

**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**



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme en Master Académique

Spécialité : Biotechnologies végétales

**Action combinée de la salinité-acide salicylique sur le comportement morpho-physiologique de la tomate (*Solanum lycopersicum Mill.*).**

**Réalise par**  
**BENYAHIA Ilham**  
**MESSAOUDI Fatma**

Devant le jury compose de:

<b>Mme BOUCHNAK F.</b>	<b>MCB</b>	<b>USD Blida 1</b>	<b>Présidente</b>
<b>Mr ABBAD M.</b>	<b>MAA</b>	<b>USD. Blida 1</b>	<b>Promoteur</b>
<b>Mr ZOUAOUI A</b>	<b>MCB</b>	<b>USD. Blida 1</b>	<b>Examineur</b>

Année universitaire : **2016/2017**

***Dieu nous a ordonné et a dit: « et la bonté envers vos parents »***  
*A ma douce mère, qui a toujours su, m'orienter et d'un simple sourire  
m'encourager A celle qui m'a donné de l'amour, de la compassion et de la  
tendresse elle m'a appris la tolérance et l'amour d'autrui A celle qui s'est  
fatigué pour moi, et qui m'a toujours soutenu dans la vie.*  
*A mon cher papa a qui je souhaite une longue vie.*

*Pour mes seours : Chahrazed, Manal ,Khadidja ,Nour et Hadil*

*A mon frère fidele qui s'est toujours tenu à mes côtés Chaher Eddine*

*Pour mes chers amies et mes cousines : Hayat, Imene, Siham, Ghania,  
Ikram, Zahia, Nourssin ,kahina , Ilham, Asma, lila , Amina, Meriem , Sara*

*Et A tout mes camarades de ma spécialité Biotechnologies végétale.*

*Fatma*

*Je dédie mon modeste travail*

*A mes chers parents ma mère et mon père pour leur patience, leur aide, leur amour, leur soutien, leur encouragement et leurs conseils judicieux qui m'ont éclairé le chemin de ma vie. J'espère qu'un jour je pourrai vous rendre un peu de ce qu'ils ont fait pour moi, que dieu vous prêter bonne santé et longue vie et que du bonheur. A mes chères sœurs **Soumia** et **Hassina** et mon frère **Houssam** et surtout à A mes tantes, mes oncles, mes cousines **AMEL : Manel ; Sarah : Saliha ; Fadwa ; Yasmin** et mes cousins **Ahmed ; Amar ; Mounir ; Walid ; Nabil** et à toute ma famille et à ma chère amie **Iman** pour leur aide et leur soutien et aussi mes agréables amis : **Meriem ; Asma ; Narimain ; fatma** A ma meilleure amie mon binôme **fatma**, merci pour tous les Moments inoubliables qu'on a passés ensemble.*

Ilham

## Sommaire

**Remerciement**

**Résumé**

**Abstract**

**المخلص**

**Sommaire**

**Liste des Figures**

**Liste des Tableaux**

**Liste des Abréviations**

**Introduction**

**Partie : 1**

### **CHAPITRE 1 : CULTURE DE TOMATE**

I.1. Origine et historique de la tomate.....	01
I.2. Description.....	01
I.3. Classification de la tomate .....	01
3.1. Classification botanique (systématique).....	01
3.2. Classification génétique .....	02
3.2.1. Variétés fixées .....	02
3.2.2. Variété hybride.....	02
3.3. Classification variétale selon le mode de croissance.....	02
3.3.1. Les variétés à croissance indéterminé.....	02
3.3.2. Les variétés à croissance déterminé.....	03
I.4. Caractéristique morphologique de la tomate.....	03
4.1. Appareil végétative .....	03
4.1.1. Système racinaire.....	03

4.1.2. Tige .....	03
4.1.3. Feuille .....	03
I.2. Appareil reproducteur.....	04
5.2.1. Fleur.....	04
5.2.2. Fruit.....	04
5.2.3. La graine.....	04
I.6. Les exigences de la tomate.....	05
6.1. Les exigences climatiques.....	05
6.1.1. La température.....	05
6.1.2. Lumière.....	05
6.1.3. Humidité.....	05
6.2. Exigences nutritionnelles.....	06
6.3. Exigences édaphiques.....	06
6.3.1. Potentiel hydrogène (pH).....	06
6.3.2. La salinité.....	06
6.3.3. Sol.....	06
I.7. Importance économique de la tomate.....	07
7.1. Dans le monde .....	07
7.2. En Algérie.....	08
I.8. Importance nutritionnelle .....	09

## **CHAPITRE II : SALINITE**

II.1. Définition de la salinité.....	10
II. 2. Mesure de la salinité .....	10
II 3.La salinité dans le monde .....	10
3.1 Dans le monde.....	10
3.2.EnAlgérie.....	11
II.4.Classification des plantes vis-à-vis le stress salin.....	11
3.1. Les halophytes.....	11
3.2. Glycophytes.....	11
II.5. Origine de la salinisation .....	12

5.1. Salinisation primaire.....	12
5.2. Salinisation secondaire.....	12
II.6. Les types de la salinité.....	12
6.1. Salinité de Sol.....	13
6.2. Salinité des eaux .....	13
II.7. Effets de la salinité sur la physiologie des plantes.....	14
7.1. Sur la germination.....	14
7.2. Sur la croissance et le développement.....	14
7.3. Sur L'état hydrique.....	14
7.4. Effet de la salinité sur l'ultra structure du chloroplaste.....	15
7.5. Effet de la salinité sur la photosynthèse.....	15
7.6. Effet des la salinité sur les racines des plantes.....	15
7.7. Effet de la salinité sur le rendement agronomique .....	15
II.8. Réponse et la stratégie de résistance de la plante aux stress salin.....	16
8.1. Exclusion.....	16
8.2. Inclusion.....	16
8.3. La production des antioxydants contre les ROS.....	17
8.4. Ajustement osmotique .....	17
<b>CHAPITRE III : LA CULTURE HORS SOL</b>	
III.1. Généralité sur la culture de hors sol.....	18
1.1. Historique .....	18
1.2. Définition .....	18
II.2. Exigences des cultures hors sol.....	18
II.3. Les composants de système hors sol.....	19
3.1. Substrat.....	19
3.2. Critères de choix d'un substrat.....	19
3.2. Conteneurs.....	19
3.4.3. La solution nutritive .....	20
3.4.3.1. Le pH .....	20
3.4.3.2. La conductivité électrique.....	21

3.4.3.3. L'équilibre ionique.....	21
3.5. Avantages de la culture hors sol.....	21
3.6. Inconvénients de la culture hors sol.....	22
3.7. Intérêt et utilisation des cultures hors sol .....	23

## **CHAPITRE : IV ACIDE SALICYLIQUE**

IV.1. Historique.....	24
IV 2. Définition .....	24
IV.3. Propriété chimique .....	24
IV.4. Biosynthèse de l'acide salicylique.....	25
IV.5. Rôle de l'acide salicylique .....	26
IV 6. Rôle dans l'Osmo-régulation.....	26
IV.7. Acide salicylique et les stress abiotiques .....	27
IV.8. Mode d'action .....	27

## **Partie II Matérielle et méthode**

1. But de l'expérience .....	28
2. Matériel végétal testé .....	28
3. Conditions expérimentales .....	28
3.1 Lieu de l'expérience .....	29
3.2 Substrat .....	29
3.4. Conteneurs .....	29
3.4. Dispositif expérimental .....	30
4. Composition de différent traitement.....	30
5. Préparation des Solution .....	30
5.1. Pour La Solution Nutritive.....	30
5.2. Solution Saline .....	30
5.3. Acide Salicylique.....	31
6. Essai de germination .....	31
6.1. Pré germination des graines .....	31
6.2. Repiquage des germes .....	31
7. Paramètre mesure	
7.1. Paramètres morphologiques .....	32
7.1.1. Hauteur finale des plantes.....	32
7.1.2. Diamètre des tiges.....	32
7.1.3. La longueur finale de la racine .....	32

7.1.4. La biomasse fraîche produite .....	32
7.1.5. La biomasse sèche produite .....	33
7.1.6. Le taux de matière sèche.....	33
7.2. Les paramètres physiologiques	
7.2.1. La Teneur relative de l'eau .....	33
7.2.2. Dosage de la chlorophylle .....	33

## **Partie 2 : Résultat et discussion**

1. Paramètre mesures	
1.2. Paramètres morphologiques.....	34
1.3. Hauteur finale des plantes.....	34
1.2 Diamètre des tiges.....	35
1.3. La biomasse fraîche des feuilles .....	36
1.4 .la biomasse fraîche des tiges.....	37
1.5. La biomasse fraîche des racines.....	38
1.6. La longueur finale de la racine.....	38
1.7. La biomasse sèche des feuilles.....	40
1.8. La biomasse sèche des tiges .....	41
1.9. La biomasse sèche des racines .....	42
1.10. La matière sèche des feuille .....	42
1.11. La matière sèche des tiges .....	43
1.11. La matière sèche des tiges.....	44
2. Paramètre physiologique .....	45
2.1. Teneur en l'eau.....	45
2.2. Teneur en chlorophylles (a).....	46
2.3. Teneur en chlorophylles(b).....	47

## **Conclusion**

## Remerciement

*En premier lieu, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir accordé le courage et la force de mener à bien ce modeste travail. Ce mémoire est le résultat d'un travail de recherche de près de huit Mois. En préambule, on veut adresser tous nos remerciements aux Personnes avec lesquelles on a pu échanger et qui nous a aidés pour la rédaction de ce mémoire.*

*Au terme de cette étude, En commençant par remercier tout D'abord Monsieur : **ABAAD MOHAMED**, notre promoteur, pour avoir*

*Accepté de diriger ce modeste travail.*

*Nos sincères remerciements aux membres de jury : Mme.*

**BOUCHNAK, F**

*de nous avoir fait l'honneur d'accepter de présider le jury de ce mémoire et nous remercions également Monsieur **ZOUAOUI Ahmed***

*D'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.*

*Nous tenons à remercier tout le personnel du laboratoire de Recherche de Biotechnologie des productions végétales de notre Département biotechnologie*

*Fatma*

*Isham*

## Action de La salinité et de l'acide salicylique

### Résumer

La plante comme toute les être vivants as besoin des éléments nécessaire pour se développe et assurer le fonctionnement de ces cellule ainsi protéger sa rigidité et son aspect, mais elle plusieurs abstract comme les salinités

La salinité est un grand problème qui provoque l'agriculture dans le monde et en Algérie, qui engendre une réduction de la croissance et des rendements des variétés sensibles,

Dans notre travaille on a étudié d'un cas l'impact de deux doses du  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (10,20mM) et d'un autre cas on a additionné la phytohormone l'acide salicylique avec se sel nocif ; sur certain paramètre biomorphologique et physiologique de *Solanum lycopersicum. Mill.*

La présence de sel affect négativement toute les paramètres concernant la réduction la plus remarquable a une dose de 20mM avec des chutes de 77.58 % pour la biomasse fraiche, pour la longueur des racines 12.09 % pour la hauteur des plants 27.73 % pour 12.09 %, pour le pois sec des racines 50 %.

En revanche l'adition de l'acide salicylique avec 1 et 2 mM as amélioré la longueur des racines de 16.85 % et 17.62 %,pour la hauteur des plants 15.27 % et 13.73 % et 64.50 % concernant le pois sec corespond a une addition de 1mM de l'acide ,alors que se dernier n'as aucun effet significative sur la biomasse fraiche des feuilles .

#### **mots clés :**

Acide salicylique, Paramètre biomorphologique et physiologique  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  , Salinité,Sel ,*Solanum lycopersicum.Mill.*

# Action of salinity and salicylic acid

## Abstract

The plant as all the living beings need the necessary éléments to develop and ensure the function of these cells, to protect rigidity and appearance, but we have several abstract threated it like the salinities.

Salinity is a big problem which provoke the agriculture in the world and Algeria consider one of this country whos sufered from it, these probleme cause a reduction in growth and yields of susceptible varieties.

In our study, we try to know the influence of salt and salicylic acid by the addition of  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (10.20 mM) in the first case in the second we add the salicylic acid whith the latter , on biomorphological and physiological parameters of *Solanum lycopersicum.Mill.*

The presence of salt adversely affected all parameters concerning the most remarkable reduction at a dose of 20 mM with falls of 77.58 % for fresh biomass, for root length 12.09 % for plant height 27.73 % for 12.09 %, for dry pea roots 50 %.

On the other hand, the addition of salicylic acid with 1 and 2 mM improved the length of the roots by 16.85 % and 17.62 %, for the height of the plants 15.27 % and 13.73 % and 64.50 % for the dry peas corespond to an addition of 1 mM. acid, while last has no significant effect on fresh leaf biomass.

### Keywords :

Salicylic acid, Paramètre biomorphological and physiological  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , Salinity, Salt, *Solanum lycopersicum.Mill.*

## عمل الملوحة وحمض الساليسيليك ملخص

النباتات كجميع الكائنات الحية تحتاج إلى الوسائل اللازمة لتطوير وضمن عمل خلاياها وبالتالي حماية صلابتها ومظهرها، ولكن عدة عوامل تؤثر سلبا عليها مثل الملوحة الملوحة مشكلة عويصة تهدد الزراعة في العالم وفي الجزائر أيضا، فهي تسبب انخفاض نسبة النمو والعائدات خاصة إذا تعلق الأمر بالأصناف الحساسة.

في عملنا هذا تم دراسة تأثير جرعتين من  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (10,20 mM) من جهة، و من جهة أخر أضيف الهرمون النباتي حمض الساليسيليك (1,2mM) الى الملح ضار؛ على بعض خصائص بيومورفولوجيا والفسيلولوجية

### *Solanum lycopersicum Mill*

لاحظنا أن وجود الملح أثر سلبا على جميع الخصائص البيومورفولوجية الأكثر وضوحا كانت بجرعة 20 ملغ مع انخفاض 77.58% للكتلة الحيوية الطازجة، وطول الجذر 12.09% ارتفاع النبات 27.73% 12.09، الجذور الجافة 50%. من ناحية أخرى، أدت إضافة حامض الساليسيليك مع 1 و 2 ملي إلى تحسين طول الجذور بمقدار 16.85% و 17.62%، لارتفاع النباتات 15.27% 13.73% و 64.50% الجافة بالتناسب مع إضافة 1 ملم من الحمض، في حين أن الأخير ليس له تأثير كبير على الكتلة الحيوية الورقية.

### الكلمات المفتاحية:

حمض الساليسيليك، خصائص بيومورفولوجيا خصائص الفسيلولوجية،  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ، الملوحة، الملح، *Solanum lycopersicum Mill*

## Liste des Figures

<b>Figure 01</b> : Coupe d'une fleur de tomate .....	04
<b>Figure 02</b> : la production mondiale de la tomate depuis 1962 jusqu'a 2012.....	07
<b>Figure 03</b> : Biosynthèse de l'Acide Salicylique dans la plante.....	26
<b>Figure 04</b> : le lieu de l'expérience .....	28
<b>Figure 05</b> : Aspect général des conteneurs.....	29
<b>Figure 06</b> : Schéma de dispositif expérimental .....	30
<b>Figure 07</b> : pré germination des graines de tomates dans les boîtes de pétri.....	31
<b>Figure 08</b> : aspect général des jeunes plantules de tomate après le repiquage.....	32
<b>Figure 09</b> : la variation de la hauteur finale des plants (cm).....	34
<b>Figure 10</b> : la variation de Diamètre des tiges (cm).....	35
<b>Figure 11</b> : la variation de Biomasse fraîche des feuilles (g).....	36
<b>Figure 12</b> : la variation de la biomasse fraîche des tiges (g).....	37
<b>Figure 13</b> : la variation de la biomasse fraîche des racines (g).....	38
<b>Figure 14</b> : la variation de la longueur des racines en (cm) .....	39
<b>Figure 15</b> : la variation de la biomasse sèche des feuilles (g).....	40
<b>Figure 16</b> : la variation de la biomasse sèche des tiges (g).....	41
<b>Figure 17</b> : la variation de la biomasse sèche de racines (g).....	42
<b>Figure 18</b> : la variation la matière sèche des feuilles (g).....	43
<b>Figure 19</b> : la variation la matière sèche tiges (g).....	43
<b>Figure 20</b> : la variation de la biomasse sèche de racines (g).....	44
<b>Figure 21</b> : la variance de la teneur en eau %.....	45
<b>Figure 22</b> : la variation du taux de chlorophylle (a).....	46
<b>Figure 23</b> : la variation du taux de chlorophylle (b).....	47



## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 01</b> : La production mondiale dans 28 pays dans le monde .....	07
<b>Tableau 02</b> : Evolution de la production maraichère en Algérie entre 2003 et 201.....	08
<b>Tableau 03</b> : Composition chimique des fruits de tomate (100 g) .....	09
<b>Tableau 04</b> : les régions touchées par la salinité et les superficies affectées .....	10
<b>Tableau 05</b> : Classification des sols .....	13
<b>Tableau 06</b> : la solubilité de l'acide salicylique dans différents solvants .....	25
<b>Tableau 07</b> : Doses et fréquences d'irrigation nécessaire pour la culture de la tomate.....	32

## Liste d'abréviation

**AC** : Acide Salicylique

**%** : Pourcent

**C °** : Degré Celsius

**CE** : Conductivité Électrique

**DO** : densité optique

**ha** : hectare

**mM** : millimole

**PAL** : Laphénylalanine Ammoniac Lyase

**pH** : potential hydrogene

**Qx** : quintaux

**ROS** : Réactive Oxygéna Spécifs

**TRL** : Teneur Relatif en 'eau

## Introduction

La Tomate est l'un des légumes les plus consommés principalement pour son apport en provitamine A sous forme de terpènes caroténoïdes (Boumendjel *et al.*, 2012). C'est un produit riche en éléments nutritifs notamment en lycopène responsable de la couleur rouge foncée des fruits mûrs des tomates a suscité beaucoup d'attention à raison de son effet bénéfique dans la prévention de certains pathogènes (Sawadogo *et al.*, 2015). Des études épidémiologiques ont en effet montré que la consommation de tomates et des produits à base de tomates pourraient prévenir certaines maladies chroniques telles que les cancers de la cavité buccale ; du pharynx, de l'œsophage, de l'estomac, de rectum, de la prostate et du sein (Vaishampayan *et al.*, 2007) ainsi que le risque de maladies cardiovasculaires (Riccioni, 2009).

En Algérie la culture de la tomate occupe une place prépondérante dans l'économie agricole. Près de 33000 ha sont consacrés annuellement à sa culture (maraîchères et industrielles). Pour une production moyenne de 11 millions de quintaux avec des rendements moyens de 311 Qx/ha (Anonyme, 2009), ces derniers demeurent faibles et assez éloignés de ceux enregistrés dans d'autres pays du bassin méditerranéen (Tunisie, Maroc, Italie, France, Espagne) producteurs de la tomate où les rendements varient entre 350 QX/ha à 15000 QX/ha selon les statistiques de la (FAO, 2008).

Cependant la demande alimentaire en ce produit est sans cesse croissante du fait d'une démographie croissante et l'utilisation de terres marginales. Certains cas présentent une forte salinité dans nombreuses zones de production agricole. L'utilisation de l'eau de qualité médiocre pour l'irrigation et l'application de quantités excessives d'engrais minéraux sont les principales causes du processus de salinisation des sols cultivés en tomate.

La salinité du sol, est une contrainte abiotique majeure due à l'accumulation de sels hydrosolubles dans le sol. Ces sels sont le potassium ( $K^+$ ), le magnésium ( $Mg^{2+}$ ), le calcium ( $Ca^{2+}$ ), le chlorure ( $Cl^-$ ), le sulfate ( $SO_4^{2-}$ ), le carbonate ( $CO_3^{2-}$ ), le bicarbonate ( $HCO_3^-$ ) et le sodium ( $Na^+$ ). qui affectent négativement les aspects physiologique et biochimique de la plante en entraînant une réduction de son rendement (Ruizlozano *et al.*, 2012 Almeida *et al.*, 2014), en plus elle induit un stress osmotique, une sécheresse physiologique et un déséquilibre ionique désactivant ainsi les fonctions vitales cellulaires (Djerroudi *et al.*, 2011, Taffaou *et al.* 2013) réduit le taux de respiration (Gramer *et al.*, 2013) la distribution des sels minéraux et la variation de la pression de la turgescence (Shabala and Muuns 2012).

Le stress salin peut influencer sur la croissance à travers nombreuses facettes du métabolisme telle que l'absorption des éléments nutritifs et leur distribution au sein de la plante, l'altération de la photosynthèse, la synthèse des protéines, l'accumulation des solutés organiques, l'équilibre hormonal et la disponibilité de l'eau. En outre, la réduction de la croissance due à la salinité est également attribuable à la toxicité des ions et au déséquilibre nutritif. Cet état entraîne non seulement l'augmentation de l'accumulation du sodium ( $\text{Na}^+$ ) et du chlorure ( $\text{Cl}^-$ ) dans les plantes, mais aussi il affecte l'antagonisme de l'absorption des éléments essentiels comme le potassium ( $\text{K}^+$ ), le calcium ( $\text{Ca}^{++}$ ) et le magnésium ( $\text{Mg}^{++}$ ) en compétition avec le  $\text{Na}^+$  et les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) par contraste avec le  $\text{Cl}^-$  (Zörb *et al.*, 2005).

De nombreux chercheurs ont axé leurs travaux notamment sur la sélection des variétés adaptées à ces régions, soit par une amélioration génétique qui reste, sans doute le moyen le plus accessible ou par une étude approfondie des différents mécanismes d'adaptation. L'amélioration de la tolérance à la salinité serait d'une grande valeur pour une culture modérément sensible comme la tomate, quand elle est cultivée sur des sols qui ont des problèmes de salinité. Dans les dernières décennies, des progrès considérables ont abouti à la recherche de plantes tolérantes à la salinité par la sélection conventionnelle et les techniques de sélection (Ashraf, 2002). Alors que la plupart des procédures de sélection sont basées sur les différences de caractères agronomiques, qui représentent la combinaison des effets génétiques et environnementaux sur la croissance des plantes et intègrent les mécanismes physiologiques conférant la tolérance à la salinité (Ashraf and Neilly, 2004).

Ces mécanismes d'adaptation utilisés par la plante pour survivre à la salinité ne sont pas encore bien compris. La contrainte principale est qu'il existe très peu d'indicateurs pour la tolérance ou la résistance à la salinité des plantes qui pourraient pratiquement être utilisés par les sélectionneurs pour l'amélioration de la tomate ou d'autres spéculations vis-à-vis de la salinité des sols. Ceci est en partie dû au fait que les mécanismes de tolérance à la salinité sont si complexes que la variation se produit non seulement entre les espèces mais, dans de nombreux cas, également entre les variétés d'une même espèce (Ashraf, 2002).

La mise au point de méthodes d'amélioration de la résistance à cette contrainte abiotique permettrait d'améliorer la production végétale des zones à risque ou irriguées à l'eau soumise et présenterait un intérêt évident dans l'optique d'une amélioration variétale (Salama, 2004). La tolérance à la salinité est susceptible d'être améliorée physiologiquement par l'addition de calcium ou l'acide salicylique (Wasti *et al.*, 2012). De nombreuses études ont été menées pour essayer d'identifier son rôle dans la tolérance des plantes aux stress abiotiques, il peut être

ajouter aux plante par voie racinaire ou par voie foliaire (Gunes *et al.*, 2007).

L'objective de travaille est étudier, l'effet des doses croissantes en  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  présentant dans des solutions d'irrigation (10.20mM) sur quelque paramètre biométrique (Hauteur des plants, biomasse fraiches et sèche des tiges feuilles et racines ainsi quelque paramètre physiologique d'une part .deuxième part, voir l'effèt de l'acide salicylique (1 et 2 mM) ; ajouté à la solution d'irrigation.

# **Introduction**

# Partie 1

# **Partie 2**

# Partie 3

# Chapitre I

# **Chapitre II**

# Chapitre III

# **Chapitre IV**

### 1. Origine et historique de la tomate

La tomate est originaire de l'Amérique du Sud, et bien qu'on ait longtemps pensé que cette plante provenait des montagnes péruviennes, où poussent encore des formes sauvages, ce sont les peuplades primitives du Mexique qui cultivèrent les premières tomates (Couplan et al., 2010). En effet, la tomate cultivée, *Lycopersicon esculentum*, s'est différenciée au Mexique à partir d'une forme à fruits plus petits (*Lycopersicon esculentum*. var. *cerasiforme*) originaire de la zone andine. Les indigènes du Mexique l'appelaient « Tomati » qui dérive d'un mot aztèque « Zitomate » (Messiaen, 1975).

D'après Polese (2007), la tomate arriva d'abord en Espagne, puis très vite, elle parvint en Italie et gagna le reste de l'Europe. En Italie, on commença à consommer ses fruits vers 1550, mais seulement à petites doses, car on montrait une certaine réticence à utiliser ce nouveau fruit dans la cuisine courante. Les italiens la baptisèrent *pomo d'oro* qui signifie pomme d'or.

### 2. Description

La tomate est une plante herbacée de la famille des solanacées, cultivée pour son fruit. Le terme désigne à la fois la plante et le fruit charnu qui, bien qu'il soit biologiquement un fruit, est considéré comme un des légumes les plus importants dans l'alimentation humaine. En termes de quantité produite en 2007, il s'agit de la douzième culture au niveau mondial et de la quatorzième au niveau européen (FAO, 2009). Avec près de 152 millions de tonnes produites en 2010 (FAO, 2012), la culture de la tomate est en plein essor au niveau international. Ce légume se consomme, soit cru, en mélange avec d'autres ingrédients ou en jus, soit cuit sous la forme de préparations variées à partir de produits frais ou transformés industriellement. De cela se dégagent deux grands types de cultures de la tomate : la culture de frais, réalisée en général sous abris et récoltée manuellement et la culture d'industrie, réalisée en plein champs et récoltée mécaniquement. La tomate est un aliment diététique riche en eau et pauvre en calories.

### 3. Classification de la tomate

#### 3.1. Classification botanique (systématique)

Dominique et al., (2009), ont rappelé que la tomate appartient à la classification suivante :

Règne : *Plantae*

Sous règne : *Trachenobionta*

Division : *Magnoliophyta*

Classe : *Magnoliopsida*

Embranchement : *Phanérogames*

S/Embranchement : *Spermatophytes*

Ordre : *Solanales*

Famille : *Solanacées*

Genre : *Lycopersicum*

Espèce : *Lycopersicum esculuntum*

Chaux et Foury (1994) ont rappelé que le genre *Lycopersicum* comprend neuf espèces, dont une seule espèce *Lycopersicum esculuntum* sous sa forme sauvage ceraciforme pourrait être directement à l'origine de nos variétés, a émigré vers le sud de l'Amérique du nord. La tomate fit son apparition en Afrique de nord au dixseptième siècle au Maroc d'abord puis en Algérie et Tunisie. Selon Spinder (1984), ce genre est subdivisé en deux sous genre:

\* *Eulycopersicum* à fruit rouge comestible.

\* *Eriopersicum* à fruit de différentes couleurs (vert, jaune, ou marron).

### 3.2. Classification génétique

Selon Dominique et al.,(2009), la tomate cultivée, est une espèce diploïde, avec  $2n=24$  chromosomes, chez laquelle il existe de très nombreux mutants mono géniques dont certains sont très importants pour la sélection. Sa carte chromosomique compte actuellement 235 gènes localisés avec précision (Gallais et Bannerot, 1992).

La structure de la fleur de tomate assure une autogamie stricte, mais elle peut se comporter comme une plante allogame, on peut avoir jusqu'à 47% de fécondation croisée dans la nature (Publishers, 2004). Ces deux types de fécondation divisent la tomate en deux variétés qui sont

#### 3.2.1. Variétés fixées

Il existe plus de cinq variétés fixées (conservent les qualités parentales). Leurs fruits sont plus ou moins réguliers, sont sensibles aux maladies, mais donnent en général des fruits d'excellente qualité gustative comme exemple : Marmande, Saint-Pierre (Polese, 2007)

#### 3.2.2. Hybrides

Les hybrides sont plus nombreux. Ils sont relativement récents, puisqu'ils n'existent que depuis 1960 (Polese, 2007). Comme exemple : Tofane, saint Ruff, Heinz 1573, cerise, aïcha

### 3.3. Classification variétale selon le mode de croissance

On peut classer les variétés fixes en deux catégories selon leurs modes de croissance :

#### 3.3.1. Les variétés à croissance indéterminé

Qui nécessitent des interventions de taille (on pince les gourmands) pour limiter la croissance et provoquer de nouvelles floraisons et qui demandent souvent un tuteurage (Courchinoux, 2008). Elles sont plus productives (Polese, 2007)

### **3.3.2 Les variétés à croissance déterminé**

Dont le développement est de type buissonnant qui ne nécessitent ni taille ni bouturage (Courchinoux, 2008). Elles requièrent moins de main d'œuvre, c'est pourquoi elles sont souvent choisies pour la culture commerciale. (Naïka et *al.*, 2005). Ce type de variété est destiné à l'industrie agro-alimentaire sous le nom de variété industrielle.

## **4. Caractéristique morphologique de la tomate**

En Amérique du sud, la plante est considéré comme pluriannuelle (Naïka et *al.*, 2005 ), mais le plus souvent, elle est conduite comme annuelle , cultivé pour son fruit comestible (Papadopoulos,1991 ).

### **4.1. Appareil végétative**

#### **4.1.2. Système racinaire**

Le plant de tomate présente un système racinaire puissant très ramifié et à tendance fasciculée. Il est constitué d'une racine pivotante qui pousse jusqu'à une profondeur de 50 cm ou plus. Cette dernière produit une haute densité de racines latérales et adventices très actives sur les 30 à 40 premiers centimètres. En sol profond les racines peuvent atteindre jusqu'à un mètre de profondeur (Chaux et Foury, 1994 et Naïka et *al.* 2005).

Le développement et la pénétration rapide des racines dans les couches les plus profondes du sol induit une résistance relativement grande des tomates à la sécheresse.

#### **4.1.3. Tige**

Elles sont vertes et pourvues de poils blanchâtres. Elles portent les feuilles, les fleurs et les fruits. Elles sont souvent retombantes et demandent à être attachées sur des tuteurs (Tahi, 2008). Ce même auteur a ajoutait que la tige est pleine, glandulaire et pousse jusqu'à une longueur de 2 à 4 mètre. En effet, Naïka et *al.*, (2005), ont mentionnaient que le port de croissance de la tomate varie entre érigé et prostré.

#### **4.1.4. Feuille**

Elles sont composées et possèdent de sept à onze folioles. La forme des folioles peut varier selon les variétés : arrondies ou, au contraire, dentelées et pointues à leur extrémité. Ces feuilles mesurent de 15 à 25 cm de long et sont d'un vert franc, poilues et odorantes (Couplan et *al.*, 2010).

On distingue deux types de feuilles le type normal qu'on trouve chez la plupart des variétés répandues en Algérie et le type feuilles de pomme de terre qui a une structure plus simple.

## 5. Appareil reproducteur

### 5.1. Fleurs

Elles sont de petites tailles, de couleurs jaunes et en forme d'étoile. Elles sont groupées sur un même pédoncule en bouquet de trois à huit fleurs. Ces bouquets apparaissent en général régulièrement sur la tige chaque fois que la plante a émis trois feuilles (Polese, 2007).

Selon Tahi (2008), il y'a 1 à 4 feuilles en moyenne qui séparent deux bouquets successifs et cela suivant le mode de croissance des tiges. Les fleurs sont hermaphrodites avec des parties mâles et femelle fonctionnelles et sont principalement auto-pollinisées par le vent.



Figure 01 : Coupe d'une fleur de tomate (Anonyme ,2017).

### 5.2 .Fruit

Les fruits de tomates, charnues et tendres, sont en forme des baies. Selon la variété, leur taille, leur couleur, et leur consistance sont très différentes. Il est de même pour leur forme et leur poids qui peuvent varier de quelques dizaines de grammes a plus d'un kilogramme (Blancard et *a.l*, 2009).

Aussi les fruits peuvent être de forme très diverses selon les variétés, aplatis lisses ou coteles, arrondis, en forme de coeur, ovoïdes ou allonges Messiaen (2009). Leur couleur, vert plus ou moins foncé avant maturité, évolue durant cette dernière vers diverses teintes en fonction des cultivars : crème, jaune, orange, rose, rouge ou brun quelques rares variétés sont zébrées (Blancard et *a.l*, 2009).

### 5.3 .La graine

D'après Chaux et Foury (1994), Les graines sont présentes en grand nombre dans chaque fruit, environ 80 à 350 graines selon les variétés. Elles sont aplaties, plus ou moins

lenticulaires et enveloppées d'un mucilage. Ces petites graines grisâtres ou beiges et en forme de rein ou de poire mesurent 3 à 5 mm de long et 2 à 4 mm de large ce qui rend les semis directs à précision difficiles (Naika et *al.*, 2005).

Les graines de tomate ne présentent pas de dormance, leur germination est épigée et dans de bonnes conditions 25°C, le stade cotylédons étalés est atteint en une douzaine de jours (Tirilly et Bourgeois, 1999).

### **6. Les exigences de la tomate**

#### **6.1. Les exigences climatiques**

Il existe trois facteurs climatiques essentiels qui interviennent aux différents stades de développement de la plante : température, lumière et humidité :

##### **6.1.2. La température**

La température est le facteur le plus déterminé dans la production de la tomate. Celle-ci réagit énormément aux variations thermiques (Chibane, 1999). L'optimum de température diurne se situe à 25 °C. Il est à moduler en fonction du niveau d'ensoleillement 18-20 °C par temps couvert. Un thermopériodisme journalier optimum de 10 °C doit être respectée mais cet écart jour-nuit est à moduler en fonction du stade de la plante (Peron, 2004). Pour obtenir une bonne production, un écart de 6 à 7°C entre les températures diurnes et les températures nocturnes est nécessaire au moment de la floraison (Nyabyenda, 2006).

La tomate ne présente pas d'exigences photopériodiques très strictes. Le cycle est d'ailleurs bref, bien que pouvant se prolonger sous les tropiques durant plusieurs saisons, surtout pour les types à port indéterminé (Chaux et Foury, 1994) Il est à noter que si les températures dépassent 37°, il y'aura une déformation des fruits. (Zemzem, 1994)

##### **6.1.3. Lumière**

La tomate n'est pas sensible au photopériodisme, mais, exigeante en énergie lumineuse. La longueur de l'obscurité est essentielle pour le contrôle de la croissance et le développement de la plante. Un faible rayonnement lumineux réduit le nombre de fleurs par bouquet et affecte la fécondation (Anonyme, 2002). L'intensité de la lumière affecte la couleur des feuilles, la mise à fruits et la couleur des fruits. (Shankara et *al.*, 2005)

##### **6.1.4. Humidité**

Une simple expérience permet de déterminer si les réserves en eau disponibles sont suffisantes pour cultiver la tomate. Le stress causé par une carence en eau et les longues périodes arides font tomber les bourgeons et les fleurs (Chaux, 1972) L'humidité atmosphérique présente une certaine importance. Cotter et Walker ont mis au point l'importance d'une humidité atmosphérique sur la grosseur des fruits, mais ils ont constaté

aussi que cette mesure conduisait à une expansion des maladies cryptogamiques, notamment du Mildiou, du Botrytis, et à une mauvaise fécondation parce qu'elle cause le gonflement des étamines et le pollen ne peut pas sortir et effectuer la pollinisation. Pour ces motifs il semble qu'une hygrométrie relative ambiante de 60 à 65% soit la meilleure. Malheureusement, il est difficile d'agir sur ce facteur (El Fadl et Chtaina, 2010).

### 6.2. Exigences nutritionnelles

La tomate est considérée comme étant l'une des cultures les plus exigeantes en éléments fertilisants. Les exportations dépendent du rendement. Elles sont aussi très variables selon le système de culture (Snoussi, 2010).

### 6.3. Exigences édaphiques :

#### 6.3.1. Potentiel hydrogène (pH)

La culture de la tomate tolère une large gamme de pH (Elattir et *al.*, 2003). Néanmoins, sur des sols à pH basique, certains micro-éléments (Fe, Mn, Zn, Cu) restent peu disponibles à la plante. L'Institut Technique des Cultures Maraichères et Industrielles propose un intervalle de 4.5 à 8.2 pour le pH de la tomate mais celle-ci a une préférence de 5.5 à 6.5 (Anonyme, 2006).

#### 6.3.2. La salinité

La tomate est classée parmi les plantes à tolérance modérée vis-à-vis de la salinité. L'impact de la salinité est plus grave sur le rendement export, suite à la réduction du calibre du fruit.

La culture de la tomate tolère une conductivité électrique (CE) de l'ordre de 3 à 4,5 mm ohms/cm). L'impact de la salinité est plus grave sur le rendement suite à la réduction du calibre du fruit. Donc elle doit être maintenue entre 1 et 2 mm ohms/cm à 25°C en fonction du stade de la culture et de la saison (Skirej, 2006).

#### 6.3.3. Sol

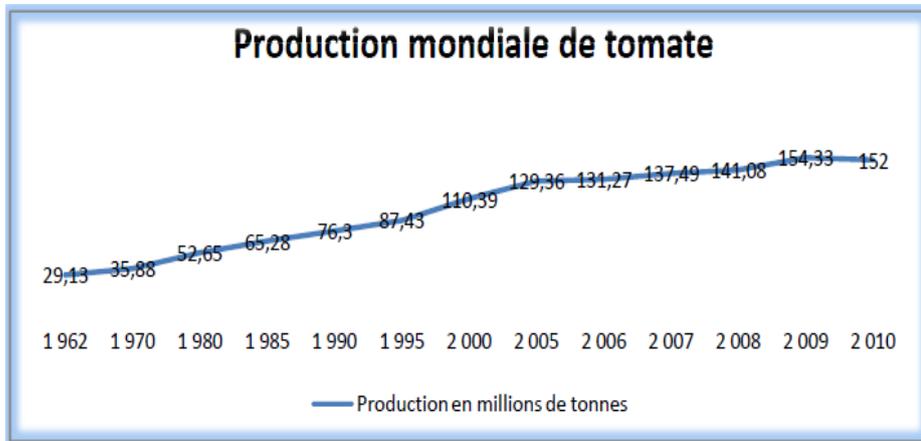
Selon Laumonier et *al.*, (1995), la tomate peut être cultivée presque dans tous les sols. Cependant, les sols légers, meubles et riches en matières organiques lui conviennent mieux. Il convient d'éviter les sols trop battants et mal structurés en profondeur, du fait des risques d'asphyxie racinaire de leur conséquence néfaste sur l'alimentation hydrique qui peuvent conduire à la nécrose apicale du fruit. (Chaux et Foury, 1994) La température du sol est le premier facteur dont dépendent le pourcentage de levée et la vitesse de germination. Cette dernière augmente avec la température jusqu'à une valeur optimale de 25°C, et entre 15°C et 20°C on aura un meilleur pourcentage de levée (Rey et Costes, 1965).

**7. Importance économique de la tomate**

**7.1. Dans le monde**

La production mondiale annuelle de tomates connaît une progression régulière, et elle est de 152 tn, dont un tiers en Asie, un tiers en Europe, un tiers en Amérique du Nord. , 30 millions sont destinés à la transformation .La plante est cultivée sous serre et en plein champ, sur une superficie d'environ **5.3** millions d'hectares, ce qui présente près d'un tiers (1/3) de surfaces mondiales cultivées consacrées aux légumes (FAOSTAT, Avril 2012).

Ce graphe montre la production mondiale de la tomate depuis 1962 jusqu'a 2012.



**Figure 02** : la production mondiale de la tomate depuis 1962 jusqu'a 2012 (FAOSTAT, Avril 2012)

**Tableau 01** : La production mondiale dans 28 pays dans le monde

Pays	Production (tn)	Pays	Production (tn)
1/ Chine	41 879 684	15/Portugal	1 406 100
2/ Etas Unis	12 902 000	16/Maroc	1 277 750
3/Inde	11 979900	17/Tunisie	1 100 000
4/Turquie	10 052 000	18/Chili	900 000
5/Égypte	8 544 990	19/ Pays bas	815 000
6/Italie	6 544 990	20/ Roumanie	768 532
7/Iran	5 256 110	21/Jordanie	737 261
8/Espagne	4 312 700	22/Argentine	697 900
9/Brésil	3 691 300	23/Japon	690 700
10/Mexique	2 997 640	24/Pologne	677 700
11/Ouzbékistan	2 347 000	25/France	587 586
12/Russie	2 000 000	26/Algérie	578 700
13/Ukraine	1 824 700	27/Canada	492 650
14/Grèce	1 406 200	28/Arabie S	489 800

(Davies et Hobson ,1981)

**7.2. En Algérie**

La tomate occupe une place remarquable dans l'économie agricole algérienne. C'est une culture très répandue, des milliers d'hectares y sont consacrés chaque année. C'est un légume de base pour la population algérienne. Elle prend le deuxième rang en cultures maraîchère durant les dix dernières années (Madr, 2013).

**Tableau 02** : Evolution de la production maraichère en Algérie entre 2003 et 2012

Année	Superficie Ha	Production Qx	Rendement Qx/Ha
2002	17820	4013 640	225.20
2003	18650	4569 330	245.00
2004	19432	5121 950	263.60
2005	12 089	5137 280.4	343.60
2006	20436	5489 .336	268.60
2007	20079	5673 491	282.50
2008	19655	6410 343	284.50
2009	20789	7182 353	308.40
2010	20575	7182 353	336.3
2011	21358	7716 055	375.0
2012	21542	7969 630	370.0

(Anonyme, 2012)

**8. Importance nutritionnelle**

La composition biochimique des fruits de tomate fraîche dépend de plusieurs facteurs, à savoir : la variété, l'état de maturation, la lumière, la température, la saison, le sol, l'irrigation et les pratiques culturales (Salunkhe et al., 1974). Le jus représente la majeure partie des constituants physiques de la tomate. La tomate est constituée de 94 à 96 % de jus, 1 à 1.5 % de pépins et 1,5 à 2,5% de pelures et fibres. Les sucres contenus dans la tomate sont essentiellement des sucres réducteurs : le glucose représente 0,88-1,25%, et le fructose 1,08-1,48% (Moresi et Liverotti, 1982).

Les constituants protéiques sont présents en faible concentration dans la majorité des fruits et légumes. Ils sont toutefois d'une importance capitale en tant qu'enzymes impliquées dans le métabolisme des fruits au cours de leur croissance. La tomate malgré sa faible teneur en protéines (1,1%) contient pratiquement tous les acides aminés (Alhagdown ,2006).

La composition en lipides varie en fonction de la variété et du degré de maturité lors de la récolte ; il répertorie plus de 33 acides gras dans le péricarpe, la teneur en lipides et 0,3 g par 100g de poids frais (Benard, 2009).

La teneur globale en cendres est de 0,75%. Les principaux minéraux qui entrent dans la constitution de la tomate sont : le Calcium (2,95 à 3,95 ppm), le Magnésium (2,5 à 4 ppm), le Fer (0,6 à 0,8 ppm), le Phosphore (2,4 à 2,9 ppm), le Potassium (18,7 à 29,5 ppm) et le Sodium (15,7 à 17,6 ppm) (Fabrice, 2000).

Outre ces principaux constituants le fruit de la tomate contient les vitamines, des enzymes, des substances pectiques, des pigments porphyriques comme les chlorophylles et les caroténoïdes dont le carotène, le lycopène, les xanthophylles (Hart et Scoot, 1995).

Le tableau suivant consigne la composition chimique des fruits de tomate

**Tableau 03** : Composition chimique des fruits de tomate (100 g).

Humidité	95%	Sodium	0.01 mg	Fer	0.50 mg
Énergie alimentaire	22 KCAL	Vitamine	900.0 IU	Zinc	0.20 mg
Protéine	1 g	Vitamine D	0	Biotine	4.00 mcg
Graisses	0.2 g	Vitamine E	0.40 mg	Vitamine B12	0
Carbo hydrate	4.7 g	Vitamine C	23 mg		
Fibre	0.5 g	Thiamine	0.06 mg		
Calcium	13.0 mg	Riboflavine	0.04 mg		
Phosphore	27.0 mg	Niacine	0.70 mg		
Sodium	3.0 mg	AcidePantothénique	0.33 mg		
Magnésium	17.7 mg	Vit. B6 (pyridoxine)	0.10 mg		
Potassium	244.0 mg	Acide folique	39.00 mcg		

(Davies et Hobson ,1981)



### II.1. Définition de la salinité

La salinité est définie selon plusieurs chercheurs comme la présence d'une concentration excessive de sels solubles dans le sol ou dans l'eau d'irrigation (Baiz, 2000 et Maatoughi, 2001). C'est un facteur environnemental très important qui limite la croissance et la productivité (Allakhverdiev et al, 2000 in Bouzid, 2010).

la salinité élevée des sols due essentiellement au chlorure de sodium affecte le tiers des terres irriguées à l'échelle mondiale et constitue un facteur limitant prépondérant de la production végétale dans les zones arides (Hasegawa et al., 2000).

### II.2. Mesure de la salinité

La salinité du sol est déterminée par la mesure de la conductivité électrique (CE) exprimée en décisiemens par mètre (ds/m) qui traduit la capacité d'une solution aqueuse à conduire le courant. Elle est proportionnelle à la concentration des sels minéraux dissous. La salinité peut également être exprimée en gramme par litre (g/l) où  $1\text{ds/m}=0,64\text{g/l}$ , en millimolaire (mM) où  $1\text{ds/m}=10\text{mM}$ , en milliequivalent par litre (meq/l) où  $1\text{ds/m}=10\text{meq/l}$ . (Muuns et Tester 2008)

### II.3. la salinité dans le monde

#### 3.1. Dans le monde

La salinisation des terres est un problème majeur à l'échelle du globe. Elle affecte déjà au moins 400 millions d'ha et en menace gravement une surface équivalente (FAO, 2005).

Le tableau suivant montre les régions touchées par ce phénomène ainsi les superficies affectées. **Tableau 04** : les régions touchées par la salinité et les superficies affectées

Régions	Superficies (Millions d'hectares)
Afrique	80.5
Europe	50.8
Amérique du nord	15.7
Amérique du sud	129.2
Asie du sud	87.6
Australie	357.3
Mexique et l'Amérique centrale	2.00
Asie central	211.7
Asie du sud-est	20

Selon Hamdy et al., ( 1995 in Snoussi, 2001)

### 3.2. En Algérie

La rareté de la pluie (<100 mm/an) a obligé les agriculteurs à utiliser les eaux des nappes phréatiques qui sont fortement minéralisées (Dkhinane et al., 2010). D'après Szabalocs (1989), 3,2 millions d'ha subissent à des degrés de sévérité variable, le phénomène de salinisation dont une bonne partie se trouve localisée dans les régions steppiques où le processus de salinisation est plus marqué du fait des températures élevées durant presque toute l'année, du manque d'exutoire et de l'absence de drainage efficient.

Le phénomène de salinisation est observé dans les plaines et vallées de l'Ouest du pays (Mina, Cheliff, Habra Sig, Maghnia..), dans les hautes plaines de l'Est (Constantine, Sétif, Bordj Bou Arreridj, Oum El Bouagui), aux abords des chotts et de sebkha et dans le grand sud (dans les oasis, le long des oueds, etc....) (Anonyme, 2008).

### II.4. Classification des plantes vis-à-vis le stress salin

Suivant leur production de biomasse en présence de sel, quatre grandes tendances ont été distinguées

#### 4.1. Les halophytes

Le terme d'halophyte venant du grec, ceci veut dire : halos (sel) et phyton (plante). Il a été introduit en 1809 par Pierre Simon Pallas et attribué aux végétaux vivants sur des sols salés, c'est-à-dire contenant une solution trop riche en sels solubles et par là impropres à recevoir des cultures. En fait, actuellement on appelle halophytes toute plante dont une partie quelconque de son organisme, est en contact avec des concentrations anormalement fortes de sel, c'est le cas des végétations marines ; des plantes de bords de marais ou de lacs salés (Larafa, 2004).

Il existe :

- ✓ **Les Halophytes vraies**, dont la production de biomasse est stimulée par la présence de sel. Ces plantes présentent des adaptations poussées et sont naturellement favorisées par ces conditions par exemple le cas de *Suaeda maritima*....
- ✓ **Les Halophytes facultatives**, montrant une légère augmentation de la biomasse à de *teneurs faibles en sel* : *Plantago maritima*, *Aster tripolium*
  - ✓ **Les Non-Halophytes résistantes**, supportant de faibles concentrations en sel : *Hordeum sp* ( Hagemeyer., 1996)

**4.2. Glycophytes** : Ce sont des plantes sensibles aux basses concentrations en sel. La sensibilité des plantes à la salinité dépend des facteurs exogènes, des espèces et variétés de

plantes cultivées. Notons également que la capacité des plantes à tolérer la salinité dépend de l'interaction entre la salinité et les facteurs exogènes (sol, eau, conditions climatiques). Donc une compréhension de base de ces interactions est nécessaire pour une évaluation précise de la tolérance au sel. (Omami, 2005)

### II.5. Origine de la salinisation

En général ; il existe deux types de salinité : la salinité primaire et la salinité secondaire. La première résulte de la présence initiale de sels dans le sol ou dans la nappe phréatique. La seconde résulte des apports de l'eau d'irrigation (Farissi et *al.*, 2014).

#### 5.1. Salinisation primaire

Elle se produit naturellement là où la roche mère du sol est riche en sels solubles ou bien en présence d'une nappe phréatique proche de la surface. Dans les régions arides et semi-arides où les précipitations sont insuffisantes pour lixivier les sels solubles du sol et où le drainage est restreint, des sols salins vont se former avec des concentrations élevées de sels.

Selon Snoussi (2001), elle est due principalement aux sels à leur origine et au processus d'altération des roches. Selon Brady (2002), la migration et le dépôt de ces sels solubles dépendent de :

- Intensité des précipitations et de leurs répartitions ;
- Le degré de porosité du sol

#### 5.2. Salinisation secondaire

La salinisation secondaire, résultat d'activités agricoles sur un sol déjà formé, est corollaire de l'irrigation est conséquence de la quantité d'eau apportée aux sols agricoles déjà formés, de sa qualité (nature et concentration des sels) de la texture des sols et du climat (Marlet, 2005). Dans les aires de grande irrigation s'ajoute l'inadéquation du réseau de drainage des eaux usées souvent insuffisant par sa densité, par la profondeur des drains, par sa pente et son mauvais état (Maniguet, 2003).

L'irrigation altère le bilan hydrique du sol en générant un apport d'eau supplémentaire. Cet apport est toujours associé à un apport de sels. En effet, même une eau douce de la meilleure qualité contient des sels dissous et, si la quantité de sels apportée par cette eau peut sembler négligeable. Les quantités d'eau apportées au fil du temps (Anonyme, 2006).

### II.6. Les types de la salinité

#### 6.1. Salinité de Sol

La salinité est liée étroitement avec les cations  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , et  $\text{Mg}^{+2}$  tandis que le  $\text{Cl}^-$  le sulfate ( $\text{SO}_4$ ) et le bicarbonate  $\text{HCO}_3^-$  sont des anions qui contribuent à la salinité du sol. Toutefois, le  $\text{NaCl}$  est considéré comme le sel le plus important puisque le Na et le Cl sont

toxiques pour les plantes (Kaewrnanee et *al.*, 2013). En plus, ils entraînent une détérioration du sol ainsi la disponibilité en eau sera affectée en rendant le sol sec (Bennett et *al.*, 2009)

On peut distinguer deux grands groupes de sols :

- **Les sols salins** : ont un excès de sels solubles de toutes sortes, excès suffisants pour affecter la production végétale sans affecter les propriétés physiques.

- **Les sols sodiques** : ont un niveau de saturation du complexe adsorbant par du Na<sup>+</sup> suffisant pour affecter la structure du sol et la production végétale (Essington, 2004).

**Tableau 05** : Classification des sols

Classification	Conductivité électrique (dS m <sup>-1</sup> )	pH	Ration d'absorption de sodium
Salin	>4.0	<8.5	<13
Sodique	<4.0	>8.5	>13

(Essington, 2004).

### 6.2. Salinité des eaux

Toutes les eaux naturelles contiennent des minéraux dissous et des matières gazeuses (Moughli, 2000). L'accumulation des sels dans une eau dépend de son origine :

- Eau de pluie: gaz atmosphérique dissous et sels cycliques.

- Eau de surface: sa composition et sa concentration varie dans l'espace et dans le temps.

Cette variation dépend de :

- ✓ Géologie du bassin versant

- ✓ Climat: la neige contient moins de sel que la pluie

- ✓ Evaporation: la concentration de solution augmente avec l'augmentation de l'évaporation. Ceci entraîne une variation de la salinité d'un cours d'eau avec la saison sèche

- Eaux souterraines : en général leur composition est assez variable d'une saison à l'autre s'il n'y a pas d'interventions notables de l'homme. Aussi la composition et la concentration de l'eau en sels dépendent de la formation géologique, de sa température et de la composition de l'eau de recharge.

## II.7. Effets de la salinité sur la physiologie des plantes

### 7.1. Sur la germination

Le stade germination est souvent limité par la salinité du sol et se montre le plus sensible que les autres stades (Boudas et Haddioui, 2011). La plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée (Maillard, 2001) Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence de sel, la variation de l'équilibre

hormonal a été évoquée (Ungar, 1978 et Kabar, 1986 in Bouchoukh, 2010). Bien que les halophytes possèdent une teneur très élevée en sel dans leurs tissus au stade adulte, leurs graines ne sont pas aussi tolérantes. La germination des plantes, qu'elles soient halophytes ou glycophytes, est affectée par la salinité. Selon l'espèce, l'effet dépressif peut être de nature osmotique ou toxique:

- ✓ Les effets osmotiques : Ceci se traduit par l'inaptitude des graines à absorber des quantités suffisantes en eau pour les ramener à leur seuil critique d'hydratation, nécessaire au déclenchement du processus de germination ;
- ✓ Les effets toxiques sont liés à une accumulation cellulaire de sels qui provoquent des perturbations des enzymes impliquées dans la physiologie des graines en germination, empêchent la levée de dormance des embryons et conduisent à une diminution de la capacité de germination (Rejili *et al.*, 2006).

### 7.2. Sur la croissance et le développement

La tolérance d'une culture à la salinité est une valeur relative basée sur les conditions de croissance de cette culture, la résistance au sel dépend de la complexité anatomique et physiologique de la plante (Zhu, 2001). Le NaCl peut augmenter la croissance et le développement des plantes mais un certain taux. Le sel peut nuire et endommager la croissance et le développement des plantes à cause du changement du potentiel osmotique, du déséquilibre ionique et de la toxicité ionique dans les cellules. (Zhu, 2001).

En présence des conditions salines, une diminution dans la croissance de l'appareil végétatif aérien et une stimulation du développement racinaire ont été observées. Des irrigations avec une eau contenant 8 g/l de sel provoquent une réduction de la biomasse aérienne (hauteur et surface foliaire) chez le blé (M'barek *et al.*, 2001).

### 7.3. Sur L'état hydrique

Les plantes sont étroitement liées à celui du sol dans lequel leur système racinaire est installé. Le mouvement de l'eau va du compartiment ayant le potentiel hydrique le moins négatif vers le compartiment avec le potentiel hydrique le plus négatif, et donc de la zone retenant le moins l'eau (la plus hydratée), à la zone retenant le plus l'eau (la moins hydratée) (Maison, 2013). La présence des sels dans le milieu de culture limite la disponibilité de l'eau pour la plante et par conséquent, cette dernière se trouve en état de déficit hydrique (Farissi, 2013).

### 7.4. Effet de la salinité sur l'ultra structure du chloroplaste

Chez les plantes traitées avec le  $\text{Na}^+$ , la microscopie électronique a montré que la structure du thylacoïde du chloroplaste devient désorganisée, le nombre et taille des plastoglobules augmentent et le taux d'amidon diminue (Halernandez et al., 1999).

Dans le mésophylle de la patate douce, les membranes des thylacoïdes sont gonflées et la plupart sont perdues sous un stress salin sévère (Parida et al., 2005).

### 7.5. Effet de la salinité sur la photosynthèse

La salinité réduit la photosynthèse de la plante, cette réduction et due aux effets complexes d'intrication osmotique, ionique et nutritionnelles, suggèrent que la salinité affecte en premier lieu la croissance de la plante puis la photosynthèse, causant suite au phénomène de feedback une réduction de la capacité photosynthétique. Toutefois, comme cette croissance diminue plutôt que le taux de la photosynthèse et, à long terme, elle décline davantage que cette dernière il a alors été considéré que l'accumulation de carbone par la plante serait affectée par la salinité à cause d'une réduction de l'indice foliaire plutôt que du taux de la photosynthèse. (Greenway et Munns, 1980).

### 7.6. Effet de la salinité sur les racines des plantes

En présence de la salinité dans le milieu de culture, les plantes maintiennent une croissance racinaire relativement importante sous forte contrainte saline, l'augmentation du rapport PR/PA qui s'ensuit semble être associée à une augmentation de leur tolérance au sel (Bayuelo et al., 2002). Kafkai (1991), suggère que sous contrainte saline, la plante dépense plus d'énergie photosynthétique pour maintenir un statut hydrique élevé et pour la production de racines en vue de la recherche d'eau et/ou la réduction de la perte d'eau. Dans ces conditions, il semble que l'arrêt de la croissance foliaire soit déclenché par des signaux hormonaux (Munns, 2006) et qu'une part importante des photosynthétats soit alors réallouée à la croissance racinaire. C'est l'une des réponses anatomiques clés aux stress osmotiques chez de nombreuses espèces, dont le caractère adaptatif apparaît évident puisqu'une augmentation du ratio masse des racines/masse de la canopée maximise la surface d'absorption de l'eau en diminuant la surface d'évaporation (Munns, 2002).

### 7.7. Effet de la salinité sur le rendement agronomique

Les composantes du rendement tels que le nombre de tiges par plante, les nombres d'épis, le nombre d'épillets par épi et le poids du grain, sont élaborés de façon séquentielle dans le temps. Munns et Rawson (1999) ont montré que tous les paramètres de rendement subissent une réduction sous l'action de la salinité et que, plus la salinité est élevée plus le rendement est réduit. Lorsque l'orge est soumis à un stress salin au cours de l'épiaison ou la

différenciation de l'épi, le nombre d'épillets par épi est réduit ainsi que le nombre des grains .ainsi ils ont montré que la salinité a un effet néfaste sur la remobilisation des réserves au cours de la phase de remplissage des grains. La salinité diminue le rendement plus souvent en réduisant le nombre de pointes portant les épillets, le poids de l'épi et le poids de 1000 graine (Munns et Rawson, 1999).

### II .8.Réponse et la stratégie de résistance de la plante aux stress salin

Les plantes réagissent à ces variations de la salinité dans le biotope pour déclencher des mécanismes de résistance. Parmi ces mécanismes, l'ajustement osmotique joue un rôle primordial dans la résistance ou la tolérance de la plante à un stress (Belfakih et *al.*, 2013). Celui ci est réalisé grâce à une accumulation de composés osmorégulateurs conduisant à une réduction du potentiel osmotique permettant ainsi le maintien du potentiel de turgescence (El midaoui et *al.*, 2007), principalement des composés aminés et des sucres (Levigneron et *al.*, 1995)

#### 8.1. Exclusion

La plante empêche le sel de remonter jusqu'aux feuilles ; une première barrière existe au niveau de l'endoderme (couche interne de cellules de la racine) .Cependant, cette barrière peut être interrompue, en particulier de l'émergence des ramifications de la racine (El Madidi, 2003).

#### 8.2. Inclusion

La plante capte le sel, qui parvient aux feuilles, au même titre que l'eau, par le mouvement ascendant de la sève dans les vaisseaux. A l'intérieur des cellules, le sel est alors stocké dans les vacuoles grâce à des systèmes de "pompes" moléculaires. Les vacuoles sont des compartiments fermés au sein de la cellule. Le sel est ainsi isolé des constituants cellulaires vitaux (El Madidi , 2003).

#### 8.3. La production des antioxydants contre les ROS

Les ROS (*Reactive Oxygen Species*) sont depuis longtemps reconnues pour leur importance dans la réponse des plantes aux contraintes environnementales. Certains symptômes observés en situation de stress d'origine biotique ou abiotique sont la conséquence d'une forte accumulation de radicaux libres oxygénés et d'une altération de l'homéostasie cellulaire. Ces symptômes traduisent à la fois une oxydation de la chlorophylle au niveau des feuilles, mais aussi la mort par nécrose de cellules isolées ou de groupements de cellules dans les différents tissus végétaux (Paren et *al.*, 2008)

Lors d'un stress hydrique ou salin, l'inhibition de la photosynthèse, et plus précisément la fuite d'électrons due à la diminution de la fixation du CO<sub>2</sub>, entraîne une forte accumulation de

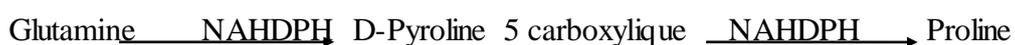
ROS (Dat et *al.*, 2000). C'est cette même inhibition de la cascade photosynthétique qui est à l'origine de la production de formes réactives de l'oxygène lorsque la plante subit des fluctuations importantes de température (Larkindale et *al.*, 2005)

### 8.4. Ajustement osmotique

Il apparaît aujourd'hui comme un mécanisme majeur d'adaptation, il peut intervenir à tous les stades de développement et son caractère inductible suggère qu'il n'a pas d'incidence sur le rendement potentiel. Il joue un rôle primordial dans la résistance ou la tolérance de la plante à un stress (Kara et *al.*, 2011). La plante devra synthétiser des solutés organiques afin de se protéger contre un stress osmotique, qui sont des molécules non toxiques qui s'accumulent majoritairement dans le cytoplasme et qui n'interfèrent pas avec le métabolisme normal. Leur rôle principal est de préserver la turgescence de la cellule en maintenant une osmolarité intracellulaire égale à l'osmolarité cellulaire, ce qui évite un efflux d'eau de la cellule (Belfakih et *al.*, 2013).

#### ✓ Accumulation des Proline

La proline est un acide aminé particulièrement sensible au stress. Son accumulation est l'une des stratégies adaptatives déclenchées par la plante face aux contraintes de l'environnement (Belkhouja et Benkabilia, 2000). Un grand nombre des plantes synthétisent dans leurs feuilles de la proline à partir de glutamine. Une réaction qui se déroule entre  $\gamma$ -carboxyle du glutamate et la molécule d'ATP pour former l'acyle phosphate et donne  $\gamma$ -glutamyl phosphorique, acide qui se cyclera en dégageant une molécule d'H<sub>2</sub>O et forme le D pyrroline carboxylique qui se cyclera à son tour avec une molécule NADPH et donne la proline (Khadi., 2006).



#### ✓ Accumulation Sucres solubles

Les sucres solubles sont des voies des métabolismes végétaux présents aussi à la surface des plantes (Arnault et *al.*, 2013). Ils sont stimulés par un stress salin (Levigneron et *al.*, 1995), produits par blocage de glycolyse ou le saccharose (provenant de l'hydrolyse de l'amidon). Ces sucres sont abondants dans le cas de concentration fortement salins et déshydratants (Hubac ; 1972, Binet ; 1980 in Bouhaddi ,2009). Les sucres pourraient contribuer à plus de 50% à l'ajustement osmotique des glycophytes soumises aux conditions de salinité (Farissi et *al.*, 2014).



### **III.1. Généralité sur la culture hors sol**

#### **1.1. Historique**

Les cultures sans sol ont une longue histoire qui commence aux environs de 1860 pour mettre en lumière le rôle propre des éléments nutritifs. Ce n'est cependant qu'en 1940 qu'est définitivement établie la liste exhaustive des éléments indispensables à la croissance normale de la plante hors de son milieu naturel. C'est à ce moment là que l'introduction des techniques de culture hors sol dans le domaine agricole ont pu être envisagé (Blanc, 1987).

Morard (1995), présente le résumé suivant :

- 1750-1850 : Tentative de « cultures sur eau » par les deux chercheurs allemands Knop et Sachs.
- 1929 : Essai de diffusion commerciale aux USA pour des cultures maraîchères et ornementales.
- 1945 : Première utilisation agricole par le général Arnold qui créa « l'hydroponique unit » pour faire face au problème d'alimentation des troupes militaires aux USA.
- 1950-1960 : Essai de pré développement en France par certains organismes de recherches comme l'INRA.
- 1970 : Début des applications agricoles pour les cultures maraîchères et florales en Europe.
- 1975-1980 : Rapide développement des cultures hors sol en France et en Europe

#### **1.2 Définition**

D'après Benton (2005), la culture hors-sol est une culture des végétaux dans un milieu racinaire qui n'est pas le sol naturel, mais un milieu reconstitué et/ou isolé du sol. Il peut être une solution nutritive riche ou un matériel inerte. Dans ce type de système, les racines sont alimentés par un milieu liquide minéral appelé solution nutritive, qui apporte l'eau, oxygène et les minéraux indispensables au développement de la plante.

### **III.2. Exigences des cultures hors sol**

Morel et *al.*, (2000) ont indiqué que cette culture exige souvent plus de soins et d'entretien que les cultures traditionnelles en terre. Elle demande une parfaite maîtrise de l'ensemble du système car en cas d'échec, davantage d'éléments peuvent dysfonctionner : Un éclairage adéquat (éclairage artificiel, minuterie, etc.) ; Un système de culture et d'irrigation contrôlé et entretenu (contenants, pompes, Régulation, désinfection, substrats appropriés.) Un contrôle

environnemental (température ambiante et des solutions, hygrométrie, Enrichissement en dioxyde de carbone etc.) ; Un contrôle des niveaux de concentration des éléments nutritifs ; Un contrôle du pH mètre de l'eau.

### **III.3. Les composants de système hors sol**

Selon Winterborne (2005), tout système de culture hors sol est caractérisé par les composantes suivantes :

- Le substrat ;
- Le conteneur ;
- La solution nutritive son mode de conduite ;

#### **3.1. Substrat**

D'après Morel (2000), le terme substrat désigne tout matériau naturel ou artificiel placé en conteneur pur ou en mélange. Dans le système hydroponique, le substrat n'a aucun rôle nutritionnel, son rôle se limite tout simplement à l'encrage et au maintien de la plante. Avant d'utiliser le substrat, il est nécessaire d'avoir des connaissances sur ces caractéristiques physiques, il doit présenter une certaine compatibilité avec l'activité métabolique des racines. Il intervient à des degrés divers dans l'alimentation hydrique ou minérale de la plante. Morard (1995), a ajouté que le prix d'achat, la mise en place et le renouvellement sont les principales raisons qui limitent l'utilisation des substrats.

#### **3.2. Critères de choix d'un substrat**

Selon Winterborne (2005), les critères de choix de ce substrat sont les suivants :

- Qualité physico-chimique (rétention de l'eau, aération, inertie, porosité, altération) ;
- Le coût (prix, approvisionnement, durée d'utilisation, disponibilité) ;
- Capacité d'échange nulle ou faible ;
- Ne renferme pas d'organismes pathogènes ;
- Facilité d'emploi (désinfection, lavage) ;
- Son impact sur l'environnement (durée d'utilisation, recyclage).

#### **3.3 Conteneurs**

D'après Winterborne (2005), les conteneurs sont des pots ou des récipients qui portent le substrat et la plante. Le choix des conteneurs doit se faire en fonction de l'espèce cultivée et de son système racinaire. En général, ils sont en matière plastique chimiquement inerte, étanche, durable et facile à installer.

### 3.3. La solution nutritive

La solution nutritive représente une eau d'irrigation, filtrée, dans laquelle on apporte les éléments minéraux nécessaires à la plante, en y maintenant des valeurs correctes de pH et de conductivité électrique (Erard et *al.*, 1995), selon Morard (1995), confirme que la solution nutritive est la composante fondamentale en culture hors sol. Elle doit fournir à la plante en permanence et en quantité suffisante l'eau, les éléments minéraux et l'oxygène. En hors sol, il n'y a pas d'apport d'éléments minéraux par le substrat. Ces derniers doivent donc être fournis par la solution nutritive, en même temps que l'eau et doivent être suffisants pour couvrir à chaque instant les besoins de la plante (Urban, 1997). Selon Lesain et Coïc (1983), ajoutent que la solution nutritive étant en hydroponique la seule source d'alimentation en eau et ions minéraux de la plante, il est nécessaire que la composition de cette solution soit équilibrée. Il s'agit de l'équilibre entre les besoins en eau et les besoins en ions minéraux de la plante. Les mêmes auteurs affirment que les solutions nutritives seront composées d'eau et de sels dissous apportant les ions indispensables. 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). La solution nutritive est caractérisée par trois paramètres : le potentiel hydrogène pH, la conductivité électrique (CE) et l'équilibre ionique.

#### 3.3.1 Le pH

Le pH mesure l'acidité d'un liquide. Sa valeur s'exprime sur une échelle graduée de 0 à 14 où 1 désigne une substance fortement acide, 7, une substance neutre, et 14, une substance fortement basique. Ainsi, les substances ayant un pH inférieur à 7 sont acides tandis que les substances ayant un pH supérieur à 7 sont basiques (Hade, 2003).

Selon Dinon et Gerstmans (2008), les plantes peuvent être réparties en trois catégories en fonction du pH du milieu dans lequel elles poussent :

- Les plantes acidophiles : le pH du sol est compris entre 4,0 et 6,5.
- Les plantes neutrophiles : le pH du sol est compris entre 6,5 et 7,5.
- Les plantes basophiles : le pH du sol est compris entre 7,5 et 9,0.

Le support hydroponique est inerte et ne contient aucun nutriment. Les nutriments sont entièrement apportés par la solution nutritive, ce qui fait que le pH de cette dernière joue un rôle déterminant dans la solubilité et l'absorption des nutriments par les plantes (Anonyme, 2007).

Dinon et Gerstmans (2008), montrent que le phosphore, le calcium, le magnésium, le soufre, le potassium et le molybdène sont moins facilement assimilables par la plante dans un milieu acide tandis que le fer, le manganèse, le bore, le cuivre et le zinc le sont moins dans un

milieu basique. Selon Coic et Lesaint (1983), lors de la préparation des solutions nutritives, il faut prendre en considération le pH, qu'il doit être adapté à la nature des plantes (Neutrophiles ou acidophiles). Le pH dépend des sels utilisés pour la réparation. L'optimum physiologique du pH pour la majorité des espèces cultivées se situe entre 5,5 et 6,5 (Blanc, 1987). En ce qui concerne la mesure du pH, plusieurs méthodes existent, Le papier indicateur par exemple est imprégné de substances qui changent de couleur selon le pH de la solution. Cette méthode fournit une valeur approximative et ne peut être utilisée à des fins d'analyses rigoureuses. La méthode la plus précise et la plus simple consiste à utiliser un pH-mètre qui représente un appareil électronique muni d'une sonde (Hade, 2003).

### **3.3.2. La conductivité électrique**

Elle représente la concentration totale en éléments minéraux contenants dans la solution (Letard et *al.*, 1995). Blanc (1987), montre que la concentration en sel de la solution nutritive joue un rôle primordial dans l'alimentation hydrique de la plante parce qu'elle détermine la pression osmotique de la solution. Cette dernière doit être inférieure à la pression osmotique du suc cellulaire, afin de permettre à l'eau présente dans la solution de se déplacer vers la plante. Cette concentration saline s'exprime en grammes de sels par litre d'eau et est contrôlée par la mesure de la conductivité électrique. Une diminution de la conductivité au delà des seuils bas correspond à un apport insuffisant en éléments minéraux, une absorption hydrique faible ou à un excès d'arrosage. Une augmentation de la CE au-delà des seuils élevés correspond à un apport excessif d'éléments minéraux, une absorption minérale et hydrique élevée ou à un manque d'arrosage (Le quillec, 2002).

### **3.3.3. L'équilibre ionique**

Selon Lesaint (1974) ; Il est possible de réaliser un équilibre entre les ions minéraux correspondant aux besoins de la culture de telle manière qu'il n'y ait pas excès créant une salinité résiduelle. En effet, Coïc (1984) et Chauv et Foury (1994), L'égalité équivalente entre les anions et cations est obligatoire dans la solution. Les équilibres ioniques pour l'alimentation hydrique et minérale ne sont pas indifférents et pourront être modulés en fonction des stades de développement de la plante.

## **III.4. Avantages de la culture hors sol**

Selon Morel et *al.*, (2000), la culture hors sol a de nombreux avantages, parmi eux on cite les suivants :

- Gain de précocité avec la possibilité de cultiver dans des espaces réduits ;
- Elle est nécessaire pour les cultures expérimentales et scientifiques ;

- Elimination des contraintes liées au sol (agents pathogènes, salinité élevée, mauvaise qualité agronomique)
- Simplification des techniques culturales ;
- Augmentation et meilleure qualité des rendements et fruits ;
- Réduction des pertes en culture ;
- Economie d'eau et d'engrais minéraux

### **III.5. Inconvénients de la culture hors sol**

D'après Morard (1995), les inconvénients de la culture hydroponique sont :

- Cout d'installation et d'entretien élevé ;
- Elle nécessite une technicité élevée ;
- Maitrise incomplète des déchets (rejet de solution nutritive, certains substratnon Recyclables);
- Les filières de traitements de certains substrats (laine de roche en particulier) sont encore peu développées dans certains pays ;
- Dans un système hydroponique où la solution nutritive est recyclée, le risque de propagation d'un agent pathogène d'une plante à l'ensemble de la culture est grand.

### **III.6. Intérêt et utilisation des cultures hors sol**

La culture hors sol a remplacé progressivement la culture traditionnelle d'un certain Nombre de légumes dans le monde. Cette technique est appliquée largement à l'horticulture Maraîchage, floriculture et pépinière). L'évolution de surface cultivée est très importante par Rapport au début des années 80. En effet, en une vingtaine d années, les surfaces ont été Multipliées par 20.Cette progression est régulière puisque, durant la période 1992-2002, la Surface mondiale a presque triplé. Le développement de cette technologie s'est Essentiellement effectué en Europe qui concentre depuis 1982 environ 80 des surfaces Cultivées en hors sol. En 2002, l'union européenne compte environ 8000 ha, dont approximativement 1600 Ha en France de culture légumière hors sol (Jeannequin et *al.*, 2005) essentiellement des tomates, concombres, poivrons et fraises. La principale raison de ce développement est la possibilité d'éviter certains problèmes liés au sol comme des agents pathogènes ou des sols non arables (déserts sableux, sols argileux, sols salés ...). D'autre part, cette culture permet l'économie d'eau et d'engrais minéraux (grâce au système de recyclage), la simplification de techniques culturales (pas de désherbage, Préparation de la terre), et l'obtention de produits de meilleure qualité (produits plus « Propres » car jamais souillés de

terre et moins de résidus de pesticides (Morard, 1995).L'autre avantage non dit consiste à pouvoir être en mesure de produire des légumes en super Primeur ce qui débouche sur un prix de vente plus élevé et une meilleure marge.

### IV.1. Définition

L'acide salicylique, molécule synthétisée par la plante, semble être impliquée dans la signalisation et l'établissement des mécanismes de résistance à plusieurs contraintes environnementales (Korkmazet *al.*, 2007).

Son application exogène à des plantes sous différents stress a été étudiée par plusieurs chercheurs et son rôle dans l'activation de la germination, de la croissance sous stress salin a été signalé chez le blé (Arfan et *al.*, 2006), l'orge ( El tayeb., 2005) et le maïs (Gunes et *al.*, 2005). Cette molécule Joue un rôle important dans la défense des plantes contre les deux conditions de stress biotiques et abiotiques (Ünlü et *al.*, 2009).

### IV.2. Historique

L'acide salicylique est découvert en 1828 quand Johann Buchner a isolé avec succès une petite quantité de salicyline, le glucoside d'alcool salicylique, à partir de l'écorce de saule. Le nom d'acide salicylique vient du nom latin Salix et a été donné à cet ingrédient actif du Saule par Raffaele Piria en 1838. La première production commerciale d'AS synthétique a débuté en 1874 en Allemagne.

Son dérivé acétylé (acide acétylsalicylique) a été introduit sous le nom commercial d'aspirine par l'entreprise BAYER en 1898 et est rapidement devenu le médicament le plus vendu dans le monde (Raskin., 1992). Les régulateurs de la croissance des plantes jouent un rôle important dans la régulation des processus de développement de la plante et les réseaux de signalisation car ils sont impliqués directement ou indirectement dans un large éventail de réponses et de la tolérance au stress biotique et abiotiques dans les plantes (Asgher et al., 2015).

L'acide salicylique est un composé phénolique impliquée dans la régulation de la croissance et le développement des plantes et leurs réponses à des facteurs de stress biotique et abiotique (Khan et *al.*, 2012).

L'acide salicylique est un constituant de l'aspirine (acide acétylsalicylique), en moindres quantités. Il est utilisé comme conservateur alimentaire et comme antiseptique, s'il est ingéré en grandes quantités, il peut être toxique pour les êtres vivants (Raskin et *al.*, 1987).

### IV.3. Propriété chimique

Selon Heller, (1998), l'acide salicylique ou acide 2-hydroxybenzoïque est présenté chimiquement par les deux formules :

- Formule brute :  $C_7H_6O_3$
- Formule semi-développée :  $HO-C_6H_4-COOH$

De plus, Hamsas (2013), indique qu'il possède les propriétés physiques suivantes:

- La masse molaire : 138,12g/mol.
- Température d'ébullition est 211°C.
- Température de fusion est 158 à 161°C.

**Tableau 6** : la solubilité de l'acide salicylique dans différents solvants

Eau	Ethanol	Acétone	Chloroforme	Ether éthylique
1.8g/l a 20°C, 66.6g/l a 100°C	370.4 g/l	33.3 g /l	23.8 g/l	333.3g/l

(Hamsas, 2013).

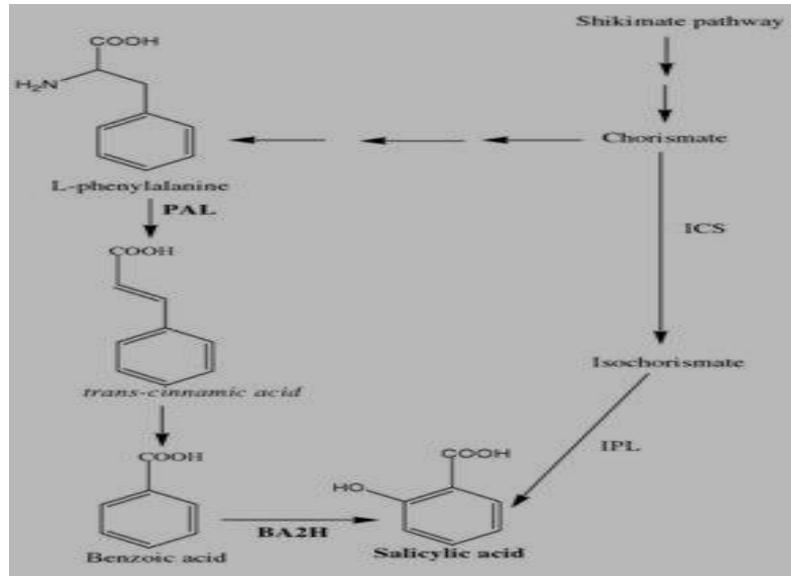
### IV.4. Biosynthèse de l'acide salicylique

Deux voies de biosynthèse d'AS sont possibles chez les plantes. La première est la voie des phénylpropanoïdes ou de l'acide benzoïque (Lepoivre, 2003). Lors de plusieurs études, des précurseurs de l'acide salicylique marqués avec un isotope radioactif, l'acide benzoïque et de l'acide cinnamique, ont été mis en contact avec des plantes de tabacs saines et infectées (Clériveret *et al.*, 1996). Les résultats de ces recherches démontrent que la synthèse de l'acide salicylique, débute avec la phénylalanine. Cette dernière est transformée en acide cinnamique par l'acide phénylalanine ammonia lyase (PAL). L'acide cinnamique est ensuite transformé en acide benzoïque, qui est finalement, hydroxylé par l'acide benzoïque-2-hydroxylase en acide salicylique (Dempsey *et al.*, 2011). Une voie alternative de synthèse existe chez les bactéries et dans les chloroplastes de plante. Cette voie implique les enzymes isochorismate synthase et isochorismate pyruvate lyase qui catalysent les deux étapes de synthèse à partir de l'acide chorismique (Vasyukova., et Ozeretskovskaya, 2007).

Plusieurs études ont été effectuées afin de montrer la voie de biosynthèse de l'acide salicylique chez la plante. L'acide salicylique peut s'accumuler dans la cellule à la suite d'une nouvelle synthèse via l'acide cinnamique d'une hydrolyse de la forme glycosylée entreposée dans les parois cellulaires (Enyedi *et al.*, 1992 ) ou d'une dégradation des flavones (Clériveret *et al.*, 1996).

Selon Bernard dans Klarzynski et Fritig (2001) les concentrations d'acide salicylique sont de l'ordre de quelques dizaines à centaines de nano-grammes par gramme de tissu frais dans les tissus sains, et de quelques microgrammes à dizaines de microgrammes par gramme de tissu frais dans les tissus atteints. Il faut cependant préciser qu'il s'agit là des concentrations

totales d'acide salicylique, dont l'essentiel se trouve sous libre ou sous forme conjugués de glycylate méthyle, glucose-ester ou conjugué avec les aminoacides (Lee et *al.*, 1995).



**Figure 03 :** Biosynthèse de l'Acide Salicylique dans la plante (PAL : Phénylalanine Ammonia Lyase) (Yalpani et Raskin, 1993).

### IV.5. Rôle de l'acide salicylique

Il peut être considéré comme une molécule clé dans la voie de transduction du signal de la réponse au stress biotique, il participe également à la signalisation des stress abiotiques. L'application appropriée de l'AS peut fournir une protection contre plusieurs types de contraintes environnementales mais il peut causer un stress oxydatif, partiellement lors de l'accumulation du peroxyde d'hydrogène. Mais une concentration basse de peroxyde d'hydrogène ainsi qu'elle améliore la capacité anti-oxydative des plantes et stimule la synthèse des composés protecteurs qui mène à accroître la tolérance aux stress abiotiques (Haouala et *al.*, 2007).

### IV.6. Rôle dans l'Osmo-régulation

L'application exogène d'acide salicylique est censée d'améliorer l'adaptation au stress osmotique et de sel par la génération d'espèces réactives de l'oxygène (ROS) chez les plantules de l'*Arabidopsis* (Borsani et *al.*, 2001). Ils ont prouvé leurs résultats par la présence de composés réactifs de l'oxygène pendant la phase de la germination. Pour cela, AS peut assurer une meilleure adaptation vis-à-vis un stress abiotique. De plus, l'acclimatation des plants traités par acide salicylique au stress salin dépend de l'activation des enzymes antioxydants et l'accumulation d'osmolytes ioniques et non ioniques (Szepesi et *al.*, 2005).

### IV.7. Acide salicylique et les stress abiotiques

Un intérêt considérable a été suscité par le pouvoir de l'AS à produire des effets protecteurs sous l'action des facteurs de différentes natures de stress abiotique. Ainsi, des données obtenues indiquent que l'induction de l'AS augmente la résistance des semis du blé à la salinité (Shakirova et Bezrukova., 1997) et le déficit hydrique (Bezrukova et *al.*, 2001), et prévient la réduction du contenu en auxine et les cytokinine ce qui réduit l'inhibition du développement induit par le stress (Sakhabutdinova et *al.*, 2003). L'acide salicylique aussi augment la résistance de la tomate et la fève à la baisse et l'augmentation des température (Senaratna et *al.*, 2000), ainsi que l'action des métaux lourds sur le riz (Mishra et Choudhuri, 1999).

### IV.8. Mode d'action

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

## 1. But de l'expérience

Le but de notre expérimental menée en hors sol est de suivre, d'une part le comportement morpho physiologique de la culture de tomate variété (Saint-Piere), dans un milieu salin a différant concentration (10 et 20mM) et d'autre part avoir l'effet de l'addition de l'acide salicylique (1et 2mM) à ces solution d'irrigation, on as utiliser une solution nutritive standard pour comparer les résultats obtenus.

## 2. Matériel végétal testé

Le matériel végétal utilisé dans notre expérimentation est la tomate. C'est une plante qui se développe rapidement. Elle est classée parmi les plantes moyennement sensible à la salinité. Elle a la possibilité à tolérer les conditions environnementales sévère tel que le stress salin (Bacha et *al.* , 2015 ).

La tomate (*Solanum lycopersicum* L.) est une espèce annuelle, de la famille des *Solanacées*, La variété testée est saint pierre qui est une variété très cultivée en Algérie, et utilisée pour la consommation en frais. C'est une variété fixée à croissance indéterminée, vigoureuse, à feuillage moyenne, et verte, très productive, résistante à la chaleur et peu sensible aux maladies gustative. Elle possède des caractéristiques suivant :

- Les fruits sont gros, ronds, lisses et de très bonne qualité ;
- C'est une variété fixé, demi tardive, très productive ;
- Convenable pour la consommation en frais et pour la transformation industrielle ;
- C'est une variété de saison.

## 3. Conditions expérimentales

### 3.1. Lieu de l'expérience

Notre expérimentation a été réalisée au niveau de l'université de Blida 1 dans une serre en polycarbonate. Sa surface est de 381m<sup>2</sup>. L'orientation de cette serre est de nord-sud dont l'aération est assurée par des fenêtres placées latéralement de part et d'autre et chauffée en hiver grâce à des radiateurs à eau chaud installés



Figure 1 :Diaporama de lieu de l'expérience

### 3.2. Substrat

Nous avons utilisé pour notre expérimentation, du gravier roulé de rivière d'un diamètre de 3 à 8 mm, 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 :

Elimination des particules terreuses et des résidus organiques présents dans le gravier par un :

- ✓ Lavage abondant à l'eau.
- ✓ Remplissage des pots par le gravier lavé.
- ✓ Désinfection du gravier avec l'eau javel dilué a 10%.
- ✓ Rinçage abondant à l'eau afin d'éliminer toute trace l'eau javel qui est très nuisible pour les jeunes plantules.

### 3.3. Conteneurs

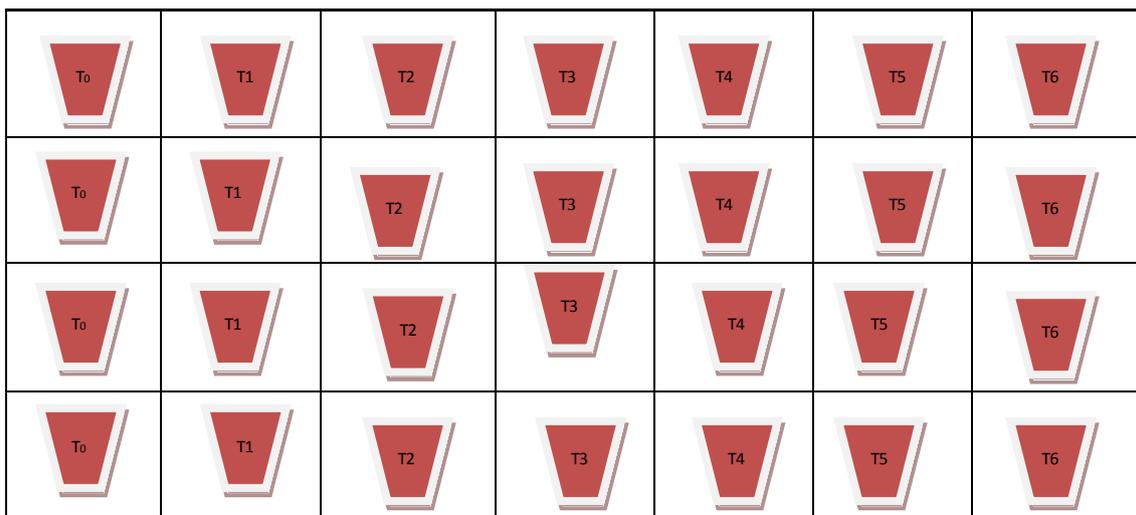
Les conteneurs utilisés sont des pots en plastique de couleur marron, ayant une capacité de 1 litre et présentant des ouvertures de drainage à leurs bases pour permettre l'évacuation de la solution d'irrigation se trouvant en excès.



**Figure 2:** Aspect général des conteneurs.

### 3.4. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental adopté est un plan a randomisation totale sans contrôle d'hétérogénéité, avec un seul facteur étudié (solution d'irrigation). Ce dispositif est composé de sept (7) traitements répliqués quatre fois, soit 28 plans au total. L'affectation des traitements s'est faite d'une manière aléatoire selon la table des permutations des nombres de 01 à 10.



**Figure 3** : Schéma de dispositif expérimental



: Unité expérimental

**T0, T1, T2, T3, T4, T5, T6** : Traitement étudié

#### 4. Composition de différent traitement

Les différents traitements se présentent comme suite :

Le témoin (T0) : Solution nutritive standard

- (T1) : Eau de Blida chargée de 10 mM du  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ;
- (T2) : Eau de Blida chargée de 20 mM du  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ;
- (T3) : Eau de Blida chargée de 10 mM du  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  + 1 mM D'Acide Salicylique ;
- (T4) : Eau de Blida chargée de 10 mM du  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  + 2 mM D'Acide Salicylique ;
- (T5) : Eau de Blida chargée de 20 mM du  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  + 1 mM D'Acide Salicylique ;
- (T6) : Eau de Blida chargée de 20 mM du  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  + 2 mM D'Acide Salicylique.

#### 5. Préparation des Solution

**5.1. Pour La Solution Nutritive** elle d'un ensemble des éléments elle contient (meq/l) :

$\text{NO}_3^- = 10.20$  ;  $\text{SO}_4^{2-} = 1.5$  ;  $\text{Mg}^{+2} = 1.8$  ;  $\text{NH}_4^+ = 1.8$  ;  $\text{PO}_4^{3-} = 3.3$  ;  $\text{Cl}^- = 0.6$  ;  $\text{H}^+ = 3.3$  ;

$\text{Na}^+ = 1.3$  ;  $\text{K}^+ = 3.10$  ; PH : 5.6, CE : 2.2.

#### 5.2. Solution Saline :

Poids moléculaires de  $\text{Na}_2\text{SO}_4 = 142.04$

Pour Préparer les doses de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , nous avons suivre les calculs :

Pour 10 mM : T1  $(142.04 * 10) / 1000 = 1.42 \text{ g/l}$

Pour : T2  $(142.04 * 20) / 1000 = 2.84 \text{ g/l}$

### 5.3. Acide Salicylique :

Poids moléculaire de l'acide salicylique 128.04

Pour préparer 1mM : Ceci correspond  $(128.04 \times 1) / 1000 = 0.12 \text{g/l}$

Pour préparer 2mM Ceci  $(128.04 \times 1) : 1000 = 0.25 \text{g/l}$

## 6. Essai de germination

### 6.1. Pré germination des graines

Le pré germination a été réalisée le 27-11-2016. Les graines ont été mises dans des boîtes de Pétri contenant du papier buvard d'eau à raison de 50 graines par boîte. Ces dernières ont été placées dans l'étuve à une température de 25° C pendant une semaine. De l'eau de Blida est ajoutée en cas de dessèchement du papier buvard. La faculté germinative était de 85%.



**Figure 4** : pré germination des graines de tomates dans les boîtes de pétri.

### 6.2. Repiquage des germes

Après la germination des graines, un repiquage des germes de tomate en place définitive a été réalisé le 03-12-2016 à raison de deux germes par pots. Ces derniers ont été arrosés avec l'eau de Blida pour favoriser la reprise des jeunes plantules. Après ce stade les jeunes plantules sont irriguées par une solution nutritive standard composée par des macros et des micros éléments, dont le but est d'avoir un matériel végétal vigoureux et homogène de départ et cela jusqu'au 04.01.2017 d'où nous avons procédé à l'application des différents traitements. Le tableau 03 montre les doses et fréquences d'irrigation nécessaire pour la culture de la tomate durant notre expérience



Figure 5 : aspect général des jeunes plantules de tomate après le repiquage.

Stade végétatif	Dose d irrigation	Fréquence d irrigation	Besoin
De la germination au stade trois feuilles 03-12-2016/04-01-2017	20 ml	3 fois/jours	60ml/jours
Stade trois feuilles jusqu'au fin de cycle 04-01-1017/24-02-2017	20ml	4fois/jours	80ml/jours

Tableau 03 : Doses et fréquences d irrigation nécessaire pour la culture de la tomate

## 7. Paramètre mesures

### 7.1. Paramètres morphologiques

#### 7.1.1. Hauteur finale des plantes

Les hauteurs finales sont mesurées du collet à l'apex en centimètre (cm) au moment de la coupe à l'aide d'une règle graduée.

#### 7.1.2. Diamètre des tiges

Le principe consiste à mesurer le diamètre des tiges en fin de la coupe à l'aide d'un pied à coulisse pour chaque plant

#### 7.1.3. La longueur finale de la racine

La mesure de la longueur finale des racines de chaque plante a été effectuée à l'aide d'une règle graduée au moment de la coupe.

#### 7.1.4. La biomasse fraîche produite

Le paramètre consiste à peser les différents organes de la plante, à l'aide d'une balance de précision. Les pesées ont porté sur:

\* Poids frais total : (tiges + feuilles) en g.

\*Poids frais des tiges en g.

\* Poids frais des feuilles en g.

### 7.2.1. La Teneur relative de l'eau

L'analyse de la teneur relative en eau (TRE), permet de décrire d'une manière globale le statut hydrique de la plante et d'évaluer l'aptitude à réaliser une bonne osmorégulation et de maintenir une turgescence cellulaire

#### 7.1.5. La biomasse sèche produite

La biomasse sèche a été mesurée après le dessèchement des poids frais des tiges, des feuilles, des racines et des fruits, de chaque traitement et ce dans une étuve à 70°C jusqu'à la stabilité du poids sec:

\*Poids sec total : tiges + feuilles en g.

\*Poids sec des feuilles en g.

\*Poids sec des tiges en g.

\* Poids sec des racines en g.

#### 7.1.6. Le taux de matière sèche

Le taux de matière sèche est exprimé en pourcentage [%] et qui est calculé comme suit:

$$\% \text{ MS} = (\text{poids sec} / \text{poids frais}) \times 100$$

\* Taux de matière sèche des feuilles en [%].

\* Taux de matière sèche des tiges en [%].

\* Taux de matière sèche total (feuilles+tiges).

## 7.2. Les paramètres physiologiques

### 7.2.2. Dosage de la chlorophylle

Les teneurs en chlorophylle (a), (b) et caroténoïdes sont déterminées selon la méthode utilisée par Shabala et *al.*, (1998) in Hassani, (2014). Un échantillon de 100 mg de la partie médiane de l'avant dernière feuille est mis en tube à essai en présence de 10 ml d'acétone à 95 % à 4°C dans l'obscurité pendant 48 heures. La lecture de la densité optique (DO en nm) est faite à l'aide d'un spectrophotomètre UV à des longueurs d'onde respectives de 470, 645 et 663 nm qui correspondent aux pics d'absorption de la chlorophylle "a", "b" et des pigments caroténoïdes. Ensuite le calcul des quantités de chlorophylle "a", "b" se fait à l'aide des formule suivantes :

- **Chl a** = 9,78 DO (663) – 0,99 DO (645);
- **Chl b** = 21,42 DO (645) – 4,65 DO (663);
- **Caroténoïdes** = [1000. DO (470) – 1,90.Chl a – 63,14.Chl b]/214.



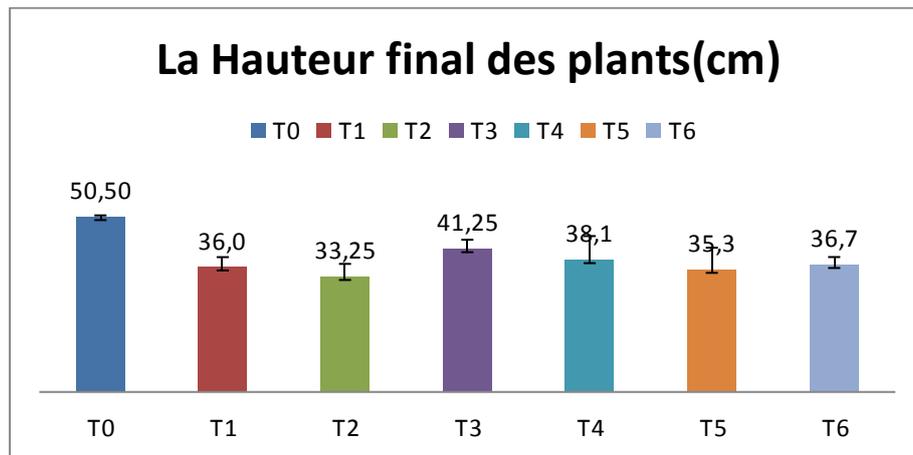
**RESULTAT ET DISCUSSION :**

Pour mettre en évidence l'effet de l'apport de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  et de l'acide salicylique dans les solutions d'irrigation sur les paramètres de croissance de la culture de la tomate nous avons étudié les paramètres suivantes :

**1. Paramètre Bio Morphologique**

**1.1. La Hauteur finale Des plants**

Les résultats relatifs de ce paramètre sont illustrés dans la figure 09



**Figure09 :** la variation de la hauteur finale des plants (cm).

L'analyse de la variance à un seul critère de classification (solution d'irrigation) a montrée une différence très hautement significative entre les moyennes de la hauteur des tiges pour les différents traitements ( $P=0,005$ ) (Annexe1). Pour cela, l'alimentation des plantules de tomate pendant le cycle de croissance a révélée les hauteurs des tiges les plus importantes avec 50.50 cm. Ceci est expliqué par la richesse de milieu en macro et micro éléments indispensables a une meilleure croissance en hydroponie.

En revanche, la présence de 10 mM de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dans le milieu de culture a exercée un effet dépressif sur la hauteur finale des tiges de la variété cultivée. La réduction révélée été de 28.71 % par rapport au témoin. En autre, un effet très dépressif a été révélée en présence de 20mM de se sel dans la solution d'irrigation. Les chutes étaient de 34.73 %

Nos résultats concordent à ceux d'Arbaoui *et al.* (1999), les sels accumulés dans le sol peuvent limiter ou complètement arrêter la croissance du végétal. D'après Bouaouina *et al.*, (2000) et d'Ouerghi *et al.*, (2000) qui ont travaillé sur le blé dur (*Triticum durum* L.) en milieu salin ont montraient que la présence de la salinité diminue la croissance en longueur. Ainsi, la salinité est un facteur défavorable Pour la croissance et le développement des plantes. Ben

Ahmed et *al.*, (2008), ont ajoutaient que la réduction de la croissance semble être associée à un forte accumulation de  $\text{Na}^+$  dans la plante.

La combinaison de 1mM d'acide salicylique avec 10mM  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  améliore significativement la hauteur finale des tiges chez le T3 et T4 dont les élévations étaient de 15.27et 13.73 % respectivement par rapport aux T1. Par contre, la combinaison de 2mM d'acide salicylique n'a aucun effet significatif sur l'amélioration de la croissance en longueur.

Nos résultats sont en accord avec celles de (Khodary ,2004) ou ils ont montrés que l'application de AS atténue l'effet dépressive de sel sur la croissance des plantes de maïs tournesols et la citronnelle. Aussi Gunes et *al.*, (2007) ont montrés que l'acide salicylique inhibe fortement l'accumulation de  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  mais il stimule l'accumulation de N, Mg ,Fe dans les plante de Maïs. Ces résultat suggère que l'acide salicylique suggère comme molécule de signal responsable au stress abiotique qui peuvent augmente la croissance des plantes dans les conditions salines ou non salines.

### 1.2. Le Diamètre des tiges

Les résultats relatifs de ce paramètre sont illustrés dans la figure 10

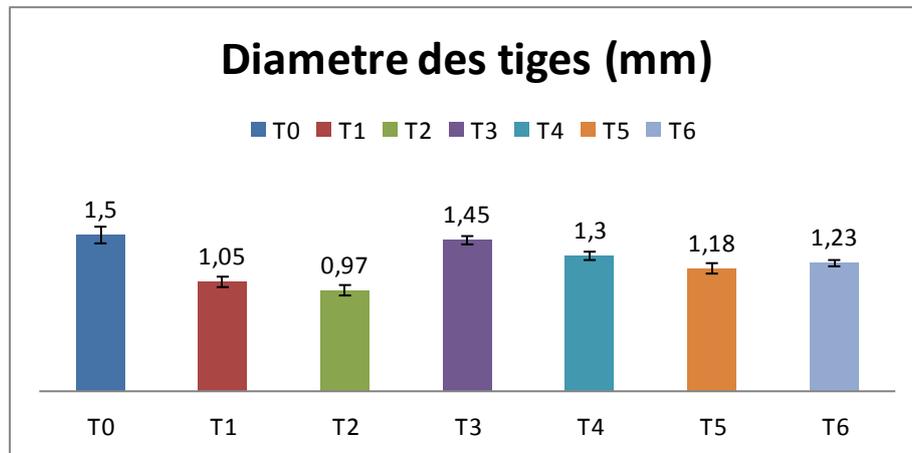


Figure 10 : la variation de Diamètre des tiges (cm).

L'analyse de la variance à un seul critère de classification (solution d'irrigation) a montrée une différence très hautement significative entre les moyennes de diamètre pour les différents traitements ( $P=0.00$ ) (Annexe 2).

Nous avons remarqué que l'irrigation par la solution nutritive a révélé le diamètre des tiges le plus important avec 1,55cm. La présence de sulfate de sodium ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) dans la solution d'irrigation dont la concentration été de 10et 20 mM a appliquée une dépression de

ce paramètre. Les réductions étaient de 30.20 % et 35.50 % respectivement par rapport aux témoins.

Ces résultats sont confirmés par Houla (2002) d'où il a montré que la salinité affecte l'allongement de la tige (*Dianthus caryophyllus* L.). Benabi (2005) a ajouté que la hauteur et le diamètre des tiges des différentes espèces diminuent d'une façon importante lors d'un stress salin.

En revanche, la combinaison de 1 et 2 mM d'acide salicylique avec 10mM de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a révélé une augmentation du diamètre des tiges. Ceci correspond à des hausses de 26.66 % et 23 % successivement par rapport au T1. De plus, l'application de cette phytohormone avec 20mM de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a donné des augmentations remarquables dont les hausses révélées étaient 21.64 et 26.80 % respectivement par rapport au traitement salin T2. Nos résultats sont confirmés par Rady et Gamal (2015), qui ont été indiqués que les caractéristiques sur la longueur des plantes, nombres des feuilles, diamètres des tiges et le poids sec de haricot soulignés de sel ont été positivement affectés par l'acide salicylique.

### 1.3. Le poids frais des feuilles

Les résultats relatifs de ce paramètre sont illustrés dans la figure 11. L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence très hautement significative entre les moyennes des biomasses fraîches des feuilles ( $P=0,00$ ) (Annexe3) par rapport au contrôle.

Nous avons remarqué que les plantes irriguées par la solution nutritive standard révèlent les biomasses sèches les plus élevées dans la valeur est de 40.24 %.

La présence de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dans la solution d'irrigation avec des concentrations de 10 et 20mM diminue la biomasse fraîche des feuilles. Les dépressions étaient de 72.93 % et 77.58 % successivement par rapport aux témoins.

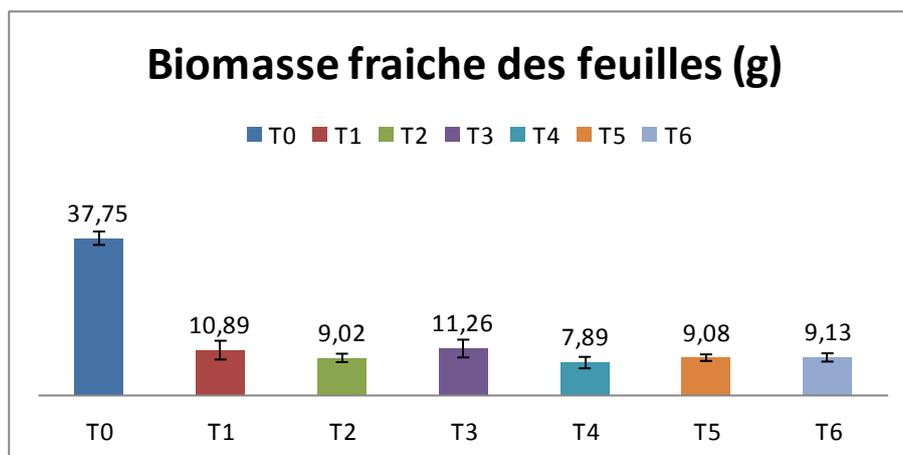


Figure 11 : la variation de Biomasse fraîche des feuilles (g).

Ces résultats sont confirmés par les travaux de (Rahman et *al.*, 2008) qui ont montré que la présence de sel affecte négativement la production de la biomasse fraîche des plantes. L'accumulation de forte concentration de  $\text{Na}^+$  dans les feuilles aboutit généralement à la formation de lésion de types brûlure des feuilles (Ben Mahioul et *al.*, 2009). Salinie (2013), a ajouté que le développement des feuilles de *Phaseolus vulgaris* en présence de la salinité est réduit.

En revanche, nous avons remarqué que la présence de l'acide salicylique en combinaison avec 10mM de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  a donné une légère augmentation de 3.39 % par rapport au traitement salin T1. Il est à noter que l'autre combinaison n'a pas d'effet sur les biomasses fraîches des feuilles en présence de sulfate de sodium.

### 1.4. Le poids frais des tiges

La figure 12 représente le résultat de la biomasse sèche des tiges.

L'analyse de la variance à un seul critère de classification (solution d'irrigation) a montré une différence très hautement significative entre les moyennes de la hauteur des tiges pour les différents traitements ( $P=0,00$ ) (Annexe 4).

Nous avons remarqué que les plantes irriguées par la solution nutritive standard (T0) ont donné la biomasse fraîche des tiges la plus importante avec 21,86 g. La présence des ions de sulfates de sodium dans la solution d'irrigation avec des concentrations correspondant à 10 et 20mM a exercé un effet dépressif significativement remarquable sur la biomasse fraîche des tiges des plantules de tomates. Ceci correspondrait à des chutes de 64,11 % et 64,48 % par rapport au témoin successivement.

Ces résultats correspondent aux observations de Lenzeri (2006), où il a signalé que l'augmentation de la salinité induit une diminution de la croissance de la partie aérienne.

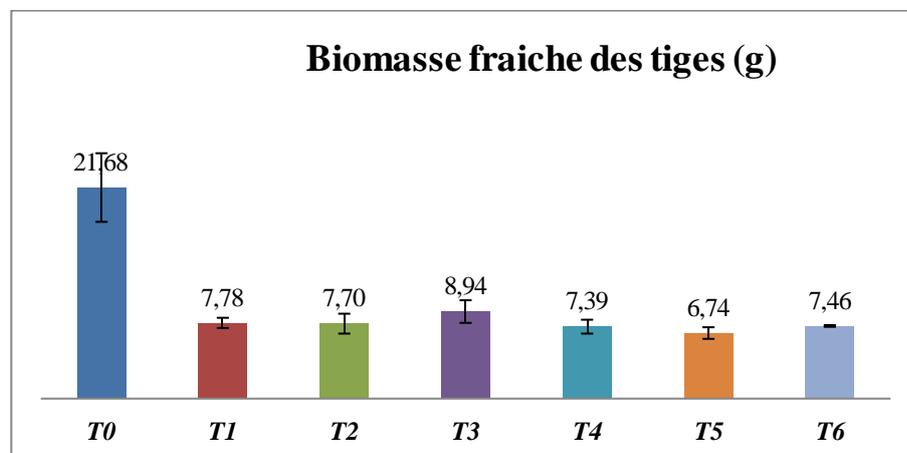


Figure 12 : la variation de la biomasse fraîche des tiges (g)

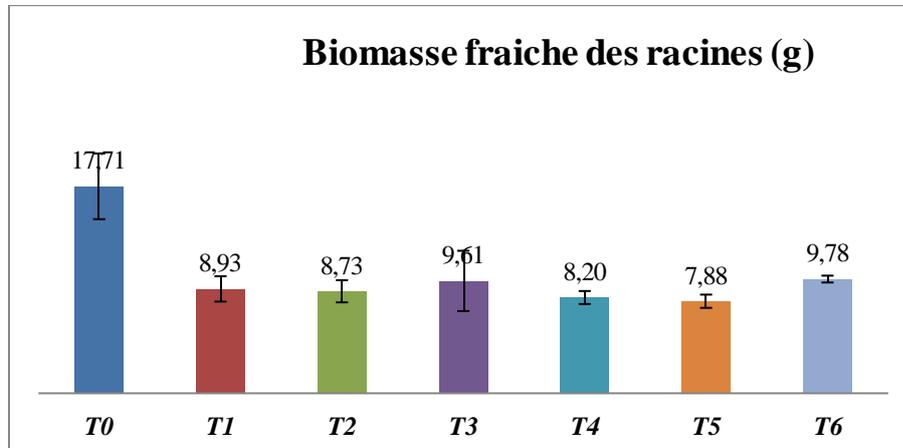
Des travaux réalisés sur la tomate (Boulila zougami et *al.*, 2011) cultivées sous stress salin rapportant une inhibition de la croissance est plus marquée au niveau de la partie aérienne qu'au niveau du système racinaire.

En revanche, nous avons remarqué que la présence de 1mM de l'acide salicylique en combinaison avec 10mM de sulfates de sodium a exercé une légère augmentation de la biomasse de tige. Il correspondrait à des élévations de 14.91% par rapport au T1. Par contre, les autres combinaisons n'ont donné aucun effet significatif.

### 1.5. Le poids frais des racines

Les résultats de ce paramètre sont dans la figure 13. L'analyse de la variance à un seul critère de classification (solution d'irrigation) a donné une différence très hautement significative pour les différents traitements ( $P=0,000$ ) (Annexe 5). L'irrigation avec la solution nutritive des plantules de Tomate pendant le cycle de croissance donne une biomasse de 2.81g pour le témoin.

En revanche la présence de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dans la solution d'irrigation a un effet dépressif sur le paramètre étudié. Les réductions étaient de 61.56 % et 33.45 % T2 respectivement par rapport au témoin.



**Figure 13 :** la variation de la biomasse fraîche des racines (g).

Heller, (1990), a indiqué que le système racinaire est le plus sensible à la salinité que la partie aérienne. De nombreux travaux rapportent que la réduction de la biomasse fraîche de la partie racinaire a été observée sur le riz (Dhanyalakshmi et *al.*, 2013), la tomate (Taffouo et *al.*, 2013), la fève (Oufdou et *al.*, 2014)

L'addition de l'acide salicylique avec  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dans la solution d'irrigation n'a pas stimulé la biomasse fraîche des racines mis à part la combinaison 1mM d'acide salicylique

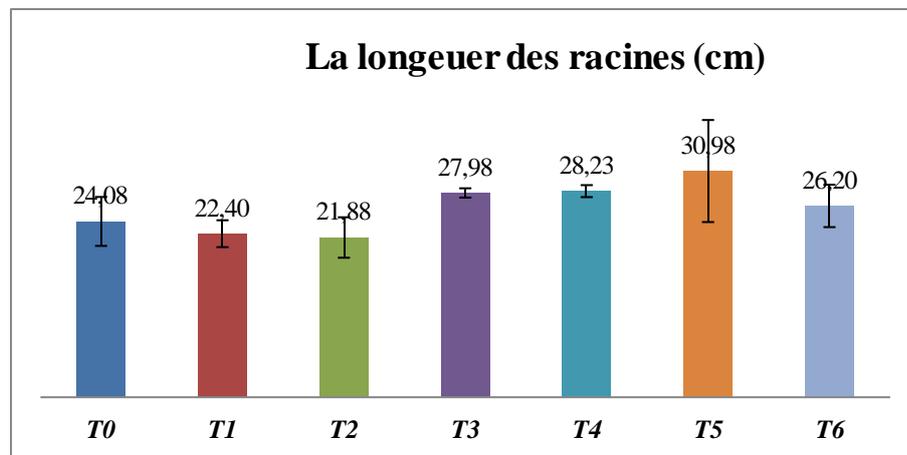
avec 10mM de sulfate de sodium et 2mM avec 20mM de ce sel. Les élévations étaient de 6,49 et 12,02% respectivement par rapport au T1 et T2.

Ces résultats sont confirmées par les travaux de Radhouane (2008), d'où il a mentionné que la croissance des plantes est contrôlée par des signaux hormonaux en présence de l'acide salicylique, aussi elle joue un rôle d'un indicateur naturel de la thermogénèse, contrôle l'absorption des ions par les racines et la conductivité stomacale (Raskin L., 1992)

### 1.6. La longueur des racines

Les résultats de ce paramètre sont dans la figure 14, D'après L'analyse de la variance montre qu'il ya une différence très hautement significative sur les différents moyenne mesuré (P=0,04) (Annexe 6).

Les plantes irriguer par la solution standard attient 24.08 cm, alors que la présence de 10 et 20mM de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dans la solution d'irrigation a donné des réductions de 10 et 12.09 % par rapport au témoin résepectivement. Bakht et *al.*, (2011) ; Zhu et *al.*, (2004) ont mentionnaient que la salinité affecte négativement la longueur de la coléoptile et le développement du système racinaire ce qui a pour effet de retarder la germination et la levée des plantules.



**Figure 14 :** la variation de la longueur des racines en (cm) .

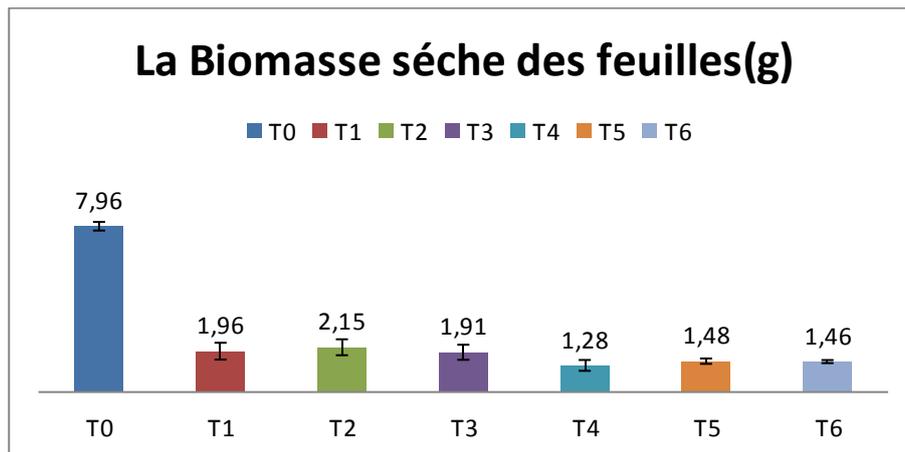
Selon Munns et *al.*, ( 2006), la présence des ions Na<sup>+</sup> dans le milieu d'irrigation est la cause primaire des dommages ioniques causés à la plante. Ces dommages sont associés à l'accumulation de l'ion Na<sup>+</sup> dans les tissus foliaires, produisant des nécroses chez les feuilles les plus âgées. L'accumulation, à des niveaux toxiques, des ions Na et Cl, dans les parties aériennes de la plante, affecte négativement le métabolisme. Le même auteur a ajouté que le stress salin inhibe l'absorption des éléments nutritifs essentiels comme le P et K ce qui affecte la croissance et le développement de la plante.

En revanche un effet significative remarquable de la longueur de la racines en présence de 1 et 2mM d'acide salicylique en combinaison avec 10mM de sulfate de sodium. Les élévations étaide de 16.85 et 17.62% respectivement para rapport au traitement salin T1. De plus, l'addition de 20 mM de cette phytohormone peuvent augmenté les résultats de ce paramètre. Les augmebntations étaient de 33.93 et 13.27 % par raport au T2 respectivement.

Ces résultats indiquent que l'activité de l'acide salicylique offre une protection contre le stress de la salinité. Nos résultats sont comparables à ceux de Shakirova et Bezrukova, (1997) qui ont indiqué qu'un intérêt considérable a été suscité par le pouvoir de l'acide salicylique à produire des effets protecteur sous l'action des facteurs de différentes natures de stress abiotique.

### 1.7. La biomasse sèche des feuilles

La figure 15 représente la biomasse sèche des feuilles des plantules des tomate sous l'effet de la salinité.L'analyse de la variance montre qu'il ya une variation significatives entre les moyennes des biomasse mesurer . (P=0,00) (Annexe 7).



**Figure 15 :** la variation de la biomasse sèche des feuilles (g).

Les plantules irriguer par la solution standard attient une augmentation remarquable est de 6.06g.

La présence de 10 et 20mM de sulfate de sodium dans la solution d'irrigation a pratiquée des dépression de la biomasse sèche des feuilles avec des pertes de 64.93 et 69.20 % respectivement par rapport au témoin .

Dans se cadre ,Mansour et *al.*,(2005) ont montionné qu'une réduction de la production de biomasse sèche était plus prononcez chez la variété sensible de Mais que les variétés tolérants en milieu salin. Bouzid (2010), a ajoutait que la salinité inhibe la croissance des organes de la partie aérienne ce qui se représente très visiblement sur l'ossature de ces plantes entrainant un faible taux de la biomasse sèche totale produite.

Alors la combinaison de 10 et 20 mM de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> avec les différentes concentrations de l'acide salicylique (1 et 2mM) n'a aucun effet significatif sur les différents traitements

### 1.8. La Biomasse sèche des tiges

Les résultats relatifs de ce paramètre sont illustrés dans la figure 16, L'analyse de la variance montre qu'il y a une variation significative entre les moyennes des biomasses mesurées. (P= 0,00) (Annexe 8).

Nous avons constaté que les plantules des tomates qui sont irriguées par la solution standard ayant la biomasse la plus élevée 3.53g. La présence de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dans la solution d'irrigation dont la concentration était 10 et 20 mM a diminué la biomasse sèche des tiges. Le pourcentage de réduction est de 61.26 et 61.47 % respectivement par rapport au témoin.

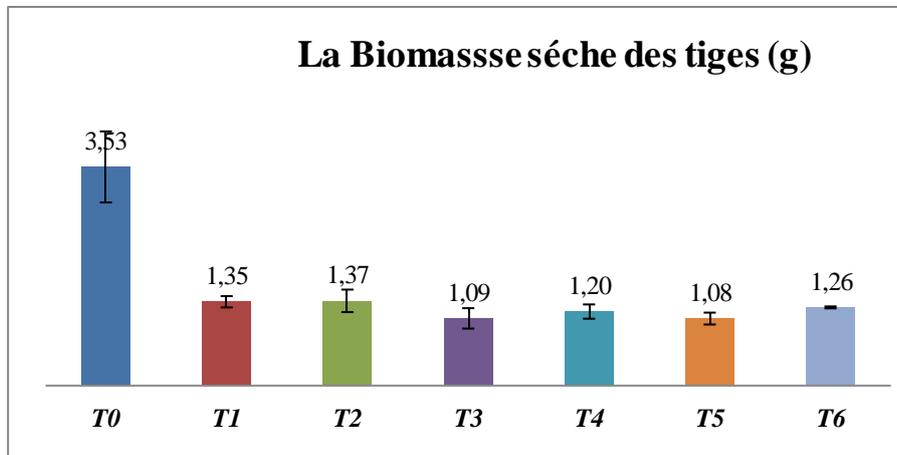


Figure 16 : la variation de la biomasse sèche des tiges (g).

Ces résultats sont semblables à ceux des travaux de Najfen et al., (2009) et Nebauer et al., (2013) qui ont montré que la croissance diminue avec l'augmentation de la dose de sel dans le milieu de culture chez le thym. Des résultats analogues sur l'effet dépressif du stress chez la tomate (*Solanum lycopersicum*) ont été obtenus par d'autres chercheurs (Wasti et al 2012).

En revanche, la présence de l'acide salicylique dans la solution nutritive n'a aucun effet significatif pour les autres traitements.

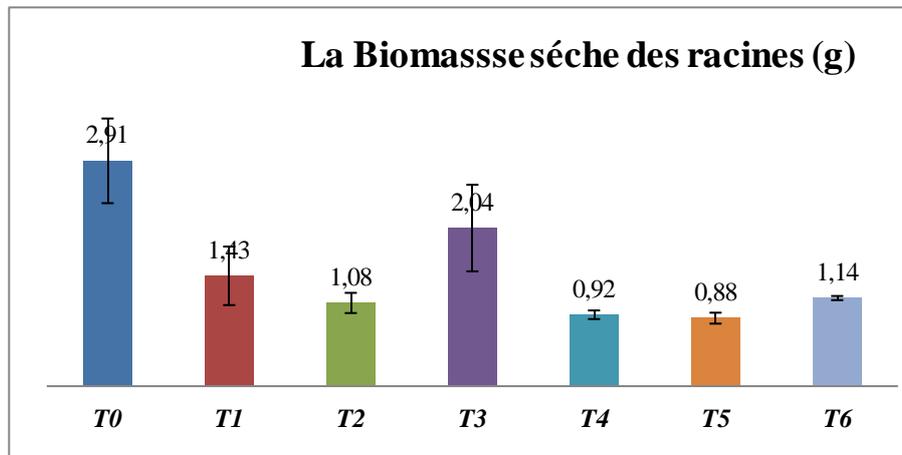
### 1.9. Le poids sec des racines

Les résultats dans la figure 17 sont relatifs au paramètre de la biomasse sèche des racines. L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence très hautement significative entre les traitements mesurés de la matière sèche des racines (P= 0,00) (Annexe 9).

Nous remarquons que les plantes irriguées par la solution standard ont relevé les biomasses sèches les plus élevées avec 2.91g. En outre, nous avons remarqué des dépressions de la

biomasse sèche des racines en présence de 10 et 20mM de sulfates de sodium. Les pertes étaient de 50 et 37.11% respectivement par rapport au témoin

Pour cela, Taffouo et *al.* 2013 ont montrés que chez la tomate, les différentes concentrations de sels ont considérablement affecté à la baisse la biomasse sèche de la partie racinaire. De nombreux travaux rapportent que cette réduction du poids de la biomasse végétale et de la croissance est observée sur le riz (Dhanyalakshmi et *al.*, 2013), la fève (Oufdou et *al.*, 2014) et le blé dur (Bouthour et *al.*, 2015). Cette réduction de biomasse se poursuit de manière importante sous haute salinité confirmé par ailleurs par Shiyab et *al.* (2013).



**Figure 17:** la variation de la biomasse sèche de racines (g).

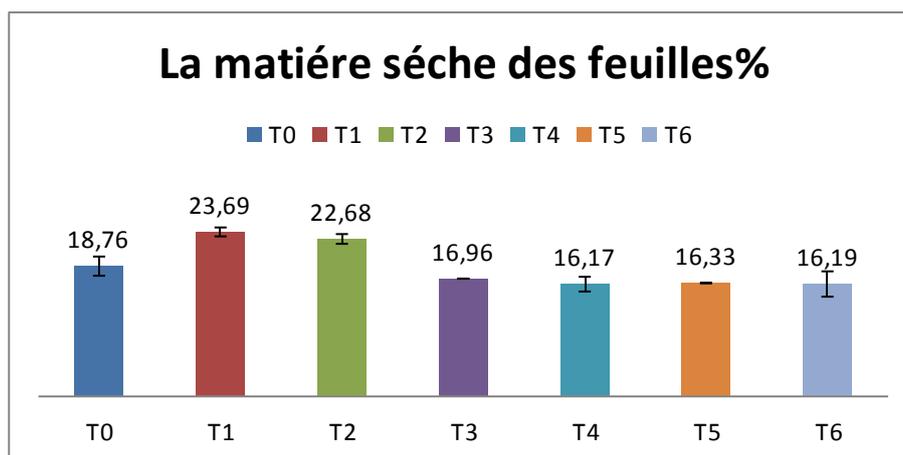
En revanche la combinaison de 1mM d'acide salicylique avec 10mM de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  révéle une augmentation remarquable de pois sèche des racines par rapport au T1. Les élévation étaient de 64.50%. il est a noter que les autres combinaison n'a exercée aucun effet sur ce paramètre.

khodary et *al.*, (2004) ont signalés que l'acide salicylique a augmente le pois frais et sec des racines des plantes de Mais soumise aux stress. Et afzal , (2005) a indiqué que le pois sec dewx racines chez le blé est reduit sur l'effet de stress mais les jenes plantes soumis au l'acide salicylique améliore leurs biomasses sèche de cet organe.

### 1.10.La matière séches des feuilles

les résultats de se paramètre sont présente dans la figure18.

L'analyse de la varience annexe montre il ya une différence très hautements significative entre les moynes des taitements de la matière sèche ( $P=0.00$ )(Annexe 10)



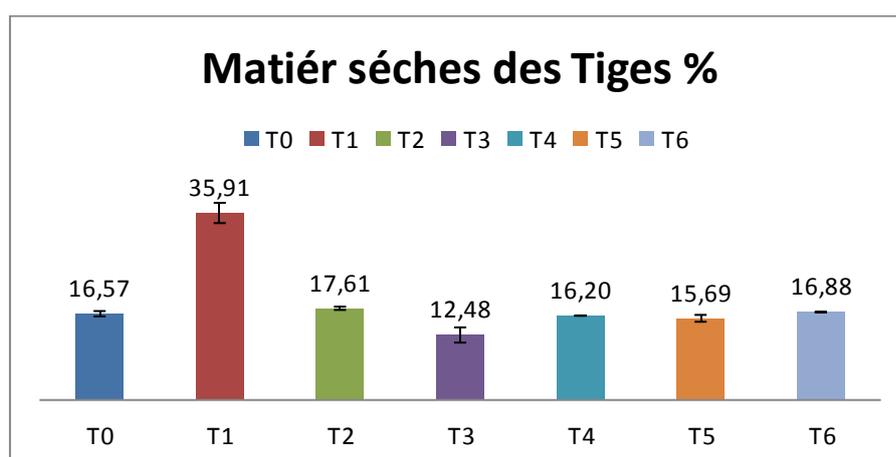
**Figure 18 :** la variation la matière sèche des feuilles (g).

Un effet remarquable de la solution saline dont la concentration de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  est de 10mM donne une légère augmentation chez le T2 9.92 % ces résultats sont confirmés par Ouergh et *al.*,(2000).qui ont travaillé sur le blé dur (*Triticulum durum.l*) en milieu salin et montrent que la concentration de sel diminue la croissance .

Alors que la combinaison de 1mM et 2mM de l'acide salicylique avec 10 mM de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  montre qu'il y a une réduction significative pour toutes les plantes traitées par différentes concentrations de sel (10 et 20mM), alors l'acide n'a aucun effet significatif

### 1.11.La Matière sèche des Tiges :

les résultats de ce paramètre sont présentés dans la figure 19, l'analyse de la variance (annexe11) ( $p=0.00$ ) montre qu'il y a une différence très hautement significative en les moyennes des données .



**Figure 19 :** la variation la matière sèche tiges (g).

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence très hautement significative. Conserver les résultats.

Un effet significativement remarquable de la solution salin done une augmentation de 75.9 % paraport aux temoin les sel presente dans la solution irrigger peuvent arrete la croissance ,nos résultat sont similaire a celle de Douaouina et *al .*,(2000) ont mentionner que la réduction de la croissance semble être associer à une forte accumulation de  $\text{Na}^+$  dans la plante.

montre que les plantes irrigé par la solution standard T0 attient une baisses valeurs est de 16.28 %.

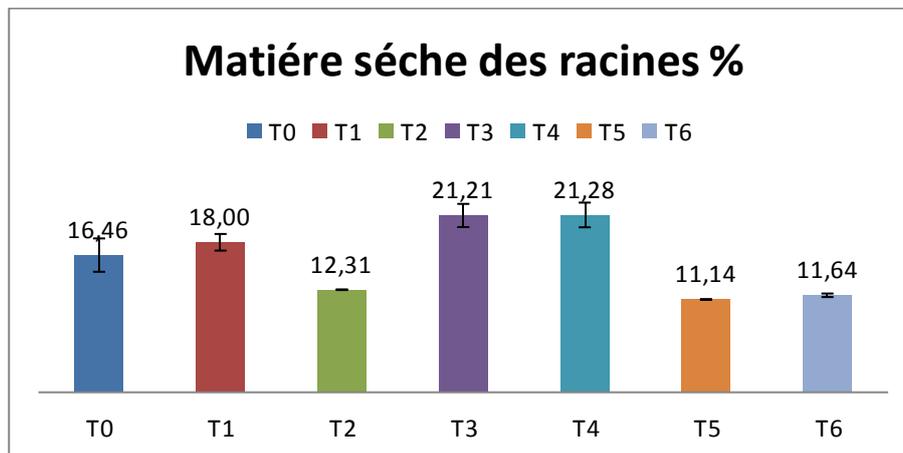
En revenche la présence de sel dans la solution d'irigation as un effet d'augmentation très significatives sur les plantules les hausse sont de 116 % .

On remarque la combainison de 1 et 2 mM de l'acide salicylique diminue la matière sèche chez le T3 et T4 le pourcentage de la réduction chez le T3 est de 64.75 % alors chez le T4 est de 55.05 % .

En ajoute que la combainison de 1 et 2 mM de l'acide salicylique et avec 20mM de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  affaiblit la matière sèche chez le T5 et T 6 par rapport au T2.

### 1.12.La Matière sèche des Racines :

les résultats de se paramètre sont présente dans la figure 20, l'analyse de la variencie (annexe12) ( $p=0.00$ ) montre il ya une différance très hautements significative en les moyenne des donnes



**Figure 20** : la variation de la biomasse sèche de racines (g).

La présence de sel a 10mM de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  donner une augmentation significativement remarquables sur la matière sèche des racines. Ces hausses son de 31,36%. Par contre la présence de 20 mM de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  a donner des reduction significativement remarquable sur le pourcentage de ce paramètre. Avec des pertes de 25,22 % par rapport au temoin.

L'addition de acide salicylique a 1 et 2Mm en combinaison avec 10 et 20mM de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> n'a donner aucune effet significativement remarquable sur ce paramètre.

## 2. Les paramètres physiologiques

### 2.1. La teneur en eau

Les résultats de ce paramètre sont dans la figure 21 D'après les analyses de la variance Annexe montre qu'il ya une différence très hautement significatives entre les moyennes mesurer de la teneur relatif en eau ( $p=0,04$ ) (Annexe 13).

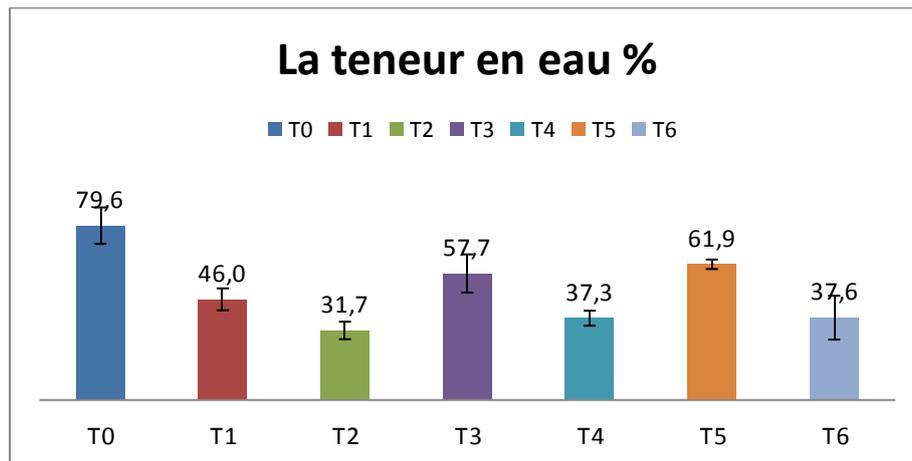


Figure 21 : la variance de la teneur en eau % .

La présence de 10 mM de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dans la solution d'irrigation as donnée une augmentation pourcentage remarquable elle est de 82.76 % par rapport aux témoin .

Alors que Le T1 58.4 % et T2 1% dont la concentration de sel est de 10 mM et 20mM de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dus aux perte d'eau .

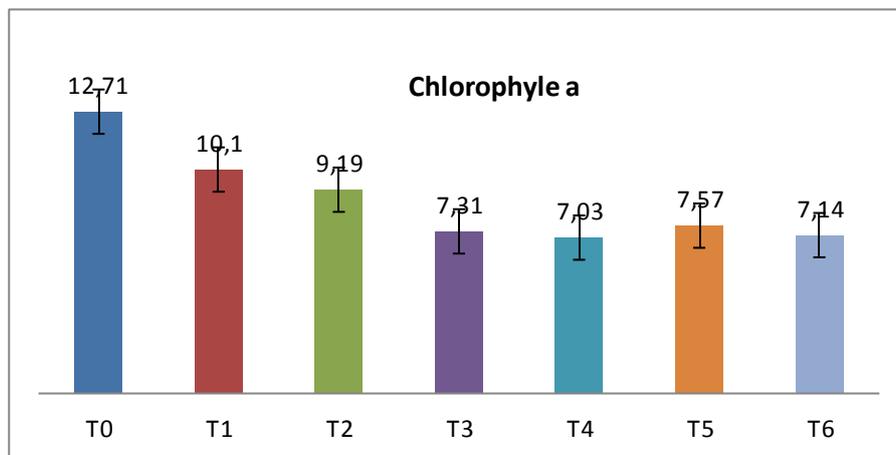
Ces résultats sont similaire sur la culture de tomate menes par Rivero indique les pertes en eau par transpiration sont plus important sous l'influence de stress salin.

En revanche un effet significativement remarquable de la teneur en eau as été révélé dont la concentration est de 1mM et 2mM de l'acide salicylique combinai par 10mM de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ,l'augmentation est de l'ordre 54.97 % chez T1 et de 58.53 % pour le T2. En autre , l'addition de 1mM et de Acide salicylique par 20mM de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> fair grandir le pourcentage de la teneur en eau para rapport au T2 l'augmentation est de 25.45 %.

Ces résultat sont confirmer par Bendjehra et al ., (2015) ont montre que l'acide salicylique agit de facon plus ou moins faibles sur la teneur qui augmente peu a peu .En effet l'absorption de l'eau maintien à niveau suffisant pour évité la déshydratation des tissus de la plantes et pour établir le phénomène de scculence et pouvoir dilui le plus d'osmolytes.

## 2.2. Le taux de chlorophylle (a)

Les résultats de ce paramètre sont dans la figure 22. d'après les résultats d'analyse statistique montre qu'il ya un un effet tres hautement significative entre les moyennes des traitements.( $p=0,03$ ) (Anexe 14 )



**Figure 22** : la variation du taux de chlorophylle (a).

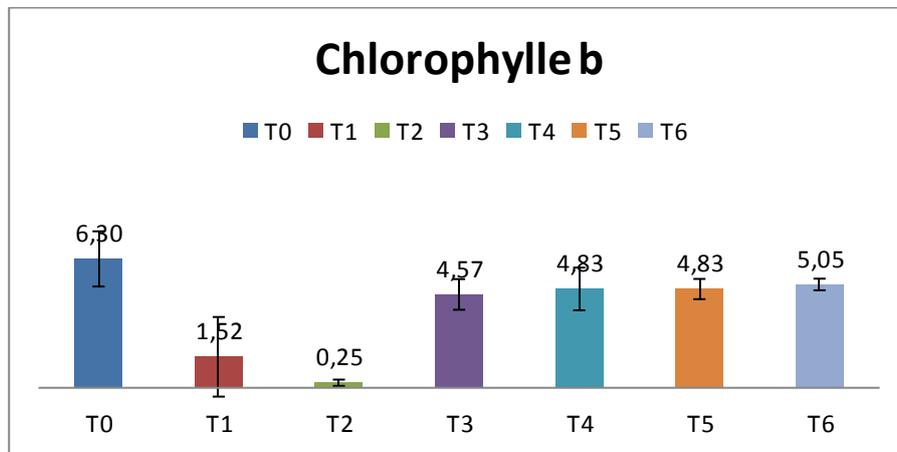
La présence de 10 mM de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  a donne une réduction remarquable sur le taux de chlorophylle (a) avec une réduction 12,03 %. Par contre l'addition de 20mM de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  a marquée une réduction significativement remarquable sur le pourcentage de ce paramètre égale as 11.2 % par aport au témoins. selon *El ilklil et al.,(2002)* la réduction de la chlorophylle a peut être liees aux sensibilité de l'une des étapes de biosynthèse au chlorure de sodium, Levit (1980) ,attribue la dégradation de chlorophylle foliaires sous l'effet du stress salin, à la destruction des pigments chlorophylliens et à l'instabilisation du complexe pigmentaire protéique perturbé par l'excès des ions  $\text{Na}^+$  ,En effet, ces auteurs montrent que la diminution de l'activité photosynthétique chez des plantes sous stress salin est l'une de cause majeurs de la réduction de la croissance et de la productivité végétale .La diminution de la teneur en chlorophylle sous l'effet d'un stress salin peut être due à une diminution de l'azote au niveau des pigmentaire protéique perturbé par l'excès des ions  $\text{Na}^+$  .D'après les travaux de Agastiant et *al.,2000* le taux de chlorophylle (a) dans les feuilles diminue en présence d'un

stress salin . cette diminution de la quantité de fluorescence chlorophyllienne (a) est probablement due à la réduction de la surface foliaire. ainsi sa réduction semble être une des causes de la diminution de la teneur en pigment photorécepteur chez haricot. L'addition de l'acide salicylique n'a marqué aucun effet significativement remarquable.

### 2.3. Le taux de chlorophylle b

les résultats de se paramètre sont présente dans la figure 23, l'analyse de la variencie (annexe15) (P=0.004) montre il ya une différence très hautements significative en les moyenne des donnes.

Chez le témoin, la teneur en chlorophylle attient 6.3mg/ml. En revanche la présence de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> perturbe le taux de chlorophylles ,ce qui traduit par une réduction ,les chutes sont de 75 % et 19.04 % ceci est expliquer par l'oxydation des pigments chlorophylliennes en réduiront de taux et de déséquilibre ionique , des résultat similaire ont été trouvé par les travaux de Chiekh M'hamed et al .,(2008) , ou il montre que dans un stress salin le taux de chlorophylles est perturbé grâce as des perturbation aux niveau des chloroplaste .



**Figure 23:** la variation du taux de chlorophylle (b).

En revanche la combinaison de 1 et 2mM de As avec 10 mM de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> as révèlent des hausses significativement remarquable de la teneur des feuilles en chlorophylle b .plusieurs chercheurs ont trouvent que l'acide salicylique jeu un rôle dans l'augmentation de la teneur en chlorophylle (a) et (b) de l'activité de Ribisco chez les plantes sous l'effet de différent stress abiotique (Szlai et al 2005 ; Korkmaz ,2007).



## Conclusion

L'objectif de notre travail s'intéresse d'une part à étudier l'effet de la salinité par deux concentrations en  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (10mM, 20mM) sur la tomate et d'autre part voir l'effet d'un phytohormone (Acide salicylique\_1mM et 2mM) additionné à la solution d'irrigation saline. Cette étude est réalisée en hors sol. Les résultats obtenus montrent qu'on doit prendre en considération les doses des éléments nutritifs dans la solution d'irrigation.

Les paramètres bio morphologiques et physiologiques subissent une diminution au cours de la période de culture à cause de la présence du sel dans le milieu, alors que la combinaison de l'acide salicylique avec la salinité améliore les paramètres, la dose qui donne des meilleurs résultats est celle de la combinaison de 1 mM de l'acide salicylique avec la moindre dose de salinité. On pense qu'il y a une relation entre l'effet de l'acide salicylique et la quantité de sel dans le milieu.

## Références Bibliographique

**Afzal I., Shahzad M., Ahmad B.N., Ahmad M.F., 2005.** *Optimization of hormonal priming techniques for alleviation of salinity stress in wheat (Triticum aestivum L.)*. Caderno de Pesquisa Ser Bio., Santa Cruz do Sul. 17: 95-109.

**Allakhverdiev S.L., Nishiyama Y., Suzuki I., Tasaka Y., Sakamoto .et A.Murata N., 2000.** *Genetic engineering of the unsaturation of fatty acids in membrane lipids alter the tolerance of synechocystis to salt stress* : 5862-5867.

**Almeida P., de Boer., G., and de Boer A. H. 2014.** *Differences in shoot Na<sup>+</sup> accumulation between two tomato species are due to differences in ion affinity of HKT1;2*. J. Plant Physiol. 171, 438–447.

**Anonyme ,2005 . FAO.** Foresterie en zone aride. Archives de documents de la FAO, 12 p

**Anonyme, 2005. FAO** Forestry en zone aride. Archives de documents de la FAO, 12 p

**Anonyme, 2006. Programme International pour la Technologie et la Recherche en Irrigation et Drainage.,** Conférence électronique sur la salinisation: *Extension de la salinisation et Stratégies de prévention et réhabilitation* Du 6 Février au 6 Mars.

**Anonyme, 2006.** Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Statistique agricole, Alger. 15-20 pp.

**Anonyme, 2002.** Larousse agricole. Ed. Larousse. Paris. 767p.

**Anonyme, 2007.** Cultures hydroponiques et horticoles 3e Edition. Catalogue Hanna instruments. France. 9p.

**Anonyme, 2007.** Cultures hydroponiques et horticoles. *Edi. n°3. Catalogue Hanna instruments. France.* p9.

**Anonyme, 2008. INSID .** Les sols salins en Algérie. Institut National des Sols, Irrigation et drainage. 06p.

**Anonyme, 2009. MADR.** Statistiques Agricoles. Série B. Alger. Algérie.

**Anonyme ,2013. MADR .** Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.

**Arbaoui M., Benkhelifa M., Belkhodja M. 2000 :** *Réponses physiologiques de quelques variété de blé dur a la salinité au stade juvénile*. CIHEAM- option méditerranéenne, 167-169 pp.

**Arfan M., athar h.R., Ashraf M., 2006.**Exogenously application of salicylic acid on the modulation of photosynthetic in heat in salt stress.

**Arnault E, Barrau C, Nanteau C, Gondouin P, Bigot K.,2013.** *Phototoxic Action Spectrum on a Retinal Pigment Epithelium Model of Age-Related Macular Degeneration Exposed to Sunlight Normalized Conditions.* PLoS ONE 8(8): e71398. doi:10.1371/journal.pone.0071398

**Asgher M., Khan M.I.R., Amjum et Khan N.A., 2015.***Minimizing toxicity of cadmium in plants-role of plant growth regulators* 252 :399-413.

**Ashraf M, Mc Neilly T., 2004.***Salinity tolerance in Brassica oil seeds, Critical Reviews in Plant Sciences.,* 23(2): 157-174.

**Ashraf M.,2002.** *Salt tolerance of cotton: Some new advances.* Crit. Rev. Plant Sci., 21: 1–30.

**Baize D., 2000.** *Guide des analyses en pédologie.* Edit (2). Institut National de la recherche Agronomique, Paris : 206- 207

**Bakht J.Y., Jamal M., Shafi and H Sher. 2011.** *Response of maize (Zea mays L.) to seed priming with Na Cl and salinity stress.* Spanish J. Agric., V.9: 252-261

**BAYUELO J et al ., 2002.**Salinity tolerance of Phaseolus species during germination and early seedling growth. Crop Sci., pp2184-2192.

**Bayuelo J., 2002.***Salinity tolerance of Phaseolus species during germination and early seedling growth.* Crop Sci., pp2184-2192.

**Belfakih M., Ibriz M., Zouahri A., Hilali S. 2013.** *Effet de la salinité sur la croissance des deux variétés de bananier « grande naine » et « petite naine » et leur nutrition minérale au Maroc.* J. Appl. Bios., 63: 4689-4702.

**Belkhodja M., et M Benkabilia. 2000.** *Proline response of faba bean (Vicia faba L.) under saltstress.* Eyp. J.of Agric.Res.,78, (1):185-195.

**Belkhodja M., Benkabli M.2000.** *Proline response of faba bean ,Vicia faba L.under salt stress.* Egypt. J.of Agric.Res., 78, (1):185195.

**Ben Ahmed H, Arafet M., Zid E. 2008.** Tolérance à la salinité d'une Poaceae à cycle court : la sétaire (*Setaria verticillata* L.). *C.R. Biologies*, 331:164-70.

- Benabi, 2005.** *Metabolisme glusidique et azote chez une halophyte (ATRIPLEX HALIMUS L) stressée à la salinité.* mem de magister en physiologie végétale. Univ sania a oran, 136 p.
- BENABID A., 1984.** Etude phytocologique des peuplements forestiers et pro forestiers du Rif centre-occidental (Maroc), *Trav. Inst. Sc., Sb. bot.* N 34, Rabat, 64 p.
- Benmahioul B., Daguin F., et Kaid H M., 2009.** Effet du stress salin sur la germination et la croissance *in vitro* du pistachier (*Pistacia vera* L.). *C. R. Biologies*, V. 332 :164- 170.
- Bennett S.J., Barrett-Lennard E.G., and Colmer, T.D., 2009.** *Salinity and waterlogging as constraints to salt land pasture production* Review. *Agriculture, Ecosystems and Environment* V. 129: 349–360.
- Bennett S.J., Barrett-Lennard E.G., and Colmer T.D., 2009.** Salinity and waterlogging as constraints to salt land pasture production: a review. *Agriculture, Ecosystèmes and Environnement.* 129: 349–360.
- Bernard in Klarzynski O., Fretig B., 2001.** Stimulation des défenses naturelles des plantes. *C.R. Acad.Sci. Paris, Sciences de la vie., Life Science* 324 : 953.
- Bezrukova m V., Sakhabutdinoa R., Fatkhutdinova R.A., Kyldiarova I., Shakirova F., 2001.** *The role of hormonal changes in protective action of salicylic acid on growth of wheat seedlings under water deficit.* *Agrochemiya (Russ)* V .2 : 51–54.
- BLanc D., 1987.** *Les Cultures Hors Sol.* Ed. INRA. Paris. 409p.
- Blancard. D., Laterrot. H., Marchoux. G., ET Candresse. T., 2009** : *Les Maladies De La Tomate (Identifier, Connaître, Maîtriser).* Ed. Quae. Paris. 679p
- Borsani O., Valpuesta V .et Botella M.A., 2001.** *Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in Arabidopsis Seedlings.* *PlantPhysiol* V. 126 : 1024–1030.
- Bouaouina S., Zid E. et Hajji., M., 2000.** *Tolérance à la salinité, transports ioniques et fluorescence chlorophyllienne chez le blé dur (Triticum turgidum L.)* .CIHEAM -Options Méditerranéennes :2 3andi la page bla volume 6 : 5–8.
- Bouchoukh I., 2010.** Comportement écophysologique de deux Chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin .p 16- 29- 6 -35.
- Bouda S., Haddioui A., 2011.** Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *Atriplex*. *Revue « nature & technologie », N° 05/juin 2011.* Pp : 72 à 79.

**Boulila A., Bejaoui A., Messaoud C., Boussaid M., 2010.** *Genetic diversity and population structure of Teucrium polium (Lamiaceae) in Tunisia.* Biochem Genet 48(1-2): 57-70.

**Boumendjel, M., Houhamdi, M., Samar, M., Sabeg, H., Boutebba, A., et Soltane, M. 2012.** *Effet des traitements thermiques d'appertisation sur la qualité biochimique, nutritionnelle et technologique du simple, double et triple concentré de tomate.* V. Sciences et Technologie C, 36 : 51-59.

**Bouraoui N, Grignon C, Zid E. 2000.** Effet de Na Cl sur la croissance et la respiration racinaire du triticale (X-Triticosecale Wittmack). *Cahiers Agricul.*, 5: 372-376.

**Bouzid S., 2010.** *Étude de l'effet de la salinité et de la présence du molybdène sur le comportement écophysiological de deux variétés de plantes de l'espèce Phaseolus vulgarisL,* Thèse magistère Biologie Végétale. Université Mentouri Constantine. 178p.

**Brady N.C., 2002.** *The nature and Properties of Soils.* New Jersey, USA. Prentice Hall. 2p.

**CHAUX C et FOURY C. L., 1994-** *Cultures légumières et maraichères.* Tom 3. *légumineuses potagères, légumes fruit.* Tec et Doc Lavoisier, Paris, 563 p.

**Chaux. C., Foury. C., 1994.** *Productions légumières, tome (Légumineuses potagères ,Légumes , fruits).* Ed. Lavoisier Tec & Doc. V.3: 145 - 230.

**Chaux. C., 1972.** *Production légumières.* Ed. J.-B. Baillière. Paris. 414p.

**Chibane A., 1999.** *Transfert de technologie en agriculture, fiche technique « tomate sous serre ».* MADRPM. Bulletin mensuel N°57. 4p.

**Clerivet A., Alami I., Breton F., Garcia D., Sanier C., 1996.** *Les composés phénoliques et la résistance des plantes aux agents pathogènes,* Acta Botanica Gallica, 143:6, 531-538, DOI: 10.1080/12538078.1996.10515350 .

**Clériveret A., Alami I., Breton F., Garcia D., Sanier C., 1996.** *Les composés phénoliques et la résistance des plantes aux agents pathogènes,* Acta Botanica Gallica, 143:6, 531-538, DOI: 10.1080/12538078.1996.10515350 .

**Coic y., 1984.** *La Culture Sans Sol,* Ed. Science Et Vie n° (146), Paris, 75p.

**Coic Y., Lesaint C., 1983.** *Culture Hydroponique Technique D'avenir.* Ed Maison Rustique, Paris, PP 15.

**Couplan. F., Mioulane P., Delvaux C., Shall. S., 2010 .** *Le Truffaut du Potager (Cultiver vos légumes, fruits et herbes aromatiques).* Ed. Larousse. Espagne. : 462 -466 .

- Courchinoux J.P., 2008** : *La culture de la tomate*. Fiche technique Tomate. France. 8p.
- Dat J, Vandenameele S., Vranová E., Van Montagu M., Inzé D., Van Breusegem F. 2000.** *Dual action of the active oxygen species during plant stress responses*. Cell Mol Life Sci 57: 779–795
- Dempsey D.A., Vlot A.C., Wildermuth M.C., Klessig D.F., 2011.** Salicylic acid biosynthesis and metabolism. Arabidopsis Book9, e0156. Doi : 10.1199/tab.0156
- Dhanyalakshmi K. H., Vijayalakshmi C., and Boominathan P., 2013.** *Evaluation of physiological and biochemical responses of rice (Oryza sativa L.) varieties to salt stress*. Indian Journal of Agricultural Research, V. (2):47.
- Dinon ., Gerstmans., 2008.** L'influence du pH sur l'assimilation des éléments nutritifs du sol par les plantes et sur la variété des plantes. Univ. Liège, printemps des sciences, France, 4p.
- Djerroudi, O., Bissati, S., Belkhodja, M., 2011.** *Biochemical response of two Atriplex species (Atriplex halimus L. and Atriplex canescens (Pursh) Nutt under salt stress conditions*. IJPPB, 3: 163-168.
- Dominique B., Laterrot H., Marchaux G., Gondresse I., 2009.** Les maladies de la tomate : identifier, connaître, maîtriser. Edition Quae, 690p.
- EL Fadl A., Chtaina N., 2010.** *Etude de base sur la culture de la tomate au Maroc. Programme Régional de lutte intégrée contre les organismes nuisibles (Integrated Pest Management) au Proche Orient (Projet GTFS/REM/070/ITA)*. FAO.ONSSA.108p.
- El Madidi S., El Baroudi B., Bani Aameur F., 2003.** *Variation de la tolérance à la salinité chez l'orge pendant la germination et la croissance des plantes*. Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires, V. 23,N (2): 2p.
- El midaoui M., benbella M., AÏT Houssa A., Ibriz A., Talouizte M ., 2007.** *Contribution à l'étude de quelques mécanismes d'adaptation à la salinité chez le tournesol cultivé (helianthus annuus l.)*. Revue HTE :136.
- El tayeb M.A., 2005.** Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regul 45:215-224.

**Enyedi A.J., Yalpani N., Silverman P., Raskin I ., 1992.** *Localization, conjugation, and function of salicylic acid in tobacco during the hypersensitive reaction to tobacco mosaic virus.* Proc Natl Acad Sci USA 89: 2480-2484.

**Essington M.E., 2004.** Soil and water chemistry, an integrative approach. CRC Press, USA.

**FAO Stat. 2012.** www.faostat.fao.org. consulté le 04-04-2017

**FAO. 2008..**Land and Plant Nutrition Management Service. <http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush>, Consulté le 08-10-2017.

**Farissi M., Faissal A, Bouizgaren A., Cherki G., 2014.** *La symbiose Légumineuses-rhizobia sous conditions de salinité : Aspect Agro-physiologique et biochimique de la tolérance.* International Journal of Innovation and Scientific Research, V. 11 N 1 . P: 97.99, 101.

**Farissi M., Ghoulam C ., Bouizgaren A.,2013.** *Changes in water deficit saturation and photosynthetic pigments of Alfalfa populations under salinity and assessment of proline role in salt tolerance.* Agricultural Science Research Journals , V. 3(1) : 29-35.

**Gallais A., Bannerot H., 1992 .** *Amélioration des espèces végétales cultivées, objectifs et critères de sélection.* Ed. INRA, Paris. 382 p.

**Gunes Y., A. Inal., M. Alpaslan F., Eraslan E.G., Bagci and Cicek G.N.,2007.** *Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (Zea mays L.) grown under salinity.* J. Plant Physiol. (In press) .

**Gupta R, Chakrabarty SK. 2013.** Gibberellic acid in plant still a mystery unresolved. Plant Signaling and Behavior 8(9):225-504.

**Hade A., 2003.** Nos Lacs, les connaître pour mieux les protéger. Ed. Fides. Québec. p230.

**Hagemeyer., 1996.***Salt. In Plant Ecophysiology.* New York , John Wiley & Sons, Inc.. ISBN, Pp 176-181.

**Hamdy A., Lieth H., Mezher Z., 1995.** Halophyte performance under height salinity levels in overview saline irrigation, halophyte Production and utilization. Roject.N0IG.18-CT, pp. 20-58.

**Hamsas S., 2013.** Effet combiné de la salinité et de l'acide salicylique sur le comportement des graines et des plantes juvéniles du gombo (*Abelmoschus esculentus* L.).

*Faculté des sciences de la nature et de la vie, Département de biologie, Université d'Oran.124p.*

**Hasegawa P.M., Bressan R.A., ZHU J.K AND Bohnert. H.J.,2000.** *Plant cellular and molecular responses to high salinity.* Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 51,463-499.

**Haouala F., Ferjani H., Ben el had J. S., 2007.** *Effet de la salinité sur la répartition des cations ( $Na^+$ ,  $K^+$  et  $Ca^{2+}$ ) et du chlore ( $Cl^-$ ) dans les parties aériennes et les racines du ray-grass anglais et du chiendent.* Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 11 (3) ,235 -244.

**Haouala F., 2002.** Effets de la salinité sur la croissance et la floraison de deux variétés d'oeillet. *PHM - Revue horticole* 439: 28-32.

**Heller N, 1998.** *Physiologie végétale. Tome1 nutrition. Paris. 323p*

**Hernandez P., Martin A., Dorado G., 1999.** *development of SAPDCARs by direct sequencing of RAPD products, 245-253 p-p.*

**Iklil Y, Karrou M, Mrabet R, Benichou M, 2002.** *Effet du stress salin sur la variation de certains métabolites chez *Lycopersicum esculentum* et *Lycopersicum sheesm Eanii*.* Canadian Journal of Plant Science, 2002, V. 82 :177-183.

**Jeannequin B., Dosba F., Plénet D., Pitrat M., 2011.** *Vers des cultures fruitières et légumières à hautes performances environnementales, hauvin J.E Inra, Domaine Expérimental Alénya Roussillon, Le Mas Blanc, 66200 Alénya Innovations Agronomiques, 12 :73-85.*

**Kaewmanee K., Krammart P., Sumranwanich T., Choktaweekarn P. and Tangtermsirikul, S. 2013.** *Effect of free lime content on properties of cement-fly ash mixtures.* Construction and Building Materials V. 38 : 829-836

**Kafkai U., 1991.** *Root growth under stress. Plant roots: the hidden half.* New York, USA: Marcel Dekker, pp375-391.

**Kara M., Chaoui L., 2011.** *Evaluation et diagnostic par l'approche structurale de la population de daurades *Sparus aurata* (L. 1758) dans la lagune du Mellah.* *Rev. Ecol.(Terre Vie)*, 66: 135-144 p.

**Khadi M., 2006.** *Effet de la salinité chez la proline et les glucides sur la fève (*Vicia faba* L.).* Thèse Ing. physiologie végétale., Univ Oran. Senia,42p.

**Kha M.I.R., Iqbal N., Khan N.A., 2012.** *Variation in salt tolerance of wheat cultivars :role of glycinebetaine and ethylene.* *Pedosphere* V.22 : 746-754.

- Khodary S.E.A ., 2004.** Effect of salicylic acid on growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plant. *International Journal of Agriculture and Biology*, 6 :5–8.
- Klarzynski O., Fretig B., 2001.** *Stimulation des défenses naturelles des plantes.* C.R. Acad.Sci. Paris, Sciences de la vie., Life Science 324 : 953.
- Korkmaz A., Uzunlu M., Demirkiran AR., 2007.** *Treatment with acetyl salicylic acid protect muskmelon seedling against drought stress.* Francized Gorski institute of plant physiologie.Polish Academy of science. Krakaow. Tyrkey.
- Larafa M., 2004.** *Dynamique de la végétation halophile en milieu aride et semi-aride au niveau des chotts (Melghir, Merouane et Bendjelloul) et Oued Djeddi en fonction des conditions du milieu.* Thèse. Doct. Sci. Nat. Opt. Biol. Vég. Univ. Annaba, 149p .
- Larkindale J., Hall J. D., Knight M. R., Verling E., 2005.** *Heat stress phenotypes of Arabidopsis mutants implicate multiple signaling pathways in the acquisition of thermo tolerance.* Plant Physiol. 138 882–897. 10.1104/pp.105.062257
- Laumonier R., 1979 .***Cultures légumières et maraichères*, Tome III, Ed. Ballière, Paris. 1276 p.
- Le quillec. S., 2002 :** Gestion des effluents des cultures légumières sur substrat. Ed. C. T. I. L, Paris, pp 42-77.
- Lee G., Carro R.N., Duncan R.R., Eiteman M.A. et Rieger M.W. 2008.***Synthesis of organic osmolytes and salt tolerance mechanisms in Paspalum varginatum.* *Environmental Botany*,V.63: 19-27.
- Lemzeri H., 2006.** *Réponses écophysiologicals de trois espèces forestières du genre Acacia, Eucalyptus et Schinus (A. cyanophylla, E. gomphocephala et S. môle) soumises à un stress salin.* Mémoire de magistère. Univ. Mentouri Constantine, 180 p.
- Lepoivre p., 2003.** *Phytopathologie bases moléculaires et biologiques des pathosystèmes et fondements des stratégies de lutte.* Ed : de boeck, Bruxelles 432p .
- Lesaint C., 1974.** *Évaluation De La Fertilisation Et L'irrigation Vers L'utilisation Des Solutions Nutritives Equilibrées.* Ed. Versailles. 118 P.
- Lesaint. C., Coic. Y., 1983 .** culture hydroponique .Ed ; maison Rustique, Paris,. 118 p.
- Letar M et Patricia E., 1995 :** Maîtrise de l'irrigation fertilisante de la tomate .CTFL. Paris .220p.
- Letard M., Erard P., Jeannaquin B., 1995.** *Maîtrise de l'irrigation fertilisante. Tomate sous serre et abris en sol et hors sol.* Les éditions du CTIFL, Paris, 222 p.

**Levigneron A, Lopez, F., Vansuyt G., Berthomieu P., Fourcroy P et Casse\_Delbert F., 1995.** *Les plants face au stress saline*. Cahier Agricultures, V.4 : 263-273.

**M'barek B., Chaabane R., Sdiri H., Medahi M. L., Selmi M., 2001.** *Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé*. Inst Nati de Rech Agro de Tunisie. Sécheresse. V. 12, N°(3) :167-174.

**Macheix J.J, Fleuriot A and Jay-Allemand C., 2005.** *Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique*. Ed. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, p. 4-5.

Statistique agricole. Alger. Coll. « Agrodok », Wageningen, 105 p.

**Maillard J., 2001.** Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne.

**Mainson D., 2013.** *Etude du transport des sucres dans les racines d'Arabidopsis thaliana au cours de son cycle de développement et en réponse à un stress osmotique*. Thèse de Doctorat., Univ. Poitiers, 401p.

**Maniguet M., 2003 :** Les Pays Secs Environnement Et Développement. Ellipse Edition Marketing. Paris P : 32.

**Mansour M.F., Salama, K.H.A. Ali, F.Z.M., Abou Hadid, A.F., 2005.** *Cell and plant responses to NaCl in Zea mays L. cultivars differing in salt tolerance*. Gen. Appl. Plant Physiol., V(31) : 29-41.

**Marlet, S. (2005)** Gestion de l'eau et salinisation des sols dans les systèmes irrigués Synthèse de l'atelier du PCSI sur : Vers une maîtrise des impacts environnementaux de l'irrigation. CIRAD/AMIS, Montpellier, France, V.( n°40) :12-23.

**Marlet S., 2005.** Gestion de l'eau et salinisation des sols dans les systèmes irrigués Synthèse de l'atelier du PCSI sur : Vers une maîtrise des impacts environnementaux de l'irrigation. CIRAD/AMIS, Montpellier, France, n°40 : 12-23.

**Messiaen C.M., 1975.** Le Potager tropical. 2. Cultures spéciales. Presses Univ. de France

**Messiaen. C.M., et Messiaen-Pagotto. F., 2009.** *Le potager familial méditerranéen*. Ed. Quae. France. 75p.

**Mishra A., Choudhuri M.A., 1996.** *Possible implication of heavy metals (Pb<sup>2+</sup> and Hg<sup>2+</sup>) in the free radical-mediated membrane damage in two rice cultivars*. Ind. J. Plant Physiol., V.(1) : 43-47.

**Mishra A., Choudhuri M. A., 1999.** *Effect of salicylic acid on heavy metal-induced membrane deterioration mediated by lipoxygenase in rice*. Biol. Plant V.42 : 409-415.

- Morard P., 1995** : *Les Cultures Végétales En Hors Sol*, Ed Pub. Agri. Paris P31.
- Morel P., 2002** . *Les Supports De Culture Horticoles*. Ed INRA. France PP 72.
- Moughli L., 2000.***Les engrais minéraux caractéristiques et utilisations. Transfert de technologie en agriculture*, N° (72), Rabat, 4p.
- Munns R., 2002.** Comparative physiology of salt and water stress; *Plant, Cell and Environment* pp: 239-250.
- Munns R., James R.A., and Lauchli A., 2006.** *Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals*. *J. Exp. Bot.* 57: 102-543.
- Munns R., Rawson H.M., 1999.** *Effect of salinity on salt accumulation and reproductive development in the apical meristem of wheat and barley*. *Aust. J. Plant Physiol.* Pp : 459-464.
- Munns R., Tester M., 2008.** Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59 : 651-681.
- Munns R. (2002).** Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell et Environment*, 25: 239–250.
- Munns R., James R.A. and Lauchli, A., 2006.** Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *J. Exp. Bot.* 57: 1025–43.
- Naika S., Van dam B., Florijn A., 2005.** *La Culture De La Tomate: Production, Transformation Et Commercialisation*, Cinquième Edi. Révisée, Agromisa Foundation,
- 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.
- Najafian S, Khoshkhui M, Tavallali V. M.J Sharkhiz, 2009.** *Effect of Salicylic Acid and Salinity in Thyme (Thymus Vulgaris L.): Investigation on Changes in Gas Exchange, Water Relations, and Membrane Stabilization and Biomass Accumulation*. *Australian Journal of Basic Applied Sciences*, V.3 (3): 2620–2626.
- Nebauer SG., Sanchez M., Martinez L., Lluch Y., Renau-Morata B., Molina R V .2013.** *Differences in photosynthetic performance and its correlation with growth among tomato cultivars in response to different salts*. *Plant Physiology and Biochemistry*. 63, 61–69.
- Nyabyenda P., 2006.** *Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique*. Ed. Les presses agronomiques de Gembloux. Wageningen. 180p.

**Omami., 2005.** Response of Amranth to salinity stress .these ofPh.D.Horticultur.university .Perotoria.92p.

**Ouerghi F., Ben-Hammouda, M., Teixeira Da Silva J. A., Albouchi A., Bouzaïen G., Aloui, S., and Nasraoui, B. 2015.** *The effects of vapor gard on some physiological traits of durum wheat and barley leaves under water stress.* *Agriculturae Conspectus Scientificus (ACS).*V. 79(4): 261-267.

**Oufdou K., Benidire L., Lyubenova, L., Daoui K., Fatemi, Z. E. A., and Schröder P. 2014.** *Enzymes of the glutathione–ascorbate cycle in leaves and roots of rhizobia-inoculated faba bean plants (Vicia faba L.) under salinity stress.* *European Journal of Soil Biology,* 60, 98-103.

**Papadopoulos A., 1991.** Growing greenhouse tomatoes in soil in soilless media, 3 minster of supply and services Canada, 77p.

**Parent C., Capelli N. et Dat J. (2008):** Reactive oxygen species, stress and cell death in plants. *C. R. Biologies* 331, 255–261.

**Parida A.K., Das. A. B., 2005.** Salt tolerance and salinity effect on plants a review *Ecotoxicology et d'enviremental safety* : 60,234-349.

**Péron J.Y., 2006.** *Productions Légumières. Synthèse Agricole.* Lavoisier. 2e édition, 613 p.

**Polese. J.M., 2007 :** *La culture des tomates.* Ed. Artémis. Chine. 92p.

**Prat. R., 2007 :** *Expérimentation en biologie et physiologie végétales.* Ed. Quae. Paris. 256p.

**Publishers. B., 2004 :** *Ressources végétales de l'Afrique tropicale, V. 2 : Légumes.* Ed. Dunod. 736p.

**Radhouane L., 2008.** *Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains chez quelques écotypes de mil (Pennisetum glaucum (L.) R. Br.) Autochtones de Tunisie.* *C.R. Biologies,* 4(331): 278-28.

**Rady M.M., Gamal F., 2015.** Integrated application of salicylic acid and Moringa oleifera leaf extract alleviates the salt-induced adverse effects in common bean plants. *Journal of Agricultural Technology,* V. 11(7): 1595-1614.

**Rahman M., Soomro U. A., Zahoor U.M., Gul S., 2008.** *Effect of NaCl salinity on wheat cultivars.* *World Jour.of agric. Sci,*V. 4, (3): 398-403.

**Raskin I ., 1992.***Salicylate, A New Plant Hormone, Plant Physiol, AgBiotech Center, Rutgers University, Cook College, P.O. Box 231, New Brunswick, New Jersey.V. 08903-0231: 799-803.*

**Raskin I., 1992.**Rol of salicylic acide in plants. *Ann. Rev . Plant Physiol.Plant Moh .Biol.* 43:439-463.

**Raskin I., Ehmann A., Melander W.R., Meeuse B.J.D .,1987.***Salicylic acid: a natural inducer of heat production in Arum lilies. Science , 237:1601-1602.*

**Razdan M.K., et Mattoo A.K., 2007 :** *Genetic improvement of Solanaceous Crops*,V. 2. Ed. Science Publishers. India. 637p.

**Rejili M., et Neffatp M., 2006 .** Comportements germinatifs de deux populations de *Lotus creticus* (L.) en présence du NaCl. *Revue des Régions Arides.*, V. 1(17): 65-78.

**Rengasamy, P.** 2006. World salinization with emphasis on Australia. *J. Exp. Bot.* 57: 1017–1023.

**Rey Y., et Costes C., 1965 :** La physiologie de la tomate, étude bibliographique. INRA .111p.

**Riccioni G. 2009.** Carotenoids and cardiovascular disease. Current atherosclerosis reports,.Risques et recommandations. *Handicap International.* Novembre, 34 p.

**Ruiz-Lozano J. M., Porcel R., Azcón C., and Aroca R. 2012.** *Regulation by arbuscular mycorrhizae of the integrated physiological response to salinity in plants: new challenges in physiological and molecular studies. Journal of Experimental Botany, V. 63(11) : 403-404.*

**Sakhabutdinova A., Fatkhutdinova D.R., Bezrukova M.V., Shakirova F.M., 2003.** *Salicylic acid prevents the damaging action of stress factors on wheat plants. BULG.J. Plant Physiol.,Special issue, 314-319.*

**Salama F.,2004 .**La salinité et la production végétale.Centre de publication UNV Tunis .163.p.

**Sawadogo I., Koala M., Dabire C., Ouattara L. P., Bazie, V. B. E. J. T., Hema, A., Nebie, R. H. 2015.** *Etude de l'influence des modes de transformation sur les teneurs en lycopène de quatre variétés de tomates de la région du nord du Burkina Faso. International Journal of Biological and Chemical Sciences, V.9 (1), 362-370.*

**Shabala, S., and Munns, R. 2012.** *Salinity stress: physiological constraints and adaptive mechanisms.* Plant stress physiology, 59-93.

**Shakirova F.M., Sakhabutdinova A.R., Bezrukova M.V., Fatkhutdinova R.A. and Fatkhutdinova D.R., 2003.** *Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity.* Plant Sci. 164: 317–322.

**Shakirova F.M., Bezrukova M.V., 1997.** Induction of wheat resistance against environmental salinization by salicylic acid. *Biology Bulletin*, 24,: 109–112.

**Shakirova F.M., Sakhabutdinova A.R, Bezrukova M.V, Fatkhutdinova R.A, Fatkhutdinova DR. 2003** .*Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity.* Plant Sci, v.164pp317–322

**Shankara N., Van J., DE Jeude L., Goffau M., Hilmi M., Barbara V., 2005.** *La culture de la tomate Production, transformation et commercialisation.* Agrodock, V.1 :105.

**Shiyab S. M., Shatnawi M. A., Shibli, R. A., Al Smeirat N. G., Ayad J., and Akash, M. W. 2013.** Growth, nutrient acquisition, and physiological responses of hydroponic grown tomato to sodium chloride salt induced stress. *Journal of plant nutrition.*, 36(4) : 665-676.

**Silini A., 2013.** *Effets des molécules osmoprotectrices sur la survie et l'activité d'Azotobacter et sur la croissance du blé dur en milieu salin.* Thèse de Doctorat, Univ .Ferhat Abbas Sétif. 138p.

**Skiredj A., 2006 :** Besoins des plantes en eau et en éléments nutritifs fustigations , *guide pour améliorer la production des cultures*, Rabat, 9p.

**Snoussi s A, 2001.** Valorisation Des Eaux Salines Pour La Nutrition Des Plantes Cultivée, Thèse De Doctorat, INA EL-HARRACH, 152 P

**Snoussi. S.A., 2010** . Etude de base sur la Tomate en Algérie. *Rapport de mission. Rome.* 53p.

**Spinder .1984.in**SnyderJC,CarterCD.Leaf trichomes and resistance of *Lycopersicon hirsutum* and *Lycopersicon esculentum* to spider mites. *J Am Soc Hortic Sci.* 1984;109(6):837–43.

**Szabolcs I., 1989.** Salt-affected Soils CRC Press Inc., Florida, 274 p.

**Szepesi A, Csiszar J, Bajkan Sz, Gemes K, Horvath F, Erdei L, Deer A, Simon LM, Tari L, 2005.** *Role of salicylic acid pre-treatment on the acclimation of tomato plants to salt and osmotic stress.* Acta Biol Szegediensis 49:123-125

**Szepesi, Á., Csiszár, J., Bajkán, Sz., Gémes, K., Horváth F., Erdei, L., Deér, A., Simon, L.M., and Tari, I., 2005.** *Role of salicylic acid pre-treatment on the acclimation of tomato plants to salt- and osmotic stress.* Acta Biol. Szegediensis, 49: 123-125.

**Taffouo V. D., Nouck A. H., Dibong S. D., and Amougou A. 2013.** *Effects of salinity stress on seedlings growth, mineral nutrients and total chlorophyll of some tomato (*Lycopersicum esculentum* L.) cultivars.* African Journal of Biotechnology, V, 9:(33).

**Tahi. H., 2008.** *Efficiencie de l'utilisation de l'eau d'irrigation chez la tomate par la technique de prd (partial rootzone drying) et étude des mécanismes physiologiques et biochimiques impliqués.* Thèse de Doctorat. Univ.Cadi Ayyad de Marrakech. 152p.

**Tirilly. Y., et Bourgeois. C.M., 1999 .**Technologie des légumes. Ed. Tec & Doc. :111 - 130.

**Ungar,1978. et Kabar, 1986 in Bouchoukh I., 2010.** Comportement écophysioogique de deux Chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin .p 16- 29- 6 - 35.

**Ünlü h., Altindal N., Özdamar D., PADEM H., 2009.***Effect of salicylic acid on salinity stress in Cowpea.*In: *1St International Symposium on Sustainable Development*, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, June 9-10, 2009

**Urban L., 1997 :** *Introduction A La Production Sous Serre : Irrigation Fertilisante En Culture Hors Sol (TOME 2).* Ed. Maison Rustique. Paris :180-210.

**Vaishampayan U., Hussain M., Banerjee M., Seren S., Sarkar F. H., Fontana, J., and Kucuk, O. 2007.** *Lycopene and soy isoflavones in the treatment of prostate cancer,V. Nutrition and cancer, 59(1) : 1-7.*

**Vasyukova N.I., Ozeretskorskaya O.L., 2007.** *Induced plant resistance and Salicylic Acid : A Review.* Applied Biochemistry and Microbiology, 43 : 367-373.

**Wasti S., Mimouni H., Smiti S., Zid E., Ben Ahmed H., 2012.** *Enhanced tolerance of tomatoes by exogenous salicylic acid applied through rooting medium. OMICS- a journal of integrative biology, 16(4):200–207.*

**Winterborne, J. 2005-** Hydroponics: Indoor Horticulture. Pukka Press.

**Yalpani N., Raskin I .,1993.** Salicylic acid: a systemic signal in induced plant disease resistance. Trends Microbiol , V.(1): 88-92.

**Yalpani N., Silverman P., Wilson TM, Kleier DM., Raskin I., 1991.** *Salicylic acid is a systemic signal and an inducer of pathogenesis related proteins in virus infected tobacco.* Plant Cell( 3) :809-818.

**Zemzem M, 1994.** *La Culture De La Tomate.* Direction Des Conseils Agricoles, Koweït, 6p.

**Zhu j.k., 2001.** Plant salt tolerance .trends in plant science n°2.

**Zhu K, Kraemer KL, XU S and Dedrick J. 2004.** *Information technology payoff in e-business environments: An international perspective on value creation of e-business in the financial services industry.* Journal of Management Information Systems 21(1): 17–54

**Zörb, C., Noll, A., Karl, S., Leib, K. and Yan, F. 2005.** *Molecular characterization of Na<sup>+</sup>/H<sup>+</sup> antiporters (ZmNHX) of maize (Zea mays L.) and their expression under salt stress.* J. Plant Physiol., 162: 55-66.

**Zuang H., Musard M., 1986.** *Cultures Légumières Sur Substrats .Installation Et Conduite.* Ed. CTIFL. Paris. 7p.