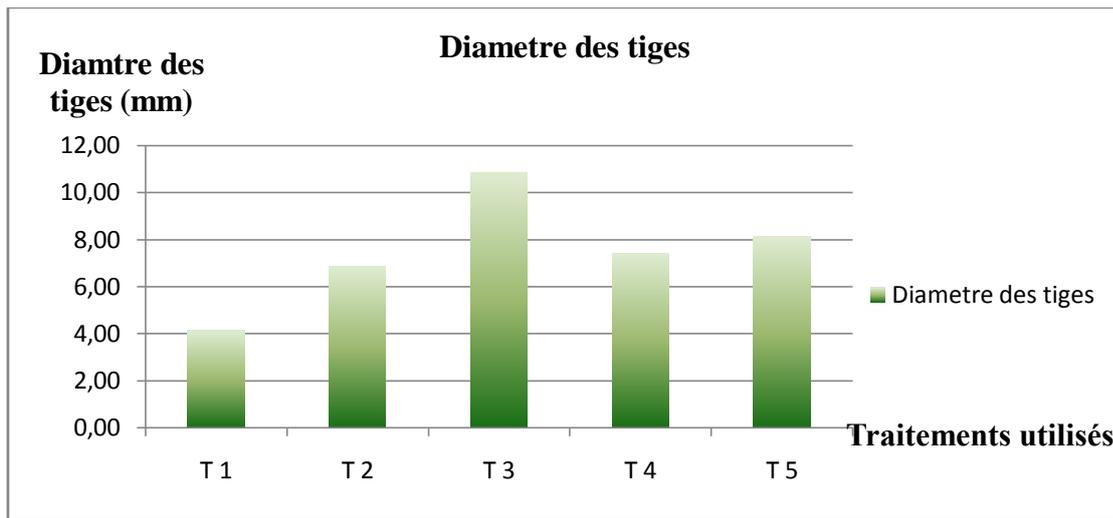
Annexe 20: la quantité du proline dans la plante

SOURCE DE VARIATION	S.C.E	DDL	CARRES MOYENS	TEST F	PROBA	E.T	C.V
VAR. TOTALE	0.00	14	0.00	18.86	0.0002	0.01	17.2 %
VAR. FACTEUR 1	0.00	4	0.00				
VAR. RESIDUELLE 1	0.00	10	0.00				

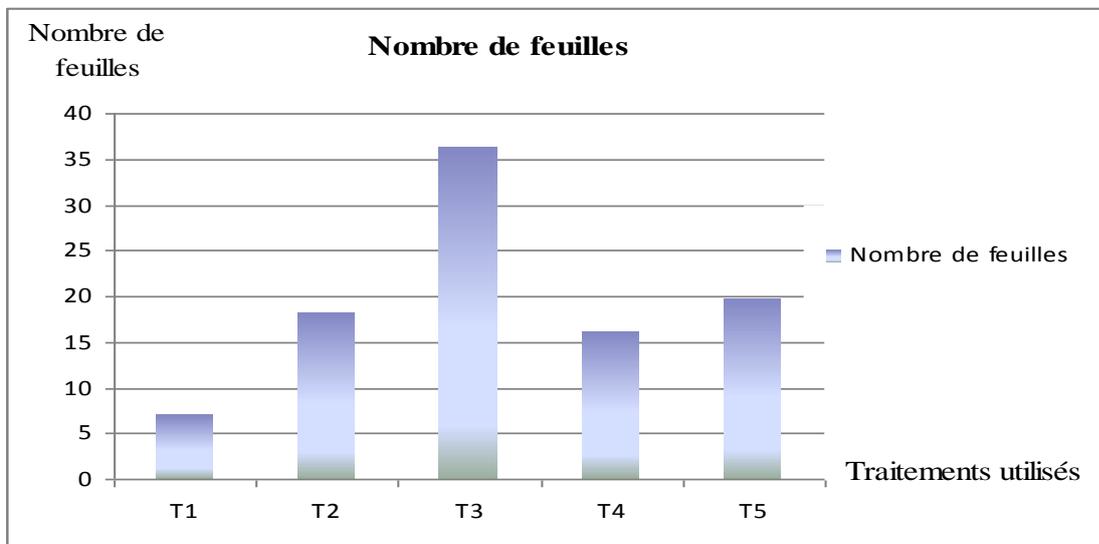
Annexe 21 : Hauteur finale des plantes en (cm).



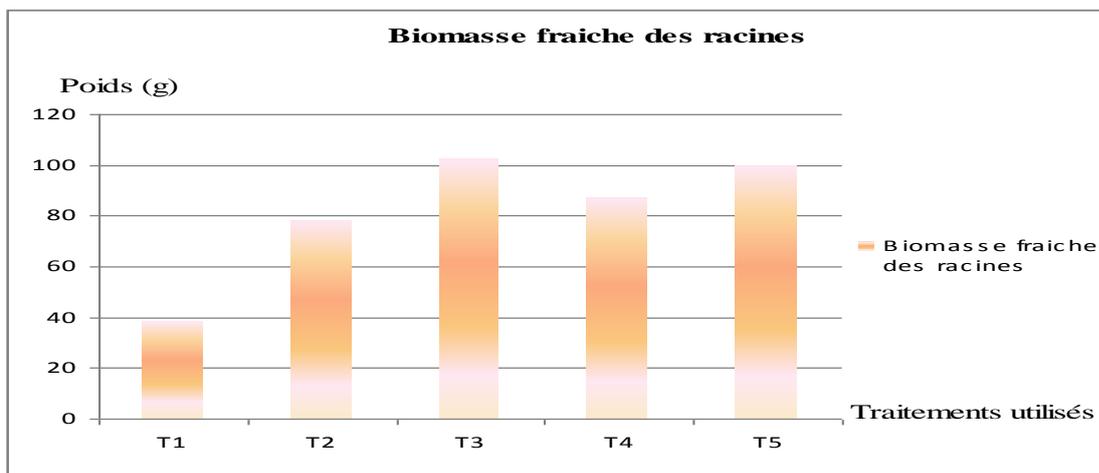
Annexe 22 : Diamètre moyen des tiges en (mm).



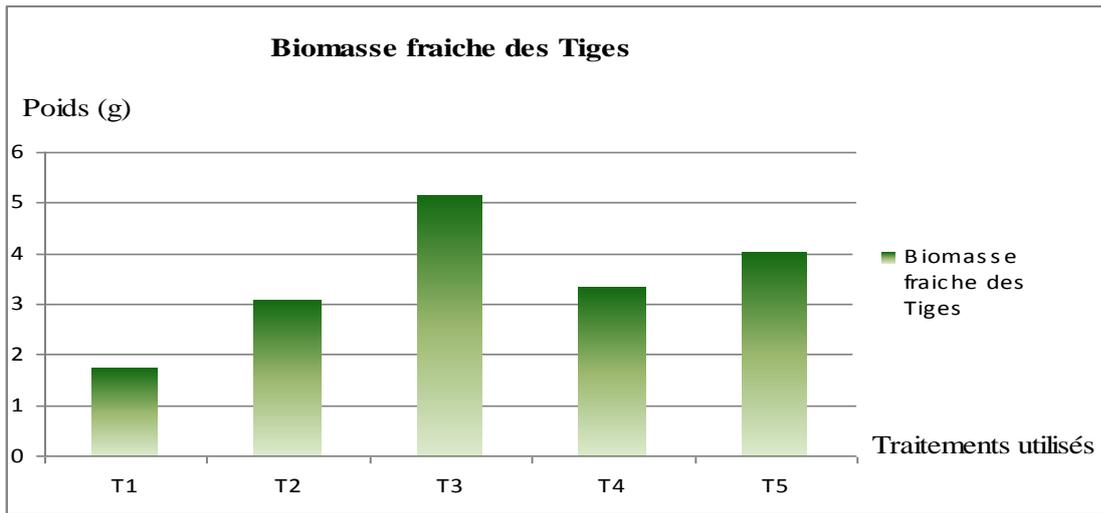
Annexe 23 : Nombre de feuilles.



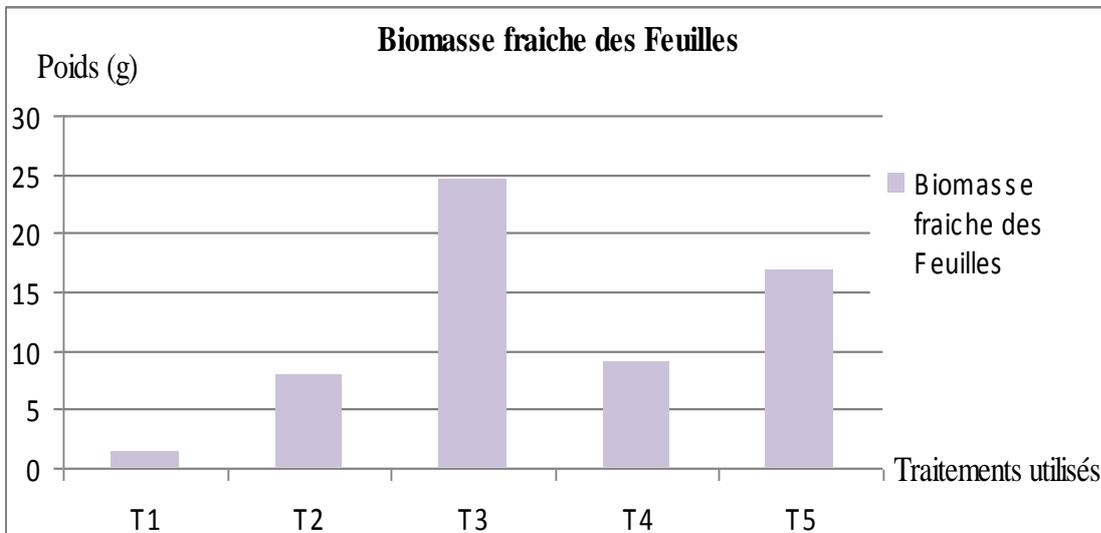
Annexe 24 : Biomasse fraîche des racines.



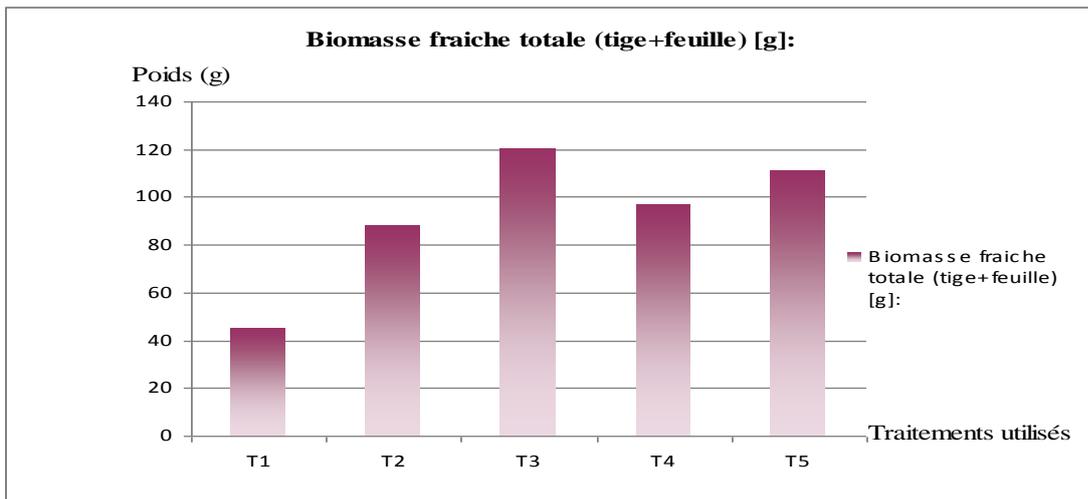
Annexe 25 :Biomasse fraîche des Tiges.



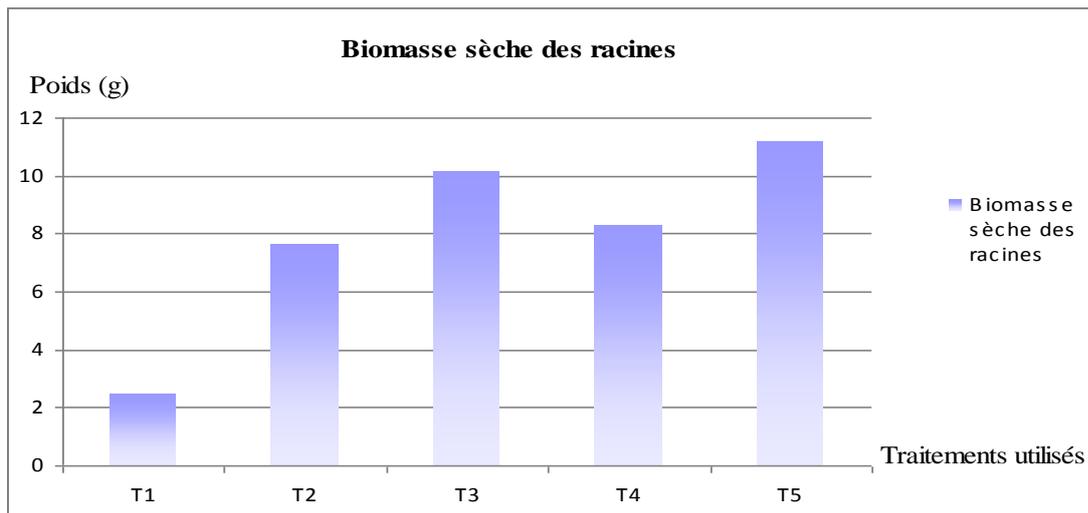
Annexe 26 : Biomasse fraîche des Feuilles.



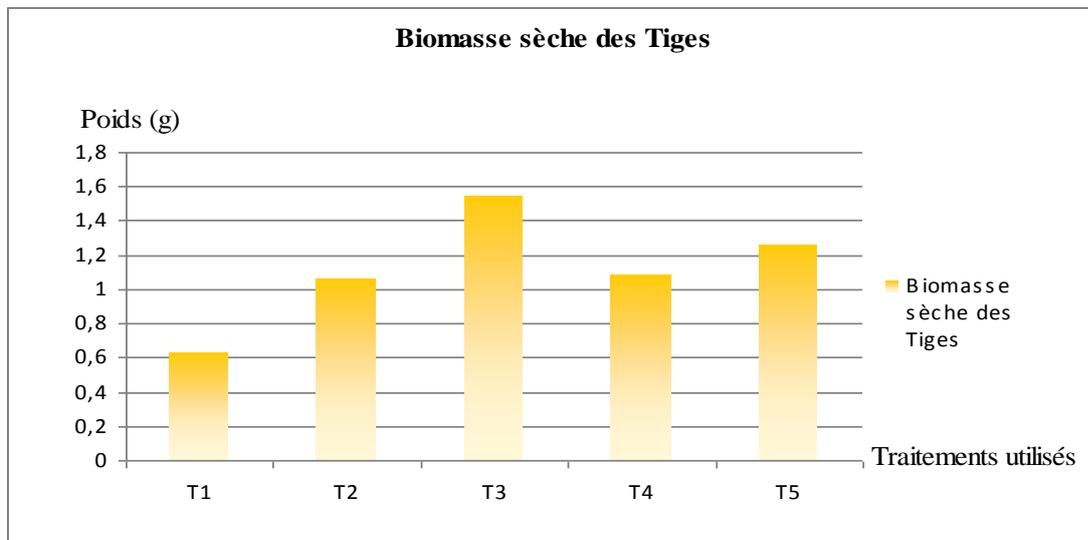
Annexe 27 : Biomasse fraîche totale (tige+feuille) [g].



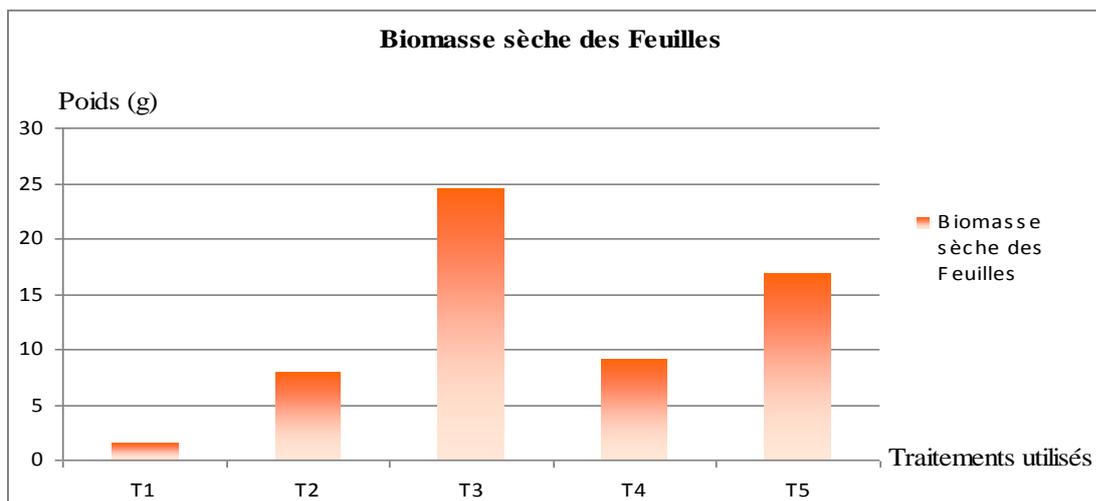
Annexe 28 : Biomasse sèche des racines.



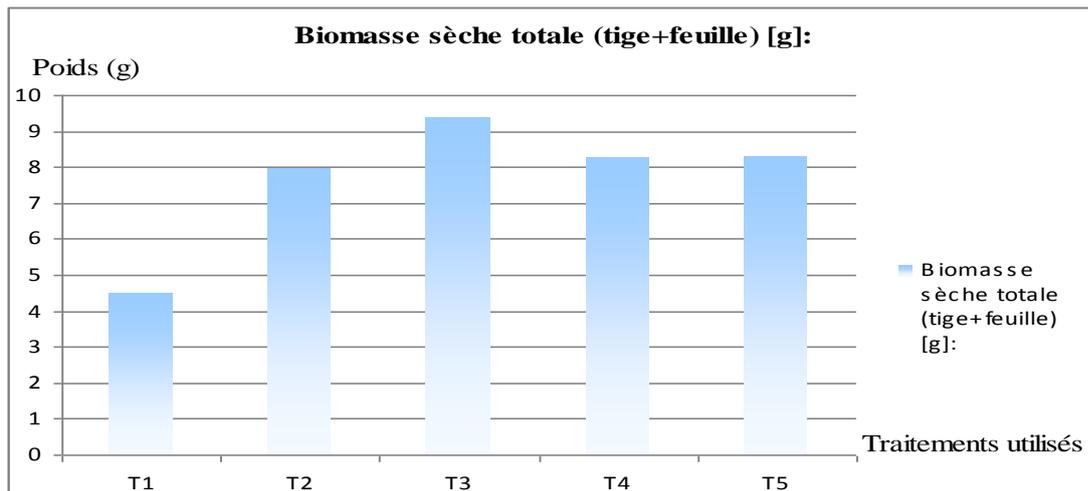
Annexe 29 : Biomasse sèche des Tiges



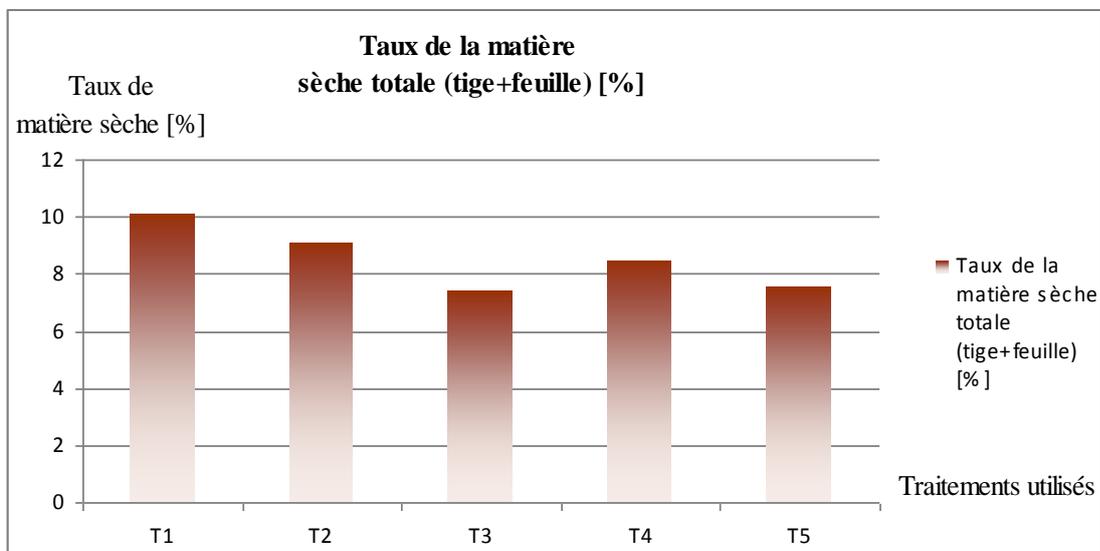
Annexe 30 : Biomasse sèche des Feuilles.



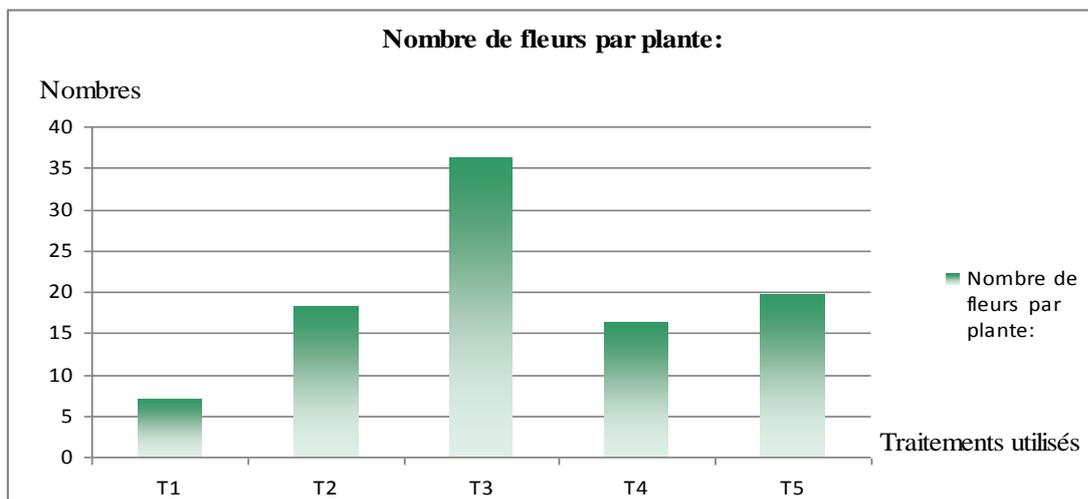
Annexe 31 : Biomasse sèche totale (tige+feuille) [g].



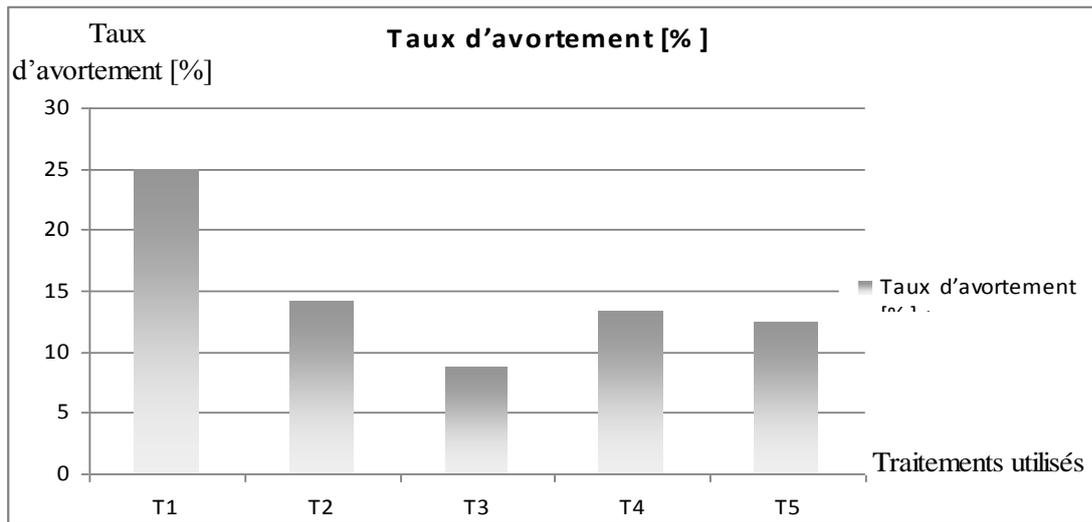
Annexe 32 : Taux de la matière sèche totale (tige+feuille) [%].



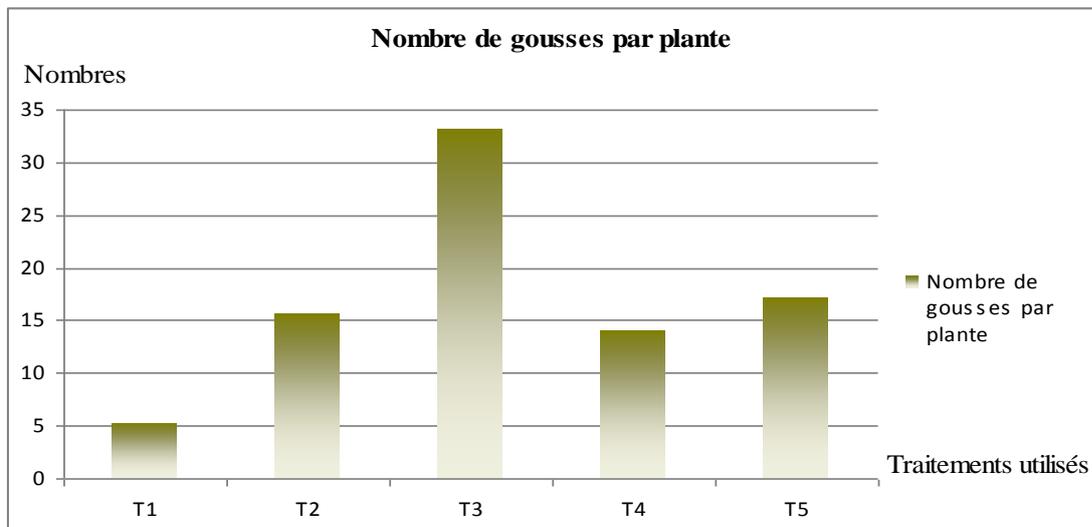
Annexe 33 : Nombre de fleurs par plante.



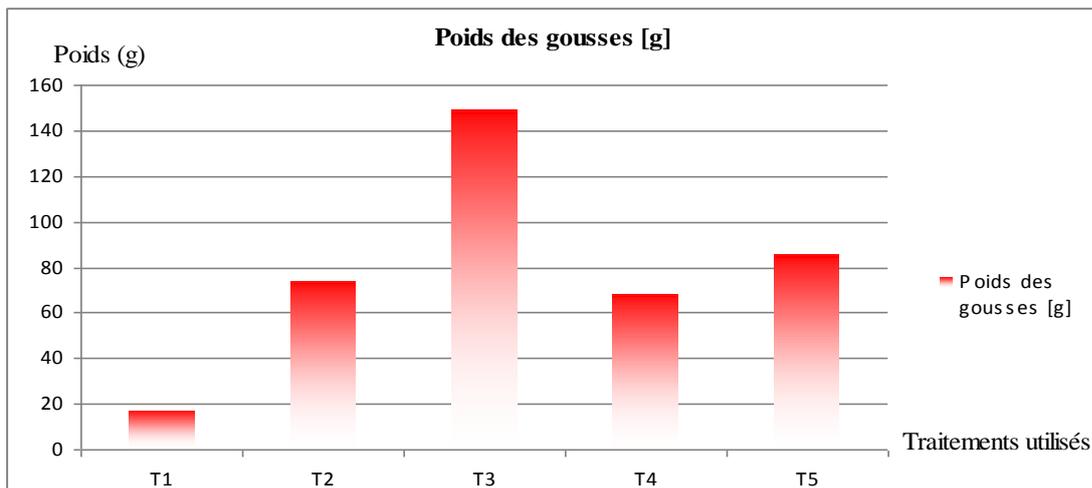
Annexe 34 : Taux d'avortement [%] .



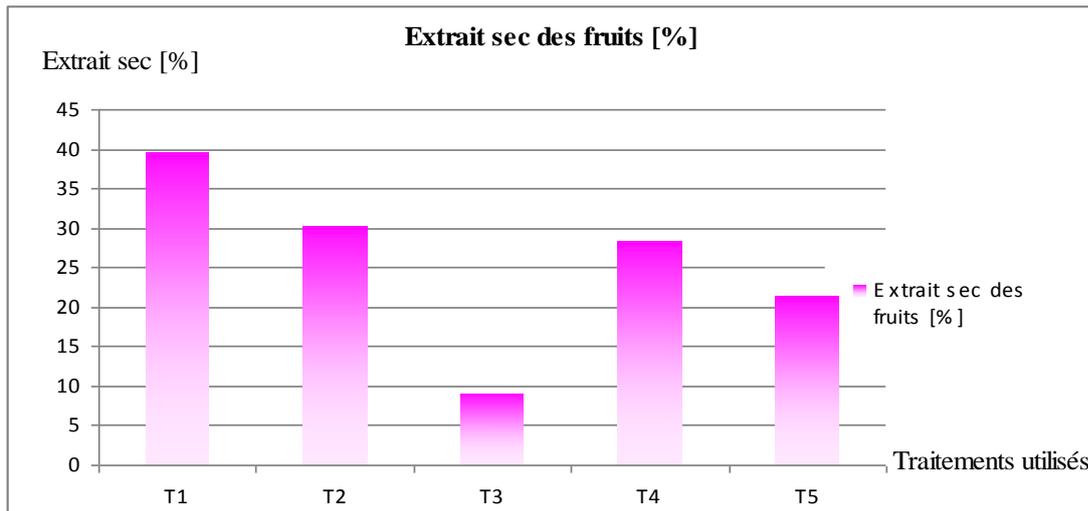
Annexe 35 : Nombre de gousses par plante.



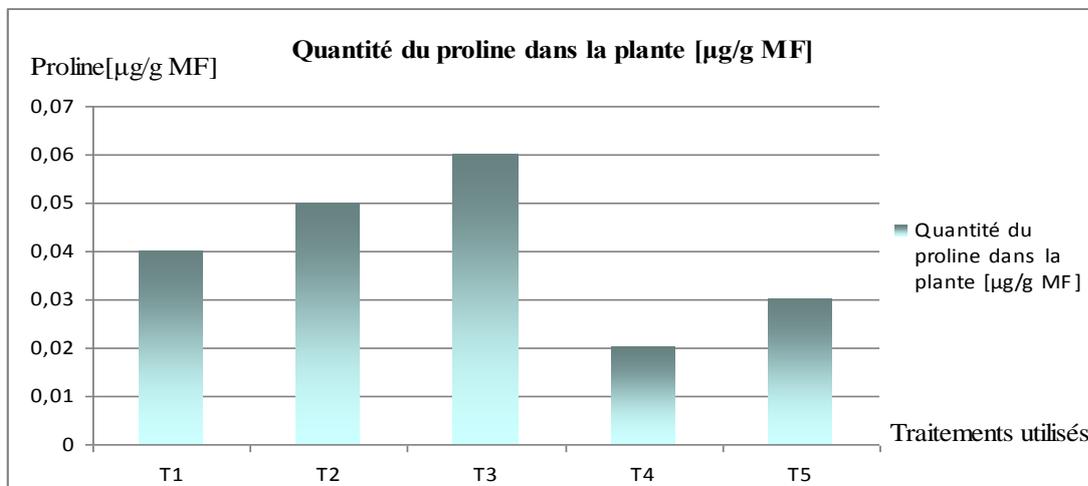
Annexe 36 : Poids des gousses [g].



Annexe 37 : Extrait sec des fruits [%]



Annexe 38 : Quantité du proline dans la plante [$\mu\text{g/g}$ MF].



Annexe 38 : la quantité de la chlorophylle

