

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE DE BLIDA 1

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIES

Spécialité de Biotechnologie végétale

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention de Master académique en
Sciences de la Nature et de la Vie

Thème

INFLUENCE D'UNE EAU SALINE ET DU pH SUR LA VÉGÉTATION DE
DEUX ESPECES CULTIVÉES HARICOT (*Phaseolus vulgaris L.*) ET
TOMATE (*Solanum lycopersicum L.*)

Présenté par :

Mlle DJERADI Faten

Mlle Bouda Amina

Devant le Jury :

Mme BRADEA M.S.	M.C.A.	U. Blida 1	Présidente
Mr. DEROUICHE B.	M.A.A.	U. Blida 1	Promoteur
Mr.ABBAD M.	M.A.A.	U. Blida 1	Examineur

Année Universitaire 2015-2016

Remerciements

Le premier remerciement est à **ALLAH** le tout puissant qui ma donné le courage, la force et la santé pour accomplir ce travail.

On tient tout d'abord à exprimer nos sincères remerciements à notre promoteur Monsieur **DEROUICHE BILLEL** pour l'aide précieuse qu'il nous a apportée et les conseils infiniment utiles qu'il nous a prodigués pour la réalisation de ce travail.

Que Madame **BRADEA M.S.** retrouve ici nos remerciements les plus vifs pour avoir accepté de présider le jury.

Nos remerciements vont également à Monsieur **ABBAD MOHAMED** d'avoir accepté de juger ce travail.

Comme je tiens à remercier Monsieur **SNOUSSI Sid-Ahmed** Professeur responsable de l'équipe de Biotechnologie Végétal, qui a accepté de nous accueillir au sein de son laboratoire.

Nos sincères remerciements et respects s'adressent aussi à tous nos professeurs de la Faculté de science de la nature et de la vie, pour leurs efforts et leurs aides durant tout notre parcours d'étudiant, et spécialement aux membres du Laboratoire de Biotechnologie Végétale :

Monsieur **ZOUAOUI AHMED**, Monsieur **SAOU ABDELHALIM**, Madame **SORAYA**, Monsieur **HAMIDI YUCEF**, Monsieur **ABDELLAH** pour leurs aides, leurs contributions, et le temps qu'ils nous ont consacré et le plaisir d'accepté de répondre à nos questions.

On remercie enfin tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste Mémoire à :

MES PARENTS

Merci d'avoir fait de moi ce que je suis aujourd'hui et des valeurs nobles que vous avez si bien su m'inculquer, la gentillesse, le respect et le dévouement.

Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte vos fruits

***MES SŒURS WISSEM ET MOUNIRA ET MON FRERE ABOUBAKER ***

Je vous souhaite la réussite et bonne continuation pour vos projets.

TOUTES MA FAMILLES

MES COLLEGUES

La promotion de master 2 biotechnologie végétale de l'année universitaire

2015-2016

FATEN

Dédicaces

Mon très cher père qui m'a encouragé, ma source de force pour tenir jusqu'au bout, mon Papa, l'homme qui m'a toujours soutenu et cru en moi. Sa chaleur paternelle, m'a souvent été d'un grand réconfort. Je ne saurais le remercier assez pour tout ce qu'il a fait pour moi

A la personne qui m'importe le plus dans ce monde, ma Maman. Elle qui a toujours été mon modèle et ma source d'inspiration. Ces conseils, sa présence et sa tendresse m'ont été et me seront toujours indispensables. Je lui suis donc éternellement reconnaissante.

A mes très chères sœurs : Sarah, Ilhem ,Chaimaa , Souraya

A tous mes ami(e)s

A tous ceux que j'aime et je respecte. Je dédie ce travail

AMINA

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENT

RESUME

TABLE DES MATIERE

LISTE DES ILLUSTRATIONS, GRAPHIQUES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES ABRIVIATIONS

INTRODUCTION

Chapitre I : La Salinité

I.1. Généralité sur la salinité.....	1
I.2. Définition.....	1
I.3. Origine de la salinité des eaux.....	1
3.1. Origine primaire (naturelle).....	1
3.2. Origine secondaire (anthropique).....	1
I.4. La salinité et la plante.....	2
4.1. Notion du stress.....	2
4.2. Effets de la salinité sur les plantes.....	2
4.3. Effets de la salinité sur la croissance des plantes.....	3
4.4. Effets de la salinité sur la photosynthèse.....	3
4.5. Effets de la salinité sur l'activité chlorophyllienne de la chlorophylle.....	4
I.5. Tolérance des plantes à la salinité.....	4
I.6. Les mécanismes de résistance des plantes à la salinité.....	5
6.1. L'inclusion.....	5
6.2. L'exclusion.....	5
6.3. La recirculation.....	5
6.4. Synthèse des solutés compatibles.....	6

Chapitre II : La culture hors-sol

II.1. Définition.....	7
II.2. Les avantages et les inconvénients de la culture hors sol.....	7
2.1. Avantages.....	7
2.2. Inconvénient.....	8
II.3. Les différents systèmes de culture hors sol.....	8
3.1. Systèmes sans substrat.....	8

3.1.1. Aquaculture.....	8
3.1.2. Nutrient film technique (N.F.T.).....	8
3.1.3. Aéroponie.....	8
3.1.4. Ultraponie.....	9
3.2. Systèmes avec substrat.....	9
II.4. Les composantes du système hors sol.....	9
4.1. Substrat.....	10
4.2. Conteneurs.....	10
4.3. Solution nutritive.....	10
4.3.1. Le potentiel hydrogène (pH).....	10
4.3.2. Conductivité électrique (CE).....	11
4.3.3. Equilibre ionique.....	11
II.5.Composition de la solution nutritive.....	11
5.1. Macroéléments.....	11
5.1.1 Les macro- éléments majeurs.....	12
5.1.2. Les macro- éléments mineurs.....	12
5.2. Les oligo-éléments.....	13
II.6.Effet des éléments nutritive sur les végétaux.....	13

Chapitre III : Potentiel hydrogène

III.1. Définition.....	16
III.2. Le pH du sol.....	16
III.3. Le pH en agriculture.....	17
III.4. Importance du pH en hydroponie.....	17
III.5. Correction du pH.....	18

Chapitre IV : La culture du haricot et de la tomate

IV.1. Culture du haricot.....	20
1.1. Histoire et origine.....	20
1.2. Classification botanique.....	20
IV.2. Description de la plante.....	20
2.1 Appareil végétatif.....	20
2.2. Appareil reproducteur.....	21
IV.3.Les exigences de la plante.....	23
3.1. Exigences climatiques.....	23

3.1.1. Température.....	23
3.1.2. La lumière.....	23
3.1.3. Humidité.....	23
3.2. Exigence édaphiques.....	23
3.2.1. Sol.....	23
3.2.2. pH.....	23
3.3. Exigence hydrique.....	24
3.4. Exigence nutritionnelles.....	24
IV.4. Conduite de la culture.....	24
4.1. Semis.....	24
4.2. Travaux d'entretien.....	25
4.2.1. Désherbage.....	25
4.2.2. Arrosage.....	25
4.2.3. Tuteurage.....	25
4.2.4. Aération.....	25
4.2.5. Gestion des mauvaises herbes.....	25
IV.5. La culture de la tomate.....	25
5.1. Généralité et origine	25
5.2. La classification de la tomate	26
5.2.1. Classification botanique (systématique)	26
5.2.2. Classification selon le Type de variétés.....	26
5.2.3. Classification selon Le type de croissance végétative	26
IV.6. Description botanique du plant de la tomate.....	26
6.1. Le système racinaire.....	27
6.2. La tige	27
6.3. Feuillage	27
6.4. Fleurs	27
6.5. Fruit	27
6.6. Graines	27
IV.7. Les Exigences de la tomate	28
7.1. Les exigences climatiques.....	28
7.1.1. La température et l'humidité	28
7.1.2. L'Eau	28
7.1.3. Luminosité :	29

7.2. Les exigences édaphiques :	29
7.2.1. Sol	29
7.2.2. Le pH	29
7.2.3. La Salinité	29
IV.8. Conduite de la culture	29
8.1. Le Repiquage	29
8.2. L'arrosage	30
8.3. Pinçage	30
8.4. Effeuilage	30
8.5. Ebourgeonnage	30
8.6. Palissage	30
8.7. La récolte	31

Chapitre V : Matériel et méthodes

V.1. Objectives de l'expérimentation	32
V.2. Matériel végétal utilisé	32
V.3. Conditions expérimentales	32
V.3.1. Lieu de l'expérience	32
V.3.2. Substrat	34
V.3.3. Conteneurs utilisés	34
V.3.4. Dispositif expérimental	35
V.3.5. Composition des différents traitements	36
V.4. Essai de germination et repiquage	37
V.4.1. Essai de germination	37
V.4.2. Repiquage des germes	37
V.5. Description des traitements	39
V.5.1. Composition de l'eau de Blida en éléments minéraux	39
5.2. Technique de préparation des traitements	39
5.2.1. Préparation de la solution nutritive standard (T7)	39
5.2.2. Préparation de la solution saline naturelle (T1)	42
5.2.3. Préparation de la solution saline partiellement corrigée (T2)	43
5.2.4. La préparation de la solution saline corrigée +Oligo-éléments A+B (T3)	43
5.2.5 Préparation de la solution saline naturelle (T4)	44
5.2.6. Préparation de la solution saline partiellement corrigée (T5)	45
5.2.7. Préparation de la solution saline corrigée +Oligo-éléments (T6)	45

V.6. Entretien de la culture	46
V.6.1. L'irrigation	46
V.6.2. Traitements phytosanitaire	46
V.6.3. Palissage	47
V.6.4. Lessivage	47
V.7. Récolte	47
V.8. Paramètre biométriques mesurés.....	47
8.1. Vitesse de croissance[cm/j].....	47
8.2. Hauteur finale des plantes[cm]	47
8.3. Nombre des feuilles	47
8.4. Diamètre des tiges [mm].....	47
8.5. Biomasse fraîche produite [g].....	48
8.6. Biomasse sèche produite [g]	48
V.9. Paramètres biochimiques.....	48
9.1. Dosage de la chlorophylle	48
9.2. Dosage de la proline.....	48
V.10. Paramètres de production.....	49
10.1. Taux d'avortement des fleurs.....	49
10.2. Nombre, calibre et le poids des fruits	49
V.11. Dosage de la vitamine « c » pour la tomate	50

Chapitre VI : résultats et discussions

VI.1. Paramètres de croissance.....	51
1.1. Aspect général des plantes.....	51
1.2. Vitesse de croissance des plantes.....	51
1.3. Hauteur final des plantes [cm]	52
1.4. Nombre des feuilles.....	54
1.5. Diamètre des tiges.....	55
1.6. Biomasse fraîche de la partie aérienne.....	56
1.7. Biomasse fraîche de la partie racinaire	57
1.8. Biomasse sèche de la partie aérienne.....	58
VI.2. les paramètres biochimiques.....	59
2.1. Effet du traitement sur la chlorophylle	59
2.1.1. Quantité de chlorophylle (A)	59

2.1.2. Quantité de la chlorophylle (B).....	60
2.2. Quantité du proline accumulé.....	62
VI.3.Paramètres de production.....	63
3.1. le taux d'avortements des fleurs.....	63
3.2. Nombre, calibre et le poids des fruits	64
VI.4. Dosage de la vitamine « c » pour la tomate.....	66
Discussion générale.....	67
CONCLUSION	
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
ANNEXES	

Résumé

La salinité constitue le problème le plus sévère qui affecte l'agriculture dans différentes régions du monde , ce qui engendre une réduction de la croissance et des rendements des cultures, Là où il est devenu la cible de la production agricole est d'exploiter les eaux salées à travers la correction de ces eaux.

Notre travail expérimentale a pour but l'étude de l'influence de deux séries des eaux saline ; (la série de Gassi Touil A le graduant de salinité est de 2.7g/l et la série de Gassi Touil B le graduant de salinité égale a 4.78 g/l) et du pH sur la végétation de deux espèces maraichères, le haricot (*Phaseolus vulgaris L.*), variété Djadida et la tomate (*Solanum lycopersicum L.*) variété Saint Pierre, cultivées en hors sol et irrigués par sept traitements.

Afin d'étudier la réponse des plantes aux traitements testés et déterminer les effets qu'ont eus ces derniers, nous avons effectué des mesures biométriques et de production ainsi que des dosages biochimiques

Les résultats obtenus au niveau des plantes traitées par les deux traitements salins naturels (T1) et (T4) à pH 7.8 montrent que la forte concentration en sel a un effet dépressif sur le développement des plantes. La correction du pH du milieu nutritif par l'acide nitrique (T2, T5) à pH 5.5 a amélioré d'une façon significative les paramètres étudiés. L'amélioration est plus importante par l'apport des oligo-éléments dans les traitements partiellement corrigée (T3, T6) a pH 5.5 .aussi la solution nutritive (T7) à 5.5 pH ont permis d'avoir une amélioration considérable de la croissance des plantes de haricot et de la tomate et ce par rapport au milieu salin naturel (T1) et (T4) à pH alcalin (7,8).

La correction du pH au niveau des eaux salines, exerce une bonne action sur la majorité des paramètres étudiés.

Mots clés : tomate, haricot, eaux salines , pH.

Abstract

Salinity constitutes the most severe problem which affects agriculture in various areas of the world, which generates a reduction of the growth and outputs of cultures, Where he became the target of agricultural production is to exploit the salt waters through the correction of these waters

Our experimental work is to study the influence of two sets of saline water; (Gassi Touil A graduating from the salinity of 2.7g / l and the Gassi Touil B the of graduating from the salinity 4.78 g / l) and pH on the growing two species, beans (*Phaseolus vulgaris L.*) variety Djadida and tomato (*Solanum lycopersicum L.*) variété Saint pierre, grown in system hydroponic and irrigated by seven treatments

To study the response of plants to treatments tested and determine the effect of these last, we performed biochemical assays as well as biometric measurements and production.

The results obtained at the plants treated with the two natural salt treatments (T1) and (T4) shows that the high salt concentration has a depressive effect on plant development. Correcting the pH of the nutrient medium with nitric acid (T2, T5) has improved significantly the parameters studied. The improvement is more important by the contribution of trace elements in partially corrected treatments (T3, T6) .Also the nutrient solution (T7) allowed to have a significant improvement in the growth of bean plants and tomato and from the natural saline (T1) and (T4) at alkaline pH (7.8).

Correcting the pH level of saline water, has a good action on most of the parameters studied.

Keywords: tomato, bean, saline water, pH.

ملخص

تعتبر الملوحة المشكل الأخطر الذي يؤثر على الزراعة في مناطق مختلفة من العالم والذي يسبب انخفاضا في نمو و إنتاجية المحصول الزراعي حيث أصبح حيث أصبح هدف الانتاج الزراعي هو استغلال المياه المالحة وذلك عن طريق معالجتها

ركزت هذه الدراسة التجريبية على تأثير مجموعتين من المياه المالحة (قاسي طويل (ا) بدرجة ملوحة 2.7 غ/ل و قاسي طويل (ب) بدرجة ملوحة 4.78 غ/ل) و تأثير درجة الحموضة pH على نوعين من الخضروات الفاصوليا (*Phaseolus vulgaris L.*) من صنف "الجديدة" و الطماطم (*Solanum lycopersicum L.*) , من صنف " Saint Pierre" ، المزروعة بتقنية الزراعة دون تربة وذلك بإخضاعها لسبعة محاليل.

الغرض من دراسة استجابة النباتات للعلاجات المجربة هو تحديد خصائصها تجاه هذا الأخير من خلال دراسة المؤشرات الشكلية و الفيزيولوجية و التكنولوجية .

أوضحت النتائج أن المحلول الطبيعي المالح (T1) و (T4) له تأثير سلبي على نمو النباتات مقارنة بالمحاليل المالحة الأخرى. تصحيح الشدة الهيدروجينية بواسطة حمض النتريك في المحلول المغذي (T2) و (T5) حسن في نمو النباتات ، مع اضافة العنصر المغذية الى المحاليل (T3، T6) نمو النباتات تحسن بشكل اكبر. أيضا المحلول المغذي (T7) حسن في نمو نباتات الفاصوليا و الطماطم مقارنة بالمياه المالحة الطبيعية (T1) و (T4) في درجة الحموضة (7.8).

تصحيح درجة حموضة المياه المالحة يحسن بشكل كبير على مختلف المؤشرات المدروسة .

الكلمات المفتاحية : الطماطم ، الفاصوليا ، المياه المالحة، pH.

INTRODUCTION

L'eau est une ressource indispensable pour les végétaux, sa présence est une condition incontournable pour que toute plante puisse se développer et assurer ses fonctions physiologiques et vitales (HELLER et *al.*, 1998). Cette ressource non renouvelable est particulièrement mal répartie. L'Afrique du Nord et le Moyen-Orient présentent les zones les plus menacées (MUTIN, 2009). Dans les zones arides et semi-arides, la pluie ne peut pas être considérée comme une source principale de l'eau pour la plante. En outre, les besoins en eau des cultures dans ces régions sont élevés ce qui fait que la réussite des productions végétales dépend uniquement des eaux souterraines qui présentent souvent une forte minéralisation à son utilisation.

Actuellement, les stress environnementaux comme le stress salin, limitent sérieusement la croissance des plantes ainsi que la production végétale. Les surfaces agricoles affectées dans le monde seraient de 340 millions d'hectare soit 23% des terres cultivées (CHEVERRY, 1995), dont 3,2 millions d'hectares de terres menacés par la salinité en Algérie (BELKHODJA et BIDAI, 2004).

Une des possibilités pour développer des productions légumières et horticoles dans ces régions est d'utiliser la culture hors sol qui permet d'économiser l'eau et de valoriser les terrains affectés par la salinité. La correction de la composition chimique et du pH de l'eau d'irrigation permet également d'améliorer la croissance et le développement des cultures dans ces régions. (ABDELLY et *al.*, 2005).

Le haricot *Phaseolus vulgaris* L. est une plante sensible à la salinité et une source de protéines diététiques dans beaucoup de pays en développement. (AYDIN et *al.*, 1997).

La culture de la tomate occupe une place prépondérante dans l'économie agricole algérienne. Près de 33 000 ha sont consacrés annuellement à la culture de tomate (maraîchère et industrielle), (SNOUSSI, 2010)

L'objectif de notre essai est de mettre en évidence l'effet de la correction du potentiel hydrogène de deux eaux salines d'irrigation existant en Algérie (Gassi Touil) à différent gradient de salinité (Gassi Touil A = 2.75g/l et Gassi Touil B = 4.59 g/l) à pH = 7.8, que nous les avons reconstituées sur le site expérimentale avec l'eau de Blida et corrigé par l'acide nitrique (HNO₃), aussi, nous avons jugé utile d'identifier l'importance des oligo-éléments sur la nutrition minérale de la tomate moyennement sensible à la salinité variété Saint Pierre et le haricot variété Djadida très sensible à la salinité, les deux espèces sont cultivées en hors sol.

Chapitre II :
La culture hors-sol

Chapitre I :

La Salinité

Chapitre IV :

La culture du haricot et de tomate

Chapitre III :
Potentiel hydrogène

Chapitre V:

Matériels et méthodes

Chapitre VI :
Résultats et discussions

Conclusion

Références bibliographiques

Annexes

Introduction

I.1. Généralité sur la salinité

La salinité des sols et de l'eau, sont les principaux facteurs abiotiques qui limitent la productivité végétale et le rendement agricole (AL-KARAKI, 2000; BAATOUR, 2004). Dans les écosystèmes arides et semi arides, elle résulte des fortes évaporations d'eau à partir du sol et d'une irrégulière et insuffisante pluviométrie, (MUNNS *et al.*, 2006).

Elle est souvent associée à la sécheresse et elle entraîne une réduction des surfaces cultivables (MARCUM, 2006) et menace l'équilibre alimentaire mondial (KINET *et al.*, 1999).

La salinisation des terres est un problème majeur à l'échelle du globe, selon les estimations les plus récentes, elle affecte déjà au moins 400 millions d'ha et en menace gravement une surface équivalente (LEGROS, 2009).

I.2. Définition

La salinité est définie comme étant le processus suivant lequel le sol s'enrichit excessivement en sels minéraux (EILERS *et al.*, 1995) notamment en NaCl (LEGOUPIL, 1977). En effet, on appelle soles salées ceux qui sont caractérisés par la présence d'un excès de l'ion sodium dans le profil (SCHUT, 1996). Ce dernier peut exister sous deux formes; la forme saline neutre, généralement marquée par les chlorures de sodium, et la forme échangeable liée au complexe argilo-humique (Complexe adsorbant) qui à l'opposé alcalinise la solution du sol (DUCHAUFOR, 1983).

I.3. Origine de la salinité

3.1. Origine primaire (naturelle).

On parle de salinisation primaire lorsque le sel trouvé dans le sol provient de l'altération de la roche mère saline (HARTANI et MERABET, 2003).

La salinisation primaire se remarque aussi au niveau des sols se trouvant au dessus d'une nappe phréatique saumâtre. En conditions sèches, les eaux saumâtres remontent par capillarité à la surface, sous l'effet conjugué de l'évapotranspiration et du vent, l'eau s'évapore aboutissant à l'accumulation des sels en surfaces (VAN-HOORN, 1995).

3.2. Origine secondaire (anthropique)

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

La salinisation est dite « secondaire » lorsqu'elle est produite par des activités anthropiques (agricoles, industrielles...) telle que l'irrigation, l'exploitation minière, le salage

des routes ou le rejet d'eau usées domestiques. Dans la nature, la plupart des cas de salinité sont dus aux sels de sodium et surtout au NaCl (TANJI, 1996 in DEROUICHE, 2012).

I.4. La salinité et la plante

4.1. Notion du stress

Selon LEVITT(1980), Le stress est une contrainte qui peut se résumer à une ou plusieurs forces de déformation appliqué à un corps. Par analogie à la physiologie des plantes, une contrainte environnementale va provoquer une tension interne dans l'organisme exposé.

D'après HOPKINS (2003), on appelle stress toute pression dominante exercée par un paramètre, perturbant le fonctionnement habituel de la plante.

Par ailleurs, la réponse du végétal dépend, entre autres, de ces paramètres environnementaux, (le type de contrainte, son intensité et sa durée) et génétiques (espèce et génotype). On distingue deux grandes catégories de stress:

- **Biotique**: imposé par d'autres organismes (des micros organismes, insectes, herbivores...).
- **Abiotique**: provoqué par un défaut ou excès de l'environnement physico-chimique comme la sécheresse, les températures extrêmes, la salinité.

4.2. Effets de la salinité sur les plantes

La salinité provoque à la fois un stress ionique et un stress osmotique sur les plantes et les réponses les plus connues des plantes à la salinité sont liées à ces effets. (DUBEY, 1997 ; YEO, 1998). Elle se traduit généralement par une réduction de leur Croissance (PAPDI et *al.*, 2008).

Les effets osmotiques des sels sur les plantes sont le résultat de l'abaissement du potentiel hydrique du sol dû à l'augmentation des concentrations des solutés dans le profil racinaire des plantes, cette condition interfère avec la capacité des plantes à extraire l'eau à partir du sol et à maintenir leur turgescence (GHOULAM et *al.*, 2002).

L'accumulation des sels dans les feuilles cause la sénescence prématurée, la réduction de l'approvisionnement en assimilés dans les zones de croissance et de ce fait, elle altère la croissance des plantes (MUNNS et *al.*, 1995).

Dans les variétés sensibles, l'accumulation de sels est plus rapide, et les cellules ne peuvent pas compartimenter les sels dans les vacuoles au même degré que les variétés tolérantes, les feuilles périssent (MUNNS, 1993).

NEUMANN (1997) a considéré que l'inhibition de la croissance des feuilles par les sels diminue le volume des nouveaux tissus foliaires dans lesquels les sels peuvent être accumulés excessivement. Le stress salin affecte tous les principaux processus tels que la croissance, les relations hydriques, la photosynthèse et l'absorption de minéraux.

4.3. Effets de la salinité sur la croissance des plantes

Plusieurs recherches ont rapporté une réduction de croissance de plantes en raison de la salinité, chez la tomate (ROMERO-ARANDA *et al.*, 2001), le coton (MELONI *et al.*, 2001) et la betterave (GHOULAM *et al.*, 2002).

Cependant, il existe des différences dans la tolérance au stress salin entre les espèces et les cultivars (OMAMI, 2005).

La salinité accrue est accompagnée par une réduction significative dans 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 (MOHAMED *et al.*, 1998).

Chez la betterave à sucre, la masse fraîche et sèche des feuilles et des racines a été nettement réduite à 200 mM NaCl, mais le nombre de feuilles était moins affecté (GHOULAM *et al.*, 2002).

FISARAKIS *et al.*, (2001) ont enregistré une grande réduction de la matière sèche dans les feuilles et dans les racines de la vigne un peu moins, à des concentrations élevées en NaCl.

Le taux élevé de NaCl se manifeste par une croissance dans la biomasse des racines, tiges et feuilles et une augmentation dans le ratio partie racinaire/partie aérienne chez le coton (MELONI *et al.*, 2001).

4.4. Effets de la salinité sur la photosynthèse

La croissance des plantes dépend de la photosynthèse. Les stress environnementaux affectent la croissance ainsi que la photosynthèse (TAIZ et ZEIGER, 2002). Des études entreprises par de nombreux auteurs sur différentes espèces végétales ont démontré que la capacité photosynthétique est déprimée par la salinité (ROMERO-ARANDA *et al.*, 2001).

L'effet de la salinité sur la photosynthèse dépend des concentrations en sel et des espèces stressées, car à de faibles concentrations la photosynthèse est stimulée tandis qu'à de hautes concentrations elle est inhibée. (PARIDA *et al.*, 2004).

La croissance est affectée avant la photosynthèse. En effet, des études sur l'effet d'un stress salin à long terme ont montré que la croissance diminue plus que la photosynthèse. De ce fait, la salinité affecte l'assimilation du carbone par une surface foliaire réduite plus que par un rendement photosynthétique réduit, MUNNS (1993). Parmi les facteurs responsables de la diminution du taux d'assimilation photosynthétique sous contrainte saline IYENGAR et REDDY (1996) :

- La déshydratation des membranes cellulaires et réduction de leur perméabilité au CO₂ suite à la diminution du potentiel hydrique interne qui inactive réversiblement le transport des électrons lors de la photosynthèse par l'intermédiaire du rétrécissement des espaces intercellulaires.
- La toxicité provoquée par les ions Na⁺ et Cl⁻ car ce dernier inhibe la photosynthèse en empêchant l'absorption du NO₃ par les racines, et la réduction de l'absorption du NO₃⁻ allié au stress osmotique peut expliquer l'effet inhibiteur de la salinité sur la photosynthèse.
- La réduction de l'approvisionnement en CO₂ à cause de la fermeture des stomates.

4.5. Effets de la salinité sur l'activité chlorophyllienne

Le taux de la chlorophylle et des caroténoïdes des feuilles diminue en général sous les conditions de stress salin. Les feuilles les plus âgées commencent à développer une chlorose et finissent par tomber sous l'effet du stress salin (AGASTIAN et *al.*, 2000).

I.5. Tolérance des plantes à la salinité

SACHER et STAPLES (1984) ont défini la tolérance à la salinité comme étant la capacité des plantes d'accroître son cycle de vie sur un substrat qui contient des concentrations élevées en sels solubles.

Toutes les plantes ne sont pas égales face au stress salin, suivant leur production de biomasse en présence de sel, LEVITT (1980) et (SHANNON et *al.*, 1994) ont classifié les plantes en quatre grandes tendances (Figure 01).

Halophyte vraies: dont la production de biomasse est stimulée par la présence de sel. Ces plantes (*Atriplex sp.*, *Salicornia sp.*, *Sueda sp.*...) présentent des adaptations poussées et sont naturellement favorisées par la salinité du sol.

Halophytes facultatives: présentent une légère augmentation de biomasse à des teneurs faibles en sels: *Plantago maritima*, *Aster tripolium*....

Non halophytes résistants: supportent de faibles concentrations en sels : *Hordeum sp.*...

Glycophytes ou halophobes: sensibles à la présence de sels: *Phaseolus vulgaris*...

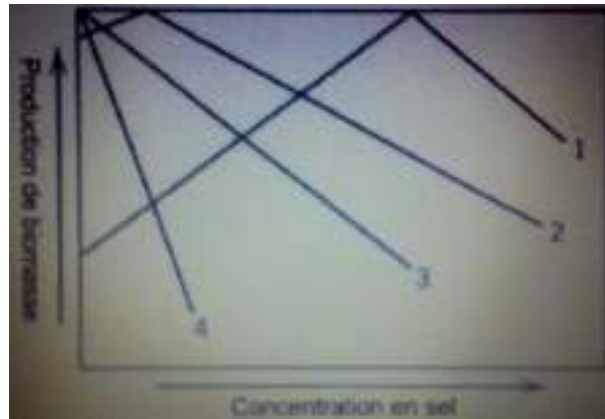


Figure N°1 : Production de biomasse de différents groupes de plantes suivant la salinité (1): Halophytes vraies (2): Halophytes facultatives (3): Non halophytes résistants (4): Glycophytes (D'après Hagemeyer, 1996 cité par Calu, 2006)

I.6. Les mécanismes de résistance des plantes à la salinité

6.1. L'inclusion

L'inclusion est souvent réduite au terme de tolérance. L'organisme absorbe l'agent stressant pour rétablir l'équilibre thermodynamique avec son environnement sans subir de dommage irréversible tout en poursuivant sa croissance. L'organisme réduit ainsi la tension interne pour un même niveau de stress (LERNER, 1999).

6.2. L'exclusion

L'organisme inhibe ou réduit la pénétration du stress (substance toxique) dans ses tissus. Ce phénomène est bien connu chez les halophytes, qui lors des journées ensoleillées, secrètent les sels sous formes de trémies visibles à la surface de leurs feuilles (BATAMOUNY, 1993).

Chez les glycophytes, comme le haricot, en général, les plantes excluent le sodium de leurs feuilles, cependant cet ion se trouve souvent accumulé dans les tiges et dans les racines (HUBAC, 1990).

La résistance par exclusion semble être une évolution par rapport à la résistance par tolérance puisque ne réalisant pas l'équilibre thermodynamique (en réduisant la tension interne) pour préserver les fonctions métaboliques à leur optimum afin de favoriser une meilleure croissance (LEVITT, 1980).

6.3. La recirculation

BERTHOMIEU et al., (2003) ont montré chez *Arabidopsis thaliana* une troisième stratégie à l'intermédiaire entre l'exclusion et l'inclusion, la recirculation. Le Na^+ est absorbé et parvient jusqu'aux parties aériennes, mais il est aussitôt repompé et reconduit par les vaisseaux du phloème vers les racines, qui peuvent excréter les ions à l'extérieur.

6.4. Synthèse des solutés compatibles

L'un des aspects de l'ajustement osmotique en réponse à un stress salin est l'accumulation des solutés organiques au niveau du cytoplasme des cellules végétales afin de maintenir une bonne pression osmotique intracellulaire et éviter la perte d'eau (MAZELIAK, 1995).

Entre protéines et sucres, les plantes se comportent différemment dans l'accumulation des solutés, chaque espèce accumule un genre particulier de soluté. (GREGORY, 2005).

Pendant l'assèchement de l'environnement intracellulaire, des solutés compatibles vont s'accumuler pour protéger les structures cellulaires (TAKAGI et *al.*, 1997). Ainsi, en présence d'un milieu à forte osmolarité, l'absorption, la production et l'accumulation de ces composés seront favorisées. Ces éléments ont une fonction osmoprotectrice ou osmorégulatrice, on retrouve parmi eux des éléments minéraux (K^+), des dérivés quaternaires d'acides aminées (proline) (BELKHODJA et BIDAI, 2004), des sucres simples (fructose, glucose et saccharose) et des sucres complexes (raffinose et fructans) (LEVITT, 1980)

L'accumulation des sucres solubles est très prononcée chez les plantes soumises à la contrainte saline, ces sucres ont pour rôle l'établissement de l'équilibre osmotique (MUNNS, 2002; GREGORY, 2005).

La proline semblant jouer un rôle dans le maintien des pressions cytosolvacuole et de régulation du pH (Hassani et *al.*, 2008).

II.1. Définition

Selon BENTON JONES(2005), l'hydroponie ou la culture hydroponique (ou agriculture hors sol) est la culture des plante réalisée sur un substrat neutre et inerte. Ce substrat est régulièrement irrigué d'un courant de solution qui apporte des sels minéraux et des nutriments essentiels à la plante.

La culture hydroponique est l'une des technologies modernes utilisées aujourd'hui en horticulture et dans la culture forcée de certains légumes sous serre, pour valoriser les terrains qui souffrent de certaines contraintes telles que : sols hydromorphes, sols salés (AÏT HOUSSA et *al.*, 2005)

Le principal objectif visé par la pratique des cultures hydroponiques est de remédier aux conditions aléatoires de la nutrition dans le sol et ceci par l'utilisation d'une solution nutritive contenant toutes les éléments nécessaires (macro et micro éléments) à la croissance et au développement d'une plante (SNOUSSI, 1980).

II.2. Les avantages et les inconvénients de la culture hors sol

2.1. Avantages

D'après URBAN (1997), la culture hydroponique présente plusieurs avantages :

- ✓ Technologie innovante.
- ✓ La meilleure performance des cultures hors-sol.
- ✓ Efficience de l'eau et des engrais est meilleure dans les systèmes de production hors sol.
- ✓ La suppression des travaux de préparation du sol.
- ✓ L'augmentation de production et de rendement par la présence de tous les éléments minéraux dans la solution
- ✓ Economie d'eau et d'engrais. Les expériences ont montré que la consommation en eau est beaucoup plus moins importante en hors sol qu'en plein champ.
- ✓ Agriculture rurale et urbaine
- ✓ Saine, rentable et respectueuse de l'environnement.
- ✓ Croissance contrôlée et rapide.
- ✓ Moins d'attaques nuisibles du sol.
- ✓ Meilleure maîtrise de la précocité.
- ✓ La culture hydroponique permet également une automatisation de la culture température, éclairage, contrôle du ph et de la concentration en éléments nutritifs du

liquide, ventilation. En raison de son potentiel de productivité, elle permet d'obtenir d'excellents résultats tout en faisant des économies d'eau.

2.2. Inconvénient

Selon MORARD (1995), les inconvénients de la culture hydroponique sont :

- ✓ Cout d'installation et d'entretien important
- ✓ Utilisation d'une haute technologie (nécessite une technicité élevée)
- ✓ Maitrise incomplète des déchets (rejet de solution nutritive, certains substrats non recyclables)

II.3. Les différents systèmes de culture hors sol

Les différents systèmes de culture hors-sol mis en service actuellement peuvent être groupés en fonction de leur type de support, de la taille du support (plus ou moins de 3 mm) et du type d'installation. (GERICKE, 1937 et DAVTYAN, 1980).

3.1. Systèmes sans substrat

Les racines sont en permanence ou par intermittence immergées dans une solution nutritive. Ce système comprend :

3.1.1. Aquaculture

Dans l'aquaculture, la solution nutritive est contenue dans un bac. Elle demande une oxygénation complémentaire de la solution nutritive pour éviter l'asphyxie des racines, via l'utilisation d'un procédé technique complexe. (GRAVES, 1983).

3.1.2. Nutrient film technique (N.F.T.)

La NFT utilise une vaporisation ou un ruissellement constant d'eau pour fournir l'arrosage des nutriments nécessaires aux racines. (URBAN, 1997).

Un avantage principal du système NFT par rapport aux autres systèmes est qu'il nécessite moins de solution nutritive. Il est donc plus facile de chauffer la solution pendant l'hiver pour obtenir les températures optimales pour la croissance des racines et de la refroidir pendant les étés chauds dans les zones arides ou tropicales (GRAVES, 1983).

3.1.3. Aéroponie

Dans une application inhabituelle de la culture hydroponique de système fermé, les plantes sont cultivées dans des trous des panneaux de polystyrène expansé ou d'un autre matériau. Les racines des plantes sont mises en suspension dans l'air sous le panneau et enfermées dans une boîte de pulvérisation. La boîte est scellée afin que les racines soient dans l'obscurité (pour inhiber la croissance des algues) et de la saturation d'humidité. Un système de brumisation pulvérise la solution nutritive sur les racines périodiquement. Le système est

normalement activé pour seulement quelques secondes toutes les 2-3 minutes. Cela est suffisant pour maintenir les racines humides et la solution nutritive aérée. Ces systèmes ont été développés par Jensen en Arizona pour la laitue, les épinards, même les tomates, bien que ces derniers ont été jugés de n'être pas économiquement viables. URBAN (1997).

3.1.4. Ultraponie

L'ultraponie est une amélioration de l'aéroponie. Le brouillard nutritif est créé grâce à des brumisateurs à ultrasons puis dirigé vers les racines. Il est fait de très fines gouttelettes formant un milieu composé d'eau et d'oxygène directement assimilable par les pores des racines. La circulation de la brume accélère énormément le processus d'absorption des racines. Le « chevelu » est plus dense, augmentant exponentiellement les échanges entre la plante et le milieu nutritif. L'ultraponie permet des rendements jusqu'à 8 fois supérieurs, et consomme très peu d'eau, d'engrais et d'électricité. Il peut être totalement contrôlé par informatique. C'est pourquoi, c'est le système qui a été choisi par la NASA dans ses recherches pour nourrir les astronautes durant les voyages lointains dans l'espace. (URBAN, 1997)

3.2. Systèmes avec substrat

Cette technique se rapproche le plus de ce qui se passe dans le sol pour une culture traditionnelle par l'alternance irrigation/drainage. En outre, le substrat assure aussi une réserve d'eau et d'éléments nutritifs contrairement aux techniques sans substrat. Elle fait appel à un support solide qui contribue à l'oxygénation. (Alain, 2003), les substrats peuvent être de diverses origines :

➤ **Origine minérale:**

Selon ALAIN (2003) :

- Naturels : graviers, sables, pouzzolane.
- traités : laine de roche, laine de verre, argile expansée, vermiculite, perlite.

➤ **Origine organique :**

- Naturels: tourbe, terreau, cèdre rouge, écorces de pin, fibres de coco.
- Synthétiques: matériaux plastiques expansés, billes de polystyrène, mousse de polyuréthane, grains d'eaux (polycrylamides) (ALAIN, 2003).

II.4. Les composantes du système hors sol

Selon BLANC (1987), les composantes qui réagissent cette technique forment

Un ensemble constitué par :

- La nature de la plante cultivée.

- La nature de substrat et de conteneurs.
- Le système de distribution de la solution nutritive et son mode de conduite.

4.1. Substrat

Le terme de substrat en agriculture s'applique à tous matériaux, naturels ou artificiels, placé en conteneurs, pur ou mélange, permet l'ancrage du système racinaire et joue ainsi vis-à-vis de la plante le rôle de support (BLANC, 1987).

Il faut que le substrat soit en compatibilité avec les exigences propres du végétale, et du type de culture. (LEMAIRE, 1989).

4.2. Conteneurs

D'après ZUANG et MUSARD (1986), ce sont des récipients qui contiennent la plante et le substrat, et les isolent du sol.

FEVERAU (1976), ajoute que le choix des conteneurs doit se faire en fonction de l'espèce cultivée et de son système racinaire.

En général, les conteneurs sont de matière plastique, chimiquement inerte, étanche, durable et dont la mise en place doit être facile (BOUTAHRAOUI, 1984).

4.3. Solution nutritive

La solution nutritive est la composante fondamentale des cultures hors sol puisqu'elle constitue le seul vecteur d'alimentation hydrominérale des végétaux. Elle doit satisfaire de manière non limitant les besoins des systèmes racinaires. (FERNANDEZ, 1995)

Le rôle de la solution nutritive est d'apporter l'eau, les éléments minéraux et les oligo-éléments nécessaires à la culture (ZUANG et MUSARD, 1986)

Selon COIC et LESAIN (1983), les solutions nutritives sont composées d'eau et des sels dissous apportant des ions dont la plante se nourrit.

La solution nutritive est caractérisée par trois paramètres à savoir :

- Le potentiel hydrogène (pH).
- La conductivité électrique (CE).
- L'équilibre ionique.

4.3.1. Le potentiel hydrogène (pH)

Il est important de contrôler le pH de la solution nutritive, pour obtenir des plantes de qualité. SNOUSSI (1980) note que le pH joue un rôle fondamental dans la régulation de l'absorption des différents éléments constructifs de la solution nutritive

Selon RAYMOND (1974) in SNOUSSI (1980), le pH idéal se stabilise à 5.5 à 5.8 et une variation importante de ce dernier peut avoir des répercussions graves sur les cultures.

En cas d'un pH trop bas, d'autres éléments, comme le manganèse, l'aluminium et le fer, sont fortement absorbés par les plantes pour la plupart d'entre elles, un empoisonnement surgit suite à l'absorption exagérée de ces éléments. D'autres plantes, en revanche, désirent une quantité importante de ces éléments.

(BAIZE, 2004).

4.3.2. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique (CE) est une mesure de la concentration de sels dissous et contenue dans la solution. Elle se mesure à l'aide d'un conductimètre électrique (LETARD, 1995).

Les travaux de LETARD et PATRICIA (1995), montrent que si la concentration est faible les racines prélèvent très facilement l'eau et en quantités insuffisantes les éléments minéraux. Lorsque la concentration augmente, l'eau est moins facilement absorbée et par conséquent le potentiel hydrique diminue.

4.3.3. Equilibre ionique

La notion d'ion est le concept fondamental qu'il est impératif de prendre en considération quand on parle de solution nutritive. Les ions proviennent de la dissociation chimique dans l'eau de sels minéraux solides.

Les quantités de chacun des ions par rapport au totale des anions ou des cations sont exprimées en milliéquivalent par unité des volumes de solution (VILAIN, 1997).

Il existe, entre les éléments minéraux, des interactions qui font que d'un élément est modifiée par la présence d'un autre (HELLER, 1977), il peut y avoir :

- Synergie : la pénétration d'un ion amplifiée par la présence d'un autre. (HELLER et *al.*, 1998)
- Antagonisme : la présence d'un ion inhibe l'absorption d'un autre. (HELLER et *al.*, 1998)

Selon CHAUX et FOURY (1994), les équilibres ioniques pour l'alimentation hydrique et minérale ne sont pas différents et pourront être modulés en fonction des stades de développement.

II.5. Composition de la solution nutritive

5.1. Macroéléments

Selon MANAHAN (1994) Les macroéléments sont ceux qui sont requis en grande quantité par la plante afin d'assurer sa croissance et son développement. Les macroéléments sont l'azote, le phosphore et le potassium. Les éléments nutritifs secondaires sont ceux qui

sont requis en quantités modérées et qui risquent moins de limiter la croissance des végétaux. Ils comprennent entre autres le calcium, le magnésium et le soufre.

5.1.1 Les macro- éléments major

L'Azote (N): est un moteur de la croissance végétale. Il représente 1 à 4 pour cent de la matière sèche végétale. Etant le constituant essentiel de protéines, il intervient dans les principaux processus de développement de la plante et de détermination du rendement (MARSCHNER, 1995).

Le phosphore (P) : est un constituant important des protéines phosphorées. Les ions phosphoriques sont des éléments très importants dans les processus de stockage et de transport de l'énergie dans les cellules (ATP). Le phosphore, comme l'azote, est un élément indispensable à la croissance de la plante. Le phosphore est fondamental pour les processus de floraison, la mise en graine ou en fruit des plantes. (SCHACHTMAN et *al.*, 1998).

Potassium (K): Selon Sale et Campbell (1986), c'est un élément essentiel à la croissance des plantes. Entre autres, il joue un rôle important dans la régulation osmotique, il agit comme catalyseur, il est impliqué dans la formation et le mouvement des sucres, et il est aussi impliqué dans la formation de la chlorophylle et de la synthèse des protéines. Il est important pour le développement racinaire des plantes et augmente leur résistance à la sécheresse, à la verse, aux maladies et à certains ravageurs.

5.1.2. Les macro- éléments mineurs

Calcium (Ca): Il est indispensable pour la croissance des racines et aussi comme constituant des matériaux de la membrane cellulaire. Bien que la plupart des sols soient abondamment pourvus en calcium assimilable, une carence en Ca peut se produire en sols tropicaux fortement épuisés en calcium. Toutefois, l'application du Ca est généralement considérée comme un chaulage qui vise à corriger l'acidité du sol (BÉLANGER et *al.*, 2002).

Magnésium (Mg) : est le constituant central de la chlorophylle, le pigment vert des feuilles qui capte l'énergie fournie par le soleil: c'est ainsi que 15 à 20 % du magnésium contenu dans la plante se trouvent dans les parties vertes. Le Mg intervient aussi dans les réactions enzymatiques relatives au transport de l'énergie dans la plante (DAMBRINE et *al.*, 1998).

Soufre (S): Il est un constituant essentiel des protéines. Il intervient dans la formation de la chlorophylle. Il représente dans la plupart des plantes 0.2 à 0.3 (0.05 à 0.5)% de la matière sèche. Il joue un rôle aussi important que le phosphore et le magnésium dans la croissance des plantes; mais son rôle est souvent sous-estimé (BONNEAU et LANDMANN, 1993)

5.2. Les oligo-éléments

D'après LOUÉ (1993) les micronutriments sont des éléments qui, pour la plupart, sont nécessaires en faibles quantités pour le développement des plantes car ils sont utiles pour le fonctionnement de leurs enzymes. À plus fortes concentrations, ces éléments peuvent devenir toxiques. Ce sont, par exemple, le manganèse, le cuivre, le fer, le zinc, le chlore, le sodium, le cobalt, le nickel, le sélénium.

Le fer (Fe) : est un élément essentiel pour la croissance et le développement des plantes. Ainsi, le fer que ce soit en tant que cofacteur ou élément structural des molécules organiques, intervient dans la photosynthèse, la respiration, le métabolisme de l'azote ou encore les processus de détoxification (TRAN et *al.*, 1995).

Le bore (B) : Les plantes jeunes consomment plus de Bore que les plantes adultes. Il est très mobile dès l'absorption par les racines mais devient presque immobile dans les feuilles. Il régule la photosynthèse, maintient l'élasticité des parois cellulaires ainsi que l'intégrité de la membrane cytoplasmique. Il est nécessaire dans l'élongation et la division cellulaire des bourgeons apicaux racinaires. Il intervient aussi dans la synthèse des acides nucléiques (DAMBRINE et *al.*, 1998).

Le manganèse : le rôle du manganèse dans le métabolisme des plantes est lié à l'activation de certaines enzymes, la synthèse de la chlorophylle, la photosynthèse, la réduction des nitrates, la synthèse des acides aminés et des protéines (Loué, 1933)

II.6.Effet des éléments nutritive sur les végétaux :

La carence ou l'excès d'un des éléments minéraux provoque des malformations ou des perturbations physiologiques dont certaines se traduisent par des symptômes caractéristiques (LAFON et *al.*, 1996) .Le tableau N°1résume les symptômes provoqué par l'insuffisance ou l'excès des principaux éléments.

Tableau N°1 : les symptômes provoqués par l'excès ou carence d'éléments sur la plante.

Eléments	Carence	Excès
Azote (N)	-Feuillage jaunissant de façon uniforme. -Tige mince -Végétation insuffisante. -Racines très longues, peu ramifiées, blanche	-Stimulation de la croissance des feuilles au dépend des fleurs -tissus tendres à parois minces, dans le cas grave, chlorose des bouts de feuilles, tendant vers nécrose et dessèchement. -Flétrissement.

<p>Phosphore (P)</p>	<p>-Rougisement de la tige et du pétiole des feuilles. -Raccourcissement des entre nœuds. -Nanisme générale de la plante</p>	<p>-Jaunissement général. -Brunissement des extrémités du bord des feuilles suivi de nécrose. -Nécrose racinaire, faible croissance.</p>
<p>Potassium (K)</p>	<p>-Chlorose puis brunissement des bords de limbe des feuilles. -Feuilles jaunes plus ou moins roulées. -Croissance diminuée.</p>	<p>-Pas de symptômes spécifique sur la partie aérienne. -Action indirecte antagonisme K/Mg ou K/Ca. - Flétrissement provoqué par excès de pression osmotique.</p>
<p>Calcium (Ca)</p>	<p>-Feuilles vert sombre tendant vers chlorose des pointes. -Croissance faible, paroi cellulaire fragile, malformation des feuilles, brunissement des bourgeons terminaux. Racines courtes.</p>	<p>-Effet sur l'utilisation insuffisante du fer, manganèse et chlore. -Tache nécrosiques, croissance diminuée, lente molle.</p>
<p>Magnésium (Mg)</p>	<p>-Elaboration entravée de la chlorophylle. -chlorose des feuilles du bas principalement taches internervaires irrégulières. -Le reste de limbe reste vert. -le sommet des feuilles a parfois tendance à s'enrouler. -racine longue, parfois ramifiée.</p>	<p>-Provoque un déséquilibre par absorption insuffisante de K+. -Croissance de tige exagérée. -Floraison diminuée. -Dans le cas grave feuilles vertes sombres, petites, feuilles jaunes enroulées. -Extrémité des tiges se flétrissent. -Forte croissance des racines.</p>
<p>Soufre (S)</p>	<p>-Plante entière chlorotique, surtout les jeunes feuilles. -feuilles épaisses et dure. -Tige courte, ligneuse. -Nombreuses racines blanches et ramifiées.</p>	<p>-feuilles chlorotiques, plus petites se courbant en dedans, pustules sur le bord, brunissement margina. -Tige dure, jaunissement de l'extrémité.</p>

<p>Fer (Fe)</p>	<p>-Chlorose internervaire évoluant vers jaunissement générale du limbe des jeunes feuilles. -Tige mince</p>	<p>-Excès rare, dans le cas chlorose générale. -Nécrose racinaire.</p>
<p>Manganèse (Mn)</p>	<p>-chlorose internervaire des jeunes feuilles évoluant vers des taches nécrotique brunes, les nervures restent vertes.</p>	<p>-Dans le cas grave : l'aspect chlorotique, feuilles bordures et frisolées.</p>
<p>Bore (B)</p>	<p>-Rubéfaction des feuilles, deviennent vert clair. -Souvent les taches brunes sur les tiges : l'apex dépérit, les pousses inférieures jaunes ou brunes ridées, pourrissant du collet.</p>	<p>-Jaunissement du bord des feuilles gagnent toute la surface laissant de graves taches brunes sur les bords puis chute des feuilles.</p>

(LAFON et *al.*, 1996)

III.1. Définition

Le pH est une abréviation de potentiel hydrogène, permettant d'exprimer le degré d'acidité ou de basicité d'une solution aqueuse (DINON et GERSTMANS, 2008).

Le pH est une valeur qui est proportionnelle au taux de protons (ions hydrogène : H^+) et inversement proportionnelle aux ions hydroxydes (OH^-) dans une substance (CHAUVIN, 2003).

Une substance sera dite « neutre » pour un $pH=7$ (CHAUVIN, 2003), c'est-à-dire la concentration en ions H^+ est égale à celle des ions OH^- (NABORS, 2009).

Lorsque la concentration en ions H_3O^+ d'une solution est supérieure à 10^{-7} . Le pH est inférieur à 7, on considère qu'elle est « acide » (LAURENT, 1991).

- Pour un pH supérieur à 7 le milieu est dit « basique » ou « alcalin »
- On appelle potentiel hydrogène d'une solution (pH) le logarithme décimal négatif de sa concentration en ions H_3O^+ :

$$pH = - \log [H_3O^+]$$

Selon COUTURE (2006), le pH est la mesure de la concentration en ions hydrogène de la solution. Il est représenté par une expression logarithmique, c'est donc dire que la concentration en H^+ , à pH 6.0 est 10 fois plus grande que celle à pH 7,0 et 100 fois plus grande que celle à pH 8,0. Plus la concentration en ions hydrogènes est élevée, plus le pH est bas plus c'est acide.

Le pH varie sous l'influence de différents facteurs : les pluies, l'irrigation, l'utilisation d'engrais, les techniques d'entretien du sol, l'activité racinaire ... (HUNTZ et ROQUES-CARMES, 1980).

III.2. Le pH du sol

Le pH des sols est une caractéristique très importante et facilement mesurable. Le pH du sol, quant à lui, influe sur la solubilité des nutriments et sur l'activité des organismes qui sont responsables de la transformation de la matière organique et de la fixation de l'azote (VINSON, 2003)

Le pH des sols est très variable mais il est habituellement situé entre 4 et 8. Il convient de rappeler que les sols à pH inférieur à 7 sont acides, ceux à pH supérieur à 7 sont alcalins et la neutralité est atteinte lorsque le pH est égal à 7. Le meilleur pH se situe entre 5.5 et 6.5 ce qui est équivalent à un sol légèrement acide. Ce pH est donc considéré comme le pH dans lequel le

plus grand nombre de nutriments sont avantageusement accessible aux plantes. (ANONYME ,2003)

Le pH d'un sol est un indicateur de la quantité d'ions hydronium (H^+) présent dans l'eau de ce sol. Plus l'eau de sol est chargée en ions (H^+), plus elle est dite acide et plus son ph est bas. A l'inverse un sol pauvre en ions (H^+) est dite alcalin. Ce pH est un facteur très important pour le bon développement des végétaux. (VINSON, 2003)

Le pH optimal du sol varie selon l'espèce cultivée. Il convient donc de mesuré le pH du sol avant de se procurer les plants. Si le sol est trop acide, le pH peut être augmenté à l'aide d'amendements à base de chaux ou de magnésium. Ces amendements s'utilisent de préférence de la fin de l'automne jusqu'au début printemps. Par contre, si le sol est trop basique, le pH peut être diminué en ajoutant à la terre de la tourbe ou de l'humus. Ces amendements peuvent se pratiquer toute l'année avec une préférence pour la période estival. (DINON et GERSTMANS, 2008).

III.3. Le pH en agriculture

Le pH du sol est un facteur important pour la survie de la plante qui y vit. Contrôler le pH du sol c'est contrôler l'état de santé de la plante qui y pousse. Lorsque le pH est adéquat, la plante peut se nourrir convenablement. Le pH idéal dépend de l'espèce végétale. C'est pourquoi l'on regroupe les plantes en diverses catégories :

- Plantes acidophiles : se développent mieux sur des sols acides.
- Plantes alcalinophiles : s'adaptent mieux sur des sols basiques.
- Plantes neutrophiles : ont une prédilection pour les sols neutre.

Les plantes acidophiles croissent sur un sol dont le pH est compris entre 4 et 6.5. En effet, à ces valeurs de pH, certains champignons et bactéries nuisibles à la croissance de ces plantes ne peuvent croître et les mauvaises herbes ne peuvent s'installer en milieu acide, ce qui laisse toute la place aux plantes acidophiles. De plus, les plantes acidophiles ont besoin d'une quantité importante de certains éléments nutritifs comme le manganèse, l'aluminium et le fer qui sont fortement absorbés pour de faibles valeurs de pH. A l'inverse, les plantes basophiles consomment une quantité importante d'éléments nutritifs comme le calcium et le magnésium qui sont fortement absorbés à des valeurs de pH plus élevées et supérieures à 7. (DINON et GERSTMANS, 2008).

III.4. Importance du pH en hydroponie

En hydroponie, le support hydroponique est inerte contenant beaucoup d'oxygène mais aucun nutriment. Les nutriments sont entièrement apportés par la solution nutritive constituée

essentiellement d'eau et d'un peu d'engrais qui circule autour des racines. La qualité de l'eau ainsi que le dosage des nutriments sont donc primordiaux. (ANONYME, 2010)

Le pH de la solution nutritive joue un rôle déterminant dans la solubilité et l'absorption des nutriments par les plantes. Les plantes ont un pH qui leur est propre. (ANONYME, 2010)

Le pH de la solution nutritive et du substrat doit être au plus proche de celui de la plante pour éviter tous risques de conflits électriques entre les racines et les ions contenus dans la solution. En fonction du pH de la solution et du substrat, les éléments nutritionnels subiront des variations de charge électrique. Si cette charge dépasse les limites tolérables et admises par les racines de la plante, l'élément ne sera plus absorbé aussi rapidement qu'il le devrait. Cette altération se traduit par des plantes sans vigueur. (ANONYME, 2010)

En système hydroponique, la plupart des végétaux poussent bien lorsque le pH est compris entre 5,5 et 6,5 pH, l'idéal étant situé entre 5,5 et 5,8.

En hydroponie, le pH aura tendance à fluctuer davantage que celui des cultures en terre, cette dernière ayant un effet tampon sur les engrais sont en général acides et ont tendance à abaisser le pH de la solution nutritive. Il faut préciser que si l'eau d'arrosage présente un pH trop alcalin ou acide. Il faudra le corriger. Nous ajusterons le pH de préférence avec des produits d'origine organique, comme l'acide nitrique pour l'abaisser (ANONYME, 2010).

III.5. Correction du pH

Les acides tels que l'acide nitrique, l'acide phosphorique ou l'acide sulfurique sont largement utilisés en culture hors sol pour ajuster le pH de la solution nutritive. En effet, pour la majorité des espèces cultivées, l'optimum physiologique du pH de la solution se situe entre 5,5 et 6,5 afin d'obtenir une absorption optimale de tous les éléments fertilisants. Dans les régions où les eaux sont chargées en ions bicarbonates, fortement alcalinisant, l'eau doit être acidifiée pour pouvoir entrer dans la préparation des solutions nutritives. Les acides sont très efficaces pour abaisser le pH mais leur manipulation peut présenter un danger pour le producteur. Un autre moyen d'ajuster le pH de la solution nutritive est d'utiliser du nitrate d'ammonium, qui a un léger pouvoir acidifiant sur la solution. Une solution de nitrate d'ammonium à une concentration de 160 g/l a un pH de 5,5 (BLANC, 1987). De plus, lors de l'absorption d'ions NH_4^+ par la plante, son équilibre acido-basique nécessite la libération d'ions H^+ par les racines, ce qui acidifie davantage la solution dans le substrat et le drainage.

Il existe plusieurs raisons qui justifient l'acidification de l'eau d'irrigation. La plus importante d'entre elles est la disponibilité et la solubilité des éléments nutritifs. Si le pH du

milieu dans lequel baignent les racines n'est pas adéquat, les éléments nutritifs seront moins disponibles à la plante. Par conséquent, vous verrez apparaître des symptômes de carences, d'excès ou de déséquilibres fonctionnels comme un retard dans la floraison par exemple (LAMBERT, 2000).

Une carence en un oligoélément peut être causée par un déséquilibre du pH tableau 2. ou par des lessivages trop importants il est alors possible de corriger la situation en ajoutant des acides (CLAUDE ET GILBERT ,1999).

Tableau N°2 : Principaux problèmes causés par un déséquilibre du pH .

pH trop bas (< 5.5)	pH trop élevé (> 6.5)
Risques d'intoxication en:	Risques de carence en:
Fer	Fer
Manganèse	Manganèse
Zinc	Zinc
Cuivre	Cuivre
Ammoniac (NH ₄)	Bore
Risques de carence en:	
Calcium	
Magnésium	
Risques de lessivage en: Phosphates (PO ₄)	

(CLAUDE ET GILBERT ,1999)

Chapitre IV : La culture du haricot et de la tomate

Chapitre IV : La culture du haricot et de la tomate

Chapitre IV : La culture du haricot et de la tomate

Chapitre IV : La culture du haricot et de la tomate

Chapitre IV : La culture du haricot et de la tomate

Chapitre IV : La culture du haricot et de la tomate

Chapitre IV : La culture du haricot et de la tomate

IV.1. Culture du haricot

1.1. Histoire et origine

Le haricot est l'une des légumineuses alimentaire originaire de la zone intertropicale d'Amérique, d'après CHAUX C. (1972) le haricot vert était déjà cultivé en Amérique centrale alors qu'il est selon PERON J.Y. (2006) originaire d'Amérique de sud.

Son nom viendrait d'ailleurs de l'appellation aztèque «ayacolt».Le terme «haricot» désigne aussi ces parties consommées, les graines (haricots secs) ou la gousse.

La première introduction du haricot en Europe serait due à Christophe Colomb qui le découvrit à Cuba lors de son premier voyage en octobre 1492.il était déjà cultivé par les habitants du Mexique et Pérou (EVANS ,1976).Ensuite, il a peu à peu conquit toute l'Amérique du sud (LAMBOLEY ,2001)

1.2. Classification botanique

Le haricot vert commun (*phaseolusvulgaris L.*) est une espèce végétale diploïde dont le nombre chromosomique est $2n=22$ chromosome (Chaux et Foury 1994).

Selon (BAUDOIN et DO., 2003), la position systématique du est la suivante :

- Règne : végétal.
- Division : Magnoliophyta.
- Classe : Magnoliopsida.
- Ordre : Fabales
- Famille :Fabaceae
- Sous-famille :Faboideae.
- Genre :*Phaseolus*
- Espèce : *Phaseolusvulgaris L.*

IV.2. Description de la plante

Le haricot est une plante herbacée, annuelle, qui peut prendre plusieurs types

De port selon les variétés. On distingue deux grands groupes :

- ✓ les haricots grimpants, au port volubile
- ✓ les haricots nains à port érigé et plus ramifié (DAGBA, 1988).

2.1 Appareil végétatif

- Feuilles

Les premières feuilles, au nombre de deux, sont simples. Les suivantes sont formées de trois folioles ovales, terminées chacune par une pointe, disposées de façon alternées, elles possèdent des nervures bien visibles (CHAUX ,1972 ; BEZPLY ,1984).

➤ Tiges

Les tiges sont plus ou moins longues suivant les variétés. Les grandes tiges peuvent atteindre 2 à 3 m de long, c'est le "haricot à rames". Les tiges courtes ne dépassent guère 30 à 40 cm de longueur et sont plus ramifiées, prenant un port buissonnant ou dressé ce sont les haricots nains (KOLEV, 1976)

➤ Racines

Le système racinaire pivotant et profond peut descendre jusqu'à 1,20m (BARRETO, 1983). On trouve la racine principale non dominante très rapidement complétée de racines latérales (CHAUX et FOURY, 2001). Elles sont le siège du phénomène de « nodulation », les nodules étant des excroissances provoquées par l'infestation par des bactéries du genre *Rhizobium*, ces bactéries vivent en symbiose avec la plante (FAO, 2006)

3.2. Appareil reproducteur

➤ fleurs

Les inflorescences sont en forme de grappes de 5 à 15 fleurs de couleur blanche ou violette portées par un pédoncule de 5 à 8 cm de long qui prend naissance à l'aisselle des feuilles (PHILLIPS et al., 1994).

Quant aux fleurs, elles sont de type papilionacé, et comprennent 5 sépales, 2 Pétales, 9 étamines soudées par leur base et une étamine libre (PREVOST, 1999). Ce sont des fleurs hermaphrodites et cléistogames. La fécondation est Principalement autogame. Ce qui facilite la sélection de lignées pures et le maintien de variétés stables, elle s'effectue surtout la nuit (KOLEV, 1976). Chaque fleur a 2 cm de long environ et de couleur très variée, blanche, rose, rouge, violette, jaunâtre ou même bicolore (KOLEV, 1976).

➤ Fruit

Les fruits sont en forme de gousses déhiscentes, allongées, appelées aussi cosses, généralement droites, plus ou moins longues et terminées par une pointe, leur largeur varie de 8 à 25 mm. Elles renferment en moyenne 4 à 8 graines (TIRILLY et BOURGEOIS, 1999).

➤ Graines

Les graines sont soit sphériques, soit cylindriques selon les variétés, et sont très diversement colorées, en blanc, vert, rouge, violet, noir, brun ou même bicolorées ou tachetées. Elles sont plus ou moins grosses selon les variétés (PERON, 2006). La faculté germinative dure de 3 à 5 ans. Le poids de mille grains de haricot est de 140 à 800g et le volume 730 à 850 graines / litre (CHAUX et FOURY, 1994).

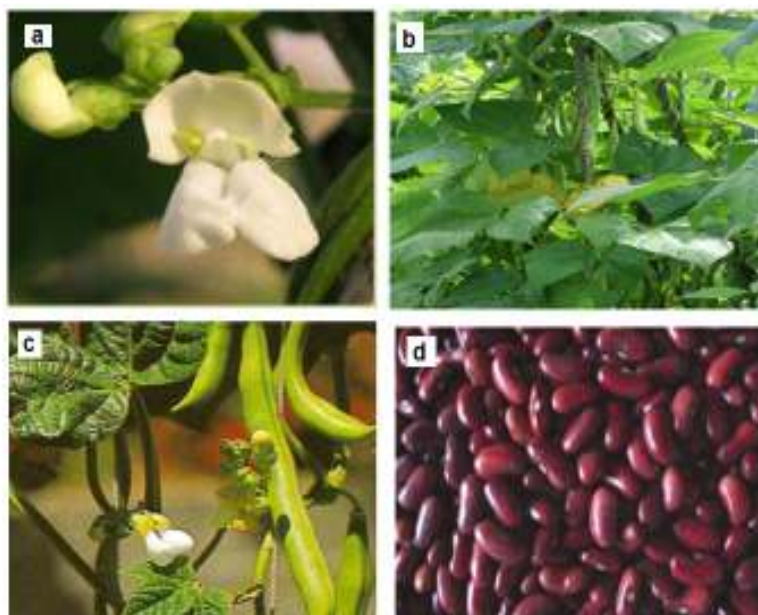


Figure N°02 : Appareils végétatif et reproducteur du Haricot (CHAUX et FOURY, 1994).
L'albumen de la graine est riche en protéines (25 à 30% de la graine sèche) et en glucides (58 à 63% de la graine sèche) (PERON, 2006).

La composition du haricot vert est représentée dans le tableau suivant :

Tableau N°03 : composition du haricot vert (la teneur est pour 100g)

Energie	19 Kcal	Calcium	43 mg	Provitamine A	260 µg
Eau	92 g	Fer	1.6 mg	Vitamine B1	0.02 mg
Protéines	1.3 g	Magnésium	13 mg	Vitamine B2	0.05 mg
Glucides	3.1 g	Phosphore	22 mg	Vitamine B5	0.06 mg
Lipides	0.1 g	Potassium	107 mg	Vitamine B6	0.51 mg
Fibre	2.5 g	Sodium	307 mg	Vitamine B9	42 mg
				Vitamine C	2 mg
				Vitamine E	0.16 mg
				Vitamine PP	0.2 mg

(TIRILY ET BOURGEOIS ,1999).

IV.3. Les exigences de la plante

3.1. Exigences climatiques

3.1.1. Température

D'après (ITCMI, 2010) ; la température optimale pour la culture de haricot vert est entre 15 à 20 °C, le zéro végétatif est à 10°C et les fortes chaleurs sont néfastes à la fécondation des fleurs.

Le haricot est une plante de climat chaud, nécessite donc des températures assez élevée. sa germination n'est normale qu'au dessus de 14 à 15°C (Chaux, C., 1979).

3.1.2. La lumière

En ce qui concerne la luminosité, le haricot est très exigeant, surtout pendant les premières étapes de son développement (Kolev, 1976), si la luminosité n'est pas suffisante, les plantes s'allongent et diminuent beaucoup leur rendement.

3.1.3. Humidité

Selon KOLEV(1976), le haricot exige autant en humidité de l'air que du sol pendant sa végétation. une très grande humidité est défavorable, de sorte que l'on sème de terre (DEVIGNES, 1986).

3.2. Exigence édaphiques

3.2.1. Sol

Selon LAUMONIER (1976), le choix des sols joue considérablement sur les rendements et la qualité des produits.

Les sols destinés à la culture du haricot doivent présenter des caractéristiques générales de perméabilité, de bon état sanitaire et de richesse relative. Le haricot réussit bien sur les sols alluviaux, riches en potasse et réussit mal dans les terres halomorphes et fortement acides ainsi que dans les sols lourds-argileux (Bezpal, 1984).

L'idéal pour le haricot serait un pH légèrement acide, favorable à l'assimilation des éléments nutritifs du sol (GROS, 1987).

3.2.2. pH

Le pH optimal se situe entre 6 et 7.5. Cette fourchette qui correspond à l'optimum pour le développement de *Rhizobium phaseoli*, bactérie fixatrice de l'azote de l'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).

3.3.Exigence hydrique

L'apport d'eau est nécessaire pour assurer un rendement maximum tant en produits frais qu'en produits secs. Les besoins en eaux sont estimés à 400m³ /ha. Une récolte en sec exige un supplément de 500 m³ /ha (MOUHOUCHE ,1991)

Le haricot ne supporte pas l'excès d'eau qui provoque l'asphyxie racinaire, allonge la période fructification et favorise l'attaque des maladies fongiques ou cryptogamique (STANTON ,1970)

Selon (CHAUX et FOURY, 1994) ; du fait que le haricot exige beaucoup de chaleur ; l'évapotranspiration est importante, ce qui résulte les besoins très important en eau.

3.4.Exigence nutritionnelles

SKIREDJ (2007), note que le haricot vert dispose de deux voix d'alimentation azotée :

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

Le haricot apprécie un rapport de potasse et de phosphore, qui doit être fait sous forme rapidement assimilable (superphosphate, sulfate de potasse), étant donnée la brièveté de cycle de culture (LAUMONNIER, 1979).

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

- N : 30-50 U/ha
- P₂O₅ : 60U/ha
- K₂O : 150 U/ha

IV.4. Conduite de la culture

4.1. Semis

Selon DEVIGNES(1986), pour faciliter la germination, il est recommandé de faire tremper les graines pour amollir l'enveloppe pendant la nuit qui précède le semis.

D'après PERON (2006), le semis du haricot se réalise par deux méthodes .soit manuel en poquet de 5 à 6 graines tous les 60 à 70 cm entre les lignes, soit mécanisé de précision (semoir pneumatique) avec 60 à 70 cm entre les lignes, et 10 à 20 cm entre les rangs.

4.2. Travaux d'entretien

4.2.1. 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).

4.2.2. Arrosage

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

4.2.3. 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)

4.2.4. Aération

Elle a pour objectif de renouveler la serre, d'abaisser la température et le degré hygrométrique quand cela est nécessaire. Ceci permettra d'éliminer les excès d'humidité et de chaleur qui favorisent le développement des maladies Cryptogamiques (SNOUSSI, 2010).

4.2.5. Gestion des mauvaises herbes

Pour une gestion efficace des mauvaises herbes la pratique de binage est indispensable car elle permet de briser la croûte du sol (permettre donc une bonne aération du sol) et de supprimer les mauvaises herbes qui se développent autour du plant (SNOUSSI, 2010).

IV.5. La culture de la tomate

5.1. Généralité et origine

La tomate est l'une des cultures la plus pratiquée dans le monde. Dans beaucoup de pays, elle occupe la première place des espèces cultivées sous- serres. (ITCMI, 2015)

La tomate cultivée (*Solanumlycopersicum L.*), appartient à la famille des Solanacées. (PHILOUZE, 1993) est originaire des Andes d'Amérique du Sud, dans une zone allant du sud de la Colombie au nord du Chili et de la cote Pacifique, aux contreforts des Andes (Equateur, Pérou). Elle fut domestiquée au Mexique, puis introduite en Europe au XVIème siècle par les Espagnols avant même la pomme de terre et le tabac (NAIKA et *al.*, 2005).

En Algérie, ce sont les cultivateurs du Sud de l'Espagne, qui l'ont introduite en raison des conditions climatiques qui sont propices pour sa culture. Quant à sa consommation, elle a

commencée dans la région d'Oran en 1905 puis, elle s'étendit vers le centre, notamment au littoral algérois (LATIGUI, 1984).

5.2. La classification de la tomate

La classification de la tomate se fait sous plusieurs critères :

5.2.1. Classification botanique (systématique)

D'après CHOUGAR (2011), la tomate appartient à la classification suivante

Règne.....	Plantae
Sousrègne.....	Trachenobionta
Division.....	Magnoliophyta
Classe.....	Magnolopsida
Ordre.....	Soloniales
Genre.....	<i>Solanum</i> ou <i>Lycopersicon</i>
Espèce.....	<i>Solanumlycopersicum</i> L.

5.2.2. Classification selon le Type de variétés

➤ Les variétés fixées :

Le croisement dont elles sont issues a permis conserver de manière stable leurs caractéristiques (vigueur, forme, couleur, gout) (MORARD S, 2013)

➤ Les variétés hybrides :

Du fait de l'effet hétérosis, présentent la faculté de réunir plusieurs caractères d'intérêt. (Bonne précocité, qualité et résistance). Ces variétés ne peuvent pas être multipliées vu qu'elles perdent leurs caractéristiques dans les descendance. (ITCMI, 2015)

5.2.3. Classification selon Le type de croissance végétative

➤ Variétés à croissance déterminée :

La plante s'arrête après la formation de 4 à 6 bouquets.

➤ Variétés à croissance indéterminée :

La plante ne cesse pas de croître en hauteur jusqu'à épuisement de toutes les réserves. (ITCMI, 2015)

IV.6. Description botanique du plant de la tomate

- Plante annuelle de la famille des solanacées à port buissonnant nécessitant de nombreuses interventions manuelles.
- C'est une plante autogame à fleurs groupées en inflorescence, (bouquet).
- Les fruits, selon les variétés ont une forme très variable (ronde et lisse, ronde et côtelée, aplatie et côtelée ou allongée).

- La diversité variétale est extrêmement grande (plus de 1000 variétés). (ITCMI, 2015)

6.1. Le système racinaire

Forte racine pivotante qui pousse jusqu'à une profondeur de 50 cm ou plus. La racine principale produit une haute densité de racines latérales et adventices. (NAIKA et al., 2005).

6.2. La tige

Le port de croissance varie entre érigé et prostré. La tige pousse jusqu'à une longueur de 2 à 4 m. La tige est pleine, fortement poilue et glandulaire (NAIKA et al., 2005).

6.3. Feuillage

Feuilles disposées en spirale, 15 à 50 cm de long et 10 à 30 cm de large. Les folioles sont ovées à oblongues, couvertes de poils glandulaires. Les grandes folioles sont parfois pennatifides à la base. L'inflorescence est une cyme formée de 6 à 12 fleurs. Le pétiole mesure entre 3 et 6 cm (NAIKA et al., 2005).

6.4. Fleurs

Bisexuées, régulières et entre 1,5 et 2 cm de diamètre. Elles poussent opposées aux - ou entre les feuilles. Le tube du calice est court et velu, les sépales sont persistants. En général il y a 6 pétales qui peuvent atteindre une longueur de 1 cm, qui sont jaunes et courbées lorsqu'elles sont mûres. Il y a 6 étamines et les anthères ont une couleur jaune vif et entourent le style qui a une extrémité stérile allongée. L'ovaire est supère avec entre 2 et 9 carpelles. En général la plante est autogame, mais la fécondation croisée peut avoir lieu. Les abeilles et les bourdons sont les principaux pollinisateurs (NAIKA et al., 2005).

6.5. Fruit

Baie charnue, de forme globulaire ou aplatie avec un diamètre de 2 à 15 cm. Lorsqu'il n'est pas encore mûr, le fruit est vert et poilu. La couleur des fruits mûrs varie du jaune au rouge en passant par l'orange. En général les fruits sont ronds et réguliers ou côtelés. (NAIKA et al., 2005).

6.6. Graines

Nombreuses, en forme de rein ou de poire. Elles sont poilues, beiges, 3 à 5 mm de long et 2 à 4 mm de large. L'embryon est enroulé dans l'albumen. 1000 graines pèsent approximativement 2,5 à 3,5 g. (NAIKA et al., 2005).

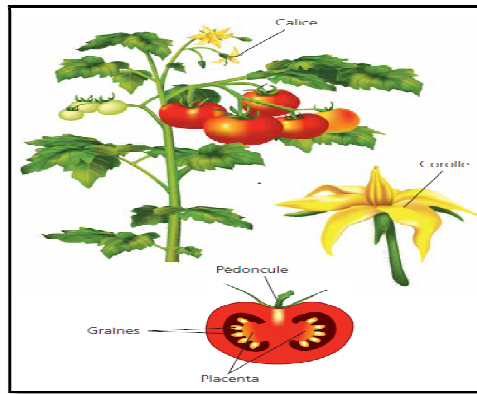


Figure N° 03: La plante de la tomate (RANC N, 2010)

IV.7. Les Exigences de la tomate

7.1. Les exigences climatiques

7.1.1. La température et l'humidité:

Tableau N° 04 : les exigences climatique de la tomate

stade de croissance	température du sol	température de l'air	humidité de l'air
germination (avant levée)	30 à 20°C (décroissante)	20°C (constante)	60 à 65 %
élevage de plants en pépinière	20 à 25°C	26°C jour 20°C nuit	60 à 65 %
planté en culture développement végétatif • floraison	15 à 18°C	thermo-périodisme journalier 20 à 23°C jour 15 à 17°C nuit	60 à 65 %
fructification • pollinisation • fécondation • nouaison	15 à 20°C	20 à 25°C jour 15 à 17°C nuit	60 à 65 %
développement des fruits	16 à 20°C	20 à 23°C	60 65 %

(ITCMI, 2015)

7.1.2. L'eau

Cependant, 3 phases physiologiques correspondant à des besoins en eau différents sont à distinguer :

- **De la plantation à la 1^{ère} floraison** : phase de croissance lente, les besoins en eau sont peu élevés.

- **De la floraison à la maturation** : phase de croissance rapide, les besoins en eau sont élevés.
- **En fin de récolte** : phase de vieillissement les besoins en eau sont réduits.

(ITCMI, 2015)

7.1.3. Luminosité

La lumière intervient sur la croissance et la fructification de la tomate par sa durée, son intensité et sa qualité. 1200 heures d'insolation sont nécessaires pendant les 6 mois de végétation. Un éclairage de 14 heures par jour est nécessaire pour une bonne nouaison. Toutefois la photopériode ne doit pas dépasser 18 heures par jour. (ITCMI, 2015)

7.2. Les exigences édaphiques

7.2.1. Sol

D'après CHIBANE (1999), La tomate n'a pas d'exigences particulières en matière de sol. Cependant, elle s'adapte bien dans les sols profonds, meubles, bien aérés et bien drainés. Une texture sablonneuse ou sablo-limoneuse est préférable.

7.2.2. Le pH

La tomate est une culture indifférente au pH du sol. Le rendement varie peu avec la variation du pH. Cependant, sur des sols à pH basique ($\text{pH} > 7$), qui sont d'ailleurs les plus rencontrés au Maroc, certains micro-éléments restent peu disponibles à la plante (Fe, Mn, Zn, Cu). La carence la plus fréquente est celle de fer, elle apparaît en général à un stade avancé de la culture. Dans ce cas, une correction ferrique par un apport d'engrais foliaire ou en fertigation est nécessaire (CHIBANE, 1999).

7.2.3. La Salinité

La tomate est classée parmi les plantes à tolérance modérée vis à vis de la salinité. Lorsque la conductivité électrique (CE) est de 4 mmho/cm, soit 2,5 g/l de sels totaux, le rendement baisse de 10 %. Cependant, la baisse du rendement peut atteindre 25 % à une salinité de l'ordre de 4 g/l. L'impact de la salinité est plus grave sur le rendement export, suite à la réduction du calibre du fruit. (CHIBANE A, 1999).

IV.8. Conduite de la culture

8.1. Le Repiquage

Le repiquage de la tomate intervient pour réduire la durée d'occupation du sol compte tenu de sa susceptibilité aux microorganismes nuisibles du sol et aux vecteurs de maladies peut maîtrisable

Les précautions suivantes doivent être prises lors du repiquage :

- Repiquer les plantes vigoureuse avec la motte de terre autour des racines
- Ne pas trop enfoncer les plantes dans le sol pour éviter les pourritures de collet
- Bien tasser la terre autour des racines
- Arroser si possible immédiatement après repiquage

8.2. L'arrosage

Les tomates demandent beaucoup d'eau surtout quand les fruits sont formé. Les arrosages doivent être réguliers, mais sans excès (pas de coup de sec, pas d'excès d'eau). En période chaude un arrosage tous les 4 à 5 jours avec 3 à 5 litre d'eau par pied (suivant votre sol) est suffisant, préférez les arrosages le matin, en arrosant au pied sans mouiller le feuillage, vous limiterez l'apparition des maladies. (MORARD S, 2013)

8.3. Pinçage

La tomate doit être pincée c.à.d. qu'on enlèvera les bourgeons qui se forment à l'aisselle des feuilles des leurs apparition sinon le pied prolifération en verdure et les feuilles seraient trop nombreuses, et les fruits petit et tardifs (AKREM, 2009).

8.4. Effeillage

Au fur et à mesure des récoltes des bouquets, les feuilles situées sous le bouquet récolté peuvent être enlevées et évacuées hors de la culture. Cette technique améliore l'aération de la culture et agit dans le maintien d'un bon état sanitaire, mais il ne faut pas que les fruits soient directement exposés au soleil sous peine d'y voir apparaître des coups de soleil qui évoluent en nécroses et rendent les fruits non commercialisables (SCHIFFERS, 2010)

8.5. Ebourgeonnage

La taille consiste à l'ablation manuelle des bourgeons axillaires qui démarrent à l'aisselle de chaque feuille en tête de plante. Cette opération est aussi appelée ébourgeonnage (VITRE A, 2002).

Une bonne stratégie d'effeuillage doit donc tenir compte de la pénétration de la lumière à l'intérieur de la plante, toutes les feuilles être utiles à la condition qu'elle reçoivent suffisamment de lumière; les feuilles du bas ou celles qui sont situées à l'intérieur des rangs et qui reçoivent très peu de lumière sont nuisibles (TURCOTTE, 2003).

8.6. Palissage

Toutes les variétés utilisées sous serre sont à croissance indéterminée. De ce fait, elles nécessitent un soutien pour que la tige demeure verticale. En serre, une ficelle doit être fixée au fil de fer au niveau de chaque plante. La ficelle est accrochée sur la 1ère ou la 2ème feuille basale de la plante d'une façon lâche afin de ne pas engendrer de dégâts (blessures ou

Chapitre IV : La culture du haricot et de la tomate

coupures). Lors du 2^{ème} passage, on enroule manuellement la plante autour de la ficelle à un tour complet entre 2 feuilles et ainsi de suite jusqu'à la fin du cycle. (CHIBANE, 1999).

8.7. La récolte

Cueillez les fruits quand la plus grande partie de la couleur verte a viré au rouge ou à l'orangé. Même enlevées de la plante, les tomates continuent de mûrir. On peut conserver les tomates fraîches pendant trois semaines dans un endroit frais, protégé du soleil et bien aéré (BURGESSEt GLASAUER, 2005).

V.1. Objectives de l'expérimentation

L'objectif de notre essai est de mettre en évidence l'effet de la correction du potentiel hydrogène de deux eaux salines d'irrigation existant en Algérie (Gassi Touil) à différent gradient de salinité (Gassi Touil A =2.75g/l et Gassi Touil B = 4.59 g/l) à pH =7.8 , que nous les avons reconstituées sur le site expérimentale avec l'eau de Blida et corrigé par l'acide nitrique (HNO₃), aussi, nous avons jugé utile d'identifier l'importance des oligo-éléments sur la nutrition minérale de la tomate moyennement sensible à la salinité variété Saint Pierre et le haricot variété Djadida très sensible à la salinité , les deux espèces sont cultivées en hors sol.

V.2. Matériel végétal utilisé

Dans notre expérimentation on a utilisée deux espèces végétales :

Le haricot (*Phaseolus vulgaris*). C'est une espèce à développement rapide, et sensible à la salinité, la variété testée est Djadida, très cultivé en Algérie qui possèdent les caractéristiques suivantes :

- Type mangetout
- Variété naine
- Bonne vigueur
- Feuille longue de couleur vert
- Fleurs blanches
- PMG=199g

Et la tomate (*Solanum lycopersicum*), variété Saint-Pierre, cette variété est une :

- Variété fixée demis précoce et productive
- Les fruits sont de forme ronde à couleur rougeâtres
- Variété moyennement sensible à la salinité
- Bonne aptitude a la fructification

V.3. Conditions expérimentales

V.3.1. Lieu de l'expérience

Notre expérimentation a été réalisée dans une serre en polycarbonate 382.5m² de surface, au niveau de la station expérimentale du département de biotechnologies de l'université de Blida 1. Cette serre est aérée grâce à des fenêtres placées latéralement de part et d'autres et chauffée en hiver grâce à des radiateurs à eau chaude.



Figure N°04 : Localisation du lieu de l'expérience.

Pour suivre l'évolution de la température, nous avons installé un thermomètre positionné au centre de la serre. Des relevées quotidiennes de températures ont été effectuées à trois moments de la journée : 9h00, 12h00 et 16h00. le tableau ci-dessous indique les moyennes par décade des températures enregistrées sous serre en(C°).

Tableau N°05 : Les moyennes des températures par décade en(C°).

période	Température		
	9h00	12h00	16h00
08/12/2015	11	24.2	23.6
18/12/2015	11.2	24.21	22.3
28/12/2015	13.4	21.8	23.88
07/01/2016	17.2	24.33	26.3
17/01/2016	15.5	25.1	27.5
27/01/2016	17.6	24.5	24.7
06/02/2016	15.9	24.2	25.2
16/02/2016	14.9	23.7	24.6
26/02/2016	16	24.3	23.62
07/03/2016	16,6	23,4	23,8
17/03/2016	19,5	25,8	29,0
27/03/2016	28,7	35,0	37,0
06/04/2016	20,3	24,8	26,0
16/04/2016	25,7	31,7	32,3
26 /04/2016	26,4	32,0	31,5
06/05/2016	29,7	33,0	33,0
16/05/2016	26,0	35,0	34,3
26/05/2016	30,0	34,0	35,0

V.3.2. Substrat

Nous avons utilisé dans notre l'expérimentation, du gravier roulé de rivière d'un diamètre de 3 à 8 mm provenant da la carrière de Chebli qui se situe à 25 Km d'Alger.

Ce substrat assure grâce à sa porosité une meilleure aération pour les racines des plantes et forme un milieu défavorable pour le développement des micro-organismes.

Cependant, afin d'éloigner tous les risques de contamination par les maladies, nous avons procédé à la désinfection du substrat de la manière suivante :

- Nettoyage des conteneurs (les pots)
- Élimination des particules terreuses et des résidus organiques présents dans le gravier par un lavage abondant à l'eau. (fig05)
- Remplissage des pots par le gravier lavé.
- Désinfection du gravier avec l'hypochlorite de sodium dilué.
- Rinçage abondant à l'eau afin d'éliminer toute trace d'hypochlorite de sodium qui est très nuisible pour les jeunes plantules de haricot.



Figure N°05 : le gravier avant (a) et après (b) lavage (PERSONNEL, 2016)

V.3.3. Conteneurs utilisés

Les conteneurs utilisés sont des pots en polyéthylène de couleur marron sombre ayant une capacité de 5 litres et présentant des orifices de drainage à leur base afin de permettre l'évacuation de la solution nutritive excédentaire.

V.3.4. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté est un plan sans contrôle d'hétérogénéité (randomisation totale), dans lequel l'affectation des traitements s'est faite d'une manière aléatoire selon la table des permutations des nombres aléatoire de 1 à 10.

Le dispositif expérimental est un dispositif à un facteur étudié (facteur potentiel hydrogène à 7 niveaux).

L'ensemble du dispositif expérimental est composé de sept (7) traitements, pour chaque traitement, nous avons (9) observations, soit 63 pots pour chaque espèce, et 126 unités expérimentales au total pour les deux espèces.



Figure N°06 : Vue générale du dispositif expérimental du haricot. (PERSONNEL ,2016)



Figure N°07 : Vue générale du dispositif expérimental de la tomate. (PERSONNEL, 2016)

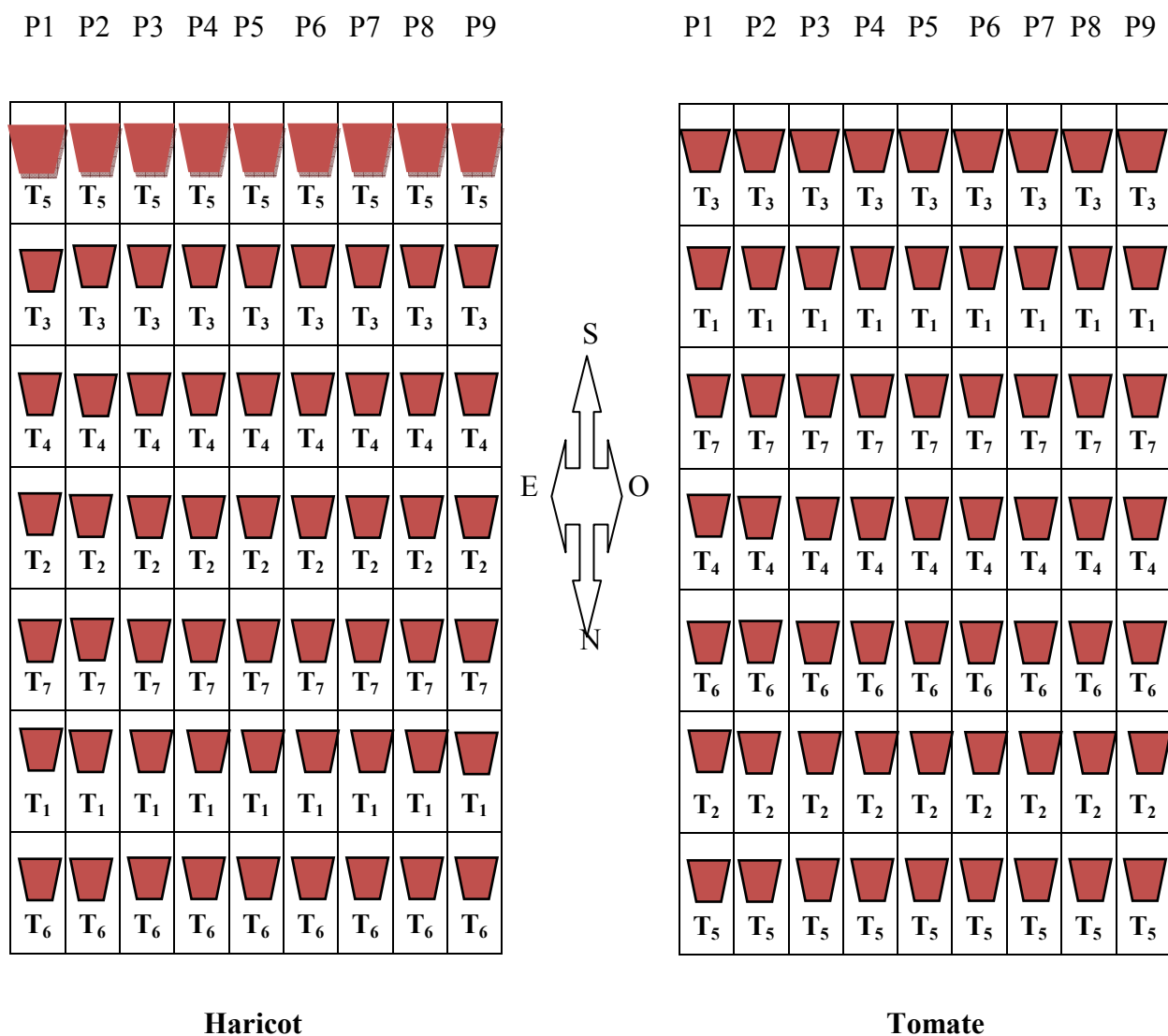


Figure N°08 : Schéma du dispositif expérimental adapté

- P1, P2,...P9 : Observations ou répétition
- T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 : les traitements

V.3.5. Composition des différents traitements :

- **T1** : eau naturelle de Gassi -Touil A à pH= 7.8
- **T2** : eau de Gassi -Touil A corrigée par (HNO₃) à pH= 5.5
- **T3** : eau de Gassi -Touil A corrigée par (HNO₃) + Oligo-éléments à pH = 5.5
- **T4** : eau naturelle de Gassi -Touil B à pH= 7.8
- **T5** : eau de Gassi -Touil B corrigée par (HNO₃) à pH= 5.5
- **T6** : eau de Gassi -Touil B corrigée par (HNO₃) + Oligo-éléments à pH = 5.5
- **T7** : solution nutritive standard à pH= 5.5

V.4. Essai de germination et repiquage

V.4.1. Essai de germination

Essai de germination a été effectué au laboratoire le 06/12/2015 pour le haricot et la tomate. Les graines étaient déposées dans des boîtes de pétrie sur un papier buvard et imbibée d'eau. Les boîtes de Pétri sont placées dans une étuve à $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ pendant une semaine pour la tomate et le haricot.

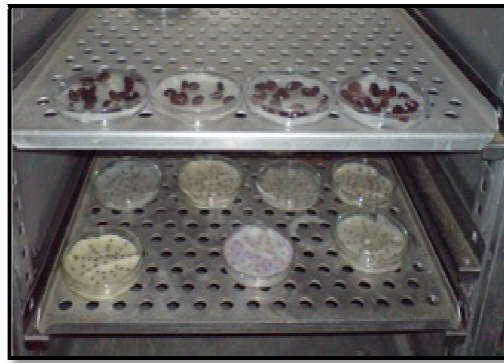


Figure N°9 : Essai de germination de tomate et de haricot dans l'étuve à 25 C.

(PERSONNEL ,2016)



Figure N°10 : germination des graines de haricot. (PERSONNEL ,2016)

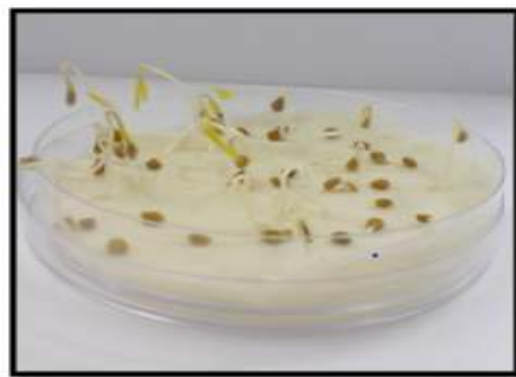


Figure N°11 : germination des graines de tomate. (PERSONNEL ,2016)

V.4.2. Repiquage des germes

Après que les graines de haricot et de tomate aient germé, un repiquage en place définitive dans des pots remplis du gravier a été réalisé le 12/12/2015 à raison de trois germes par pot, soit 6 jours après germination.

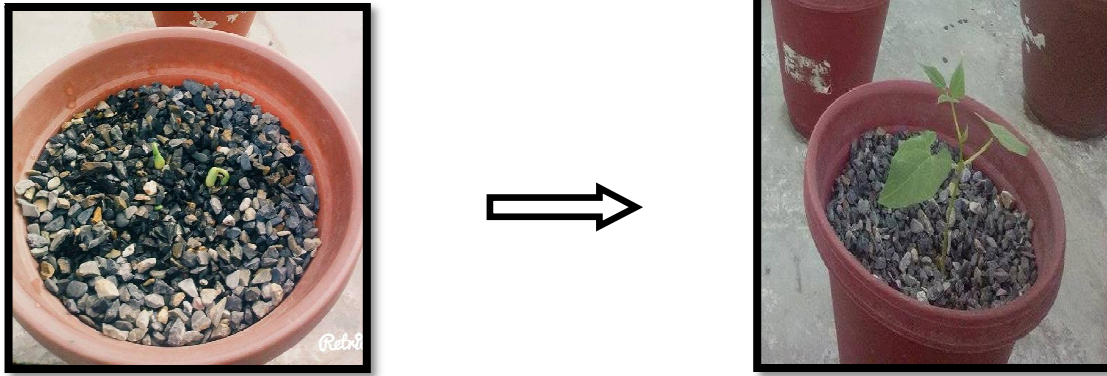


Figure N°12 : Levée des plantules du haricot (PERSONNEL ,2016)

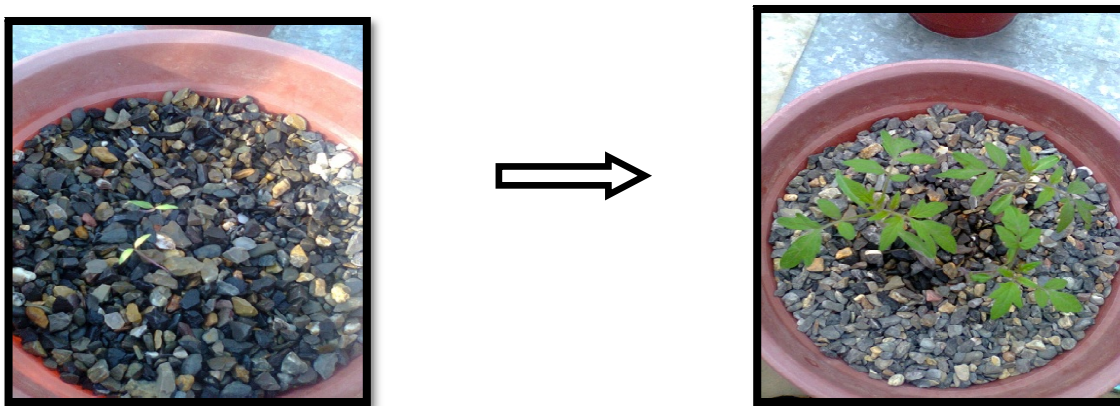


Figure N°13 : Levée des plantules de la tomate (PERSONNEL ,2016)

Les jeunes plantules de haricot et de tomate ont été irriguées jusqu'à l'apparition des deux feuilles cotylédonaires par l'eau de robinet tiède pour favoriser la reprise des jeunes plantules et ce pour une durée comprise entre le 12/12/2015 et 05/01/2016. Après ce stade, un démariage a été effectué le 5/10/2016 pour laisser une seule plantule et la plus vigoureuse par pot.

A la date du 07/01/2016 soit 26 jours après le semis, nous avons commencé l'application des sept différents traitements à raison de trois irrigations journalières de 20 ml pour le haricot.

Pour la tomate les jeunes plantules ont été irriguées avec une solution nutritive standard équilibrée à partir du 07/01/2016 afin d'obtenir un matériel végétal résistant et homogène et ceci jusqu'au 21/01/2016 à raison de 3 doses de 20ml/jour

Nous avons commencé l'application des traitements le 21/01/2016 soit 40 jours après le semis.

V.5. Description des traitements

Pour la préparation des traitements, nous avons utilisé de l'eau potable de Blida, qui a été choisie uniquement pour des raisons pratiques, vu sa disponibilité sur le site expérimental et compte tenue les besoins en eau croissants des plantes en cours de culture.

V.5.1. Composition de l'eau de Blida en éléments minéraux

Tableau N°06: Composition de l'eau de Blida en éléments minéraux.

Eléments	Teneur en mg/l	Teneur en (meq/l)
K^+	00	00
Ca^{+2}	56.00	2.80
Na^+	29.90	1.30
Mg^{+2}	21.60	1.80
NO_3^-	21.70	0.35
SO_4^-	38.40	0.80
Cl^-	21.30	0.60
HCO_3^-	245	4.08
Total	433.9	11.73

(Source : SNOUSSI S.A., 2001).

L'analyse de l'eau de Blida présentée dans le tableau ci-dessus révèle une quantité assez élevée en ions bicarbonates (4.08 meq/l) ce qui rend le milieu plus basique (pH= 7.8), nécessitant une correction de pH favorable pour l'espèce testée.

La correction de l'eau consiste donc à utiliser l'acide nitrique (HNO_3) pour détruire partiellement les bicarbonates et ramener le pH au voisinage de 5,5 à 5,8 jugés le plus favorable pour le développement et la croissance des plantes. L'acide nitrique (HNO_3) permet d'une part l'abaissement du pH et l'apport de l'élément utile tels que les nitrates.

La quantité d'acide à apporter est calculée selon la formule suivante :

$$Q \text{ (méq/l)} = (\text{quantité d}'HCO_3 \text{ dans l'eau en méq/l}) \times 0,833$$

$$Q = 4,08 \times 0,833 = 3,39 \text{ méq / l d'eau}$$

5.2. Technique de préparation des traitements

5.2.1. Préparation de la solution nutritive standard (T7)

L'eau de Blida renferme des teneurs insuffisantes en certains éléments utiles, tels que les nitrates, le potassium et le magnésium.

Chapitre V : Matériels et méthode

Parfois des éléments tels que le sodium, le calcium et les sulfates peuvent se trouver à des concentrations supérieures aux besoins des plantes. La formule de solution nutritive peu chargée en sels correspond à la solution nutritive de base synthétisée avec l'eau de Blida selon les normes définies par (COIC et LESAIN, 1983). Les différentes étapes adoptées pour la réalisation de cette solution sont les suivantes en tenant compte de certaines règles de bases :

- Sur le tableau N°06 ci après, on reporte chaque anion et cation selon les quantités contenues dans l'eau exprimées en méq / l.
- Apport d'azote est fixé à 12 méq / l

}	10,2 méq / l NO_3^- représentant 85%
	1,8 méq / l NH_4^+ représentant 15%
- Apport de chlore et de sodium étant au-delà des besoins normaux des plantes (0,2 méq / l) aucun apport complémentaire n'est nécessaire.

La quantité d'acide nécessaire pour ajuster le pH de l'eau 5,5 à 5,8 est de 3,3 méq/l ceci permet de satisfaire la totalité du besoin en nitrate en apportant 3,3 méq/l de NO_3^- .

- A ce niveau, on fait le bilan des anions restant à introduire dans la solution nutritive:
 - **Nitrate :**
 - Besoins: 10,2 méq / l ;
 - Déjà disponibles: 0,35 méq / l (eau) + 3.3 méq / l (apport HNO_3) + 1.8mg (apport NO_3^- NH_4) = 5,45 méq / l ;
 - A apporter: 10,2 méq / l – 5,45 méq / l = 4,75 méq / l.
 - **Sulfate :**
 - Besoins : 1,5 meq/l
 - Déjà disponibles: 0,8 méq / l.(eau)
 - A apporter: 1,5 méq / l – 0,8 méq / l = 0,7 méq / l.
- L'apport d'ammonium (1,8 méq / l de NH_4^+) est assuré par l'emploi de NO_3NH_4 qui assurera en même temps l'apport de 1,8 méq / l de NO_3^- .
- Les anions disponibles pour apporter un complément de K, Ca et Mg sont les suivants:

Nitrates = 4,75 méq / l	}	Total= 5, 40 méq / l
Sulfates = (1,5 - 0,8) = 0,70 méq / l		
- Somme totale des cations K, Ca et Mg dans la solution nutritive finale :

$$\left\{ \begin{array}{l} (\text{K} + \text{Ca} + \text{Mg}) \text{ déjà présents dans l'eau} \\ + \\ (\text{K} + \text{Ca} + \text{Mg}) \text{ apportés sous forme de nitrates et de sulfates.} \end{array} \right.$$

$$\text{Total} = (0 + 2,8 + 1,8) + 6,55 = 11,15 \text{ méq/l.}$$

Les proportions relatives de ces 3 éléments doivent être dans les proportions suivantes:

K : 39,6%

Ca : 47,6%

Mg : 12,8%

Ce qui donne dans le cas présent:

$$4,41 \text{ méq/l (K}^+) + 1,43 \text{ méq/l (Mg}^+) + 5,31 \text{ méq/l (Ca}^{++}) = 11,15 \text{ méq/l.}$$

On remarque que le Mg dans l'eau est supérieur à 1,43 meq/l avec une teneur de 1,8 meq/l. de ce fait aucun apport en Mg n'est réalisé.

L'apport de Mg n'étant pas nécessaire compte tenu que : la teneur de l'eau est supérieure à l'apport souhaitable. Les $11,15 \text{ méq/l} - 1,8 \text{ méq/l (Mg)} = 9,35 \text{ méq/l}$ d'anions sont donc à partager entre K et Ca uniquement et en respectant les proportions **K+ Ca = 87,2%** soit:

$$\mathbf{K} = (9,3 \times 39,6) / 87,2 = \mathbf{4,25 \text{ meq/l}}$$

$$\mathbf{Ca} = (9,3 \times 47,6) / 87,2 = \mathbf{5,10 \text{ meq/l}}$$

Tous les résultats sont reportés dans le tableau suivant:

Tableau N°07: Eau de Blida corrigée (Solution nutritive standard) pH =5,8.

Eau de Blida	NO₃⁻	PO₄³⁻	SO₄²⁻	Cl⁻	Total
K⁺ 00	3,55		0,70		4,25
Na⁺ 1,30					1,30
Ca⁺⁺ 2,80	2,30				5,10
Mg₂⁺⁺ 1,80					1,80
NH₄⁺ 00	1,80				1,80
H⁺	3,30				3,30
Total	10,95	00	1,50	0,60	

Les différents traitements sont élaborés à base de solutions mères de macroéléments puis diluées au moment de la préparation de la solution prête à l'utilisation. Un certain ordre de dissolution est respecté afin d'éviter toute précipitation et ceci en commençant par les produits à fonction acide et les plus solubles, ensuite on rajoute au fur et à mesure les autres produits.

En dernier lieu, nous avons rajouté une solution d'oligoéléments composée des deux solutions complémentaires d'oligoéléments préconisées par (COIC, 1975). Le contrôle de pH de la conductivité électrique est obligatoire avant chaque utilisation.

- Quantités et ordre de dissolution des sels de la solution nutritive élaborée avec l'eau de Blida (Solution standard) :

- $\text{HNO}_3^- = 2,20 \times 63 = 138,6 \text{ mg/l}$

- $\text{KNO}_3 = 3,55 \times 101,10 = 358,90 \text{ mg/l}$

- $\text{NH}_4\text{NO}_3 = 1,80 \times 80,04 = 144,07 \text{ mg/l}$

- $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 = 2,30 \times 118,07 = 271,56 \text{ mg/l}$

- $\text{K}_2\text{SO}_4 = 0,7 \times 87 = 60,9 \text{ mg/l}$

-Sels de l'eau de Blida = 185.02 mg/l.

-Oligo éléments A et B = 14,80 mg/l.

Total = 1173.85 mg/l .soit 1.17 g/l.

5.2.2. Préparation de la solution saline naturelle (T1)

Tableau N° 08 : quantité et ordre de dissolution de l'eau de Gassi Touil A pH=7.8

Eau de Blida	NO₃⁻	PO₄³⁻	SO₄²⁻	Cl⁻	Total
K⁺ 00	0.2			0.3	0.5
Na⁺ 1,30			9.35	5.85	16.05
Ca⁺⁺ 2,80				6.3	9.10
Mg₂⁺⁺ 1,80			6.6		8.42
NH₄⁺ 00					0
Hco₃ 4.08					2.2
Total	0.55	0	16.75	13.05	

La solution saline naturelle (T1) est constituée de :

- $\text{KNO}_3 = 0.2 \times 101 = 20.2 \text{ mg/l}$
- $\text{KCl} = 0.3 \times 74.5 = 22.35 \text{ mg/l}$
- $\text{Na}_2\text{SO}_4 = 9.35 \times 71 = 663.85 \text{ mg/l}$
- $\text{NaCl} = 5.85 \times 58.44 = 341.87 \text{ mg/l}$

- $\text{CaCl}_2(2\text{H}_2\text{O})=6.3 \times 73.5=463.05\text{mg/l}$
- $\text{Mg So}_4(7\text{H}_2\text{O})=6.6 \times 123=811.8\text{mg/l}$
- qté dans l'eau de Blida=433.9mg/l
- total =2757.024mg/l soit 2.75 g/l

5.2.3. Préparation de la solution saline corrigée (T2)

Tableau N° 09 : quantité et ordre de dissolution de l'eau de Gassi Touil A pH = 5.5

Eau de Blida	NO₃⁻	PO₄³⁻	SO₄²⁻	Cl⁻	Total
K⁺ 00	0.2			0.3	0.5
Na⁺ 1.30			9.35	5.85	16.05
Ca⁺⁺ 2.80				6.3	9.1
Mg₂⁺⁺ 1.80			6.6		8.42
NH₄⁺ 00					0
H⁺	3.3				3.3
Total	3.85	0	16.75	13.05	

La solution saline corrigée (T2) est constituée de :

- $\text{KNO}_3 = 0.2 \times 101 = 20.2\text{mg/l}$
- $\text{KCl} = 0.3 \times 74.5 = 22.35\text{mg/l}$
- $\text{Na}_2\text{So}_4 = 9.35 \times 71 = 663.85\text{mg/l}$
- $\text{NaCl} = 5.85 \times 58.44 = 341.87\text{mg/l}$
- $\text{CaCl}_2(2\text{H}_2\text{O}) = 6.3 \times 73.5 = 463.05\text{mg/l}$
- $\text{Mg So}_4(7\text{H}_2\text{O}) = 6.6 \times 123 = 811.8\text{mg/l}$
- $\text{HNO}_3 (65\%) = 3.3 \times 63.01 = 207.933\text{mg/l}$
- qté dans l'eau de Blida=433.9mg/l
- total =2964.957mg/l soit 2.96 g/l

5.2.4. La préparation de la solution saline corrigée +Oligo-éléments A+B (T3)

La solution saline corrigée +Oligo-éléments A+B est constituée de :

- $\text{KNO}_3 = 0.2 \times 101 = 20.2\text{mg/l}$
- $\text{KCl} = 0.3 \times 74.5 = 22.35\text{mg/l}$
- $\text{Na}_2\text{So}_4 = 9.35 \times 71 = 663.85\text{mg/l}$
- $\text{NaCl} = 5.85 \times 58.44 = 341.87\text{mg/l}$

- $\text{CaCl}_2(2\text{H}_2\text{O})=6.3 \times 73.5=463.05\text{mg/l}$
- $\text{Mg So}_4(7\text{H}_2\text{O})=6.6 \times 123=811.8\text{mg/l}$
- $\text{HNO}_3(65\%)=3.3 \times 63.01=207.933\text{mg/l}$
- qté dans l'eau de Blida=433.9mg/l
- Oligo-elements A+B= 14.8mg/l
- total =2979.757mg/l soit 2.97 g/l

5.2.5 Préparation de la solution saline naturelle (T4)

Tableau N° 10 : quantité et ordre de dissolution de l'eau de Gassi Touil B pH =7.8

Eau de Blida	NO₃⁻	PO₄³⁻	SO₄²⁻	Cl⁻	Total
K⁺ 00			1.95		1.95
Na⁺ 1,30			6.97	22.18	30.45
Ca⁺⁺ 2,80				14.1	16.09
Mg₂⁺⁺ 1,80			5.45		7.25
NH₄⁺ 00					0
Hco3 4.08					2.76
Total	0.35	0	15.17	36.88	

La solution saline naturelle (T4) est constituée de :

- $\text{K}_2\text{So}_4(98\%)=1.95 \times 87=169.65\text{mg/l}$
- $\text{Na}_2\text{So}_4=6.97 \times 142=989.74\text{mg/l}$
- $\text{NaCl}=22.18 \times 58.45=1296.421\text{mg/l}$
- $\text{CaCl}_2(2\text{H}_2\text{O})=14.1 \times 73.5=1063.35\text{mg/l}$
- $\text{MgCo}_4(7\text{H}_2\text{O})=5.45 \times 123=670.35\text{mg/l}$
- Qté dans l'eau de Blida =433.9mg/l
- Total =4596.411mg/l soit 4.59g/l

5.2.6. Préparation de la solution saline corrigée (T5)

Tableau N° 11 : quantité et ordre de dissolution de l'eau de Gassi Touil B pH =5.5

Eau de Blida	NO₃⁻	PO₄³⁻	SO₄²⁻	Cl⁻	Total
00	0,35	00	0,80	0,60	
K⁺			1.95		1.95
Na⁺			6.97	22.18	30.45
Ca⁺⁺				14.1	16.09
Mg₂⁺⁺			5.45		7.25
NH₄⁺					0
H⁺	3.3				3.3
Total	3.65	0	15.17	36.88	

La solution saline corrigée (T5) est constituée de :

- K₂SO₄(98%)=1.95×87=169.65mg/l
- Na²SO₄=6.97×142=989.74mg/l
- NaCl=22.18×58.45=1296.421mg/l
- CaCl₂(2H₂O)=14.1×73.5=1063.35mg/l
- MgCo₄ (7H₂O)= 5.45×123=670.35mg/l
- HNO₃(65%)=3.3×63.01=207.933mg/l
- qté dans l'eau de Blida =433.9mg/l
- Total =4804.3441mg/l soit 4.80g/l

5.2.7. Préparation de la solution saline corrigée +Oligo-éléments (T6)

La solution saline corrigée +Oligo-éléments est constituée de :

- K₂SO₄(98%)=1.95×87=169.65mg/l
- Na₂SO₄=6.97×142=989.74mg/l
- NaCl=22.18×58.45=1296.421mg/l
- CaCl₂(2H₂O)=14.1×73.5=1063.35mg/l
- MgCo₄ (7H₂O)= 5.45×123=670.35mg/l
- HNO₃(65%)=3.3×63.01=207.933mg/l

- Oligo-elements A+B=14.8mg/l
- qté dans l'eau de Blida =433.9mg/l
- Total =4819.144mg/l soit4.81g/l

V.6.Entretien de la culture

La culture du haricot et de la tomate a nécessite des opérations d'entretien suivantes :

V.6.1.L'irrigation

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

Les doses et les fréquences des arrosages varient selon le cycle de développement de la plante et les conditions microclimatiques telle que la température et selon les phases physiologiques des plantes.

Tableau N°12 : Doses et fréquences d'irrigation appliquées pour la culture de haricot

Date	Stade végétatif	La dose d'irrigation par plant	Fréquence
Du 07/01/2016 au 24/01/2016	Germination au stade trois feuilles	20ml	3 fois/ jours
25/01/2016 au 28/01/2016	stade trois feuilles au début floraison	30ml	3 fois/ jours
Du 29/01/2016 au 02/02/2016	Stade début floraison à la formation des gousses	40ml	3 fois/ jours
Du 03/02/2016 au 03/03/2016	Formation des gousses à la récolte	60ml	3 fois/ jours

Tableau N° 13 : doses et fréquences d'irrigation nécessaire pour la tomate

Date	Stade végétatif	La dose d'irrigation par plant	Fréquence
Du 12/12/2015 au 24/01/2016	Germination au stade quatre feuilles	20ml	3fois / jour
Du 25/01/2016 Au 14/02/2016	Stade quatre feuilles au début floraison	50ml	3fois / jour
15/02/2016 Au 24/03/2016	Début floraison au début nouaison	100ml	3fois / jour
25/03/2016 au 31/05/2016	Formation des fruits à la récolte	150ml	4fois / jour

V.6.2. Traitements phytosanitaire

Au cours de l'expérimentation, nous avons effectué des traitements préventifs pour écarter toute attaque d'insectes et maladies nuisibles contre les plantes de haricot pour cela nous avons appliqué le model suivant :

Tableau N°14 : Traitements phytosanitaires utilisés sur les plantes étudiées.

Produit	Dose	Fréquence du traitement
Durban (insecticide)	0.125g/l	1 fois/ jour
Mancozeb (fungicide)	2g/l	

V.6.3. Palissage :

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

V.6.4. Lessivage :

Afin d'éliminer les sels non absorbés par les plantes et éviter qu'ils s'accumulent au fond du pot faussant ainsi les concentrations de départ, un lessivage abondant à l'eau a été effectué chaque fin de semaine avec l'eau du robinet après un mois d'application du traitement.

V.7. Récolte

Nous avons effectué deux récoltes, pour la culture du haricot, au stade grossissement et allongement des gousses, et ce en dates 25/02/2016 et 03/03/2016.

La récolte de la tomate est effectuée au stade maturité des fruits le 31/05/2016

V.8. Paramètre biométriques mesurés

8.1. Vitesse de croissance [cm/j]

Afin d'évaluer la vitesse de la croissance, nous avons mesuré périodiquement les hauteurs des plantes en centimètre du collet jusqu'à l'apex pour les deux espèces.

8.2. Hauteur finale des plantes [cm]

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

8.3. Nombre des feuilles

Le principe consiste à faire un comptage des feuilles de chaque plante. Et pour chacun des traitements.

8.4. Diamètre des tiges [mm]

Le principe consiste à mesurer le diamètre des tiges à chaque coupe à l'aide d'un pied à coulisse et ce au niveau de tous les plants expérimentés.

8.5. Biomasse fraîche produite [g]

Ce paramètre consiste à peser les différents organes de la plante en gramme, à l'aide d'une balance et ce au niveau de tous les plants. Les pesées ont porté sur:

- Poids frais des tiges en g.
- Poids frais des feuilles en g.
- Poids frais des racines en g.

8.6. Biomasse sèche produite [g]

La biomasse sèche a été mesurée après le dessèchement des poids frais des tiges, des feuilles, des racines, de chaque traitement et pour chacun des plants et ce dans une étuve à 75°C jusqu'à la stabilité du poids sec:

- Poids sec des feuilles en g.
- Poids sec des tiges en g.

V.9. Paramètres biochimiques

9.1. Dosage de la chlorophylle

Chlorophylle (A) et (B) est dosés durant le stade végétatif, sur les feuilles médianes de la tomate, et de haricot, on utilisant 3 répétitions pour chaque traitement.

L'extraction de la chlorophylle (A) et (B) a été réalisé selon la méthode de FRANCIS et al (1970). La méthode d'extraction consiste à une macération des feuilles (0.1g) dans 10 ml d'un 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). Après 48h, on procède à la lecture des densités optiques des solutions avec un spectrophotomètre(UV), à trois longueurs d'ondes : (470, 645et 663 nm).

La détermination des teneurs en chlorophylle est faite selon les formules :

- $\text{Chl A } (\mu\text{g/g MF}) = 12,7 \times \text{DO}_{(663)} - 2,59 \times \text{DO}_{(645)} \times V / (1000 \times W).$
- $\text{Chl B } (\mu\text{g/g MF}) = 22,9 \times \text{DO}_{(645)} - 4,68 \times \text{DO}_{(663)} \times V / (1000 \times W).$

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

9.2. Dosage de la proline

Proline est dosée selon la technique utilisée par MONNEVEUX & 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 ;
- Ajouter 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 :

- Prélever 1 ml de la solution de chaque tube ;
- Mettre dans de nouveaux tubes ;
- Ajouter 1 ml d'acide acétique + 25 mg de ninhydrine. + 1 ml d'un mélange contenant : 120 ml d'eau distillée, 300 ml d'acide acétique, 80 ml d'acide ortho phosphorique ;
- Porter les tubes à essai à ébullition au bain marie durant 30 min.

Après refroidissement des solutions :

- Ajouter 5 ml de toluène dans chaque tube.
- Après agitation au vortex deux phases apparaissent.
- Prélever la phase supérieure
- Ajouter 5 mg du sulfate de sodium,
- laisser au repos pendant 48h.
- procéder à la lecture de la densité optique des échantillons avec le spectrophotomètre à la longueur d'onde de 528 nm.

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

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

V.10. Paramètres de production

10.1. Taux d'avortement des fleurs

Le taux d'avortement est exprimé par la différence entre le nombre total des fleurs apparues et le nombre des fleurs nouées ou transformées en gousses pour le haricot et en fruit pour la tomate.

10.2. Nombre, calibre et le poids des fruits

Nous avons classé les gousses en deux classes :

Classe (A) > 12 cm.

Classe (B)] 12, 6 [cm

Pour le calibre de la tomate a été mesuré à l'aide d'un pied à coulisse

Nous avons classé les fruits en 4 classes

Classe (A) < 47 cm

Classe (B)] [47 - 57] cm

Classe (C)] [57 - 67] cm

Classe (D)] [67 - 77] cm

V.11. Dosage de la vitamine « c » pour la tomate

Teneur en vitamine « C » dans les fruits de tomate est calculée selon la méthode de HELA, et *al.*, (2008) comme suite :

Une quantité de 10g de fruits frais est réduite en pate mise en présence de 50 ml d'acide chlorhydrique (HCl 2%) puis laisser en repos pendant 10 minutes. Faire filtrer le mélange dans un bécher de 100 ml.

Détermination de la vitamine « C » est passée par deux étapes :

1ère Étape :

- Prélever 10 ml d'extraits filtrée et mettre dans un erlenmayer, ajouter 30 ml d'eau distillé, on ajoute aussi 1 ml de solution d'iodure de potassium (K1%) en fin on additionne 2 ml de solution d'amidon 5%.
- Solution préparée est titrée à l'iodate de potassium (KINO3 N/1000) jusqu'à l'apparition d'une coloration bleu
- Enregistrer le volume en ml d'iodure de potassium (KI) utilisé pour le titrage

2ème Étape :

On réalise un témoin dans les mêmes conditions, les 10 ml d'extrait sont remplacées par une quantité égale d'acide chlorhydrique 2%.

Le calcul : Teneur en vitamine « C » est calculée selon la méthode de HELA B.A., et *al.*, (2008).

$$X = \frac{(N \cdot V_1 - 0,88)}{G \cdot V_2} \times 100$$

- X : mg d'acide ascorbique /g de produit a l'analyse.
- N : nombre d'iodate de potassium résultant de la déférence entre le 1er titrage et le titrage témoin
- V1: volume total d'extrait obtenu pour analyse
- V2 : volume initial d'extrait soumis à l'analyse
- G : quantité de produit analysé

Chapitre VI : résultat et discussions

Chapitre VI : résultat et discussions

Chapitre VI : résultat et discussions

Chapitre VI : résultat et discussions

Chapitre VI : résultat et discussions

Chapitre VI : résultat et discussions

Chapitre VI : résultat et discussions

VI.1. Paramètres de croissance

1.1. Aspect général des plantes

L'effet du traitement était bien visible durant notre expérimentation. La distinction du comportement des plantes vis-à-vis des différents traitements testés s'est faite quelques jours après l'application des différents traitements que se soit l'espèce testée (tomate et haricot).

les plantes irriguées par la solution saline naturelle (T1) et (T4) sont de couleur jaunâtre, de taille chétive avec un nombre réduit de feuille et de fleurs, et cela durent tout le cycle de développement des deux espèces. En revanche les plantes irriguées par la solution saline naturelle corrigées (T2) et (T5), les plantes irriguées par la solution saline naturelle corrigées + les oligo éléments (T3) et (T6) et la solution nutritive standard (T7), elles sont vigoureuses, de couleur vert foncé, et avec un nombre élevé de feuilles et de fleurs.

1.2. Vitesse de croissance des plantes

Les courbes suivantes montrent l'évolution de la vitesse de croissance des plantes du haricot et de la tomate des sept traitements testés. les mesures ont été faites chaque semaine.

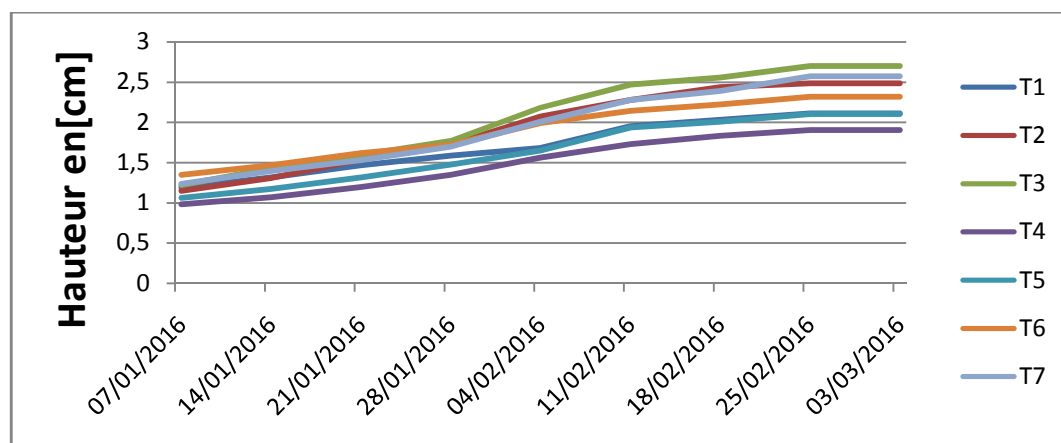


Figure N°14 : Vitesse de croissance des plantes du haricot [cm/jour]

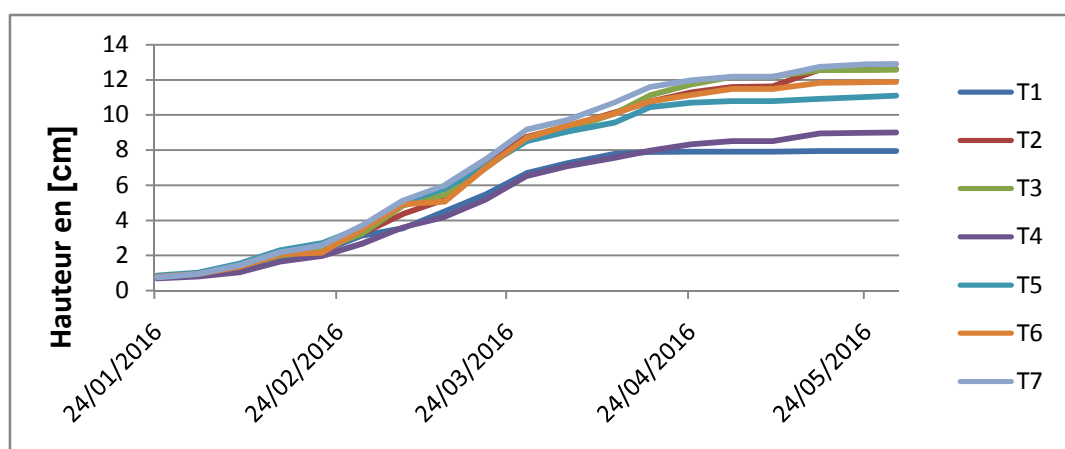


Figure N°15 : Vitesse de croissance des plantes de la tomate [cm/jour]

Chapitre VI : résultat et discussions

Selon les deux figures citées ci-dessus nous constatons que la vitesse de croissance des plantes testées (tomate et haricot) passe par trois phases trois phases.

- La première phase soit 21 jours après l'application des traitements pour le haricot et 30 jours pour la tomate. Cette phase se traduit par une faible croissance qui peut être expliquée par la période d'adaptation des jeunes plantules dans les différents milieux nutritifs.
- La deuxième phase du (28/01/2016) jusqu'au (25/02/2016), et le (24/02/2016) au (24/04/2016) pour le haricot et la tomate respectivement ou l'on distingue une vitesse de croissance très importante au niveau des traitements salins corrigés et le (T7) la solution nutritive standard (témoin) par rapport à les traitements salins naturels (T1) et (T4). Ceci peut être expliqué par la présence au niveau des traitements salins corrigés et (T7) des éléments favorables à la croissance des plantes notamment les oligoéléments, en plus du pH favorable qui varie entre 5.5 et 5.8 et qui est considéré comme un facteur déterminant dans l'absorption hydrominérale des plantes dans un environnement salin. A l'inverse la faible croissance de plantes alimentée par les traitements salins naturels (T1) et (T4) peut être liée à la mauvaise composition de la solution et son déséquilibre ionique, et aussi à son pH élevé (pH=7.8).
- Enfin la troisième phase qui correspond au (25/02/2016) jusqu'au (03/03/2016) et le (24/04/2016) jusqu'au (24/05/2016) pour le haricot et la tomate respectivement qui est une phase stationnaire.

Des résultats similaires ont été trouvés par DEROUICHE (2012), où il a montré que les traitements salins naturels non corrigés présentent une vitesse de croissance moins importante que celle observée chez les traitements salins corrigée.

1.3. Hauteur final des plantes [cm]

La hauteur des tiges a été mesurée au moment de la coupe final. Les résultats relatifs aux paramètres mesurés sont mentionnés dans les figures 16 et 17.

Chapitre VI : résultat et discussions

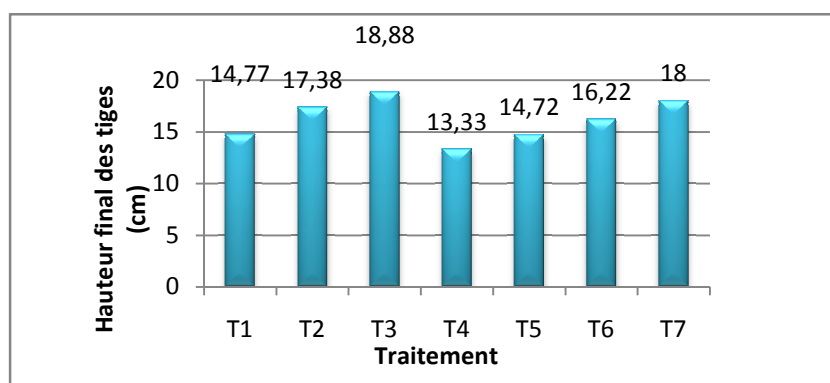


Figure N°16 : Hauteur finale des plantes de haricot en (cm)

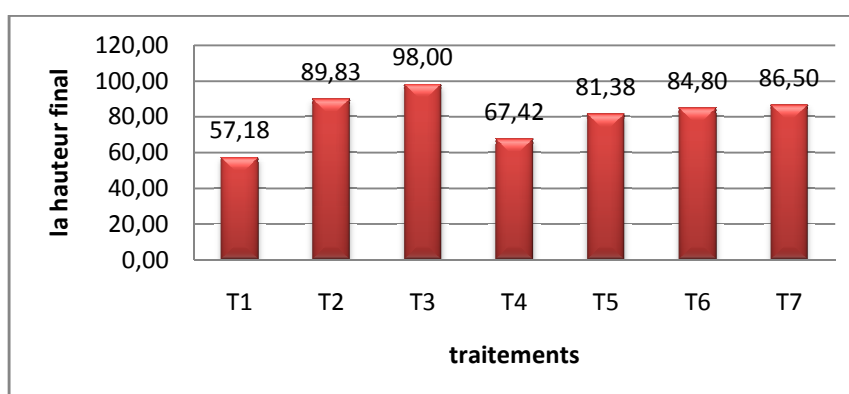


Figure N°17 : Hauteur finale des plantes de la tomate en (cm)

L'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative ($P < 0,05$) du facteur traitement sur la hauteur finale des tiges (Annexe 01).

Les résultats obtenus durant la coupe finale révèlent qu'il y a une augmentation de la hauteur des plants au niveau des solutions corrigées et la solution nutritive standard (T7) par rapport aux traitements salins naturels.

Nous remarquons d'après les figures 16 et 17 que la hauteur finale la plus élevée est enregistrée chez les plantes irriguées par le traitement T3 avec une valeur de 18,88 cm et 98cm pour le haricot et la tomate respectivement, Ceci peut s'expliquer par la richesse du milieu en éléments fertilisants, notamment la présence de l'azote, et les oligoéléments, aussi que l'ajustement d'un pH favorable à la croissance et aux développements des plants (pH=5.5)

Le traitement T7 permet d'avoir des plantes présentant des hauteurs finales également importantes. Ceci en raison de l'effet du pH favorable permettant ainsi leur assimilation par les plantes.

Chapitre VI : résultat et discussions

La présence de l'acide utilisé (HNO_3) dans le milieu joue un double rôle. D'une part l'abaissement du pH qui influe sur l'assimilation des éléments minéraux dans le milieu et de l'autre part, l'apport des éléments utiles tels que l'azote aux plantes. De ce fait, nous avons observé une amélioration des paramètres étudiés chez les plantes alimentées par le traitement corrigé et ce par rapport aux traitements salins naturels T1 et T4.

Les traitements T1 et T4 présentent les plantes ayant les hauteurs les plus faibles par rapport aux autres traitements corrigés. Ceci en raison de l'effet du pH alcalin (7,8) défavorable à une meilleure absorption hydrominérale des plantes dans ce milieu, de son déséquilibre ionique et l'absence des oligo-éléments en traduisant ainsi par une réduction de la croissance des plantes.

D'après EL-MOKHTAR (2010) les carences en éléments majeurs provoquent d'abord l'arrêt de la croissance des tissus jeunes. Puis, rapidement cet état de déficience s'uniformise dans les différents organes, provoquant des troubles des fonctions de la plante, entraînant aussi d'une part un ralentissement et un retard de croissance et d'autre part des symptômes de nanisme et de rabougrissement des plantes.

Aussi MASMOUDI (2014), confirme qu'il y a une influence claire de la salinité sur la croissance de la partie aérienne où l'augmentation de la salinité réduit la hauteur des plantes.

1.4. Nombre des feuilles

Le dénombrement des feuilles s'est réalisé au moment de la coupe finale au niveau de chaque plant. Les résultats obtenus sont présentés dans les figures 18 et 19.

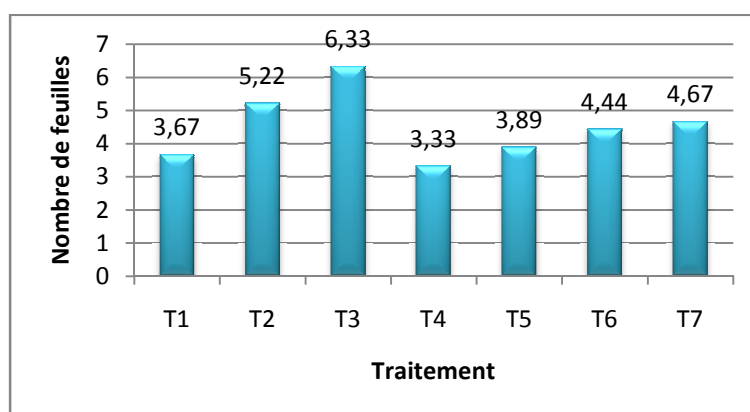


Figure N°18: Nombre final des feuilles de haricot

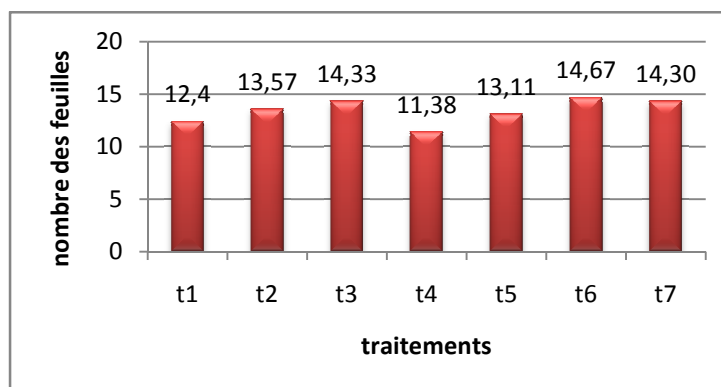


Figure N°19: Nombre final des feuilles de la tomate

L'analyse de la variance a révèlè une différence très hautement significative du facteur traitement sur le paramètre mesurée, ($p < 0,05$) (Annexe 02).

La meilleure performance a été enregistrée au niveau de traitement corrigée enrichies en oligoéléments T3 avec une valeur de 6,33 pour le haricot et de 14.33 pour la tomate, suivi par les autres traitements salin corrigées T2, T5, T6 et la solution nutritive standard T7. Ceci peut s'expliqué par la présence de l'élément azote dans ces traitements, stimulant aussi la formation des feuilles.

Des valeurs faibles sont enregistrées chez les traitements eaux naturelles T1 et T4 dus au déséquilibre ionique entre les éléments mais plus sûrement à leur déficience en phosphore et les oligo-éléments essentiels au développement de la partie aérienne.

Ces carences provoquent d'abord l'arrêt le la croissance des tissus jeunes, puis rapidement cet état de déficience s'uniformise dans les différents organes, provoquant des troubles des fonctions de la plante, entraînant ainsi d'une part un ralentissement de croissance (DIEHL, 1975) et d'autre part une faible activité photosynthétique induisant un nombre réduit des feuilles déformées, portant des petites taches sur bords des feuilles qui se nécrosent rapidement (HELLER, 1977).

1.5. Diamètre des tiges

Les tiges ont été mesurées au moment de la coupe finale à l'aide d'un pied à coulisse au niveau du collet de chaque plant. Les valeurs obtenues sont présentées dans les figures ci-dessous.

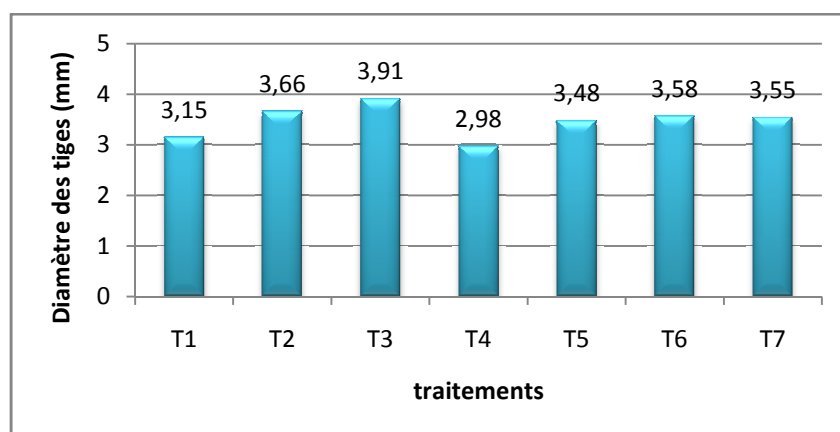


Figure N°20 : Diamètres moyens des tiges des plants de haricot en (mm).

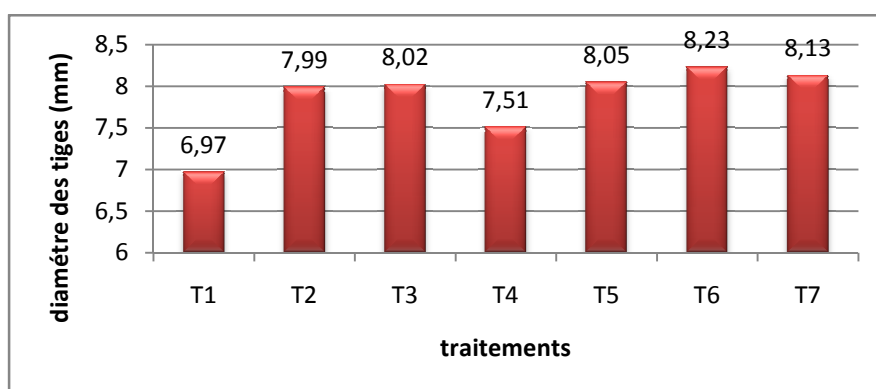


Figure N°21 : Diamètres moyens des tiges des plants de la tomate en (mm).

L'analyse de la variance a révélé une différence hautement significative ($P < 0,05$) du facteur traitement sur le diamètre des tiges chez les deux espèces. (Annexe 03).

Les résultats obtenus durant la coupe finale révèlent qu'il y a une augmentation du diamètre des tiges chez les plantes alimentées par des traitements corrigées par rapport aux traitements salins naturels dans les deux espèces étudiée. Ceci peut être expliqué par la richesse du milieu en éléments fertilisant interviennent dans la croissance de la partie aérienne

Les résultats sont semblables sont identifiés par les travaux de (MOURAVINE *et al.*, 1977) où ils montrent que l'amincissement des tiges observé chez les plants alimentés par les solutions à pH 7,8 peut être justifié par le manque d'azote et de soufre dans ces milieux.

1.6. Biomasse fraîche de la partie aérienne

Les pesées des organes végétaux sont effectuées durant la coupe finale chez les deux espèces maraichère haricot et tomate.

Chapitre VI : résultat et discussions

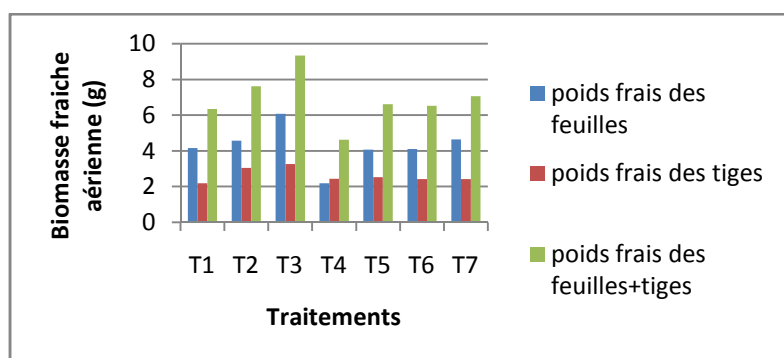


Figure N°22 : poids frais de la partie aérienne des plants du haricot en(g)

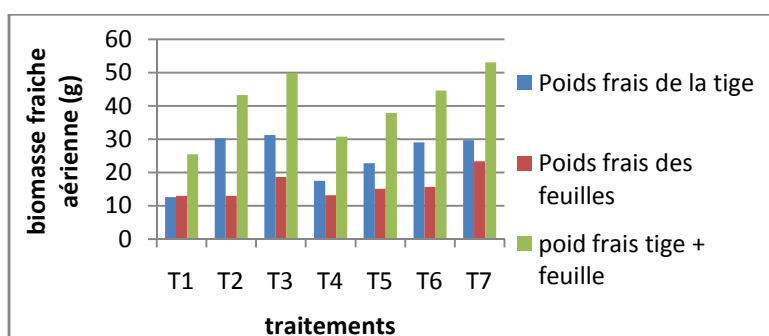


Figure N°23 : poids frais de la partie aérienne des plants de la tomate en(g)

Une performance est enregistrée chez les plantes alimentées par les solutions corrigée pour les deux espèces, suite à son équilibre ionique et à sa composition chimique parfaite pour la croissance des plantes. De ce fait on peut dire que la correction du pH a un effet sur l'équilibre ionique des éléments minéraux, qui induit une augmentation de l'absorption hydrominérale.

La baisse de la biomasse relevée dans les eaux naturelles très fortement salées est due surtout au dessèchement précoce et chute des feuilles des plants alimenté par ces eaux.

1.7. Biomasse fraîche de la partie racinaire :

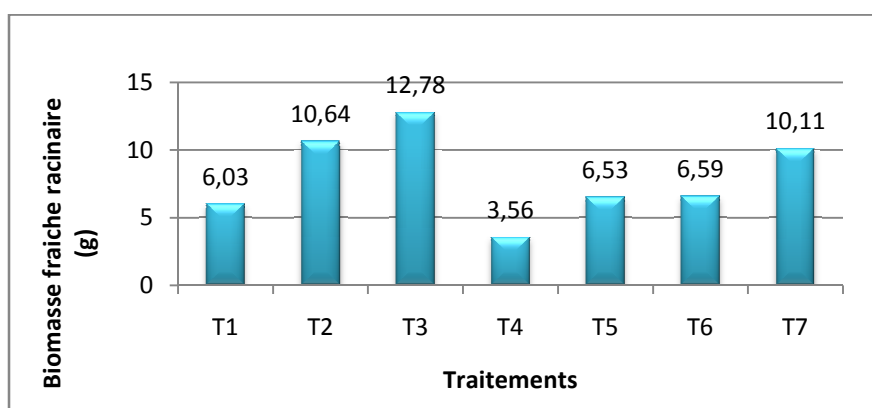


Figure N°24: biomasse fraîche racinaire des plants de haricot en (g)

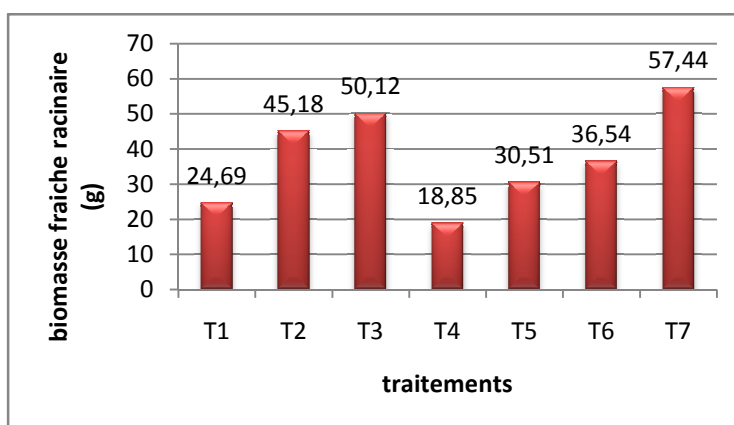


Figure N°25: biomasse fraîche racinaire des plants de la tomate en (g)

Une performance est enregistrée, chez les plantes du haricot et de tomate alimentées par l'eau corrigée le mois salée T2 et T3 par rapport à la biomasse racinaire enregistrée chez plantes irriguées par l'eau corrigée très salée T5 et T6.

Les traitements T1 et T4 présentent les plantes ayant la biomasse racinaire la plus faible, Ceci peut être expliqué par l'absence totale du phosphore qui intervient sur le développement de la biomasse fraîche de la partie racinaire des plantes.

IBRIZ M et al., (2005), notent également que L'augmentation de la concentration en NaCl dans le milieu de culture réduit significativement les teneurs de l'ensemble des éléments minéraux de la plante, à l'exception de Na^+ et Cl^- . Cette augmentation entraîne en particulier des réductions importantes de la teneur en azote et en phosphore des parties aériennes et racinaires.

1.8. Biomasse sèche de la partie aérienne :

Poids sec total (feuilles+ tiges) est présenté dans la figure suivante :

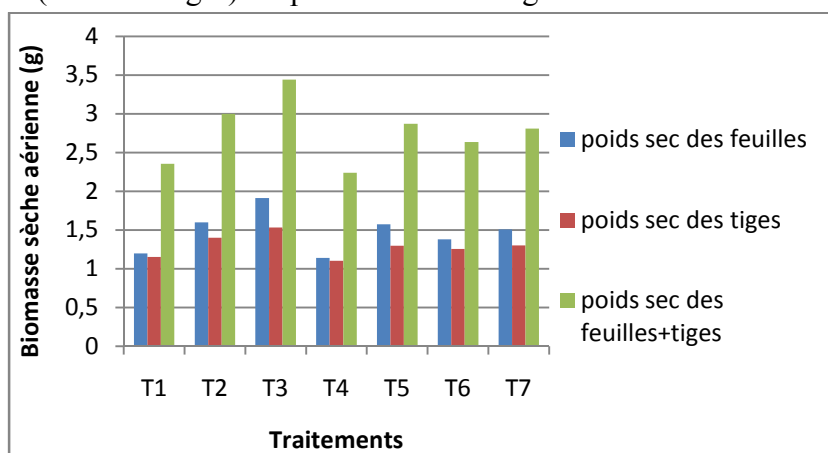


Figure N°26: Poids sec de la partie aérienne (feuilles + tiges) des plantes de haricot en (g)

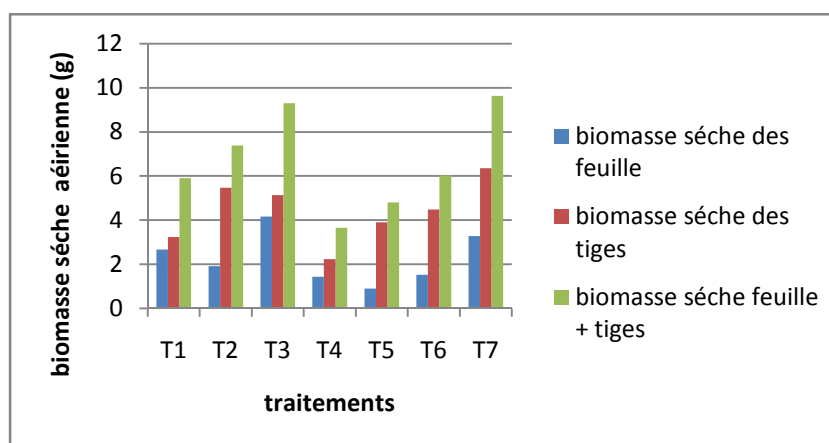


Figure N°27: Poids sec de la partie aérienne (feuilles + tiges) des plantes de la tomate en (g)

Une performance est enregistrée chez les plantes alimentées par les traitements salins corrigées, suite à son équilibre ionique et à sa composition chimique parfaite pour la croissance des plantes. Par rapport au traitement salin naturel non corrigée. De ce fait on peut dire que la correction du pH à un effet sur l'équilibre ionique des éléments minéraux, qui induit une augmentation de l'absorption hydrominérale.

Les résultats obtenus chez les plantes alimentées par les traitements T1 et T4 sont expliquées par l'alcalinité du traitement ($\text{pH} > 7$), qui est défavorable à la dissolution des éléments minéraux.

VI.2. les paramètres biochimiques

2.1. Effet du traitement sur la chlorophylle

2.1.1. Quantité de chlorophylle A

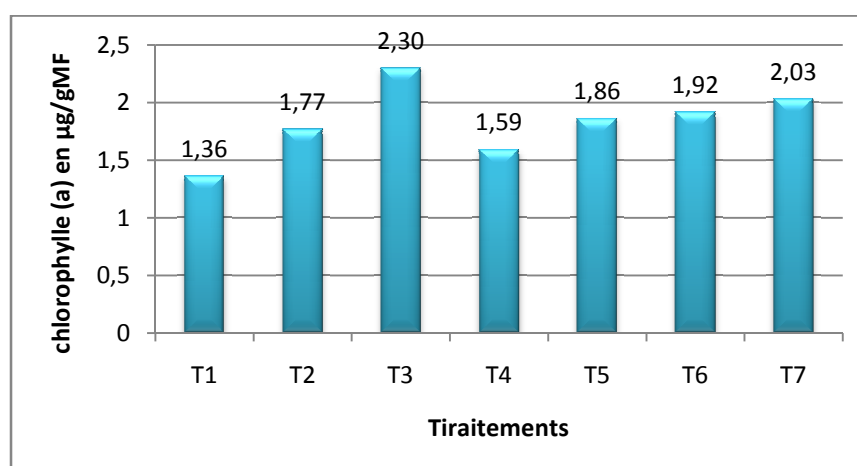


Figure N°28: Quantité de la chlorophylle (A) chez les plantes de haricot

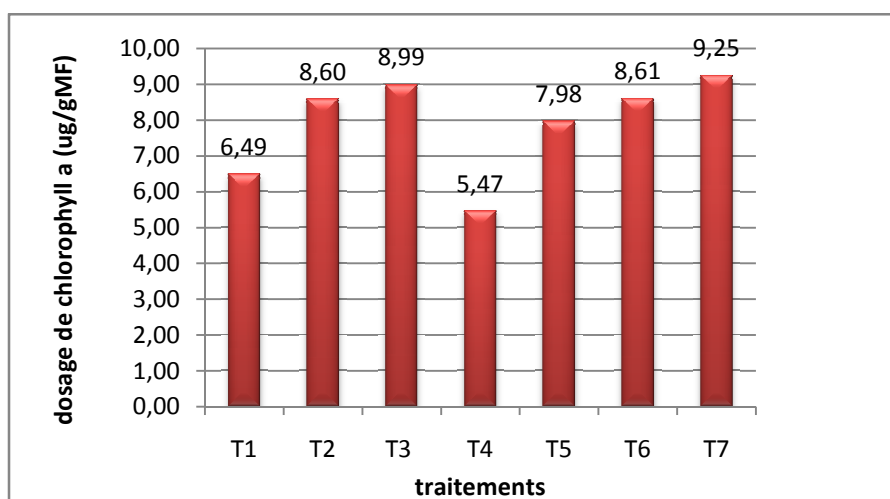


Figure N°29: Quantité de la chlorophylle (A) chez les plantes de la tomate

L'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative du facteur traitement sur le paramètre mesurée, ($p < 0,05$) (Annexe 04).

les plantes traitées par les traitements naturels salins T1 et T4 présente le taux le plus faible en chlorophylle (A), en revanche les plantes irriguées par l'eau saline corrigée manifeste une augmentation de la teneur en chlorophylle (A) dans le temps, Suivi par la solution standard T7, ceci met en évidence de l'importance de la présence des éléments fertilisant dans ce traitement notamment les oligoéléments, aussi, le pH est autre facteur qui intervient sur cette augmentation par leur influence sur la dissolution des éléments minéraux et par conséquence un équilibre ionique parfait, ce qui se traduit par une croissance de la partie aérienne notamment le processus de la photosynthèse et la quantité de la chlorophylle produite.

D'après (HAMIDI, 2013), les résultats montrent que les traitements corrigés produisent plus de chlorophylle (a) que les traitements salins naturels. Ceci est lié à l'effet de sels qui limite la croissance foliaire. Lors d'un stress salin, le métabolisme de la plante est affecté.

2.1.2. Quantité de la chlorophylle (B)

Les résultats obtenus de dosage de la chlorophylle (B) sont présenté dans les figures suivante :

Chapitre VI : résultat et discussions

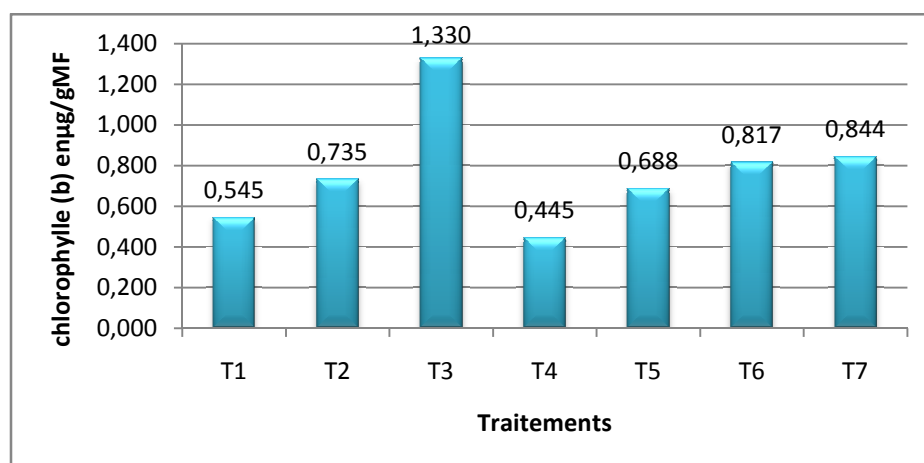


Figure N°30: Quantité de la chlorophylle (B) chez les plantes de haricot

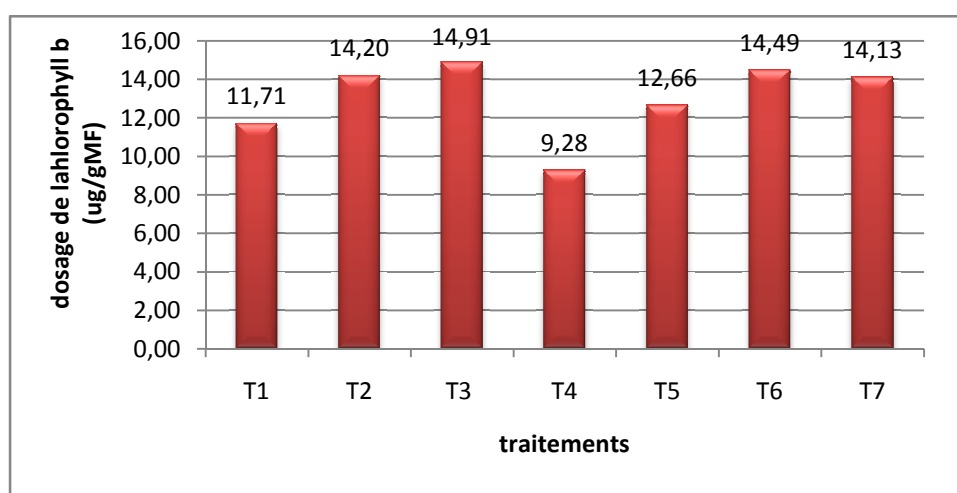


Figure N°31: Quantité de la chlorophylle (B) chez les plantes de la tomate

L'analyse de la variance a révélé une différence très hautement significative du facteur traitement sur le paramètre mesurée, ($p < 0,05$) (Annexe 05).

D'après les résultats cités dans les figures 30 et 31 nous observons que les plantes traitées par les traitements corrigées synthétisent une quantité importante de la chlorophylle (B) par rapport aux plantes alimentées par les traitements salins naturels T1 et T4.

Selon le travail de DEROUICHE (2012), au niveau des traitements salins naturels les quantités de chlorophylle (B) sont faibles. Ceci a été expliqué par l'oxydation des pigments chlorophylliennes à cause de la salinité des eaux d'irrigation.

Aussi les travaux de CHEIKH (2008), ont montré que dans un milieu salin, la fluorescence chlorophyllienne (B) est affectée par des perturbations au niveau des chloroplastes.

2.2. Quantité du proline accumulé

Nous avons réalisé un dosage de proline dans les différents organes de la plante (tomate et haricot) pour avoir la réaction des plantes traitées sur le plan biochimique. Les résultats sont présentés dans les figures ci-dessous :

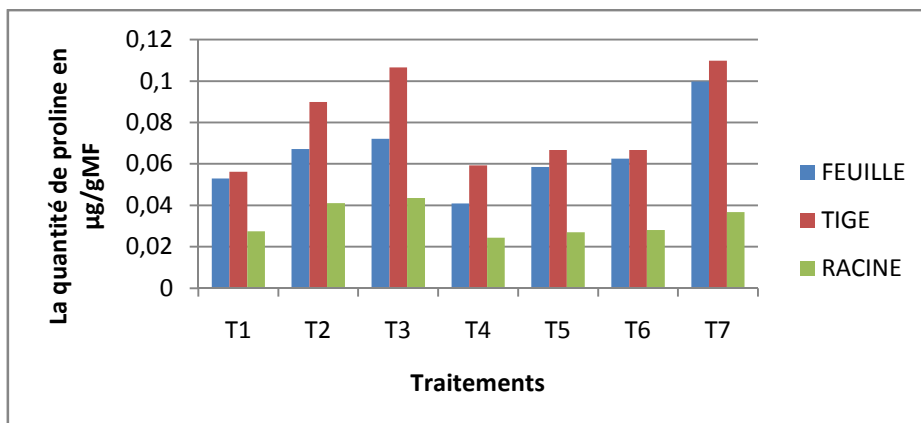


Figure N° 32: Quantité du proline accumulé dans les différents organes du haricot ($\mu\text{g/g MF}$)

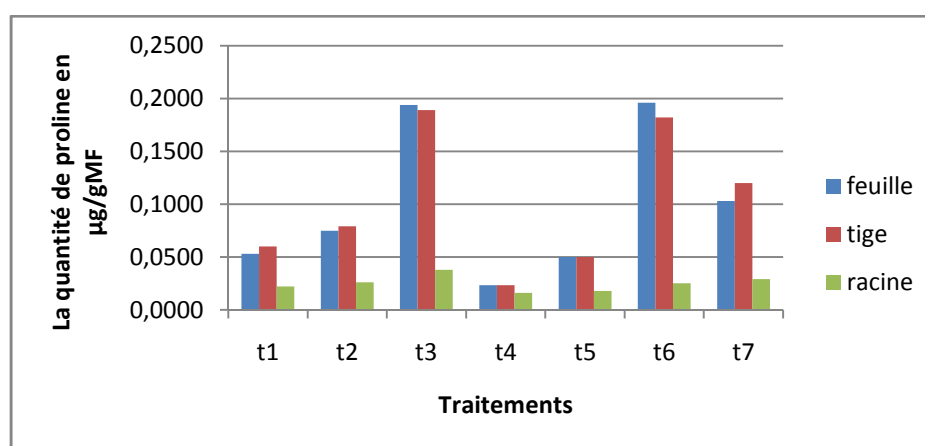


Figure N° 33: Quantité du proline accumulé dans les différents organes de tomate ($\mu\text{g/gMF}$)

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence très hautement significative ($P < 0,05$) de l'effet traitement sur la production de proline synthétisé pour le haricot et cela quel que soit l'organe végétal testé (feuille, tige, racine). (Annexe 06,07 et 8).

La Correction de l'eau saline naturel (T1) et (T4) améliore considérablement l'absorption hydrominérale des plantes de ce fait on peut dire que le milieu nutritif est convenable pour la croissance de la plante.

La teneur en proline dans les différents organes au niveau des traitements corrigés les moins salés (T2) et (T3) atteignent un accroissement plus élevé par rapport aux traitements corrigés les très fortement salés (T5) et (T6). Les traitements salins naturelle (T1) et (T4) présentent les teneurs les plus faibles, alors que les meilleurs résultats ont été enregistrés au niveau du traitement (T7) la solution nutritive standard au niveau de la plante du haricot. A

Chapitre VI : résultat et discussions

partir de ces résultats nous constatons qu'il y a une corrélation entre la quantité du proline et la concentration des sels, cela est expliqué par l'osmolarité externe est donc plus forte, et qui nécessite un ajustement de l'osmolarité interne encore plus forte (pour ne pas se déshydraté car l'eau va du milieu de moins concentrés vers le milieu le plus concentré) et qui ce traduit par une production accrue de proline.

Des observations similaires ont été trouvées dans les travaux de Djerroudi (2010), ou il indique que, l'augmentation de la teneur en proline dans tous les organes de la plante est en fonction de l'augmentation de la salinité, et que les tiges et les feuilles sont plus riches en proline que les autres organes.

VI.3. Paramètres de production

3.1. Effet du traitement sur le taux d'avortements

Les résultats du taux d'avortement ont été élaborés sur la base du comptage du nombre de fleurs totales et du nombre de fruits par plante et par traitement.

Les résultats relatifs aux taux de fleurs avortés sont présentés dans les figures suivantes

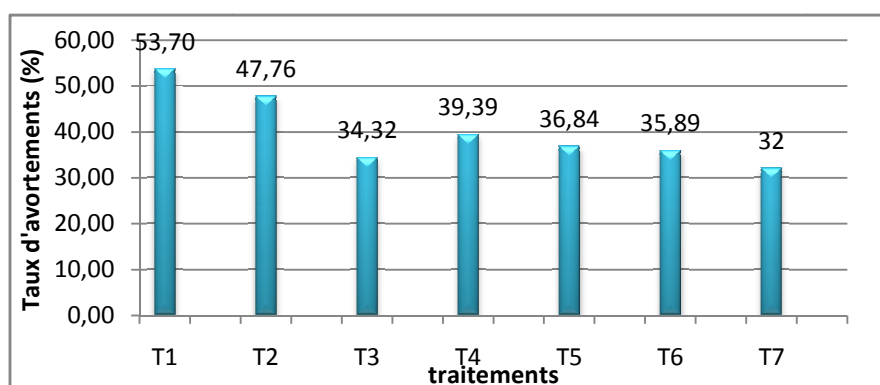


Figure N° 34 : Taux d'avortement chez les plants de haricot en (%)

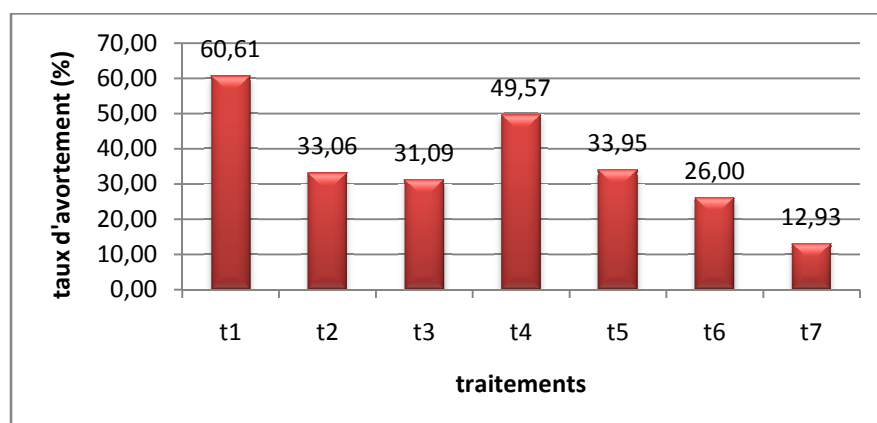


Figure N° 35 : Taux d'avortement chez les plants de la tomate en (%)

Chapitre VI : résultat et discussions

Le taux d'avortement était plus élevé chez les plantes traitées par (T1) et (T4) par rapport aux traitements salins corrigés (T2, T5), ceci peut s'expliquer par une faible absorption hydrominérale par les racines grâce au déséquilibre ionique et l'absence des éléments fertilisants essentiels à la fructification notamment le phosphore qui est totalement absent. De ce fait, les travaux de VILAIN (1997), ont montré que, le phosphore régularise la mise à fleurs ainsi que la mise à fruits.

Aussi, des résultats faibles sont enregistrés au niveau des plantes alimentées par des traitements salins corrigés enrichi en oligoéléments (T3) et (T6).

3.2. Nombre, calibre et le poids des fruits

Le calibre de gousses récoltées chez le haricot est présenté dans les photos suivantes

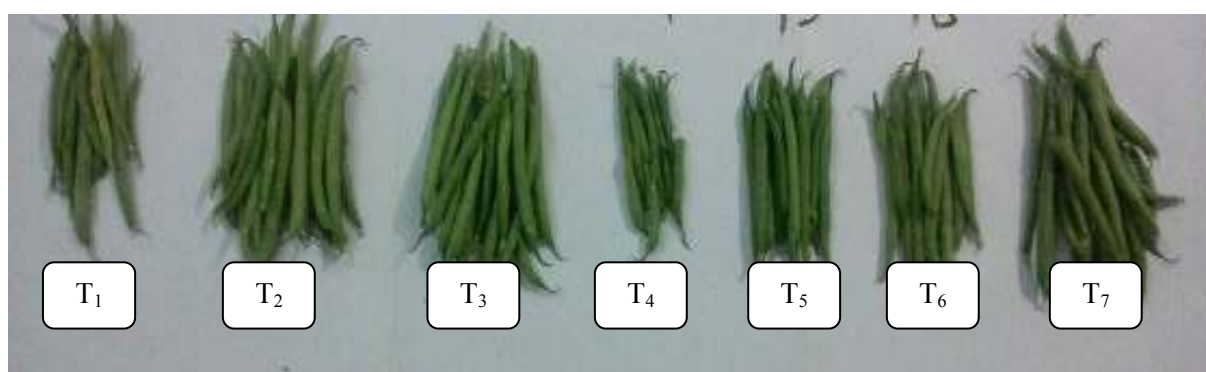


Figure N°36 : Aspect général des gousses de haricot traité par les sept traitements.

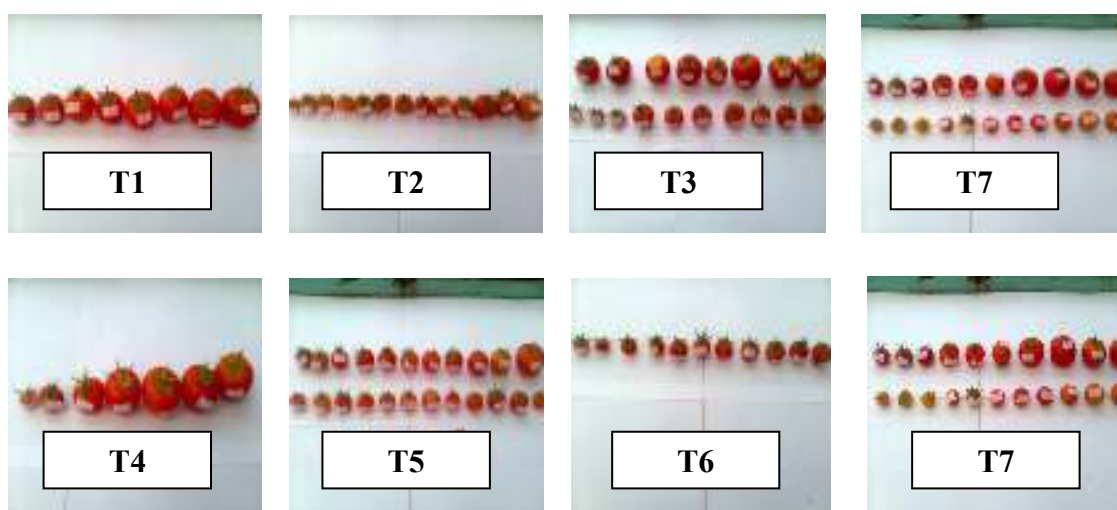


Figure N°37 : Aspect général des fruits de la tomate traité par les sept traitements

D'après les figures ci-dessus nous pouvons observer visuellement l'état de la forme des gousses de haricot et des fruits de tomate alimentés par les traitements corrigés et les traitements naturels.

Chapitre VI : résultat et discussions

Tableau N° 15 : Réparation du calibre et de poids des gousses du haricot.

	Nombre moyen des gousses	Longueur moyenne des gousses (cm)	Classes			
			Classe B [6 - 12 cm]		Classe A > 12 cm	
			Nbr	Poids (g)	Nbr	Poids(g)
T1	2.44	8.9	15	28.85	2	10.73
T2	3.44	10.19	18	51.9	8	46.06
T3	4	11	20	74.78	9	47.12
T4	2	8.2	11	22.05	1	4.57
T5	2.11	9.5	14	28.25	3	16.13
T6	3.55	9.8	17	60.64	6	30.13
T7	4	10	21	67.78	9	46.03

Tableau N° 16 : Réparation du calibre et de poids des fruits de la tomate.

	paramètre mesuré	< 47	[47 - 57]	[57 - 67]	[67 - 77]	Moyenne
T1	Nombre de fruit	7	2	-	-	4,5
	Poids des fruits(g)	251,63	140,11	-	-	195,87
T2	Nombre de fruit	16	3	-	-	9,5
	Poids des fruits(g)	343,39	247,47	-	-	295,43
T3	Nombre de fruit	16	3	-	-	9,5
	Poids des fruits(g)	368	202,57	-	-	285,29
T4	Nombre de fruit	5	4	-	-	4,5
	Poids des fruits(g)	131,29	242,99	-	-	187,14
T5	Nombre de fruit	21	2	-	-	11.50
	Poids des fruits(g)	300.79	135.03	-	-	217.90
T6	Nombre de fruit	22	1	-	-	11,5
	Poids des fruits(g)	308,8	70,92	-	-	189,86
T7	Nombre de fruit	21	6	-	1	9,33
	Poids des fruits(g)	332,71	339,23	-	59,82	243,92

A partir des tableaux 15 et 16 nous ne constatons que les traitements salins corrigés (T2, T3, T5 et T6) et la solution nutritive standard (T7) améliorant d'avantage le calibre et le poids des fruits récoltés quelque soit l'espèce étudiée (tomate et haricot), par rapport au plantes alimentées par la solution saline naturelle (T1) et (T4), de ce fait on peut dire que la correction du pH des eaux salin naturel influe sur la dissolution des éléments minéraux dans ces milieux et par suite une absorption hydrominérale idéal par les plantes.

Les plantes issues de traitement salin naturel (T1) et (T4) exprimant les valeurs les plus faibles, ceci est dû à un retard de fructification et un taux d'avortement élevé. En outre,

Chapitre VI : résultat et discussions

cette réduction est expliquée d'une part par une diminution d'activité racinaire dans un milieu salin et d'autre part l'activité photosynthétique limitée au niveau des feuilles et des tiges, réduisant les sources de réserve pour les fruits.

A ce sujet IBN MAAOUIA-HOUIMLI S et *al.*,(2011), affirme que L'accumulation progressive du sel dans la plante, affecte la formation et la viabilité des organes reproducteurs, réduisant ainsi la production en fruit.

D'après LAUCHI (1984), la salinité est le facteur majeur affectant la croissance et la productivité des végétaux. L'inhibition de l'activité de croissance par le NaCl est un comportement général caractérisant les glycophytes.

VI.4. Dosage de la vitamine « c » pour la tomate

Nous avons préconisées un dosage de la vitamine « c » dans les fruits de la tomate récoltés traités par les 7 traitements différents. Les résultats obtenus sont présentés dans la figure suivante :

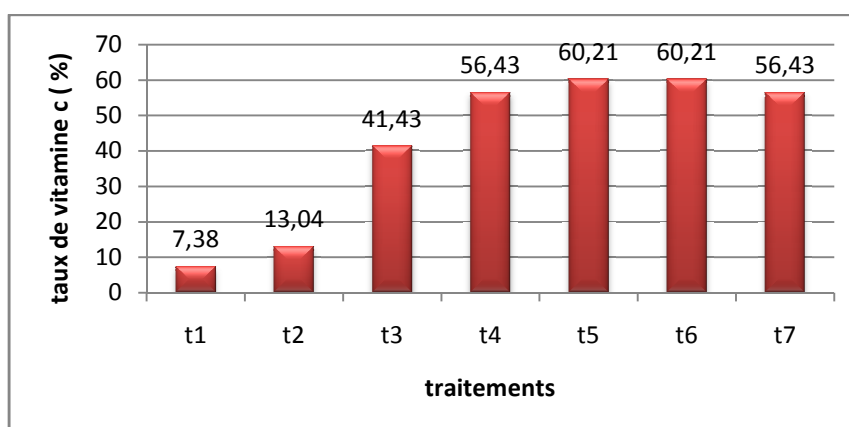


Figure N°38: Taux de vitamines « C » dans les fruits de tomate (%).

Les fruits récoltés à partir des plantes qui sont arrosées par le traitement salin corrigé sont les plus riches en vitamine c. et présentant des valeurs également importantes, alors que le traitement salin naturelle (T1) (T4), présente par un taux faible de la vitamine (C)

Nous pouvons justifier les résultats obtenus au niveau des plantes alimentées par les traitements corrigés par un déclenchement de l'activité enzymatique qui dégrade l'amidon en sucre et en vitamine en quantité très, ceci en raison d'une meilleure alimentation hydrominérale, c'est une résultat d'un équilibres ioniques parfait du milieu nutritif, soit par influence du pH à 5,5 sur la dissolution des éléments minéraux

Discussion générale :

Réaction des plantes à la salinité se fait par des modifications adaptatives morphologiques, anatomiques, structurales et métaboliques. Pour détecter la tolérance des plantes à la salinité, il est intéressant de disposer de moyens précis et simples. La teneur en proline et la fluorescence chlorophyllienne sont considérées comme des outils rapides et efficaces en agriculture

Apport de l'eau saline naturelle (T1) (T4) et des eaux salines corrigées T2, T3, T5 et T6 et la solution nutritive T7 ont été testées sur deux espèces a fin d'évaluer la croissance, le développement et la synthèse de proline . Les résultats expérimentaux illustrent les effets de la salinité de l'eau saline naturelle sur la tomate (moyennement sensible) et le haricot (très sensible à la salinité). L'influence de la correction du pH des milieux nutritifs est significative sur les paramètres analysés

L'irrigation avec les solutions salines conduit a l'augmentation de la salinité dans le milieu racinaire. Le déséquilibre ionique des traitements salins naturels (T1) et (T4) accentue l'effet de la salinité du milieu alimentaire, ce qui limite la croissance des plantes de la tomate et du haricot, et réduit en conséquence la consommation hydrique et minérale qui en relation avec l'évapotranspiration. Par contre, la concentration élevée de sels dans les eaux salines corrigées et dont l'équilibre ionique est parfait, favorise le développement végétatif des plantes de la tomate et du haricot.

Salinité agit sur la croissance en diminuant la biomasse totale en faisant tomber les feuilles qui atteignent le seuil d'accumulation toxique de Na^+ .

Cette toxicité est beaucoup plus observée au niveau de plantes traitées par la solution saline naturelle T1 et T4.

Carences en éléments fertilisants au niveau des traitement T1 et T4 provoquent d'abord l'arrêt de la croissance des tissus jeunes, puis rapidement cet état de déficience s'uniformise dans les différents organes, provoquant des troubles des fonctions de la plante, entraînant ainsi d'une part un ralentissement et un retard de croissance et d'autre par une faible activité photosynthétique induisant un nombre réduit des feuilles.

Correction de l'eau saline naturelle à une influence importante sur la production des deux espèces, avec une production de gousses et de fruits de la tomate les meilleurs par rapport aux traitements salins naturels (T1) (T4). Nous avons expliqué ce résultat par l'importance de potentiel hydrogène sur la dissolution des éléments minéraux dans un milieu salin entraînant ainsi une meilleure alimentation hydrominérale.

Chapitre VI : résultat et discussions

D'après les résultats obtenus chez les plantes de deux espèces, la correction des eaux salines naturelles affecte différemment la croissance des plantes des deux espèces étudiées. Les résultats font apparaitre une différence pour la tolérance à la salinité entre les deux glycophytes étudiées. En effet le haricot présente un indice de sensibilité supérieur à celui de la tomate

Conclusion

Notre expérimentation avait pour objectif de déterminer l'impact d'une eau saline et du potentiel hydrogène sur la végétation du haricot (*Phaseolus vulgaris L.*) Et la tomate (*Solanum lycopersicum L.*) cultivé en hors sol.

Les résultats obtenus durant notre expérimentation montrent que l'utilisation de l'eau naturelle saline limite considérablement la croissance des plantes tant pour les paramètres biométriques (hauteur finale, diamètre des tiges, nombre de feuilles,...), pour les paramètres biochimiques (quantité de proline et de chlorophylle) que pour les paramètres de production (taux d'avortements,...). Ceci est dû essentiellement au pH alcalin et au déséquilibre ionique dans ce milieu alimentaire, ainsi qu'aux carences en oligo-éléments et certains éléments utiles tels que l'azote et le potassium et le phosphore indispensables aux plantes.

La correction du pH au niveau des eaux salines avec l'acide HNO_3 , exerce une bonne action sur la majorité des paramètres étudiés et ce par rapport aux eaux salines naturelles T1 et T4 à pH alcalin. On conclut alors que la correction du pH peut être une démarche favorable pour l'amélioration des productions légumières en milieu naturel.

Aussi nous avons observé que les traitements salins corrigés enrichis en oligo-éléments ont fortement amélioré les paramètres étudiés. On déduit donc que l'addition des oligo-éléments aux traitements salins corrigés joue un rôle bénéfique sur le développement des plantes du haricot et de tomate. Ceci est expliqué par l'équilibre ionique parfait et la richesse de ce traitement corrigé en macro et micro-éléments utiles au développement de haricot.

Compte tenu de l'importance de la culture de haricot et la tomate en Algérie et des résultats satisfaisants obtenus dans notre expérimentation, il est souhaitable d'approfondir cette recherche concernant la correction des eaux salines naturelles qui représentent un problème de taille dans notre pays. Ces résultats contribueront ainsi en une meilleure gestion des eaux saumâtres à l'utilisation dans les régions arides et semi-arides.

LISTE DES ILLUSTRATIONS GRAPHIQUES

Figure N°01 : Production de biomasse de différents groupes de plantes suivant la salinité...	05
Figure N°02 :Appareils végétatif et reproducteur du Haricot.....	22
Figure N°03 :Laplante de la tomate.....	28
Figure N°04 :Localisation du lieu de l'expérience.....	33
Figure N°05 :Le gravier avant (a) et après(b) lavage.....	34
Figure N°06 :Vue générale du dispositif expérimental du haricot.....	35
Figure N°07 : Vue générale du dispositif expérimental de la tomate.....	35
Figure N°08 : Schéma du dispositif expérimental adapté.....	36
Figure N°9 : Essai de germination de tomate et de haricot dans l'étuve à 25 C.....	37
Figure N°10 : Germination des graines de haricot.....	37
Figure N°11 : Germination des graines de tomate.....	37
Figure N°12 : Levée des plantules du haricot.....	38
Figure N°13 : Levée des plantules de la tomate.....	38
Figure N°14 : Vitesse de croissance des plantes du haricot [cm/jour].....	51
Figure N°15 : Vitesse de croissance des plantes de la tomate	51
Figure N°16 :Hauteur finale des plantes du haricot en(cm).....	53
Figure N°17 :Hauteur finale des plantes de la tomate en(cm).....	53
Figure N°18 : Nombre final des feuilles du haricot	54
Figure N°19 : Nombre final des feuilles de la tomate.....	55
Figure N°20 : Diamètres moyens des tiges des plants du haricot en (mm).....	56
Figure N°21 : Diamètres moyens des tiges des plants de la tomate en (mm).....	56
Figure N°22 : Poids frais de la partie aérienne des plants du haricot en(g).....	57
Figure N°23 : Poids frais de la partie aérienne des plants de la tomate en(g).....	57
Figure N°24 : Biomasse fraîche racinaire des plants du haricot en (g).....	57
Figure N°25 : Biomasse fraîche racinaire des plants de la tomate en (g).....	58
Figure N°26 : Poids sec de la partie aérienne (feuilles + tiges) des plantes du haricot en (g).....	58
Figure N°27 : Poids sec de la partie aérienne (feuilles + tiges) des plantes de la tomate en (g).....	59
Figure N°28 : Quantité de la chlorophylle (A) chez les plantes du haricot.....	59
Figure N°29 : Quantité de la chlorophylle (A) chez les plantes de la tomate.....	60
Figure N°30 : Quantité de la chlorophylle (B) chez les plantes du haricot.....	61
Figure N°31 : Quantité de la chlorophylle (B) chez les plantes de la tomate.....	61

Figure N°32 : Quantité du proline accumulé dans les organes du haricot ($\mu\text{g/g}$ MF).....	62
Figure N°33 : Quantité du proline accumulé dans les organes du haricot ($\mu\text{g/g}$ MF).....	62
Figure N° 34 : Taux d'avortement chez les plants du haricot en (%).....	63
Figure N° 35 : Taux d'avortement chez les plants de la tomate en (%).....	63
Figure N° 36 : Aspect général des gousses du haricot traité par les sept traitements.....	64
Figure N° 37 : Aspect général des fruits de la tomate traité par les sept traitements.....	64
FigureN°38: Taux de vitamines « C » dans les fruits de tomate (%).....	66

LISTE DESTABLEAUX

Tableau N°1: Les symptômes provoqués par l'excès ou carence d'éléments sur la plante...	13
Tableau N°02 : Principaux problèmes causés par un déséquilibre du pH.....	19
Tableau N°03 : Composition du haricot vert (la teneur est pour 100g).....	22
Tableau N° 04 : Les exigences climatique de la tomate.....	28
Tableau N°05 : Les moyennes des températures par décade en(C°).....	33
Tableau N°06 : Composition de l'eau de Blida en éléments minéraux.....	39
Tableau N°07: Eau de Blida corrigée (Solution nutritive standard) pH =5,8.....	41
Tableau N°08 : Quantité et ordre de dissolution de l'eau de GassiTouil A pH=7.8.....	42
Tableau N ° 09 : Quantité et ordre de dissolution de l'eau de GassiTouil A pH = 5.5.....	43
Tableau N° 10 : Quantité et ordre de dissolution de l'eau de GassiTouil B pH =7.8.....	44
Tableau N°11 : Quantité et ordre de dissolution de l'eau de GassiTouil B pH =5.5.....	45
Tableau N°12 : Doses et fréquences d'irrigation appliquées pour la culture de haricot.....	46
Tableau N°13 : Doses et fréquences d'irrigation nécessaire pour la tomate.....	46
Tableau N°14 : Traitements phytosanitaires utilisés sur les plantes étudiées.....	47
Tableau N°15: Répartition du calibre et le pois des gousses du haricot.....	65
Tableau N°16: Répartition du calibre et le pois des fruits de la tomate.....	65

LISTE DES ABREVIATIONS

(μg): Microgramme

(ha) : Hectare

(U/ha): Unité par hectare

(Km): Kilomètre

(L): Litre

CE: Conductivité électrique

pH: Le potentiel hydrogène

C°: Degré de Celsius

%:pourcent

N: Azote

P:Phosphore

K: Potassium

Ca: Calcium

Mg:Magnésium

Fe: Le fer

S: Le soufre

B:Le Bore

H : Hydrogène

NaCl: Chlorure de sodium

NO_3^- : Nitrate

HNO_3 : Acide nitrique

H_3O^+ :L'ion Hydronium

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **ABDELLY. C., BEN AMOUR. N., BEN HAMED. K., DEBEZ. A., et GRIGNON. C., (2005)** - Physiological and antioxydant responses of the perennial halophyte *Crithmum maritimum* to salinity. Plant Science 168. Tunisie. pp : 889 - 899.
- **AGASTIAN P., KINGSLEY. S.J., VIVEKANANDAN. M., (2000)**-Effect of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotypes. Photosynthetica 38,287-290.agriculture, N°57, Ed : PNTTA, Rabat, 2-4pp.
- **AÏT HOUSSA A., NOUGA E., OUALILI H., CHTAIBAT Y. & CHADDADA A. (2005)**-La fertilisation de la tomate en hors sol, Bulletin N° 128, institut agronomique et vétérinaire Hassan II, Rabat, 1- 4 pp.
- **AKREM K ,2009** – le jardin potager , ISBN, P 34.
- **ALAIN V. (2003)** - Fondements et principes du hors-sol, doc. 3.1, 10 P.
- **AL-KARAKI G N., (2000)** - Growth, water use efficiency and sodium and potassium acquisition by tomato cultivars grown under salt stress. Journal of Plant Nutrition; 23 (1): 1-8
- **ANONYM, 2015** – la culture de la tomate sous serre .ITCMI, DFRV, Staouéli , Alger. 2-4PP.
- **ANONYME (1995)**-Maitrise de l'irrigation fertilisante, centre technique interprofessionnelle des fruits et légumes, Ed.TEC &DOC Lavoisier, 220 p.
- **ANONYME., (2003)**-Détermination du pH à l'eau dans les sols agricoles. Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec et ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec, Ministère de l'environnement de Québec : 8p.
- **ANONYME., (2010)** -Cultures hydroponiques et horticoles, Fiche technique, Ed. N° 3 Hanna instrument, France, 1-44 pp.
- **BAATOUR O., M'RAH S., BEN BRAHIM N., BOULESNEM F., LACHAAL M., (2004)**-Réponse physiologique de la gesse (*Lathyrus sativus*) à la salinité du milieu. Revue des Régions Arides; 1: 346-358.
- **BATANOUNY K.H., (1993)**-Ecophysiology of halophytes and their traditional use in the Arab world. Advanced Course on halophyte utilisation in Agriculture, 12 Sept., Agadir, Marocco.

- **BAUDOIN J.P, VANDERBORGHT T., KIMANI P.M, et MW'ANGOMBE A.W., (2003)**-Légumes à grains : Haricot. In Agriculture en Afrique Tropicale, Bruxelles, DGCI, p.337-355.
- **BELANGER, N., Côté, B., COURCHESNE, F., FYLES, J. W., WARFVINGE, P., and HENDERSHOT, W. H. (2002)**- Simulation of soil chemistry and nutrient availability in a forested ecosystem of southern Quebec - I. Reconstruction of the time-series files of nutrient cycling using the MAKEDEP model. Environmental Modelling & Software 17, (5), 427-445.
- **BELKHODJA M., BIDAI Y., (2004)**- La réponse des graines d'Atriplex halimus L. à la salinité au stade de la germination. Sécheresse. 15, 4: 331-335
- **BELKHODJA M.; BIDAI Y., (2004)**- La réponse des graines d'Atriplex halimus L. à la salinité au stade de la germination. Sécheresse. 15, 4: 331-335.
- **BENTON JONES J.R., (2005)**-hydroponics: A practical guide for the soilless grower.2nd Ed CRC press New York: 349p.
- **BERTHOMIEU P., CONÉJÉRO G., NUBLAT A., BRACKENBURY W.J., LAMBERT C., SAVIO C., UOZUMI N., OIKI S., YAMADA K., CELLIER F. GOSTI F., SIMONNEAU T., ESSAH P.A., TESTERM. VERY A-A, SENTENAC H. and CASSE F., (2003)**-Functional analysis of AtHKT1 in Arabidopsis shows that Na⁺ recirculation by the phloem is crucial for salt tolerance. Embo Journal 22: 2004-2014.
- **BEZEPLY I., (1984)**-les plantes cultivées en Afrique occidentale. Ed. MIR. Moscou : 104p.
- **BEZEPLY I., (1987)** - Les plantes cultivées en Afrique occidentale. Ed. Mir. Moscou, 104p.
- **BLANC D., (1987)**- Les cultures hors sol. INRA, Paris, 409 p.
- **BONNEAU, M., et LANDMANN, G., (1993)**- "Pollution atmosphérique et dépérissement des forêts dans les montagnes françaises: Programme DEFORPA. Rapport 1992", Institut national de la recherche agronomique, Nancy, France. 365 pp
- **BOUTAHRAOUI S.A., (1984)** - Effet du rapport K/N sur la croissance et le développement de la tomate cultivée en système hydroponique. Thèse Ing. Agro INA, Alger. 71p.
- **BURGESS et GLASAUER, (2005)** - fiches pratiques sur les aliments , 163p.

- **Calu, G. (2006)**-Effet du stress salin sur les plantes. Comparaison entre deux plantes modèles : *Arabidopsis thaliana* et *Thellungiella halophila*. Master 1, Recherche biotechnologie : du gène à la molécule Spectro Sciences, article 23, 10 p.
- **CHAUVIN P., (2003)** - Mieux vivre grâce aux plantes, Éd. Manuscrit, 70 P.
- **CHAUX C. et FOURY C., (1994)** - Production légumière. Tome III. Ed. Tec et Doc Lavoisier. Paris. 563p.
- **CHAUX C. et FOURY C., (2001)**-Productions légumières, tome 3 : légumineuses Potagères et légumes fruits, Lavoisier Tec&Doc.
- **CHAUX, C., (1972)**- production légumière, Ed J.B Baillière ,414p.
- **CHEIKH M'HAME H., ABDELLOUI R., KADRI K., BEN NACER M., BELHAJ S., (2008)**-Evaluation de la tolérance au stress salin de quelques accessions d'orges (*Hordium vulgare L.*) cultivées en Tunisie : approche physiologique, Science et Technologie : 30-37p.
- **CHEVERRY C., (1995)**- Plant behaviour in saline environment .action eau n°4, séance spécialisé du 22 mars 1995.ed. Acad.Agro.Paris, 49p.
- **CHIBANE. A, (1999)** : tomate sous serre, bulletin : transfert de technologie en
- **CHOUGAR S, (2011)** - Bioécologie de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* sur trois variétés de tomates sous serre (Zahra, Dawson et Tavira) dans la wilaya de Tizi-Ouzou. mémoire de magister en science biologique, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, 112 p.
- **CLAUDE V. GILBERT B., (1999)** -Les techniques de culture en multicellules, 394 p.
- **COIC Y. & LESAIN CH., (1983)** - Cultures hydroponiques, technique d'avenir, Ed. Maison Rustique, Paris, 300 P.
- **COUTURE I., (2006)**-L'eau, source de qualité et de rendement. Conseillère en production maraichère Ministre de l'Agriculture, des pêcheries et de l'alimentation Direction régionale de la Montérégie, secteur est Saint-Hyacinthe, Hôtel Mortagne, Boucherville Principaux critères pour évaluer la qualité de l'eau en micro-irrigation 1-13p.
- **DAGBA L. E., (1988)**- Les facteurs du milieu, notamment la température, et le port du haricot, *Phaseolus vulgaris*. Rev. Cyto. Bio. végét. -Bot., vol 11, pp 85-112
- **DAMBRINE, E., THOMAS, A.-L., PARTY, J.-P., PROBST, A., BOUDOT, J.-P., DUC, M., DUPOUEY, J.-L., GEGOUT, J.-C., GUEROLD, F., KING, D.,**

LANDMANN, G., MAITAT, O., NICOLAI, M., POLLIER, P., et THIMONIER, A. (1998)-Acidité des écosystèmes forestiers dans les Vosges gréseuses: distribution, évolution, rôle des dépôts atmosphériques et conséquences biologiques. Comptes rendus de l'Académie Agricole Française 84, (5).

- **DAVTYAN, G.S., (1980)** - Classification of hydroponic methods of plant production. Fifth international congress on soilless culture, 183-202.
- **DELFINE, S., ALVINO, A., ZACCHINI, M. AND LORETO, F., (1998)** - Consequences of salt stress on conductance to CO₂ diffusion, rubisco characteristics and anatomy of spinach leaves. Aust. J. Plant Physiol. 25, 395-402.
- **DEROUICHE B., (2012)**-Ecophysiologie du haricot (*Phaseolus vulgaris*) variété Djadida dans un environnement salin. Mémoire de magister, USDB.145P.
- **DEVIGNES A., (1986)**-30 légumes faciles à cultiver, Ed : de L'amitié, Paris : 56-57P.
- **DIEHEL R. (1975)** - Agriculture générale, Ed. J. B.BAILLIERE, 396p.
- **DINON E. & GERSTMANS A., (2008)** - L'influence du pH sur l'assimilation des éléments nutritifs du sol par les plantes et sur la variété des plantes, Fiche technique, Université de Liège, 4 p.
- **DJERROUDI Z., (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.
- **DOREMBOS J., (1980)**-Réponse des cultures à l'eau, Bulletin F.A.O.D'irrigation et de drainage, n°33 :192-196p.
- **DUBEY, R.S., (1997)**-Photosynthesis in plants under stressful conditions. In: M.Pessarakli, (ed.), Handbook of Photosynthesis, Marcel Dekker, New York, pp. 859-875.
- **DUCHAUFOR P., (1983)**-Pédologie1.Pédogénèse et classification. Ed. Masson. 468-470p.
- **EILERS R G., EILERS WD et LELYK., (1995)**-Santé des sols .Sécheresse. Ed John Libbey eurotext, Canada 23-33p.
- **EL-MOKHTAR S. M. (2010)** : Étude des réponses physiologique et métabolique de dix variétés de riz (*Oryza sativa L.*) aux premiers stades de développement vis-à-vis du stress salin, Thèse de magister, université de Nouakchott, 142 P.

- **F.A.O., (2006)**-Programme de coopération technique .Programme de développement des productions fourragères et de l'élevage .Rapport de synthèse ,45p.
- **FERNANDEZ R., (1995)** -culture hydroponique, Envoi, revue de l'université centraméricaine de Managua, Nicaragua : 07p
- **FEVRAU J., (1987)** -culture en containers. Revue horticole.33 :17-19p.
- **FISARAKIS, I., CHARTZOULAKIS, K. and STAVRAKAS, D., (2001)** - Response of sultana vines (*V. vinifera* L.) on six rootstocks to NaCl salinity exposure and recovery. Agric. Water Manage. 51, 13-27.
- **GERICKE, W.F., (1937)**-Hydroponics-crop production in liquid culture media. Science 85: 177-
- **GHOULAM, C., FOURSY, A. et FARES, K., (2002)**-Effects of salt stress on growth, Inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. Environ. Exp. Bot. 47, 39-50.
- **GRAVES D.H., (1983)**-Soilless Growth of Plants, New York, Reinhold Publishing Corporation, 120 p.
- **GREGORY B., (2005)**-Écophysiologie de semis de conifères ectomycorhizés en milieu salin et sodique. Thèse doctorat (Ph. D.) en sciences forestières. Université Laval, Faculté de foresterie et géomatique.
- **HAMIDI Y., (2012)**-Contribution à l'amélioration de la concentration et du potentiel hydrogène d'une eau saline sur la croissance du haricot en hydroponie. Thèse Master .Université de Blida-1 :117p
- **HARTANI T., MERABET A., (2003)**-Le drainage des sels dans les sols agricoles. I.N.A. El-Harrach, Alger. 49p.
- **Hassani, A., Dellal, A., Belkhodja, M. et Kaid- Harche, M. (2008)** -Effet de la Salinité Sur L'eau et Certains Osmolytes Chez L'orge (*Hordeum Vulgaris* L) European Journal of Scientific Research. Vol.23, n°1, pp.61-69.
- **HELA B.A., MANAA A. & ZID E. (2008)**: Tolérance à la salinité d'une poaceae à cycle court : la séttaire (*Setaria verticillata* L.) ; Compte rendus Biologies 331, 164-170 pp.
- **HELLER R. (1977)** –Nutrition, Abrégé de physiologie végétale, Tome 1, Ed. Masson et Ci. Paris, 244p.
- **HELLER R., (1977)**-Abrégé de la physiologie végétale .Tome 1, nutrition et métabolisme, Ed MASSON et CIE, Paris : 238p.

- **HELLER R., ESNAULT R., LANCE C., (1998)**-Physiologie végétale 1-nutrition 6eme Ed, Ed DUNOD, Paris, 323p.
- **HELLER R., ROBERT E., CLAUDE L., (1998)**- Physiologie végétale. 1. Nutrition. Edit.Duno, Paris, 322 p.
- **HOPKINS G W., (2003)**- Physiologie végétale / traduit de l'anglais par RAMBOUR S. Edit. De Boeck, pp 38-58; 451-458.
- **HUBAC C., (1990)**-Croissance et développement des végétaux. Impact de la salinité et l'aridité sur la croissance, le développement et l'amélioration des végétaux. Conférence université d'Oran Es-senia.
- **HUNTZ A.M., ROQUES-CARMES., (1980)**-Equilibre acido-basiques en solution aqueuse, pH. Ed Massou. Paris.15p.
- **IBN MAAOUIA-HOUIMLI S, DENDEN M, DRIDI-MOUHANDES B ET BEN MANSOUR-GUEDDES S** ,2011 - Caractéristiques de la croissance et de la production en fruits chez trois variétés de piment (*Capsicum annuum* L.) sous stress salin, TROPICULTURA,pp 75-81.
- **IBRIZ M., THAMI ALANU I., ZENASNIT L., ALFAIZ C. et BENBELLA T** ,2005- l'Effet de la salinités sur le rendement en biomasse et la composition en éléments Minéraux d'écotypems marocain de luzerne (*Medicago sativa* L).ALAWAMIAI n 3,pp. 107-119.
- **IYENGAR, E.R.R. AND REDDY, M. P., (1996)**-Photosynthesis in highly salt-tolerant plants. In: M. Pessarakli (ed.), Handbook of Photosynthesis, Marcel Dekker, New York, pp. 897-909.
- **KINET J.M., BENREBIHA F., BOUZID S., LAILHACAR S., DUTUIT P., (1999)**-Le réseau Atriplex ou comment allier biotechnologies et écologie pour une sécurité alimentaire accrue en régions semi arides et arides.IN ESTEM Ed, Actualités scientifiques : Biotechnologie, amélioration des plantes et sécurité alimentaire.89-93p.
- **KOLEV N., (1979)**-les cultures maraichères en Algérie, TOM I, légumes fruits, I.T.C.M.I. Staouali. 6-33.
- **LAFON J.P., THARAUD-PRAYER C., (1996)**-biologie des plantes cultivées hors sol, Ed. Lavoisier Tec. Et Doc., Paris : 233p.
- **LAMBERT L., (2000)**- Acides, Engrais et mystères, St-Rémi, 17 P.

- **LATIGUI A**, 1984 - Effets des différents niveaux de fertilisation potassique sur la Fructification de la tomate cultivée en hiver sous serre non chauffée. Thèse de magister. INRA El-Harrach, Algérie. P25.
- **LAUCHI A., (1984)**-How plants adapt to salinity, University of California, Davis, 18-20 pp.
- **LAUMONIER R., (1979)**-Cultures Légumières et maraichères. Ed. J.B Ballière. Paris, 276p.
- **LAURENT L., (1991)** -Éléments minéraux, technique d'analyse et de contrôle agroalimentaire, Vol. 4, Ed. Lavoisier, Paris, 69-75 pp.
- **LEGOUPIL J.C., (1977)**-Evolution de la salure du sol sous irrigation, aménagement et mise en valeur des sols salés .Thèse Ing. Agro IRAT. ITA Mostaganem, 33-38p.
- **LEGROS J.P., (2009)**- La salinisation des terres dans le monde. Académie des sciences et lettres de Montpellier, conférence n°4069 : 257-269p.
- **LEMAIRE F., (1989)** - Culture en pots et conteneurs. Ed. I.N.R.A. Paris. 184p.
- **LERNER H.R., AMZALLAG G.N., FRIEDMAN Y. AND GOLOUBINOFF P., (1994)**-The response of plants to salinity: from turgor adjustments to genome modification. Jsr J. Plant Sci. 42: 285-300.
- **LETARD. M et PATRICIA. P., (1995)** -Maitrise de l'irrigation fertilisante de la tomate. Ed C.T.I.F.I. Paris. 220p.
- **LEVITT J., (1980)** - Water stress. In Response of plants to environment stresses. Vol II.2ed Ed. By T. Kozlowski. Academic press: pp 25-29.
- **LONGSTRETH D.J and NOBEL P.S., (1979)**-Salinity effects on leaf anatomy: consequences for photosynthesis. J. Plant Physiol., 63 (4): 700-703.
- **LOUÉ A., (1993)** –Oligo-éléments en agriculture. 2^{ème} édition Nathan, Paris. 577p.
- **MANAHAN, S. E. (1994):** Environmental chemistry, 6th/Ed. Lewis Publishers, Boca Raton, USA. ISBN 1- 56670-088-4.
- **MARCUM K.B., (2006)**-Use of saline and non-potable water in the turf grass industry: Constraints and development. Agri. Water Manag.80: 132-146p.
- **MARSCHNER M (1995)**- Mineral Nutrition in Higher Plants. 2 ed. London: Academic Press. 128p.
- **MASMOUDI A, HEMEIR A, BENAÏSSA A ,(2014)** - impacts de la concentration et du type de sel sur le potentiel germinatif et la production de biomasse chez l'orge (*hordeum vulgare*), courrier du savoir – n°18, pp.95-101

- **MAZELIAK P., (1995)** –Physiologie végétale, nutrition et métabolisme. Ed HERMAN, Paris, France: p539
- **MELONI, D.A., OLIVA, M.A., RUIZ, H.A. AND MARTINEZ, C.A., (2001)**- Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. J. Plant Nutr. 24, 599-612.
- **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 concil Meeting of ICID, China, 14 :1-9p.
- **MOHAMMAD. M., SHIBLI. R., ADJOUNI. M., NIMRI. L., (1998)**-Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition. J. Plant Nutr.21, 1667-1680.
- **MORARD P., (1995)**-les cultures végétales en hors sol h, Pub. Agris, Paris : 301p.
- **MORARD S., 2013**- Guide pratique Mes tomates du jardin à la cuisine. SMACT, 3-9PP.
- **MOUHOUCHE B., (1991)**-Effet de stress hydrique sur la production agricole cas d'espèce, le haricot nain. Rev EL ARDH n° 8 :15-17p.
- **MOURAVINE. E., SMIRNOV. P., STOROJENKO. V. & RAKIPOV. N. (1977)**- L'agrochimie. Ed. Mir. Moscou, 280 P.
- **MUNNS R., (1993)**-Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. Plant Cell Environ. 16, 15-24.
- **MUNNS R., (2002)** .Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environ. 25, 239-250.
- **MUNNS, R., SCHACHTMAN, D. P. AND CONDON, A. G., (1995)** -The significance of a two-phase growth response to salinity in wheat and barley. Aust. J. Plant Physiol.22, 561-569.
- **MUNNS. R., JAMES. R. A., LAUCHLI. R., (2006)**-Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. Journal of Experimental Botany; 57 (5): 1025-1043.
- **MUTIN. G., (2009)** - Le monde arabe face au défi de l'eau, enjeux et conflits. Institut d'Études Politique de Lyon. France. 164p.
- **N.A.S (National Academy of Sciences), (1979)**-Tropical Legumes: Resources for the Future. Natl. Acad. Press, Washington DC.
- **NABORS M., 2009** : Biologie végétale, Éd. Nouveaux Horizons, ARS, Paris, 614 p.

- **NAIKA S, LIDT DE JEUDE J.V, DE GAFFAU M, HILMI. M , ET VAN DAM. B,** 2005 - La culture de la tomate, production, transformation et commercialisation. Ed. Fondation Agromisa et CTA. Pays-Bas. 104p.
- **NEUMANN P., (1997)** -Salinity resistance and plant growth revisited. *Plant Cell Environ.*20, 1193-1198.
- **OMAMI E.N., (2005)** - Response of Amaranth to salinity stress. These Ph. D Horticulture. Departement of plant production and soil science, Faculty of natural and agricultural sciences, University of Pretoria. 235p.
- **PAPDI C., ABRAHAM E., PRATHIBA J.M., POPESCU C., KONCZ C.,SZBADOS L., (2008)**-Functional Identification of Arabidopsis Stress Regulatory Genes Using the parameters by foliar application of potassium and phosphorus in tomato cultivars controlled DNA Overexpression System. *Plant Physiol.*147:528-542p.
- **PARIDA A.K., DAS, A.B. and MITTRA, B., (2004)**-Effects of salt on growth, ion accumulation, photosynthesis and leaf anatomy of the mangrove *Bruguiera parviflora*. *Trees-Struct. Funct.* 18, 167-174.
- **Peoples MB. Et Herridge DF., (1990)**-Nitrogen fixation by legumes in tropical agriculture. *Advances in Agronomy*, 44, 155-223.
- **PERON, J.Y., (2006)** : production légumière, 2eme édition Ed Lavoisier ,613p.
- **RANC N. (2010)** - Analyse du polymorphisme moléculaire de gènes de composantes de la qualité des fruits dans les ressources génétiques sauvages et cultivées de tomate , Thèse de doctorat, INRA, France, 261.
- **ROMERO-ARANDA, R., SORIA, T. and CUARTERO, J., (2001)**-Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. *Plant Sci.* 160, 265-272.
- **SACHER R.F., STAPLES R.C., (1984)** - Chemical microscopy for study of plants in saline environments. In: R.C. Staples and G.H. Toenniessen (eds.), *salinity tolerance in plants: Strategies for crop improvement*. John Wiley and Sons, New York. 17-35p.
- **SALE P.W.G. and L.C. CAMPBELL. (1986)**- Yield and composition of soybean seed as a function of potassium supply. *Plant and Soil* 96: 317-325pp.
- **SCHACHTMAN, D.P., Reid, R.J., Ayling, S.M., (1998)**-Phosphorus uptake by plants: From soil to cell. *Plant Physiology* 116, 447-453pp.
- **SCHIFFERS B,** 2003 –itinéraire technique tomates cerises ,Bruxelles , FUSAGx ,p9.

- **SCHIFFERS M.B.**,2011 - itinéraire technique tomate cerise (*lycopersicon esculentum*) , Ed : PIP , p12.
- **SCHUT P., (1996)**-Manual acidity, salinity and solonetzic soil. Canola responseteso acidity, salinity and solonetzic soil.Ed John Libbey euro text, Canada.8-23p.
- **SHANNON M.C., GRIEVE C.M., FRANCOIS L.E., (1994)** - whole-plant response to salinity. In: plant-environment Interactions (R. E. Wilkinson ed). Marcel Dekker, New York.199-244p.
- **SKIREDJ A., (2007)**- La culture de haricot filet (vert).Revue horticole Vol 12, n°5 :36-45p.
- **SNOUSSI S., (1980)** - Caractérisation de quelques substrats disponible dans la région d'Alger en vue de leur utilisation hydroponique. Thèse Ing Agro I.N.A., El Harrach, Alger. 67p.
- **SNOUSSI S.A., (2010)**-Etude de base sur la Tomate en Algérie. Ed FAO.6 P. sprays of iron compounds. Journal of Plant Nutrition 11(6-11): 1379-1385.
- **STANTON., (1970)**-Les légumineuse à graines en Afrique, Rome : organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture .37 :38-172p.
- **TAIZ L. and ZEIGER E., (2002)** - Plant Physiology. 3rd ed. Sinauer Associates Publishers, Sunderland, 427 p.
- **TAKAGI H.; WAMOTO F.; NAKAMORI S.; (1997)**-Isolation of freez tolerant laboratory strains of Saccaromyces cervisiae from praline analogue resistant mutant. Applied Microbiology and Biotechnology 47: 405-411.
- **TIRILLY Y., BOURGEOIS C.M., (1999)**- Technologie des légumes, Ed. Tec et Doc Lavoisier, paris : 588p
Tome 3, Ed Tec et Doc, Lavoisier ,563p.
- **TRAN, T.S., M. GIROUX, P. AUDRESSE et J. GUIBAULT, (1995)**- Importance des oligo-éléments en agriculture : symptômes visuels de carence, analyses des végétaux et des sols. Agro sol, Vo. 8 (1):12-22 pp.
- **URBAN L., (1997)**-Introduction à la production sous serre : irrigation fertilisante en culture hors sol (TOME 2).Ed. Maison Rustique. Paris : 180p.
- **VAN-HOORN JW., (1995)**-Développement of soil salinity in the root zone N°2 séance spécialisée du 22 mars. Barz. J. Plant Physiol., 15 N° 2.65-66p.
- **VILAIN M., (1997)** -La production végétale, la maitrise technique de la production, Vol. 2, Ed. N° 2 Lavoisier, 449 P.

- **VILAIN M., 1987** : Production végétale vol. I : les composantes de la production. Ed. J.B. Bailliere Paris. 350p.
- **VINSON J., (2003)**- L'acidité des sols en Bretagne, un handicap pour l'agriculture ; Portail de l'information environnementale de Bretagne. Agrocompus Ouest 6p.
- **VITRE A** , 2002- La gestion du travail en serre de tomate , p 1.
- **YEO A.R., (1998)**-Molecular biology of salt tolerance in the context of whole plant physiology. J. Exp. Bot. 49, 915-929.
- **ZUANG H. et MUSARD M., 1987** : Culture légumières sur substrats : installation et conduite. Ed. CTIFL. Paris. 7p.
- **ZUANG H., (1982)**-La fertilisation des cultures légumières, ctifl, Paris : 395p.

Annexe 01 : Tableau de l'ANOVA de la hauteur final des plantes du haricot.

Source	Somme des carrés	DDI	Carré moyen	Test F	Probabilité	C.V (%)
Inter-groupes	218,76	6	36,46	2,51	0,0316	5
Intra-groupes	811,94	56	14,49			
Total (Corr.)	1030,71	62				

Annexe 02

Tableau de l'ANOVA de nombre de feuilles du haricot.

Source	Somme des carrés	DDI	Carré moyen	Test F	Probabilité	C.V (%)
Inter-groupes	57,07	6	9,51	2,52	0,0308	5
Intra-groupes	210,66	56	3,76			
Total (Corr.)	267,74	62				

Tableau de l'ANOVA de nombre de feuilles de tomate.

Source	Somme des carrés	DDI	Carré moyen	Test F	Probabilité	C.V (%)
Inter-groupes	61.6	6	10.32	5.05	0.000	2.26
Intra-groupes	114.44	56	2.04			
Total (Corr.)	176.41	62				

Annexe 03 : Tableau de l'ANOVA de diamètre des tiges du haricot

Source	Somme des carrés	DDI	Carré moyen	Test F	Probabilité	C.V (%)
Inter-groupes	2,52	6	0,42	3,86	0,0026	5
Intra-groupes	6,10	56	0,10			
Total (Corr.)	8,633	62				

Annexe 04 : Tableau de l'ANOVA de chlorophylle (a) dans les feuilles du haricot.

Source	Somme des carrés	DDI	Carré moyen	Test F	Probabilité	C.V (%)
Inter-groupes	0.066	6	0,03	8,08	0,0004	5
Intra-groupes	0.0052	14	0,0009			
Total (Corr.)	0.071	20				

Annexe 05 : Tableau de l'ANOVA de chlorophylle (b) dans les feuilles du haricot.

Source	Somme des carrés	DDI	Carré moyen	Test F	Probabilité	C.V (%)
Inter-groupes	0.0005	6	0,0003	7,97	0,0205	5
Intra-groupes	0.0002	14	0,000034			
Total (Corr.)	0.0007	20				

Annexe 06

Tableau de l'ANOVA la quantité du proline dans les feuilles de haricot.

Source	Somme des carrés	DDI	Carré moyen	Test F	Probabilité	C.V (%)
Inter-groupes	0.006	6	0,001	6,45	0,0019	5
Intra-groupes	0.002	14	0,0001			
Total (Corr.)	0.011	20				

Tableau de l'ANOVA la quantité du proline dans les feuilles de la tomate.

Source	Somme des carrés	DDI	Carré moyen	Test F	Probabilité	C.V (%)
Inter-groupes	1.11	2	5.57	0.0009	0.99	5
Intra-groupes	0.10	18	0.005			
Total (Corr.)	0.10	20	20			

Annexe 07

Tableau de l'ANOVA la quantité du proline dans les tiges de haricot.

Source	Somme des carrés	DDI	Carré moyen	Test F	Probabilité	C.V (%)
Inter-groupes	0.009	6	0,001	7,15	0,001	5
Intra-groupes	0.002	14	0,0002			
Total (Corr.)	0.012	20				

Tableau de l'ANOVA la quantité du proline dans les tiges de tomate

Source	Somme des carrés	DDI	Carré moyen	Test F	Probabilité	C.V (%)
Inter-groupes	3.09	2	1.54	0.01	0.98	5
Intra-groupes	0.014	18	0.0008			
Total (Corr.)	0.014	20				

Annexe 08 :

Tableau de l'ANOVA la quantité du proline dans les racines de haricot.

Source	Somme des carrés	DDI	Carré moyen	Test F	Probabilité	C.V (%)
Inter-groupes	0.001	6	0,0001	4,04	0,01	5
Intra-groupes	0.0006	14	4.39			
Total (Corr.)	0.0016	20				

Tableau de l'ANOVA la quantité du proline dans les racines de tomate

Source	Somme des carrés	DDI	Carré moyen	Test F	Probabilité	C.V (%)
Inter-groupes	2.85	2	1.42	0.001	0.99	3.55
Intra-groupes	0.001	18	9.96			
Total (Corr.)	0.001	20				