

**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**

**Projet de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme  
en Master académique  
Spécialité : Biotechnologies Végétales**

**Thème :**

**IMPACT DE LA COMBINAISON SALINITE-ACIDE  
SALICILIQUE SUR LE COMPORTEMENT MORPHO-  
PHYSIOLOGIQUE DE LA TOMATE (*Solanum lycopersicum* M).**

Réalisé par : **FERDJANI Ikram  
KHASSANI Nadia**

**Devant le jury composé de :**

<b>Mr. DJAZOULI ZE</b>	<b>Professeur</b>	<b>USDB 1</b>	<b>Président</b>
<b>Mr. ABBAD M.</b>	<b>Maître assistant A</b>	<b>USDB 1</b>	<b>Promoteur</b>
<b>Mr. DEROUCHE B.</b>	<b>Maître assistant A</b>	<b>USDB 1</b>	<b>Examineur</b>

**ANNEE UNIVERSITAIRE : 2016/2017**

## **Remerciements**

*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.*

*Notre gratitude et notre profonde remerciements sont adressées également à notre promoteur, M ABBAD M. pour son aide, sa disponibilité, sa confiance et ses conseils judicieux sa gentillesse et pour nous avoir guidé dans ce travail et de n'avoir ménagé ni son temps ni son savoir, ni sa patience pour que ce travail arrive à son terme.*

*Nos sincères remerciements aux membres de jury : Mr DJAZOULI Z.E , de nous avoir fait l'honneur d'accepter de présider le jury de ce mémoire. Qu'il soit remercié de nous avoir fait l'honneur de juger ce travail.*

*Nous remercions également Mr DEROUICHE B. d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail. Qu'il trouve ici notre reconnaissance et nos respects les plus sincères.*

*Nous tenons à remercier nos amis MOHAMMEDI ANISSA et SBAA ATIKA pour nous avoir aider dans ce travail et tout les personnelles du laboratoire de recherche de Biotechnologie des productions végétales, pour nous avoir si facilement ouvert son cœur et ses bras, et qui avec générosité, patience et passion, nous a prodigué ses encouragements aux moments de lassitude.*

*Nous remercions également tous les personnes qui ont collaboré de près et de loin à la réalisation de ce modeste travail. En guise de reconnaissances, nous saluons en eux la grandeur de l'esprit et le soutien permanent qu'ils nous ont apporté tout au long de cette recherche.*

## **DEDICACES**

*Je dédie ce modeste travail à mes parents : mon cher PAPA et la plus belle perle dans le monde MAMAN pour leur soutien, leur réconfort et tous les efforts qu'ils ont fournis pour ma réussite qui ont apaisé mes peines et qui ont fait de ma vie un éternel moment de bonheur, d'amour et d'affection puisse dieu vous prêter bonne santé et longue vie afin que je puisse à mon tour, vous combler.*

*A toute ma famille KHASSANI : mes chers frères MOHAMED et AMINE, mes cher sœurs NAIMA, DJAMILA, RABIA, FATIHA et les plus précieuse dans ma vie IMENE et NOUR EL HOUDA.*

*À mes tantes, mes oncles et mes cousines*

*A mes collègues de travail : MDJIDE, AMINE, KHALIL, SAFIA, KHADIDJA, SOUMIA, AMEL.*

*A mes amis : HADJER, ABLA, BESMA, AMINA, WASSILA, GHANIA, AMEL, SAUAD, LOUBNA, IMENE, ANISSA et mon binôme : FERDJANI IKRAM.*

*Et à tous ceux qui ont collaboré de près et de loin et à tous ceux qui ont croisé mon parcours et qui ont fait que m'apporter d'avantage*

***Merci à vous tous***

**NADIA**

***Dédicaces***

*Je tiens à dédier mon humble travail à:*

*Ma mère, et Ma grand-mère qui était un soutien inégalé pour moi, et sans elle, je n'ai jamais fait ça.*

*Mes chères sœurs : ZAHRA, KARIMA, RABIA et HAFIDA*

*Mes chère frères BRAHIM MOHAMMED et LAKHDAR*

*A Mon cher mari SOFIAN le plus beau cadeau de ma vie pour leurs encouragements et leur soutien moral, je le souhaite et sa famille CHARBI tout le succès et tout le bonheur*

*Toute ma famille et mes amis sur tout: ZAHIRA et ROUMAÏSSA.*

***Merci à vous tous***

***IKRAM***

## TABLE DES MATIÈRES

Remerciement

Résumé

Abstract

المخلص

Sommaire

Liste des Figures

Liste des Tableaux

La liste des abréviations

Introduction 01

### CHAPITRE 1 : Généralité sur la culture de tomate

1.	Historique de la tomate.....	03
2.	Importance de la culture de tomate .....	03
2.1.	Importance économique.....	03
2.1.1.	Dans le monde .....	03
2.1.2.	En l'Algérie.....	04
2.2.	Importance nutritionnelle.....	04
3.	Description botanique (systématique).....	05
4.	Description morphologique de la plante.....	05
4.1.	Appareil végétatif.....	05
4.1.1.	Feuille.....	05
4.1.2.	Tige.....	06
4.1.3.	Système racinaire.....	06
4.2.	Appareil reproducteur.....	06
4.2.1.	Fleur.....	06
4.2.2.	graine.....	07
5.	Avantages de la tomate .....	07
6.	Exigences de la plantes.....	07
6.1.	Exigences de la température et l'humidité.....	07
6.2.	Exigences en luminosité.....	08
6.3.	Humidité du sol.....	08
6.3.1.	Potentiel Hydrogène du sol.....	08
6.3.2.	Type de sol.....	08
6.4	Eau.....	09

6.5	La fertilisation.....	09
7.	Ravageur et maladies.....	09
<b>CHAPITRE 2: La Culture Hors Sol</b>		
1.	Généralité .....	12
2.	Définition de la culture hors sol .....	12
3.	Différents systèmes de culture hors sol.....	12
3.1.	Culture aéroponique.....	12
3.2.	Culture hydroponique.....	13
3.3.	La culture sur substrat inerte.....	13
4.	Avantages et inconvénients .....	13
4.1.	Avantages .....	13
4.2.	Inconvénients .....	14
<b>CHAPITRE 3 : La Salinité</b>		
1.	Définition du stress .....	15
2.	Origine du stress .....	15
2.1.	Les types de stress .....	15
2.1. A.	Différentes types de stress abiotiques.....	15
2.1.A.a.	Stress salin.....	16
2.1.A. b.	Stress hydrique.....	16
3.	La salinité .....	16
4.	Effet de la salinité sur les différents stades Physiologiques de la plante .....	17
4.1.	La germination.....	17
4.2.	La croissance.....	19
4.3.	Le développement végétatif.....	20
4.4.	Etat hydrique de la plante.....	20
4.5.	Le comportement hormonal de la plante sous l'effet du stress salin....	22
5.	Les mécanismes d'adaptation de la salinité.....	23
5.1.	Caractéristique morphologique et anatomique .....	23
5.2.	Caractéristique physiologique .....	23
5.2.1.	Répartition et accumulation des ions dans la plante .....	24
5.2.2.	Compartmentation vacuolaire.....	24

## CHAPITRE 4 : Acide Salicylique

1.	Définition de l'acide salicylique.....	25
2.	Importance et le rôle de l'acide salicylique chez la plante.....	26
3.	Biosynthèse de l'acide salicylique.....	26
<b>Matériels et Méthodes</b>		<b>28</b>
1.	Objectif de l'expérimentation .....	28
2.	Matériel végétale.....	28
3.	Conditions de l'expérimentation.....	29
3.1.	Lieu d'expérimentation .....	29
3.2.	Conteneurs utilisés .....	29
3.3.	Substrat utilisée.....	29
3.4.	Dispositif expérimental .....	30
4.	Description des différents traitements.....	30
5.	Méthode de préparation de la solution .....	30
5.1.	La solution nutritive.....	30
5.2.	Solution saline.....	30
5.3.	Acide salicylique.....	31
6.	Essai de germination.....	31
6.1.	Pré-germination .....	31
6.2.	Repiquage des germes.....	31
7.	Entretien de la culture.....	32
7.1	Irrigation.....	32
8.	Paramètres effectués.....	32
8.1.	Paramètres morphologiques.....	33
8.1.1.	Hauteur finale des plantes .....	33
8.1.2.	Diamètre des tiges .....	33
8.1.3.	La longueur finale des racines.....	33
8.1.4.	Biomasse fraîche des plantes .....	33
8.2.2.	Biomasse sèche des plantes .....	33
8.2.3.	Teneur relative en eau.....	33
8.3.	Paramètres physiologiques .....	34
8.3.1.	Extraction et dosage des pigments chlorophylliens.....	34
Analyse statistique.....		34

## RESULTATS ET DISCUSSION

### I. PARAMETRES BIOMETRIQUE :

1.	Variation de la hauteur finale des plantules de tomate (cm) en présence de $\text{Na}_2\text{SO}_4$ et de l'acide salicylique .....	35
2.	Variation du diamètre des tiges (mm) des plantules de tomate en présence de $\text{Na}_2\text{SO}_4$ et de l'acide salicylique.....	36
3.	Variation de la biomasse fraîche des feuilles des plantules de tomate (g) en présence de $\text{Na}_2\text{SO}_4$ et de l'acide salicylique .....	37
4.	Variation biomasse fraîche des tiges des plantules de tomate (g) en présence de $\text{Na}_2\text{SO}_4$ et de l'acide salicylique .....	38
5.	Variation de la biomasse fraîche des racines des plantules de tomate (g) en présence de $\text{Na}_2\text{SO}_4$ et de l'acide salicylique .....	39
6.	Variation de la biomasse sèche des feuilles des plantules de tomate (g) en présence de $\text{Na}_2\text{SO}_4$ et de l'acide salicylique .....	40
7.	Variation de la biomasse sèche des tiges des plantules de tomate (g) en présence de $\text{Na}_2\text{SO}_4$ et de l'acide salicylique .....	41
8.	Variation de la biomasse sèche des racines des plantules de tomate (g) en présence de $\text{Na}_2\text{SO}_4$ et de l'acide salicylique .....	41
9.	Matière sèche des feuilles des plantules de tomate % la en présence de la salinité et de l'acide salicylique .....	42
10.	Matière sèche des tiges des plantules de tomate % la en présence de la salinité et de l'acide salicylique .....	43
11.	Expression de la biomasse de la partie racinaire par rapport à la partie aérienne....	44
12.	Expression de la longueur de la partie racinaire par rapport la longueur de la partie aérienne .....	46
13.	Variation de la surface foliaire des plantes de tomate (cm) en présence de la salinité et de l'acide salicylique .....	47
14.	Variation de la Teneur relative en eau (%) en présence de la salinité et de l'acide salicylique .....	48

<b>II. PARAMETRES PHYSIOLOGIQUES</b> .....	
1. Variation de la Teneur en chlorophylle (a) en présence de la salinité et de l'acide salicylique.....	<b>49</b>
2. Variation de la Teneur en chlorophylle (b) en présence de la salinité et de l'acide salicylique .....	<b>50</b>
3. Variation de la Teneur en chlorophylle (c) en présence de la salinité et de l'acide salicylique .....	<b>51</b>
<b>CONCLUSION</b> .....	<b>53</b>

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

**ANNEXE**

## RESUME

Cette étude est menée dans le but d'améliorer la tolérance au sel chez la tomate par l'application de la combinaison  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ -l'acide salicylique par deux concentrations pour avoir une réaction morpho-physiologique correcte.

Nos résultats ont montré que l'effet de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  à 10mM a exercé un effet dépressif significativement remarquable sur la croissance en longueur (36,42%), la biomasse fraîche et sèche des feuilles (80,93 et 48,46%) respectivement, la biomasse sèche des tiges (86,67%), la surface foliaire (85,67%). La réaction physiologique traduite par la teneur des feuilles en chlorophylle en présence du  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  a montré des réductions de 14,91 et 08,23% pour la chlorophylle (b) et (c) respectivement. De plus, la présence de 20mM de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  a manifesté une réduction de 16,03% pour le diamètre, 63,87 et 85,48% pour la biomasse fraîche et sèche des racines et de 40,20% pour la teneur en chlorophylle (a).

En revanche, la combinaison  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ -acide salicylique a un effet bénéfique significativement remarquable. Des hausses de 56,88% pour la teneur relative en eau, 56,14 et 33,53% pour la teneur en chlorophylle (b) et (c) respectivement.

**Mots clé :** Tomate,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , acide salicylique, chlorophylle,

## Abstract

This study is conducted with an aim of improving the tolerance with salt at tomato by the application of salicylic acid combination the  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , by two concentrations to have a correct morpho-physiological reaction. Our results have showed that the effect  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  has 10mM to exert a depressive effect significantly remarkable on the growth in in length (36,42%), the fresh and dry biomasses of the sheets ( 80,93 and 48,46%) respectively, the dry biomass of the stems (86,67%), the leaf area (85,67%). The physiological reaction translated by the content of the sheets chlorophyll in the presence of  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  mM sheed reductions of 14,91 and 08,23% for chlorophyll (b) and (c) respectively. Moreover, the presence of  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  20mM expressed a reduction of 16,03% for the diameter 63,87 and 85,48% for the fresh and dry biomass offer roots and 40,20% for the chlorophyll (a). salicylic acidcombination  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  has a beneficialeffect significantly remarkable. Rises of 56.88% for the content relative of water, 56.14and 33.53% for the content chlorophyl (b) and(c) r espectively.

**Keywords:** Tomato,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , salicylic acid, chlorophyll,

## ملخص

دراستنا كانت بهدف تحسين تأثير الملوحة على نباتات الطماطم و التي تمت بتطبيق كل من سولفات الصوديوم بمقدار جرعتين من جهة و بحمض الساليسيليك المستخدم من جهة من اجل تحسين التفاعلات الفيزيولوجية.

بتطبيق 10 ممول من سولفات الصوديوم اثرت سلبا على نمو الطول (36.42%)، الكتلة الحيوية و الجافة للاوراق (80.93 و 48.46 %) على التوالي، الكتلة احيوية للساق (86.67%)، المساحة الخضراء (85.67%). التفاعلات الفيزيولوجية و التي ترجمت في نسبة اليخضور للاوراق و في حضور  $Na_2SO_4$  تعطي انخفاضات ب 14.91% و 08.23% على مستوى الكلوروفيل (b) و (c) على التوالي. ايضا، حضور 20 ممول من  $Na_2SO_4$  اعطى انخفاضات على مستوى القطر ب 16.03%، 63.87 و 85.48 % على مستوى الكتلة الحيوية و الجافة للجذور و 40.20% في نسبة الكلوروفيل (a) .

على عكس الرابطة  $Na_2SO_4$  - حمض الساليسيليك حيث لاحظنا تحسن هام في النتائج الملاحظة. من بينها ارتفاع في نسبة المياه ب 56.88%، و 56.14 و 33.53 % على مستوى نسبة الكلوروفيل (b) و (c) على التوالي.

الكلمات المفتاحية: الملوحة، حمض الساليسيليك، سولفات الصوديوم، الضغط الملحي.

## Annexe

### Analyse de la variance

#### 1. Hauteur des tiges

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>C.V</i>
Var. factorielle	1608,42	6,00	268,07	9,75	0,0000	2,57
Var. résiduelle	577,15	21,00	27,48			
Var. Total	2185,58	27,00				

#### 2. Diamètre des tiges

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>C.V</i>
Var. factorielle	0,18	6	0,03	2,33	0,07	2,57
Var. résiduelle	0,26	21	0,013			
Var. Total	0,44	27				

#### 3. Biomasse fraîche des feuilles

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>C.V</i>
Var. factorielle	4413,02	6,00	735,50	164,93	0,0000	2,57
Var. résiduelle	93,65	21,00	4,46			
Var. Total	4506,67	27,00				

#### 4. Biomasse fraîche des tiges

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>C.V</i>
Var. factorielle	444,38	6,00	74,06	34,33	0,0000	2,57
Var. résiduelle	45,30	21,00	2,16			
Var. Total	489,68	27,00				

#### 5. Biomasse fraîche des racines

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>C.V</i>
Var. factorielle	730,15	6,00	121,69	41,08	0,00	2,57
Var. résiduelle	62,21	21,00	2,96			
Var. Total	792,36	27,00				

## 6. Biomasse sèche des feuilles

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>C.V</i>
Var. factorielle	98,28	6	16,38	125,60	0,0000	2,57
Var. résiduelle	2,74	21	0,13			
Var. Total	101,02	27				

## 7. Biomasse sèche des tiges

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>C.V</i>
Var. factorielle	4,05	6	0,68	8,43	0,0001	2,57
Var. résiduelle	1,68	21	0,08			
Var. Total	5,74	27				

## 8. Biomasse sèche des racines

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>C.V</i>
Var. factorielle	149,45	6	24,91	366,69	0,0000	2,57
Var. résiduelle	1,43	21	0,07			
Var. Total	150,88	27				

## 9. La longueur finale des racines

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>C.V</i>
Var. factorielle	34,72	6	5,79	0,75	0,6158	2,57
Var. résiduelle	161,90	21	7,71			
Var. Total	196,62	27				

## 10. Taux de la matière sèche des feuilles

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>C.V</i>
Var. factorielle	154,04	6	25,67	33115,51	0,0000	2,57
Var. résiduelle	0,02	21	0,00			
Var. Total	154,05	27				

## 11. Taux de matière sèche des tiges

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>C.V</i>
Var. factorielle	297,45	6	49,57	1146,68	0,0000	2,57
Var. résiduelle	0,91	21	0,04			
Var. Total	298,36	27				

## 12. Taux de matière sèche des racines

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>C.V</i>
Var. factorielle	1635,48	6	272,58	127028,02	0,0000	2,57
Var. résiduelle	0,05	21	0,00			
Var. Total	1635,53	27				

## 13. Expression de la biomasse de la partie racinaire par rapport à la partie aérienne (feuilles + Tiges)

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>C.V</i>
Var. factorielle	0,41	6	0,07	5,89	0,0010	2,57
Var. résiduelle	0,24	21	0,01			
Var. Total	0,65	27				

## 14. Expression de la longueur des racines par rapport à la longueur de la partie aérienne (feuilles + Tiges)

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>C.V</i>
Var. factorielle	0,54	6	0,09	4,78	0,0032	2,57
Var. résiduelle	0,40	21	0,02			
Var. Total	0,94	27				

## 15. Surface foliaire

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>C.V</i>
Var. factorielle	23135311	6	3855885,16	105,70	0,0000	2,57
Var. résiduelle	766096,973	21	36480,81			
Var. Total	23901407,9	27				

## 16. Teneur relative en l'eau

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>C.V</i>
Var. factorielle	3168,96	6	528,16	7,36	0,00	2,57
Var. résiduelle	1506,53	21	71,74			
Var. Total	4675,49	27				

**17. Teneur des feuilles en chlorophylle (a)**

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>C.V</i>
Var. factorielle	16,29	6	2,71	54,64	0,0000	2,85
Var. résiduelle	0,70	14	0,05			
Var. Total	16,98	20				

**18. Teneur des feuilles en chlorophylle (b)**

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>C.V</i>
Var. factorielle	10,45	6	1,74	23,14	0,0000	2,85
Var. résiduelle	1,05	14	0,08			
Var. Total	11,50	20				

**19. Teneur des feuilles en chlorophylle (c)**

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>	<i>F</i>	<i>Probabilité</i>	<i>C.V</i>
Entre Groupes	5,81	6	0,97	6,83	0,0015	2,85
A l'intérieur des groupes	1,98	14	0,14			
Total	7,79	20				

## LISTE DES ABREVIATIONS

<b>FAO :</b>	Organisation internationale de l'alimentation et de l'agriculture
<b>MADR :</b>	Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural
<b>pH :</b>	Potentiel hydrogène
<b>CE:</b>	Conductivité électrique
<b>UV:</b>	Ultraviolet
<b>CO<sub>2</sub>:</b>	Dioxyde de carbone
<b>GA<sub>3</sub>:</b>	l'acide gibbérellique
<b>T:</b>	Traitement
<b>°C :</b>	Degré Celsius
<b>% :</b>	Pourcent
<b>TRE :</b>	Teneur relative en eau
<b>RWC :</b>	Relative Water Content
<b>mM :</b>	Mili molaire
<b>cm :</b>	centimètre
<b>mm :</b>	Mili mètre
<b>Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> :</b>	Sulfate de sodium.
<b>NaCl :</b>	Chlorure du sodium.
<b>Na<sup>+</sup> :</b>	sodium
<b>N :</b>	Ecart-type
<b>g :</b>	gramme
<b>% :</b>	pourcent
<b>mmhos/cm :</b>	milli mhos per centimètre
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> :</b>	Ion de sulfate.
<b>AS :</b>	Acide salicylique.
<b>C<sub>7</sub>H<sub>4</sub>O<sub>3</sub> :</b>	Acide 2-hydroxy- benzoïque.
<b>P :</b>	probabilité
<b>CE :</b>	Conductivité Electrique.
<b>µM :</b>	Micro- mètre
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> :</b>	nitrate
<b>Mg<sub>2</sub><sup>+</sup> :</b>	magnésium
<b>Ca<sub>2</sub><sup>+</sup> :</b>	Calcium
<b>K<sup>+</sup> :</b>	potassium
<b>Cl<sup>-</sup> :</b>	chlorure
<b>CO<sub>2</sub> :</b>	Dioxyde du charbon
<b>ABA :</b>	Acide abscissique
<b>RWC :</b>	Relative Water Content
<b>GA<sub>3</sub> :</b>	Acide gibbérellique

## LISTE DES FIGURES

Figure: 01	Répartition de la production mondiale de tomates (FAO, 2013).....	03
Figure: 02	Aspect général d'une feuille de la tomate (Source personnelle, 2017).....	05
Figure: 03	Aspect général de la partie souterraine de la plante de la tomate (source personnelle, 2017).....	06
Figure: 04	Aspect général de la fleur de tomate.....	07
Figure :05	Voie proposée pour la biosynthèse de l'acide salicylique dans les plantes.....	27
Figure :06	Méthodes du lavage et de la désinfection du substrat utilisé durant notre expérience.....	30
Figure :07	Schémas du dispositif expérimental.....	31
Figure :08	Pré-germination .....	31
Figure :09	le repiquage.....	32
Figure :10	Variation de la hauteur finale des plantules de tomate (cm) en présence de la salinité ; dont la concentration du $\text{Na}_2\text{SO}_4$ est de 10 et 20 mM ; et de l'acide salicylique (1 et 2 mM par rapport au contrôle. Les résultats représentent des moyennes $\pm$ Ecart-type (N=4).....	35
Figure :11	Variation de diamètre des plantules de tomate (mm) en présence de la salinité ; dont la concentration du $\text{Na}_2\text{SO}_4$ est de 10 et 20 mM ; et de l'acide salicylique (1 et 2 mM par rapport au contrôle. Les résultats représentent des moyennes $\pm$ Ecart-type (N=4).....	36
Figure :12	Variation de la biomasse fraîche des feuilles des plantules de tomate (g) en présence de la salinité ; dont la concentration du $\text{Na}_2\text{SO}_4$ est de 10 et 20 mM ; et de l'acide salicylique (1 et 2 mM par rapport au contrôle. Les résultats représentent des moyennes $\pm$ Ecart-type (N=4).....	37
Figure :13	Variation de la biomasse fraîche des tiges des plantules de tomate (g) en présence de la salinité ; dont la concentration du $\text{Na}_2\text{SO}_4$ est de 10 et 20 mM ; et de l'acide salicylique (1 et 2 mM par rapport au contrôle. Les résultats représentent des moyennes $\pm$ Ecart-type (N=4).....	38

Figure : 14	Variation de la biomasse fraîche des racines des plantules de tomate (g) en présence de la salinité ; dont la concentration du Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> est de 10 et 20 mM ; et de l'acide salicylique (1 et 2 mM par rapport au contrôle. Les résultats représentent des moyennes ± Ecart-type (N=4).....	<b>39</b>
Figure : 15	Variation de la biomasse sèches des feuilles des plantules de tomate (g) en présence de la salinité ; dont la concentration du Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> est de 10 et 20 mM ; et de l'acide salicylique (1 et 2 mM par rapport au contrôle. Les résultats représentent des moyennes ± Ecart-type (N=4).....	<b>40</b>
Figure : 16	Variation de la biomasse sèches des tiges des plantules de tomate (g) en présence de la salinité ; dont la concentration du Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> est de 10 et 20 mM ; et de l'acide salicylique (1 et 2 mM par rapport au contrôle. Les résultats représentent des moyennes ± Ecart-type (N=4).....	<b>41</b>
Figure : 17	Variation de la biomasse sèches des racines des plantules de tomate (g) en présence de la salinité ; dont la concentration du Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> est de 10 et 20 mM ; et de l'acide salicylique (1 et 2 mM par rapport au contrôle. Les résultats représentent des moyennes ± Ecart-type (N=4).....	<b>42</b>
Figure : 18	la variation de la matière sèche des feuilles des plantules de la tomate (%) en présence de la salinité ; dont la concentration du Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> est de 10 et 20 mM ; et de l'acide salicylique (1 et 2 mM) par rapport au contrôle. Les résultats représentent des moyennes ± Ecart-type (N=4).....	<b>43</b>
Figure : 19	la variation de la matière sèche des tiges des plantules de la tomate (%) en présence de la salinité ; dont la concentration du Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> est de 10 et 20 mm ; et de l'acide salicylique (1 et 2 mm) par rapport au contrôle. Les résultats représentent des moyennes ± Ecart-type (N=4).....	<b>44</b>
Figure : 20	: L'expression de la biomasse de la partie racinaire par rapport à la partie aérienne des plantules de la tomate en présence de la salinité ; dont la concentration du Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> est de 10 et 20 mM ; et de l'acide salicylique (1 et 2 mM) par rapport au contrôle. Les résultats représentent des moyennes ± Ecart-type (N=4). .....	<b>45</b>

Figure : 21	L'expression de la longueur de la partie racinaire par rapport à la partie aérienne des plantules de la tomate (%) en présence de la salinité ; dont la concentration du Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> est de 10 et 20 mM ; et de l'acide salicylique (1 et 2 mM) par rapport au contrôle. Les résultats représentent des moyennes ± Ecart-type (N=4).....	<b>46</b>
Figure : 22	la variation de la surface foliaire des plantules de la tomate (%) en présence de la salinité ; dont la concentration du Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> est de 10 et 20 mM ; et de l'acide salicylique (1 et 2 mM) par rapport au contrôle. Les résultats représentent des moyennes ± Ecart-type (N=4).....	<b>47</b>
Figure : 23	la variation de la teneur relatif en eau des plantules de la tomate (%) en présence de la salinité ; dont la concentration du Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> est de 10 et 20 mM ; et de l'acide salicylique (1 et 2 mM) par rapport au contrôle. Les résultats représentent des moyennes ± Ecart-type (N=4).....	<b>48</b>
Figure : 24	La variation de la teneur des feuilles en chlorophylle (a) des plantules de la tomate en présence de la salinité ; dont la concentration du Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> est de 10 et 20 mM ; et de l'acide salicylique (1 et 2 mM) par rapport au contrôle. Les résultats représentent des moyennes ± Ecart-type (N=4).....	<b>49</b>
Figure : 25	: La variation de la teneur des feuilles en chlorophylle (b) des plantules de la tomate en présence de la salinité ; dont la concentration du Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> est de 10 et 20 mM ; et de l'acide salicylique (1 et 2 mM) par rapport au contrôle. Les résultats représentent des moyennes ± Ecart-type (N=4).....	<b>51</b>
Figure : 26	: La variation de la teneur des feuilles en chlorophylle de caroténoïde des plantules de la tomate en présence de la salinité ; dont la concentration du Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> est de 10 et 20 mM ; et de l'acide salicylique (1 et 2 mM) par rapport au contrôle. Les résultats représentent des moyennes ± Ecart-type (N=4) .....	<b>52</b>

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau .1.</b>	Culture maraichère et industrielle de la tomate en Algérie.....	<b>04</b>
<b>Tableau .2.</b>	Composition chimique des fruits de la tomate (%).....	<b>04</b>
<b>Tableau .3.</b>	Exigence de la culture de tomate en Chaleur et en humidité de l'air pendant les différents stades de croissance.....	<b>07</b>
<b>Tableau .4.</b>	Les principaux ravageurs de tomate.....	<b>09</b>
<b>Tableau .5.</b>	Les principaux maladies et désordres physiologique de la tomate .....	<b>10</b>
<b>Tableau .6.</b>	Quelques propriétés de l'acide salicylique .....	<b>25</b>

### INTRODUCTION

La tomate (*Solanum Lycopersicum* L) est l'une des cultures les plus importantes et les plus répandues en Algérie avec une production de 1,06 million de tonnes par hectare (MASON et *al.*, 2017). Elle est très riche en provitamine A sous forme de terpènes caroténoïdes ainsi que d'éléments nutritifs, notamment en lycopène, caroténoïde prédominant de la tomate avec un taux de 80% (RAJORIA et *al.*, 2010).

La tomate est cultivée dans de nombreuses régions et sous différents climats, y compris les régions arides et semi-arides. Ces dernières présentent une forte salinité des sols et des eaux qui sont une menace croissante, affectant à la fois le rendement et la qualité de la tomate (DJERMOUN, 2009). En raison de son importance économique, elle est cultivée a bénéficié d'une grande attention. Sa tolérance au sel a été largement étudiée dans le monde et continue à susciter l'attention des chercheurs (DASGAN et *al.*, 2002 ; MELCHOR et *al.*, 2005; ZRIBI et *al.*, 2009).

La salinité du sol et de l'eau constitue un problème majeur dans beaucoup de pays du monde (SZABOLOCS, 1979). Elle cause des maladies dites «maladies non parasitaire» ou maladie physique ou abiotiques (NACER ET TIAR, 2012). En effet, les sels provenant de l'eau d'irrigation s'accumulent dans le sol en provoquant l'augmentation de la pression osmotique et diminuent en conséquence la disponibilité de l'eau pour les plantes (CHARTZOULAKIS, 2003), ce qui résulte une réduction de la croissance (KADRI et *al.*, 2009).

Vis-à-vis de la salinité, la tomate est classée parmi les plantes à tolérance moyenne (MAAS, 1986). Néanmoins, sa tolérance diffère avec les variétés ainsi leurs stade de développement (EL-EKHLIL et *al.*, 2002) et elle est susceptible d'être améliorée par voie biotechnologique (ZHANG et BLUMWALD, 2001) ou physiologique (ESTAN et *al.*, 2005). Il est également possible de faire appel à des prétraitements ou des traitements par le calcium (CAINES et SHENNAN, 1999), par des agents osmotiques (CAYUELA et *al.*, 1996) ou par l'acide salicylique (STEVENS et *al.*, 2006).

Le présent travail a pour objectif d'une part, d'évaluer l'effet du stress salin par la présence du Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sur la solution d'irrigation sous 10 et 20mM. Le choix de ces deux doses de sel dépend au seuil de tolérance de cette culture qui est 4g/l. D'autre part, une combinaison de ces deux solutions salines avec deux doses de l'acide salicylique (1 et 2mM) ont été testés. Cette expérimentation s'achève par un examen des différents paramètres pour évaluer la réponse des plantes sous ce régime salin.

## CHAPITRE 1 : GENERALITE SUR LA CULTURE DE TOMATE

### 1. Historique de la tomate

Le terme de « tomate » dérive du mot Inca *tomalt*. Au XVI<sup>ème</sup> siècle en Amérique du sud les conquérants espagnols ont découvert la tomate. Elle fit sa première apparition en Europe dans les jardins sévillans d'Espagne de quelques monastères qui se spécialisaient à cultiver des curiosités du nouveau monde.

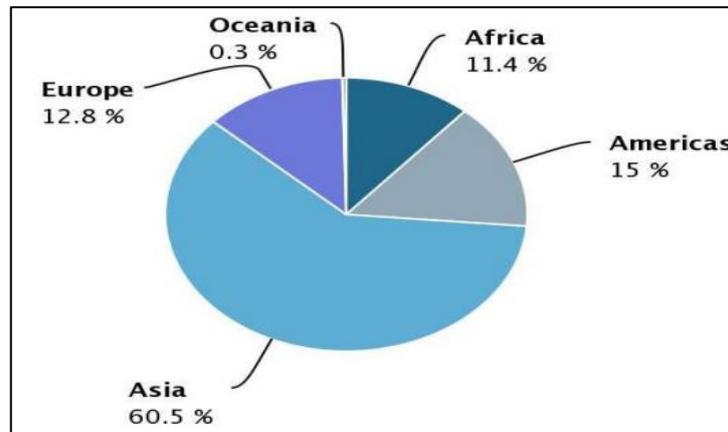
Un américain affirme que la tomate rehausse le goût des sauces et des potages en 1806. Trois ans plus tard Thomas Jefferson se porte à la défense de ce fruit

### 2. Importance de la culture de tomate

#### 2.1. Importance économique

##### 2.1.1. Dans le monde

La tomate est considérée comme fruit ou légume le plus consommé dans le monde, soit en frais où transformé et conservé avec une production de 160 millions par hectare (FAO, 2013). Elle est cultivée sous toutes les latitudes dans des conditions très variées (climats, modes de production). Plus de la moitié de cette production provient d'Asie et notamment de Chine. L'Europe produit près de 13% de la production mondiale ce qui représentait un peu moins de 21 millions de tonnes (Figure 01).



**Figure 01** : Répartition de la production mondiale de tomates (FAO, 2013)

Comme c'est une culture à cycle assez court qui donne un haut rendement, elle a de bonnes perspectives économiques et la superficie cultivée s'agrandit de jour en jour (SHANKARA et al, 2005). Il constitue une source non négligeable de minéraux, vitamines et certains composés naturels secondaires ayant un potentiel antioxydant important (Tableau 1) (GILLAPSY et al, 1993 et BLANCARD et al, 2009).

### 2.1.2. En l'Algérie

La tomate occupe une place importante dans le secteur maraichère, et considérée comme une espèce prioritaire comme la pomme de terre et l'oignon.

**Tableau 01:** Culture maraichère et industrielle de la tomate en Algérie (MADR, 2009).

Espèce	Superficies (hectare) Ha	Production (quintaux) Qx
Tomate industrielle	12173 <b>36.93%</b>	3822731 <b>4.97%</b>
Tomate maraichère	20789 <b>63.06%</b>	6410343 <b>8.33%</b>

(SNOUSSI, 2010).

Selon le tableau 04, nous remarquons que la tomate est cultivée selon deux modes de production à savoir en culture maraichère et en culture industrielle, La superficie totale réservée est de 32962 Ha présentée par 63.06% pour la tomate maraichère et 36.93% pour la tomate industrielle. La production de tomate maraichère, représente 08.33% par rapport à la production totale de la tomate. Par contre pour la tomate industrielle, le taux de représentativité est de 4.97% par rapport à la production totale. En ce qui concerne les rendements, on peut dire qu'ils sont presque similaires avec une légère hausse en tomate industrielle, ceci montre bien que les techniques adoptées pour les deux modes de productions sont conformes à l'espèce étudiée (SNOUSSI, 2010).

### 2.2. Importance nutritionnelle

De fait de son niveau de consommation relativement élevé, la tomate intervient pour une part importante dans l'apport en vitamines et en sels minéraux dans l'alimentation (BLANCARD et *al.*, 2009).

**Tableau 02 :** composition chimique des fruits de la tomate (%) (BLANCARD et *al.*, 2009)

Eau		95			
Matières sèches totales	Matières sèches solubles	sucre (glucose, fructose)	55	79	05
		acides (citrique, malique)	12		
		sels minéraux	07		
		pigments caroténoïdes*, composés volatils, vitamines**05			
matières sèches insolubles (cellulose, matières pectiques)			21		

- Pigments jaune orange (bêta-carotène = provitamine A) ou rouge (lycopène)
- Vitamines c (18 à 25mg/100 g de fruits frais), B, K, E.

### 3. Description botanique (systématique)

Le nom du genre *Lycopersicum* est un composite gréco-latin, il signifie «pêche de loup». Le nom *esculentum* vient du latin, il signifie «comestible». Cette comestible ne concerne ni le feuillage, ni les jeunes fruits verts, qui contiennent des alcaloïdes toxiques (tomatine, solanine). Ces alcaloïdes disparaissent des fruits au cours de leur développement (PITRAT et FOURY, 2004). La classification scientifique de la tomate, selon (CATALOGUE OF LIFE 2016).

Régné .....*Plantae*  
 Embranchement..... *Tracheophyta*  
 Classe.....*Magnoliopsida*  
 Ordre.....*Solanales*  
 Famille.....*Solanaceae*  
 Genre.....*Solanum ou Lycopersicum*  
 Espèce.....*Lycopersicum esculentum Mill*  
 Variété.....Saint-Pierre

### 4. Description morphologique de la plante

#### 4.1. Appareil végétatif

##### 4.1.1. Feuilles

Elles sont imparipennées avec des folioles ou moins dentées. Il existe des variétés à feuilles très peu découpées et à bord non denté que l'on désigne comme variétés «à feuilles de pomme de terre» ce caractère, mono génique récessif, est contrôlé par l'allèle «c». (BLANCARD et *al*, 2009). Ces feuilles sont alternées sur RAEMAEEKERS la tige, Elles sont composées de 5 à 7 folioles principales, longues de 10 à 25cm (RAEMAEEKERS, 2001). À cause des quantités importantes d'alcaloïdes dans Les feuilles de tomates sont toxique (Kozukue et *al*, 2004)



**Figure 2** : Aspect général d'une feuille de la tomate (Source personnelle, 2017)

#### 4.1.2. Tige

Le port de croissance varie entre érigé et prostré. La tige pousse jusqu'à une longueur de 2 à 4 m. La tige est pleine, fortement poilue et glandulaire (SHANKARA *et al*, 2005). Ces derniers contiennent une huile essentielle qui donne son odeur caractéristique de la plante (KOLEV, 1976).

#### 4.1.3. Système racinaire

Ils sont de pivotante qui pousse jusqu'à une profondeur de 50 cm ou plus. La racine principale produit une haute densité de racines latérales et adventives (SHANKARA *et al*, 2005).



**Figure 3 :** Aspect général de la partie souterraine de la plante de la tomate (SOURCE PERSONNELLE, 2017)

### 4.2. Appareil reproducteur

#### 4.2.1. Fleur

Ce sont les organes sexuels de la tomate. Elles sont regroupées sur le même pédoncule en bouquet lâche en inflorescence formant des grappes plus ou moins bifurquées de 3 à 8 fleurs chez les variétés fixées et au-delà chez les hybrides (POLESE, 2007).

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



**Figure 4:** Aspect général de la fleur de tomate (SOURCE PERSONNELLE, 2017)

#### 4.2.2. Graine

En général, elle porte une forme de rein ou de poire. Les graines sont poilues, beiges, 3 à 5 mm de long et 2 à 4mm de large. L'embryon est enroulé dans l'albumen. 1000 graines pèsent approximativement 2,5 à 3,5g (SHANKARA et al, 2005). Chaque fruit contient un nombre important de graines qui varie de 80 à 500 graines par fruit (CHAUXET FOURY 1994).

#### 5. Avantage de la tomate

Selon SHANKARA(2005), la culture de tomate présente plusieurs avantages à savoir

- Un cycle de vie relativement court et une période de production courte ou longue.
- Culture installée soit en champ ouvert ou sous abridans différents systèmes de culture.
- Elle contient une valeur économique élevée et qui est très riche en oligo-éléments.
- Les fruits peuvent être transformés, séchés et mis en conserve.

#### 6. Exigences de la plantes

##### 6.1. Exigences de la température et l'humidité

La réussite de la culture de tomate nécessite certaines exigences pédoclimatiques qui doit être maîtrisé. Le tableau 2 résume quelques exigences qui sont la température et l'humidité de l'air.

**Tableau 03 :** Exigence de la culture de tomate en Chaleur et en humidité de l'air pendant les différents stades de croissance

Stade de croissance	Température du sol	Température de l'air	Humidité de l'air
Germination (avant levée)	30 à 20°C (décroissante)	20°C (Constante)	60 à 65 %
Stade pépinière	20 à 25°C	26°C jour 20°C nuit	60 à 65 %

Planté en culture Développement végétatif Floraison	15 à 18°C	Thermo- périodisme journalier 20 à 23°C jour 15 à 17°C nuits.	60 à 65 %
Fructification ; Pollinisation Fécondation ; Nouaison	15 à 20°C	20 à 25°C jours 15 à 17°C nuits	60 à 65 %
Développement des fruits	16 à 20°C	20 à 23°C	60 à 65 %

(ANONYME, 2015)

### 6.2. Exigences en luminosité

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

### 6.3. Humidité du sol

Les exigences de la tomate en humidité du sol sont très grandes pendant toute la végétation pour cela la capacité potentielle de l'espèce *Lycopersicon Esculentum* à développer dans une période relativement courte, une très grande masse végétative et un très grand nombre de fleurs et de fruits. La chute des fleurs et parfois de petits fruits est causés par le manque d'humidité suffisante, surtout dans le sol (HUAAt, 2008)

#### 6.3.1. Potentiel Hydrogène du sol

Le meilleur équilibre nutritionnel étant assuré entre un pH de 6.0 et 7.0 (CHAUX et FOURY 1994). La tomate tolère modérément un large intervalle de valeurs du pH (niveau d'acidité, mais pousse le mieux dans des sols où la valeur du pH varie entre 5,5 et 6,8 et où l'approvisionnement stimule une bonne croissance (SHANKARA *et al.*, 2005).

#### 6.3.2. Type de sol

La tomate pousse bien sur la plupart des sols minéraux qui ont une bonne capacité de rétention de l'eau, une bonne aération et qui sont libres de sels. Elle préfère les terres limoneuses profondes et bien drainées. La couche superficielle du terrain doit être perméable. Une profondeur du sol de 15 à 20 cm est favorable à la bonne croissance d'une culture saine. La culture de la tomate tolère une conductivité électrique (CE) de l'ordre de 3 à 4,5 mmohs/cm) (SKIREJ, 2006 et LAMBERT, 2006).

#### 6.4. Eau

La quantité totale d'eau qu'une culture de tomates sous abri exige est très variable ; elles se situent entre 4000 et 5000 m<sup>3</sup>/Hacar (Anonyme ; 2015). Celle-ci dépend du type de culture de la période de croissance, du sol, de la région et du climat.

Les plantules n'exigent pas d'énormes quantités d'eau. Cependant, chaque plant a besoin dans de 75L d'eau à partir sur 60 jours de repiquage. Il convient de fournir plus de 2L d'eau par jour et par plant partir de la floraison de 2<sup>ème</sup> bouquet. On estime à 130 L les exigences totales d'une récolte basée sur 6 bouquets (FAO, 1988).

L'excès d'eau provoque l'asphyxie des racines, ce qui à son tour entraîne une déficience en MgO, en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et en NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ainsi que la chute des fleurs entraîne la pourriture apicale du fruit. Une alternance de confort hydrique et de déficience provoque l'éclatement des fruits(FAO, 1988).

#### 6.5. La fertilisation

Les trois principaux éléments fertilisants sont N, P et K. L'azote (N) est surtout utile pour assurer la croissance des parties vertes de la plante, l'excès d'azote peut prolonger la croissance végétative et retarder ainsi la production des fruits. Le phosphore (P) est source d'énergie pour la plante, il favorise notamment la croissance des racines et des tiges. La potassium (K) est important pour l'équilibre de la plante et ses besoins se font surtout sentir pour la formation des fruits, d'où l'intérêt d'apporter cet éléments juste avant la fructification.(ANONYME, 2008).

### 7. Ravageur et maladies

Les principaux facteurs limitant la production de la tomate en plein champ sont l'alimentation hydrique, minérale, les maladies et les ravageurs (HAUt, 2008). Le tableau 05 résume quelques ravageurs de la culture de tomate, leurs dégâts ainsi les moyens de lutte efficaces. Le tableau 06 révèle des informations sur les principaux maladies et désordres physiologique de la tomate.

**Tableau 04** : les principaux ravageurs de tomate

Ravageurs	Dégâts	Moyens de lutte
Mineuse de feuille de tomate ( <i>Tutaabsoluta</i> )	-Mines causées par des larves, pouvant évoluer jusqu'à destruction complète du limbe. -attaque les jaunes fruits verts.	-Eliminer les adventices. -Utiliser des axillaires. -Installer des filets insect-pooof sur les portes des multi chapelles des tunnels.

La mouche blanche ( <i>Bemisiatabaci</i> )	-Transmission des virus.	-Décaler les dates de semis par rapport à la période d'activité de l'insecte. -Arracher les adventices qui peuvent héberger les insectes et les virus.
Nématodes ( <i>Meloidogyneincognita</i> )	-Formation de galles sur racines et perturbation de l'absorption racinaire.	-Désinfecter le sol. -Utiliser des variétés résistantes.

(ANONYME, 1999)

**Tableau 05 :** les principaux maladies et désordres physiologique de la tomate

	maladies	Symptômes et dégâts	Moyens de lutte
<b>Maladies</b>	Oïdium	- Taches jaunâtre sur les feuilles	-Assurer une bonne aération de serre
	Alternaria	- Taches noirâtres sur feuille. - Taches chancreuses sur tige. Des nécrosent sur fruit.	-Utiliser des variétés résistantes ; - Faire des Rotations culturale. -Réaliser des traitements chimiques.
	Mildiou	-Apparition des taches jaunâtres sur les feuilles.	-Eviter les excès d'azote et d'eau, une bonne aération aussi
<b>Maladie bactériennes</b>	Chancre bactérien	-Flétrissement unilatéral sur feuilles. -Des coupes longitudinales sur tige et pétioles montrent des stries brunâtres	-Eviter les terrains infestés -Aération convenable des serres. -Eviter l'excès d'azote, d'eau. -Appliquer des fongicides à base de cuivre -Utiliser des variétés résistantes - Eliminer les plants malades.
	Moucheture de la tomate	-Taches noires sur les feuilles. -Des taches brunes nécrotiques sur fruit.	-Eviter les terrains infestés. -Aération convenable des serres -Eviter les excès d'eau et l'apport excessif d'azote
	Gale bactérienne	-Apparition de taches brunâtres entourées d'un halo jaune sur les feuilles	-Variétés résistantes. -Eliminer les plants malades
	Viroses (TYLCV)	-Ralentissement de la croissance. -Jaunissement des folioles.	-Lutte préventive contre le vecteur <i>Bemisiatabaci</i> .

<b>Désordres physiologiques</b>		-Fruit petites et nombreux	-Utiliser les plants sains.
	Nécrose apicale	-Observations des taches brunâtres sur fruit qui se nécrose par la suite	-Irrigation régulière. -Apport azotée à base de nitrate. -Ebourgeonnage et effeuillage à temps

## 1. Généralité sur la culture hors sol

Le milieu de culture doit répondre aux quatre besoins essentiels de la plante : l'eau, les éléments nutritifs, l'oxygène et un support pour les racines. Pour être efficace, le substrat doit être bien aéré, riche en éléments nutritifs, exempt d'agents pathogènes et avoir une bonne capacité de rétention en eau (PAPADOPOULOS, 1991).

La culture hors sol a été initialement une technique de laboratoire visant à étudier en détail le fonctionnement des plantes. Elle a été utilisée ensuite chez les producteurs à partir des années 70 pour s'affranchir des parasites telluriques qui devenaient une menace croissante. Mais l'essor actuel de cette technique sur une grande quantité d'espèces cultivées en serres (rose, tomate, concombre, poivron,...) est principalement motivé par les progrès de productivité et par l'amélioration de la qualité des récoltes (LESAIN, 1987). Ces progrès résultent d'une meilleure disponibilité d'eau et des éléments minéraux, apportés sous forme d'une solution nutritive qui assure les besoins complets de la plante dans des substrats souvent inertes. Mais cette disponibilité ne s'obtient qu'au prix d'une gestion précise des apports car les substrats utilisés sont de faible capacité (LESAIN, 1987).

## 2. Définition de la culture hors sol

Selon BASCOT (2009), La culture hors sol ou hydroponie est une culture dont les racines des plantes reposent dans un substrat reconstitué détaché du sol et utilise eau et lumière. Ce substrat, minéral ou organique, doit être neutre et inerte comme du sable, de l'argile ou de la laine de roche par exemple. Il est peut être d'origine industrielle. Pour l'irrigation, on utilise de l'eau qui contient des engrais sélectionnés selon le type de plantes à cultiver, le Potentiel hydrogène (pH) et conductivité électrique (CE) de l'eau : sa concentration en engrais), le substrat doit retenir les éléments nutritifs de l'eau tout en laissant circuler assez d'oxygène. La porosité du substrat doit ainsi être contrôlée pour que l'air et l'eau puissent passer dans les quantités nécessaires à la plante.

## 3. Différents systèmes de culture hors sol

Selon URBAN (1997), Il existe trois systèmes dans la culture hors sol sont les suivants :

### 3.1. Culture aéroponique

Elle représente l'une des plus récentes évolutions des techniques de cultures hors-sol. En effet, les racines des plantes ne sont en contact ni avec un milieu solide, ni même avec un milieu liquide. Elles sont alimentées par un brouillard nutritif obtenu par brumisation de la solution nutritive dans un milieu fermé.

### 3.2. Culture hydroponique

Dans ce type de culture, les racines baignent dans un liquide nutritif et il existe deux systèmes:

- **Le ruissèlement nutritif** : le principe de ce système est avoir un flux constant de la solution nutritive qui permet une bonne oxygénation et un apport optimum de nourriture aux plantes
- **L'aquiculture** : les racines sont émergées dans une solution non circulante.

### 3.3. La culture sur substrat inerte

Les racines sont placées dans des bacs, des pots ou des sacs remplis d'un matériau naturel ou artificiel (sable, gravier, etc...) qui est périodiquement irrigué soit par percolation, soit par sub-irrigation à la solution nutritive, laquelle peut être récupérée pour la réutiliser (système de circuit fermé), ou non récupérée (système de circuit ouvert).

## 4. Avantages et inconvénients

La culture hors sol a des avantages et des inconvénients, on les cite brièvement en suivants :

### 4.1. Avantages

Selon (TITOUNA, 2011), Ce procédé présente de nombreux avantages :

- Des rendements très supérieurs
  - Le substrat est inerte et reste aéré.
  - Le dosage en éléments nutritifs peut être optimisé pour la variété cultivée
- Le risque de sécheresse est moindre, le substrat retient plus d'eau que le sol (80% de son volume dans le cas de la laine de roche),
- Inversement, aucun risque de noyer les racines. Une fois saturé d'eau, le substrat qui reste perméable, laisse s'écouler le trop plein,
- Les insectes du sol ne s'installent pas dans un substrat inerte,
- Les germes des maladies ne s'implantent pas, ou au pire, se propagent mal dans cet environnement organiquement stérile.
- Moins de travail et d'entretien.
- Les substrats sont plus légers, que le sol,
- Les substrats ne contiennent pas de graines ni d'insectes indésirables,
- Les substrats sont plus simples à manipuler que le sol,
- Un « sol » parfaitement propre et optimisé pour recevoir des racines,
- Des contraintes de surface minimales,
- Des arrosages moins fréquents.

#### 4.2. Inconvénients

Malgré tous ces avantages, la culture hydroponie présente certains inconvénients (Anonyme, 2015) :

- Le coût considérable de l'installation nécessaire, les plantes doivent être surveillées en permanence au niveau de leur température, la lumière, le pH et leur teneur en sodium.
- La consommation en énergie est plus importante, Ce genre nécessite également plus d'utilisation d'engrais pour apporter les besoins nutritifs des plantes.
- Toutes les variétés de plantes ne sont pas adaptées à ce type de culture et peuvent se révéler fade avec pas ou peu de saveur. d'autres parts, la culture hydroponique exige un emploi important en matières plastiques : bâches, tunnels, poches à substrat, etc.
- L'excédent d'eau rejeté par le substrat n'est pas renvoyé dans les nappes phréatiques.

## LA SALINITE

### 1. Définition du stress

Les plantes sont souvent confrontées à des conditions environnementales défavorables qu'on peut dénommer « stress » et qui ont pour conséquence une diminution de la croissance. Ce dernier implique à des réactions de signalisations capables d'aboutir à la mise en place de défense ou de déclencher une mort cellulaire.

Le stress est défini comme l'ensemble des perturbations biologique provoqué par une agression quelconque sur un organisme (LEVITT, 1980). OUKARROUM et *al.*, (2009), ont ajoutaient que c'est un changement d'état physiologique d'un system biologique en réponse à une demande environnementale.

### 2. Origine du stress

Selon (MONGI, 1982 et IPTRID, 2006), la salinisation des terres irriguées causée par :

- Eau d'irrigation saumâtre
- Nappe superficielle proche avec une eau de qualité médiocre
- Salinisation d'un aquifère côtier dont l'eau est prélevée pour l'irrigation
- La concentration des milieux par l'évaporation des eaux de surfaces qui sont généralement utilisées pour l'irrigation.

Le cycle de la salinité dans les eaux continentales peut être subdivisé en deux grands domaines, le domaine « marin » lié directement ou indirectement à l'eau de mer et le domaine «continental» pour le quel les sels dissous sont issus essentiellement de l'interaction avec des roches sédimentaires (hors évaporites marins) et concentrées par l'évaporation (KHARAKA et HANOR, 2005).

#### 2. 1. Les types de stress

selon OUKARROUM et *al.*, (2009), nous avons distingué deux grande catégorie de stress

- **Biotique** : imposé par d'autres organismes (insectes, herbivore, micro-organisme...etc).
- **Abiotique** : provoqué par un défaut ou excès de l'environnement physico-chimique comme la sécheresse, les températures extrêmes, excès d'eau (asphyxie racinaire), la salinité

##### 2.1. A. Différentes types de stress abiotiques

OUKARROUM ETAL., (2009) a ajouter qu'il existe plusieurs types de stress abiotiques :

- Température (trop chaud ou au contraire trop froid pouvant causer le gel)
- Eau (déficit, excès)
- Radiations (que ce soit dans le visible, l'UV ou les radiations ionisantes)
- Chimiques (sels, métaux lourds, pesticides)
- Nutritionnel (carence ou excès)

### 2.1. A. a. Stress salin

Dans le cas de ce stress, la présence de fortes concentrations de sels dans le milieu crée une pression osmotique élevée dans l'environnement racinaire, réduisant la disponibilité de l'eau du sol pour la plante. A ce déficit hydrique s'associe un stress ionique dont l'ampleur dépend de la perméabilité des membranes végétales vis-à-vis des ions, et du niveau de toxicité des ces ions pour l'espèce végétale considérée (HAMZA, 1980).

### 2.1. A. b. Stress hydrique

Dans le cas de déficit hydrique, la plante pourra être exposée d'abord à une perte de turgescence et ensuite à une perte de fonctions vitales (qui se font en environnement aqueux). Trois réponses de tolérance sont alors mises en place :

- Fermeture des stomates en quelques minutes.
- Accumulation des solutés compatibles en quelques heures
- Modification d'architecture foliaire et racinaire en quelques jours pour que les plantes peuvent s'adapter à la sécheresse.

Donc les phénomènes d'acclimatation poussent de très longues racines s'enfonçant dans le sol lorsque celui-ci est sec mais également des adaptations évolutives. Le stress hydrique peut également se manifester en cas d'inondation, c'est alors un stress anoxique. Auquel cas, la voie de biosynthèse de l'éthylène sera affectée au niveau de la transformation ACC Ethylène. (ANONYME, 2015)

## 3. La salinité

Elle est définie selon plusieurs auteurs comme la présence d'une concentration excessive de sels solubles dans le sol ou dans l'eau d'irrigation (BAIZ., 2000). C'est un facteur environnemental très important qui limite la croissance et la productivité agricole (ALLAKHVERDIEV et *al.*, 2000 in BOUZIDE , 2010).

On distingue en général la salinisation primaire, liée à la présence naturelle relativement concentrée de sels (proximité de mers ou d'océans, présence de dépôts de sels...), et la salinisation secondaire, dont le développement apparaît étroitement lié à l'irrigation. Cette dernière est le processus de dégradation de la qualité des sols le plus rapide dans les périmètres irrigués (figure 1). D'après SZABOLCS 1994 in MUNNS R 2002, à terme, près de la moitié des surfaces irriguées dans le monde apparaîtraient menacée de salinisation secondaire.

Selon la FAO (2008), plus de 800 millions d'hectares de terres à travers le monde sont affectés par la salinité, ce qui représente plus de 6% de la surface du globe. Les sels présents dans les sols et dans les eaux d'irrigation, perturbent la germination des graines, affectent la

croissance des plantules et réduisent par conséquent la productivité (MUNNS et TESTER, 2008). L'Algérie, dont une grande partie des régions agricole se caractérise par un climat semi aride ou aride, est touchée par le processus de salinité. En effet, près de 3.2 millions d'hectares sont menacés par ce phénomène dans ce pays (BENMAHIOUL et *al.*, 2009).

#### 4. Effet de la salinité sur les différents stades Physiologiques de la plante

Le milieu salin provoque de nombreux effets négatifs sur le comportement physiologique de la plante, ce qui est dû au faible potentiel osmotique de la solution du sol (stress osmotique) et aux effets des ions spécifiques (stress salin), à un déséquilibre nutritionnel ou une combinaison de ces facteurs (KAUSAR et *al.*, 2014). Tous ces facteurs ont des effets négatifs sur la germination, la croissance et le développement des activités physiologiques et biochimiques chez les plantes (RASOOL et *al.*, 2013).

##### 4.1. La germination

La germination des graines est une étape importante et vulnérable pour le cycle de développement des angiospermes terrestres et de déterminer l'établissement du semi et la croissance des plantes. Malgré l'importance de la germination des graines sous stress salin (ZHANG et *al.*, 2014), le mécanisme de la tolérance à la salinité chez les graines est relativement mal compris, en particulier en comparaison avec la quantité d'information actuellement disponible sur la physiologie et la biochimie des végétaux de la tolérance à la salinité (RIVERO et *al.*, 2014 ; PARIHAR et *al.*, 2015).

Bien que, la salinité des sols constitue un facteur limitant en agriculture, car elle inhibe la germination et le développement de la plantule. Le chlorure de sodium présent dans le sol retarde la germination des graines (SIDDIKKEE et *al.*, 2015). La présence de NaCl dans la solution nutritive freine la germination d'autant plus que la concentration saline est élevée (SAEED et *al.*, 2014).

D'autres travaux montrent que l'effet du stress salin sur la germination peut être attribué soit à un effet osmotique et/ou une toxicité des ions spécifiques à l'émergence de la racine ou le développement des semis (ABDELKADER et *al.*, 2015). Ainsi, la germination, la levée et la survie précoce sont particulièrement sensibles à la salinité du substrat, cependant, la réussite du semis dépend de la fréquence et la quantité des précipitations ainsi que sur la capacité de la semence à germer et de lever, tandis qu'il y a une diminution de l'humidité du sol et du potentiel osmotique (CHA-UM et *al.*, 2013).

Selon ZAPATA et *al.*, (2004), la germination des graines de tomate est inhibée par des concentrations de 150 mM de NaCl, en revanche, chez les graines d'*Atriplex* sp, ces concentrations n'entraînent qu'un simple retard de germination. Puisque, l'effet dépressif peut

être de nature osmotique ou toxique, selon les espèces, pour les graines de *Atriplex patulane* germent qu'en présence de 20 g.l-1 de NaCl, mais le font après passage dans l'eau distillée (UNGAR, 1996). D'autres travaux signalent que seul le processus de germination, et non la capacité germinative, est altéré en milieu salé (KHAN et al., 2009).

Le stress salin peut affecter la germination de deux façons :

- en diminuant la vitesse d'entrée et la quantité d'eau absorbée par les graines ;
- en augmentant la pénétration d'ions qui peuvent s'accumuler dans les graines à des doses qui deviennent toxiques.

La germination de la graine commence avec son imbibition dans l'eau suivie de l'activation des systèmes biochimiques conduisant à la rupture de la couche de recouvrement et culmine avec l'émergence de la radicule (Khan et al., 2009). Ce processus est inhibée par la salinité du substrat en raison de l'imbibition inadéquate, la toxicité ionique, l'interférence avec le métabolisme, la destruction des enzymes et le déséquilibre des régulateurs de croissance (UNGAR, 1995).

Les graines des plantes halophiles sont généralement plus tolérantes au stress salin et à la température lors de leur stockage dans le sol et germent généralement au printemps dans les régions tempérées ou après les pluies de mousson dans les régions subtropicales où la salinité du sol et la température est réduite (KHAN et al., 2009). Cependant, au moment de la germination, ces graines deviennent également plus sensibles aux petites perturbations dans les différents niveaux de salinité, d'eau, de lumière et de température (KHAN et al., 2009).

La survie des plantes, dans un milieu donné, dépend en grande partie de leur réaction au stade de germination et aussi à l'intra spécificité variétale. Dans une étude comparative entre le blé dur et l'orge, le blé dur s'avère plus sensible au NaCl au stade percée de la radicule et l'émergence du coléoptile que l'orge, qui, lui, a montré une résistance (GARTHWAITE et al., 2005).

Chez *Atriplex halimus* L., la vitesse de germination est ralentie à partir de 9 g.l-1 de NaCl; est d'avantage inhibée à des concentrations plus élevées, cette inhibition est de nature osmotique (KHAN et al., 2009).

Cela pourrait expliquer le fait que les graines obtenues à partir de plantes cultivées dans des milieux salins peuvent être plus tolérantes à la salinité que ceux des milieux non salins, mais une telle augmentation de la tolérance n'a pas toujours été observée (BEWLEY, 1997).

#### 4.2. La croissance

L'exposition des plantes au stress salin débute habituellement avec l'exposition des racines à ce stress. Etant donné, que la salinité dans le sol affecte la disponibilité des éléments nutritifs et de l'eau, en créant un stress osmotique, c'est la sécheresse physiologique, en provoquant la réduction générale de la croissance et de la photosynthèse des plantes (MUNNS and TESTER, 2008). Cependant, le phénomène de l'inhibition de la croissance est d'après MUNNS *et al.*, (2006) due à deux raisons, tout d'abord, la présence de sel dans la solution du sol qui réduit la capacité de la plante à absorber l'eau, et cela conduit à une croissance plus lente, par effet osmotique ou un déficit hydrique. Et à des quantités excessives de sel dans le flux de transpiration qui endommagent les cellules foliaires responsables de la transpiration qui réduit encore la croissance.

En conséquence, la salinité affecte fortement la croissance des racines et la morphologie, les différentes réponses aux niveaux physiologiques, biochimiques et moléculaires sont détectées, même dans les différentes zones racinaires (SHARP *et al.*, 2004). Ces changements dans le système racinaire vont causer un changement dans le bilan hydrique, ionique et la production de signaux (hormones) qui communiquent des informations à la tige (MUNNS *et al.*, 2000). La plante entière est alors affectée lorsque les racines se développent dans un milieu salin ; la biomasse racinaire est affectée négativement (SABOORA *et al.*, 2006).

Des expériences ont confirmé que la salinité réduit la capacité des plantes à utiliser l'eau et elle entraîne une réduction du taux de croissance, ainsi que des changements dans les processus métaboliques de la tomate (CUARTERO and FERNANDEZ-MUNÖZ, 1998). GAMA *et al.*, (2007), expliquent chez les plantes qui poussent dans des conditions salines sont stressées essentiellement de trois manières :

- La réduction de leur potentiel hydrique dans la zone racinaire provoquant un déficit en eau.
- Une phyto-toxicité de ces ions tels que le Na<sup>+</sup> et le Cl<sup>-</sup>.
- Un déséquilibre des éléments nutritifs par la dépression dans l'absorption et/ou le transport.

La salinité affecte les plantes physiologiquement à bien des égards, leurs réponses varient considérablement selon l'espèce, le stade de croissance, les conditions climatiques de la culture (ASHRAF *et al.*, 2008).

La réponse de la croissance de différentes plantes à la salinité indique que la réaction de certains chevauchements d'espèces cultivées/halophytes (MAAS, 1986). La position individuelle d'une espèce ou d'une variété dans ce spectre n'est pas constante mais peut changer en fonction

des facteurs tels que l'âge de la plante, le climat, le régime de l'humidité du sol, la fertilité des sols et les pratiques culturelles (MUNNS and TESTER, 2008).

### 4.3. Le développement végétatif

La présence dans le sol de fortes teneurs en sel a le même effet que la sécheresse, en réduisant la quantité d'eau assimilable par les racines des plants. Cet effet résulte de la différence des concentrations de sel entre les végétaux et le sol, le gradient osmotique créé entre le sol et la plante empêche l'absorption de l'eau par les racines et, s'il est suffisamment élevé, provoque le dessèchement de la plante. Selon le degré de salinité, cet effet réduit la capacité de croissance des cultures et diminue les rendements annuels (FLOWERS and COLMER, 2008).

La salinité affecte négativement le développement de la plante, notamment en réduisant la croissance de la partie aérienne chez les glycophytes. Un retard de croissance important est signalé chez la plupart des glycophytes dès 50 mM dans la solution du sol (ZHANG et al., 2011).

Par contre chez les halophytes, la croissance ne semble guère diminuer que pour des concentrations beaucoup plus élevées (DEBEZ et al., 2006).

L'inhibition de la croissance observée dans de nombreuses plantes soumises à la salinité est souvent associée à une diminution de leur capacité de photosynthèse. La baisse des taux de photosynthèse nette induite par la salinité diffère dans les différents génotypes. En général, les taux de photosynthèse nette et de conductance stomatique des génotypes tolérants au sel sont moins affectés par la salinité par rapport aux génotypes sensibles au sel (LOPEZ- CLIMENT et al., 2008).

La réduction de la croissance due à la salinité est également attribuée à la toxicité d'ions et au déséquilibre nutritionnel, ce qui provoque non seulement une accumulation élevée de sodium ( $\text{Na}^+$ ) et de chlorure ( $\text{Cl}^-$ ) dans les plantes, mais aussi affecte l'absorption des éléments nutritifs antagonistes essentiels tels que le potassium ( $\text{K}^+$ ), le calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) et le magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) en concurrence avec le  $\text{Na}^+$  et les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) en contraste avec le  $\text{Cl}^-$  (ZÖRB et al., 2005). Le Stress salin en plus des composants connus du stress osmotique et à la toxicité d'ions, se manifeste aussi comme un stress oxydatif (ESFANDIARI et al., 2007).

### 4.4. Etat hydrique de la plante

La salinité élevée provoque deux effets du stress hyper-ionique et hyper-osmotique, et la conséquence est peut-être la disparition de la plante (Zhu, 2001). Le plus souvent, le stress est causé par de fortes concentrations de  $\text{Na}^+$  et de  $\text{Cl}^-$  dans la solution du sol. Le bilan hydrique de la plante affecte et cause probablement la réduction initiale de la croissance (Yeo, 1998). En conséquence, l'état hydrique de la feuille est perturbé par la présence des sels minéraux à fortes

concentrations dans la solution nutritive, de même, les potentiels hydrique et osmotique sont cependant abaissés (CHAVES *et al.*, 2009 ). La diminution des potentiels hydrique et osmotique en présence de sel dans le milieu de culture est observée chez diverses espèces : *Hordeum vulgare* (HORIE *et al.*, 2011), *Oryzasativa* (HABIB *et al.*, 2013), *Lycopersicum esculantum*L. (RIVERO *et al.*, 2014), *Durum wheat* (OUERGHY *et al.*, 2015).

Lors d'un déficit hydrique, l'activité physiologique de la feuille, et plus particulièrement la photosynthèse et la conductance stomatique sont affectées, car, la photosynthèse, avec la croissance cellulaire, sont parmi les principaux processus touchés par la salinité (ASHRAF and HARRIS, 2013). Cependant, la réduction de la photosynthèse est liée à la diminution du potentiel hydrique foliaire, qui dépend à la fois de la fermeture des stomates, avec pour conséquence une diminution de la conductance et la diffusion du CO<sub>2</sub> et d'une limitation biochimique du chloroplaste à fixer le CO<sub>2</sub> (FLEXA *et al.*, 2007).

Le contrôle de la régulation stomatique fait intervenir la turgescence cellulaire mais également des messagers racinaires, comme l'acide abscissique (ABA) (VERSLUES *et al.*, 2006).

Dans une telle situation, l'altération de l'état hydrique de la feuille peut conduire à augmenter

la sensibilité des stomates à l'ABA (VERSLUES *et al.*, 2006).

Toutefois, le potentiel osmotique ne suffirait pas à lui seul à caractériser l'état hydrique des plantes soumises au sel, la connaissance de la turgescence s'impose pour établir le bilan hydrique, pour le contrôle de la résistance stomatique et de la transpiration (KAYA *et al.*, 2001).

L'état hydrique de la plante est difficile à évaluer car il peut changer tellement de minute en minute, autant que la conductance stomatique sur laquelle, à court terme, il dépend entièrement. En outre, le contenu relatif en eau ou « Relative Water Content » peut avoir une signification physiologique directe de l'état hydrique du végétal, étant relié au volume vacuolaire, il peut permettre de connaître durant le stress la concentration en solutés ou une accumulation active des composants osmotiques (LAFITTE, 2002). Le RWC, même si une méthode commode et largement utilisé pour évaluer l'état de l'eau de la plante.

En milieu salin, les plantes absorbent des quantités importantes de sodium et de chlore, mais le transport et l'accumulation de ces éléments semblent souvent dépendre du degré de tolérance de l'espèce considérée (MUNNS *et al.*, 2006). L'augmentation de la teneur de solutés dans les cellules des plantes traitées à la salinité provoque une sortie d'eau, un RWC faible sous l'effet de NaCl. Ceci est prouvé dans les mesures de la relation hydrique chez le blé dur, lorsque la pression de turgescence (calculée à partir de la différence entre le potentiel hydrique total et le

potentiel osmotique) demeure inchangée par la salinité, mais le RWC significativement diminue (RAMPINO *et al.*, 2012).

#### 4.5. Le comportement hormonal de la plante sous l'effet du stress salin

On pense que l'effet dépressif de la salinité sur la germination pourrait être lié à une baisse des niveaux d'hormones endogènes (PELEG *et al.*, 2011). Toutefois, l'intégration des régulateurs de croissance végétale chez de nombreuses cultures légumières améliore la performance des graines. Par ailleurs, les différentes hormones telles que, l'ABA, la GA3, l'acide salicylique, l'acide jasmonique et l'éthylène jouent un rôle important dans la réponse des plantes aux conditions de stress.

Les traitements physiologiques afin d'améliorer la germination des graines sous diverses conditions de stress sont intensivement étudiés dans les deux dernières décennies, ainsi, des efforts concertés sont entrepris pour atténuer les effets néfastes de la salinité en application des régulateurs de croissance végétale (SHABALA and MUNNS, 2012). Ainsi, les effets néfastes des sels élevés sur la germination des graines de tomate, peuvent être réduits dans une certaine mesure par des apports exogènes avec la bonne concentration d'une hormone appropriée.

Toutefois, l'hormone végétale, acide abscissique (ABA), est impliquée dans le contrôle des processus de développement, telle que la dormance des graines et des bourgeons (GAVASSI *et al.*, 2014). Elle supprime la croissance et favorise la sénescence (YAMBURENKO *et al.*, 2013).

Sa biosynthèse est stimulée par le stress, en particulier les contraintes associées à la déshydratation (sécheresse, salinité, froid), ainsi, son rôle majeur dans la réponse des plantes aux facteurs de stress abiotiques et la défense contre les pathogènes (QIN *et al.*, 2011). Les récepteurs et les composantes essentielles de la signalisation de l'ABA sont identifiés (RAGHAVENDR *et al.*, 2010). La signalisation de l'ABA conduit à des changements dans l'expression de plusieurs milliers de gènes nucléaires et interagit avec les réseaux de signalisation d'autres facteurs tels que la lumière (LAU and DENG, 2010), les sucres (WINGLER and ROITSCH, 2008) et d'autres hormones.

Par ailleurs, l'analyse de l'impact de l'ABA, un puissant inhibiteur de la germination des graines chez *Brassica napus*, montre que ni le potentiel osmotique de l'axe de la cellule de l'embryon, ni leur capacité d'absorption de l'eau sont affectés par la présence de l'ABA, mais plutôt le relâchement de la paroi cellulaire est empêché, ce qui entraîne l'inhibition de la germination (GIMENO-GILLES *et al.*, 2009). L'effet inhibiteur du stress salin sur la germination, des graines est atténué par des phytohormones, y compris l'acide gibbérellique (GA3) (GAVASSI *et al.*, 2014), l'éthylène (CHANG *et al.*, 2010), la cytokinine (ISMAIL, 2003) et les molécules messagères tels que l'oxyde nitrique (NO) (ZHAO *et al.*, 2007). Toutefois,

KAUR et *al.*, (1998) rapportent que l'application de la GA3 augmente le pourcentage de germination, la croissance des racines et aide à surmonter les effets préventifs du stress salin sur la germination, en plus améliore la mobilisation des réserves d'amidon et l'augmentation de l'activité de l'amylase dans les cotylédons, ce qui conduit finalement à une meilleure croissance des plants. En effet, plusieurs enzymes sont sécrétées en réponse à la gibbérelline, en plus la GA3 est connue pour induire une augmentation de l'activité de la phytase et l'acide phosphatase chez le seigle et l'orge au cours du processus de germination (NASRI, 2014). KAUR et *al.*, (1998) mentionnent que les graines dont la germination est inhibée par de forte salinité peuvent être cultivées dans un milieu fourni avec de la GA3.

Autre phytohormone, l'acide salicylique est un composé phénolique, il joue un rôle important dans le mécanisme de défense comme un régulateur contre les contraintes biotiques et abiotiques (SHAHBA et *al.*, 2014). Il semble aussi, qu'il provoque la diminution de l'effet toxique et néfaste du stress salin et augmente la germination (ECHI et *al.*, 2013). En outre, il est largement rapporté que l'acide salicylique inhibe la germination des graines par une dose dépendante chez de nombreuses espèces (JAYAKANNAN et *al.*, 2015), bien que, l'effet inverse a également été rapporté dans des conditions de stress salin (LEE et *al.*, 2010).

En revanche, les plantes produisent des protéines en réponse aux stress abiotiques et biotiques et beaucoup de ces protéines sont induites par des phytohormones telles que l'ABA et l'acide salicylique (SHAHBA et *al.*, 2014), en même temps, l'acide salicylique est impliqué dans la synthèse de la kinase, c'est une protéine connue, qui joue un rôle important dans la régulation et la différenciation de la division cellulaire.

## 5. Les mécanismes d'adaptation de la salinité

### 5.1. Caractéristique morphologique et anatomique

On peut résumer cette caractéristique par ces points

- Une cuticule épaisse.
- Des stomates rares (Heller et al, 1998)
- Des cellules à grandes vacuoles pour favoriser le stockage de Na Cl (LUTTGE et al, 2002).

### 5.2. Caractéristique physiologique

Pour qu'elle puisse s'absorber l'eau et continuer leur fonctionnement vitaux, les halophytes adopter deux types essentiels :

### **5.2.1. Répartition et accumulation des ions dans la plante**

Une forte capacité d'absorption et une accumulation préférentielle de  $\text{Cl}^-$  et  $\text{Na}^+$  dans les parties aériens surtout les feuilles chez les halophytes. Ainsi plus de 90% de  $\text{Na}^+$  sont accumulés au niveau de la partie aérienne (80% au niveau des feuilles) (ASLOUM, 1990). Qui a pour but d'élever le potentiel osmotique. Celui-ci contribue à maintenir le potentiel hydrique de la plante inférieur à celui de la solution du sol (LEMEE, 1978).

### **5.2.2. Compartimentation vacuolaire**

La compartimentation est la stratégie la plus efficace pour éviter la toxicité de  $\text{Na}^+$  sur des sites métabolique dans le cytoplasme (JEBNOUNE, 2008). La plante utilise en effet le sel pour ajuster la pression osmotique de ses cellules. Elle capte le sel qui parvient aux feuilles, au même titre que l'eau par le mouvement ascendant de la sève dans les vaisseaux. A l'intérieur des cellules, le sel est alors stocké dans les vacuoles grâce à des systèmes de « pompe » moléculaire. Les vacuoles étant des compartiments fermés au sein de la cellule ; le sel est ainsi isolé dans les constituant cellulaire vitaux (SENTENAC et BERTHOMIEU, 2003 in BOUCHOUKH, 2010).

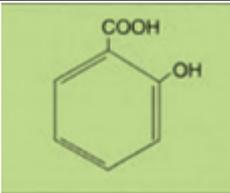
## L'ACIDE SALICYLIQUE

### 1. Définition de l'acide salicylique

L'acide salicylique, ou l'acide 2-hydroxy-benzoïque, est un dérivé de l'acide benzoïque. C'est un produit végétal secondaire effectue des actions importantes dans les processus de croissance et de développement des plantes Cette molécule appartient au groupe des composés phénoliques qui sont définis comme des substances ayant un cycle aromatique et un groupe hydroxyle ou un dérivé fonctionnel (SHUMSUL et *al.*, 2013). Ce dernier se trouve dans diverses espèces végétales pour réguler les processus biologiques, tels que la thermogénèse, la floraison ou la défense contre les agents pathogènes. L'AS se trouve généralement dans les plantes à des faibles quantités allant de 1 à 500  $\mu\text{M}$ , et leur concentration s'inscrit lorsqu'elles sont exposées à des conditions stressantes puis que elle est une puissante molécule de signalisation dans les plantes contre les réactions de stress abiotique (SHUMSUL et *al.*, 2013). Il s'agit également une sorte de réaction de défense des plantes contre l'infection par divers agents pathogène dans le cas des stress biotique (HOPKINS, 2003 et MUTHULAKSHMI et LINGAKUMAR, 2017).

L'acide salicylique est naturellement présente dans certains végétaux (*Spiraea ulmaria*, *Andromeda leschenaultii*) les fruits en particulier (RUBIN et *al.*, 2006). Elle est légèrement soluble dans l'eau, mais très soluble dans l'éthanol et l'éther (comme le phénol et le résorcinol). (RUBIN et *al.*, 2006).

**Tableau 06:** Quelques propriétés de l'acide salicylique

Nom	Acide salicylique
Dénomination commune	Acide 2-hydroxy-benzoïque
Formule	$\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})\text{COOH}$
Point de fusion	159°C (318°F)
Point d'ébullition	211°C (412°F)
Couleur	Blanche, cristalline
Structure	

(Source : RUBIN et *al.*, 2006).

## 2. Importance et le rôle de l'acide salicylique chez la plante

L'acide salicylique est un régulateur de croissance endogène de nature phénolique, qui participe à la régulation des différents processus physiologiques chez les plantes (RASKIN, 1992). Et a aussi un rôle de signal endogène responsable de la mise en place de la résistance systématique acquise (URBAN et URBAN, 2010).

Il est nécessaire pour activer la plupart des réactions de défense de la plante et on observe souvent une rapide augmentation de sa concentration suite à l'attaque par des agents pathogènes (SMITH et *al.*, 1998). AS est un signal immunitaire endogène important dans l'induction de réponse de la résistance aux maladies chez les plantes (ANAND et *al.*, 2008; YANG et *al.*, 2013).

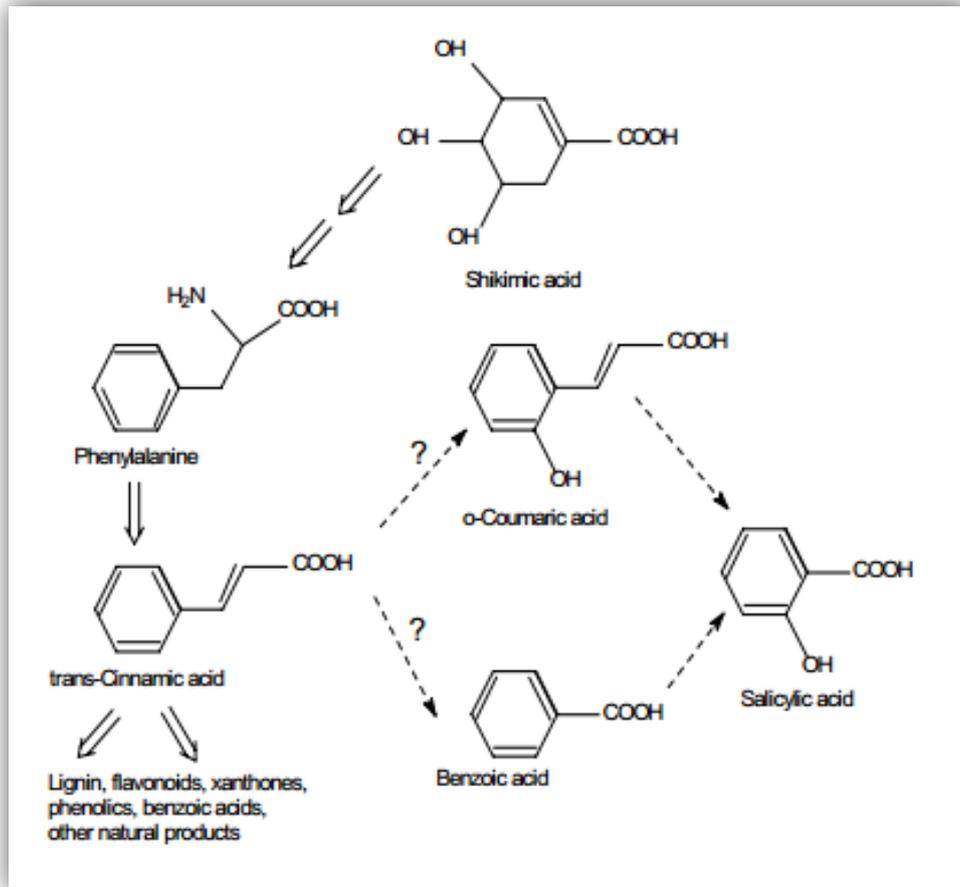
## 3. Biosynthèse de l'acide salicylique

On pense largement qu'il est un dérivé naturel de l'acide cinnamique, un intermédiaire dans la voie de l'acide shikimique, opérant pour la synthèse de composés phénoliques. Cependant, deux voies possibles ont été proposées dans cette direction (Figure 01).

➤ Décarboxylation de la chaîne latérale de l'acide cinnamique pour générer de l'acide benzoïque, qui subit une hydroxylation, en position C-2. Récemment, ce schéma, pour la synthèse de AS, a été rapporté dans les plants de tabac (YALPANI et *al.*, 1993) et aussi dans les plants de riz (SILVERMAN et *al.*, 1995). L'enzyme qui catalyse l'oxydation de l'acide cinnamique à l'acide benzoïque a été identifiée dans *Quercus pedunculata* (ALIBERT et *al.*, 1972). Cependant, l'autre enzyme qui est responsable de la conversion de l'acide benzoïque en acide salicylique n'a pas été caractérisée jusqu'à présent.

➤ Hydroxylation de l'acide cinnamique à l'acide coumarique suivie de sa décarboxylation à l'acide salicylique. On pense que la conversion de l'acide cinnamique en acide coumarique est catalysée par la trans-cinnamate-4-hydroxylase (ALIBERT et *al.*, 1972) qui a été détectée pour la première fois dans les plants de pois (Russel et Conn, 1967). Cependant, l'enzyme qui active la conversion de l'acide o-coumarique en AS n'a pas encore été identifiée.

En outre, l'incorporation d'acide <sup>14</sup>C-benzoïque radioactif ou d'acide <sup>14</sup>C-cinnamique a entraîné la formation de AS marquée dans *Gaultheria procumbens* (ELLIS et AMRCHEIN, 1971). Cette observation favorise fortement la conviction que la AS est synthétisée à partir de l'acide cinnamique, médiée par l'acide benzoïque en tant qu'intermédiaire (EL-BASYUNI et *al.*, 1964) estiment que les deux systèmes ci-dessus sont opérationnels, dans les plantes supérieures, dans la synthèse de AS.



**Figure 05 :** Voie proposée pour la biosynthèse de l'acide salicylique dans les plantes (HAYAT et *al.*, 2007).

## MATERIEL ET METHODE

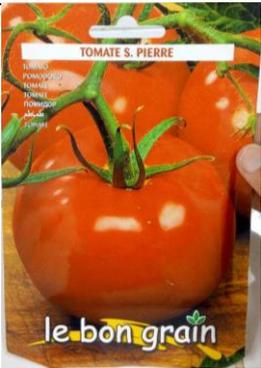
### 1. Objectif de l'expérimentation

Notre étude s'intéresse d'une part à l'effet de la salinité par deux concentrations en  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (10mM, 20mM) sur certains paramètres morfo-physiologiques d'un cultivar de tomate (Saint-Pierre) et d'autre part une correction de ces solutions d'irrigations par l'addition de l'acide salicylique (1mM, 2mM). Concernant les paramètres que nous avons mesurés ; nous pouvons citer : des paramètres de croissance tels que la longueur de la tige et de la racine principale, la biomasse fraîche et sèche de la partie aérienne et souterraine, ainsi que leur rapport

### 2. Matériel végétale

L'espèce utilisée durant l'expérimentation est la tomate (*Solanum lycopersicum* M) dont variété Saint- Pierre. Le choix de cette espèce se justifie également par son accroissement rapide et surtout sa réaction rapide vis-à-vis le changement du milieu : Le tableau ci-dessous montre les caractéristiques de cette variété sont :

**Tableau 07** : les caractéristiques la variété saint-pierre utilisée durant notre expérience

Caractéristique		
Morphologie	Port	dressé
	Ramification	Tombant semi tombant
	Hauteur	2à4m
	Couleur de fleur	Pétale : Jaune Sépale : vert
Cycle végétative	Annuelle	
Image		

### 3. Conditions de l'expérimentation

#### 3.1. Lieu d'expérimentation

Nous avons réalisé notre expérience au niveau de la station expérimentale du département Biotechnologie de la faculté Science de la Nature et la Vie de l'Université de Blida 1. Située la plaine de Mitidja dans une serre en polycarbonate du surface 382,5 m<sup>2</sup> dont l'aération est assuré par des fenêtres de part et d'autre. Le chauffage de la serre lorsqu'il fait froid est assuré par des radiateurs à eau chaude.

#### 3.2. Conteneurs utilisés

Durant notre expérimentation, nous avons utilisé des pots en plastique qui possède les caractéristiques suivants : (sachant que ces derniers ne sont pas destinés pour accomplir tout le stade de développement végétatif de la plante).

**Tableau 08** : caractéristiques des pots utilisés dans notre expérience

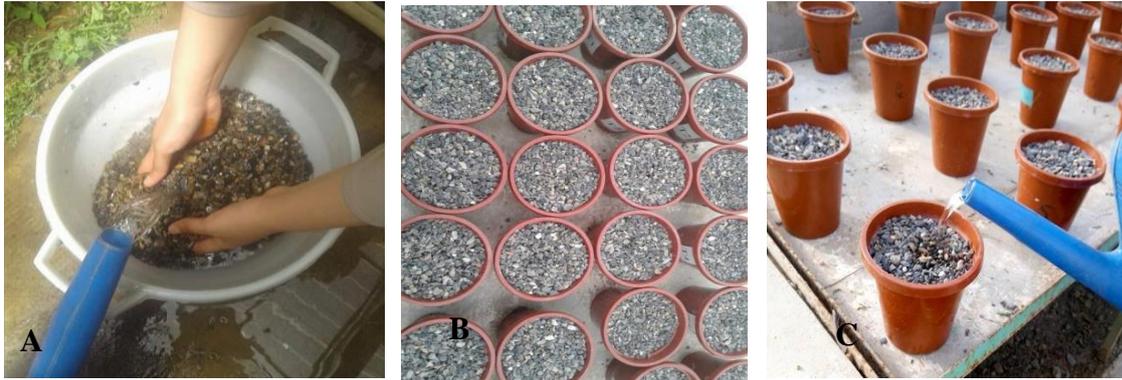
Conteneurs	Pots en plastique
La couleur	Marron
Capacité	1Kg
Diamètre	Diamètre supérieur : 15 cm
	La hauteur : 13,5 cm
	Diamètre inférieur : 10 cm
Image	

#### 3.3. Substrat utilisée

Durant notre expérience, nous avons utilisé du gravier de rivière de diamètre 3 à 8mm comme substrat. Ce dernier est inerte, possède une bonne porosité ainsi une faible capacité de rétention. Pour éliminer tous les risques de contamination à des étapes ou des procéder de désinfestation :

- Lavage à l'eau courante pour élimine tous les particules terreuses et les débris végétaux. (**Figure 6A**)
- Remplissage des pots avec le gravier lavé. (**Figure 6B**)
- Désinfection du substrat avec une solution de l'hypochlorite de sodium diluée à 5% de la concertation initial (250ml d'hypochlorite de sodium dans un 5L d'eau) durant 24h.

- Rinçage tous les pots à l'eau courante pour éliminer tous les traces de l'hypochlorite de sodium qui est néfaste pour un bon développement des germes (**Figure 6C**)



**Figure 06** : Méthodes du lavage et de la désinfection du substrat utilisé durant notre expérience

### 3.4. Dispositif expérimental

Le plan expérimental adopté pour notre expérience est un plan complètement randomisé. Ce dernier contient sept (07) traitements et quatre (04) répétitions soit au total 28 plant (figure 06).

### 4. Description des différents traitements

Durant notre expérimentation nous avons suivies les traitements d'irrigation suivants :

- **T0** : Solution nutritive standard (Témoin).
- **T1** : Solution saline chargée en  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dont sa concentration est de 10 mM.
- **T2** : Solution saline chargée en  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dont sa concentration est de 20 mM.
- **T3** : **T1** +Acide salicylique à 1 mM.
- **T4** : **T1** +Acide salicylique à 2 mM.
- **T5** : **T2** +Acide salicylique à 1 mM.
- **T6** : **T2** +Acide salicylique à 2 mM.

### 5. Méthode de préparation de la solution

#### 5.1. La solution nutritive

Elle est composée d'un ensemble de macro et de micro-éléments. Elle contient en (meq/l) :  $\text{NO}_3^- = 10,20$  ;  $\text{SO}_4^{2-} = 1.50$ ,  $\text{PO}_4^{3-} = 3.3$ ,  $\text{Cl}^- = 0.60$ ,  $\text{H}^+ = 3.30$ ,  $\text{Na}^+ = 1.3$ ,  $\text{K}^+ = 4.25$ ,  $\text{Ca}^{2+} = 5.10$ ,  $\text{Mg}^{2+} = 1.80$ ,  $\text{NH}_4^+ = 1.8$ , pH : 5,6, CE : 2,20

#### 5.2. Solution saline

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

Pour préparer les dose de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , nous avons suivi les calculs :

Pour 10mM :  $\text{T1} = (142,04 \cdot 10) / 1000 = 1,42 \text{ g/l}$

Pour 20mM :  $T2 = (142.04 \times 20) / 1000 = 2,84 \text{ g/l}$

### 5.3. Acide salicylique

Poids moléculaire de l'acide salicylique [ $C_6H_4(O)COOH$ ] 128,04

Pour préparer 1mM : Ceci correspond  $(128,04 \times 1) / 1000 = 0,12 \text{ g/l}$

Pour préparer 2mM : Ceci correspond  $(128,04 \times 2) / 1000 = 0,25 \text{ g/l}$

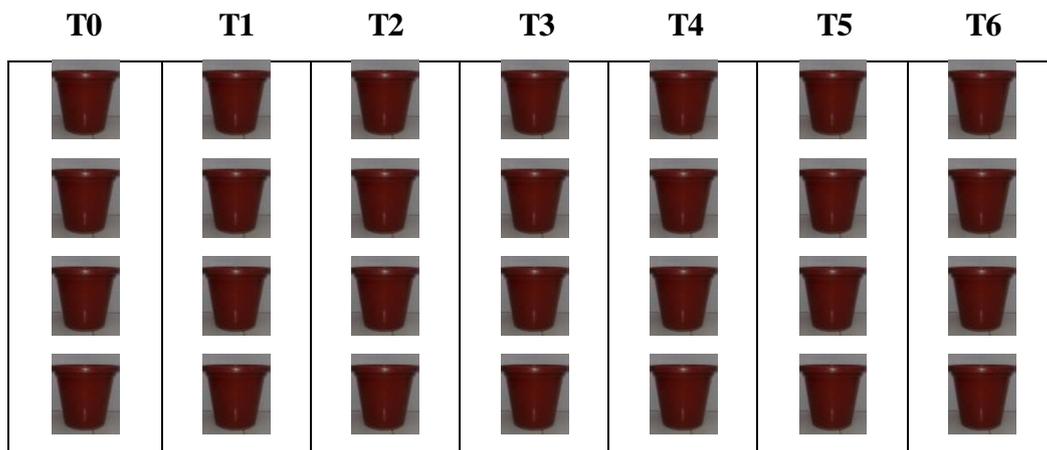


Figure 07 : Schémas du dispositif expérimental

## 6. Essai de germination

### 6.1. Pré-germination

Elle a été réalisée au laboratoire le 14-11-2016 dans des boîtes de Pétri à raison de 50 graine par boîtes sur un papier mouillé. Elles ont été mises dans une étuve à une température de  $25\text{ C}^\circ$  pendant 10 jours dont la faculté germinative était de 42%.

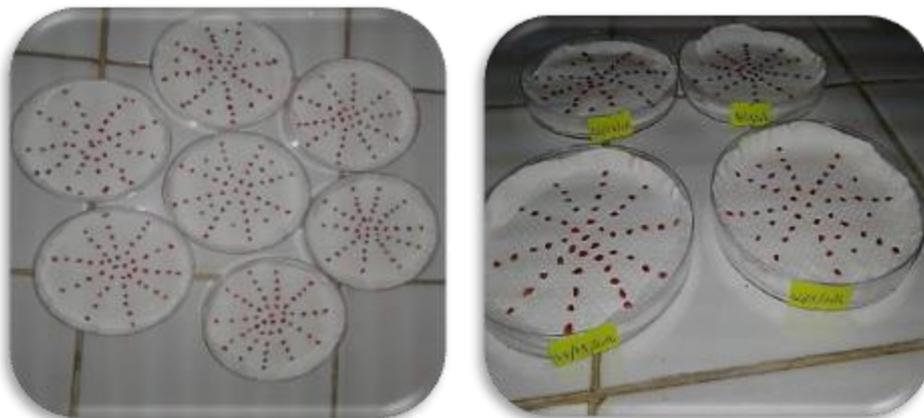


Figure 08: Pré-germination (Source personnelle, 2016)

### 6.2. Repiquage des germes

Après 10 jours de germination, les graines germées ont été repiquées en place définitivement le **24-11-2016** à raison de deux graines germées par pot. Ces germes ont été arrosés avec de l'eau de robinet jusqu'au **07-01-2017** pour favoriser la reprise des jeunes plantules et surtout

pour avoir un matériel végétale standard de départ. Après 36 jours de repiquage, nous avons commencés l'application des différents traitements.



**Figure 09:** le repiquage (SOURCE PERSONNELLE, 2017)

## 7. Entretien de la culture

La culture de la tomate a nécessité certaines opérations d'entretien à savoir:

### 7.1. Irrigation

Dans la culture hors sol, il important de connaître les besoins journaliers en eau des cultures, pour pouvoir rationaliser les besoins selon les stades de développement du végétal et ce pour éviter les déficits et les éventuels excès de solution nutritive. Le tableau ci-dessous montre les doses et les fréquences apportées pendant la période d'expérimentation (tableau 9).

**Tableau 09:** Doses et fréquences d'irrigation nécessaire pour la culture de la tomate

Stade végétatif	Dose d'irrigation	Fréquence d'irrigation	Besoin
<b>Repiquage au stade trois feuilles</b> 24-11-2016/08-01_2017	20 ml	3fois /jours	60 ml/jours
<b>Stade trois feuilles</b> 08-01-2017/05-03-2017	20 ml	4fois /jours	80 ml/jours

## 8. Paramètres effectués

Les mesures ont été réalisé à la fin de l'expérimentation sur quelques paramètres morphologique (hauteur e diamètres des tiges, biomasse fraiches et sèche de la partie aérienne et souterraine) ainsi des dosages physiologique traduits par la teneur des feuilles en chlorophylle.

## 8.1. Paramètres biométrique

### 8.1.1. Hauteur finale des plantes

Ce paramètre a été réalisé au moment de la coupe, le principe consiste à faire une mesure de la hauteur finale des tiges du collet jusqu'à l'apex à l'aide d'un mètre ruban.

### 8.1.2. Diamètre des tiges

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

### 8.1.3. La longueur finale des racines

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

### 8.1.4. Biomasse fraîche des plantes

Ce paramètre a été réalisé au moment de la coupe, nous avons pesé les différentes parties de la plante (feuilles, tiges et racines) en gramme à l'aide d'une balance.

## 8.2.2. Biomasse sèche des plantes

Elle a été mesurée après le dessèchement des échantillons moyen frais des différentes parties de la plante mises dans une étuve à 70°C jusqu'à stabilisation du poids sec nous avons pesé.

### Calcul de la biomasse sèche (BS) en (g)

$$BS(g) = \frac{\text{(Poids secs moyen} \times \text{poids frais)}}{\text{Poids frais moyen}}$$

### 8.2.3. Teneur relative en eau

La teneur relative en eau (TRE) est une méthode qui exprime la quantité d'eau en pourcentage (%). Pour la mesurer, nous avons choisi une feuille bien développée, puis coupée en 1 cm<sup>2</sup> est posée pour déterminer la biomasse fraîche (BF) ensuite placée dans un tube à essai contenant de l'eau distillée pendant 24 heures. La pesée de la feuille après la réhydratation donne une biomasse de réhydratation (BR). La biomasse sèche (BS) est déterminée après passage des échantillons dans l'étuve à 80°C pendant 48 heures. La teneur relative en eau (TRE) est calculée à partir de l'équation suivante :

$$TRE (\%) = [(BF-BS) / (BR-BS)] \times 100$$

### 8.3. Paramètres physiologiques

#### 8.3.1. Extraction et dosage des pigments chlorophylliens

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" (exprimé en mg/ml) se fait à l'aide des formules 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.**

#### Analyse statistique

Nous avons effectuées une analyse de la variance des différents traitements à l'aide du logiciel Excel de Microsoft Office (VERSION, 2010). Leur principe est la comparaison entre les moyens séparés par le test NEWMAN et KEULS à un risque d'erreur de 5%. Les résultats obtenus sont présentés sous forme d'histogrammes. Elles représentent des moyennes ± Ecart-type de quatre répétitions.

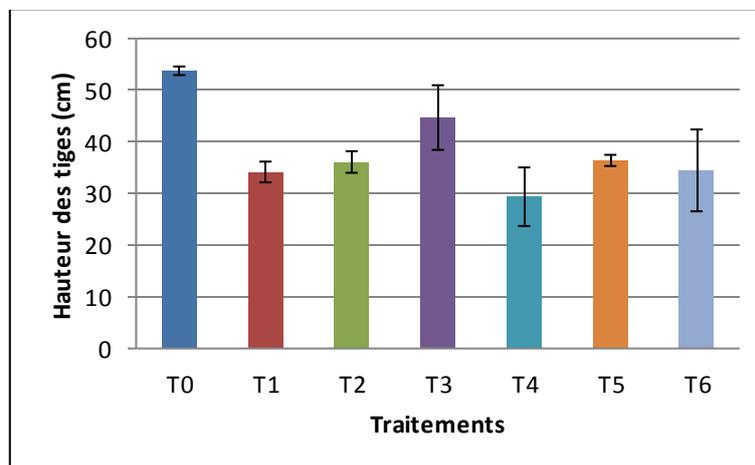
**Résultats et discussion des effets de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> et l'acide salicylique sur les paramètres de croissance**

**I. paramètres biométriques :**

**1. Variation de la hauteur finale des plantules de tomate (cm) en présence de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> et de l'acide salicylique**

Les résultats de ce paramètre sont présentés dans la figure (10). Les résultats d'analyse de la variance (Annexe 01) révèle une différence très hautement significative (P=00000) du facteur étudié sur la hauteur finale des plantes de tomate.

Un effet significativement remarquable de la solution nutritive standard (T0) sur la hauteur finale des plantes (53,75 cm) a été révélé. Ceci traduit par sa richesse en macro et micro éléments nécessaire pour une bonne croissance en longueur ainsi son pH favorable à une absorption hydrominérale adéquate en culture hors sol.



**Figure 10 :** Variation de la hauteur finale des plantules de tomate (cm) en présence de la salinité ; dont la concentration du Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> est de 10 et 20 mM ; et de l'acide salicylique (1 et 2 mM par rapport au témoin. Les résultats représentent des moyennes ± Ecart-type (N=4).

La présence de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dans la solution d'irrigation avec des concentrations différentes (10 et 20 mM) a donné des réductions remarquables sur la hauteur des plantes du T1 et T2 avec des pertes de 36.42% et 32.83% par rapport au contrôle respectivement. Cependant KHALIL (1989) a mentionné que cette réduction de taille est due à la présence d'une grande quantité de sel dans le milieu alimentaire provoquant ainsi une réduction de la division et l'allongement cellulaire, et par conséquent une réduction de la croissance des plantes.

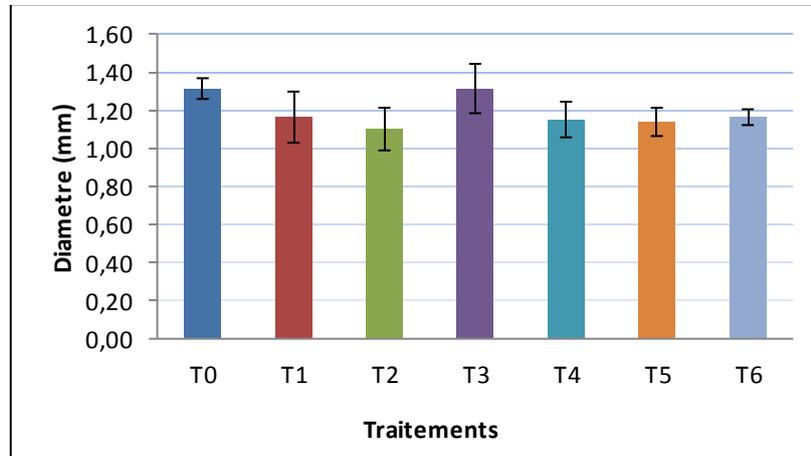
De plus, les travaux de Carter et *al.*, (2005); AZADGOLEH et YASRI, (2007) et TAWARE et *al.*,(2009) ont confirmés qu'il y a une influence claire de la salinité sur la croissance de la partie aérienne où l'augmentation de la salinité réduit la hauteur des plantes. KHAN et PANDA., (2008) ont ajoutaient que l'augmentation de la salinité du sol est un Facteurs

limitant la croissance des plantes. BENIDIRE et *al.*,(2014)ont ajoutaient que des concentrations élevées de salinité agissent négativement sur la croissance en longueur des plantules. (Confirmé par Fig. 10)

## 2. Variation du diamètre des tiges (mm) des plantules de tomate en présence de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> et de l'acide salicylique

Les résultats relatifs de ce paramètre sont présentés dans la figure (11). D'après les résultats d'analyse de la variance (Annexe 02) révèle une différence très hautement significative (P=0000) de facteur étudié sur le diamètre finale des plantes de tomate.

Un effet significativement remarquable de la solution nutritive standard (T0) sur le diamètre des tiges a été révélé 1.31mm. Par la suite nous remarquons que l'irrigation avec Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> des différentes concentrations (10 et 20mM) a donné des réductions remarquables sur le diamètre des tiges des plantules de tomate du T1 et T2 avec des valeurs correspondant à 11.40% et 16.03% par rapport au contrôle respectivement. Le sel empêche l'assimilation des éléments nutritifs par la plante par conséquent tout développement est inhibé BEN KHALED et *al* (2003) confirment l'hypothèse, qui ont remarqué une réduction de croissance de la plante en raison de la salinité, chez le trèfle.



**Figure 11 :** Variation de diamètre des tiges des plantules de tomate (mm) en présence de la salinité ; dont la concentration du Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> est de 10 et 20 mM ; et de l'acide salicylique (1 et 2 mM par rapport au contrôle. Les résultats représentent des moyennes ± Ecart-type (N=4).

En revanche, la combinaison de l'acide salicylique avec le Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> permis de révéler une augmentation significatives des diamètres des tiges des plantules de tomate. Il est à remarquer qu'une application de 1mM d'acide salicylique avec le T1 permis de donner des résultats similaires à celle enregistré chez le témoin (1.31mm). En outre, l'addition de 2mM de cette phytohormone avec 20mM de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> permis de révéler une augmentation significatives des

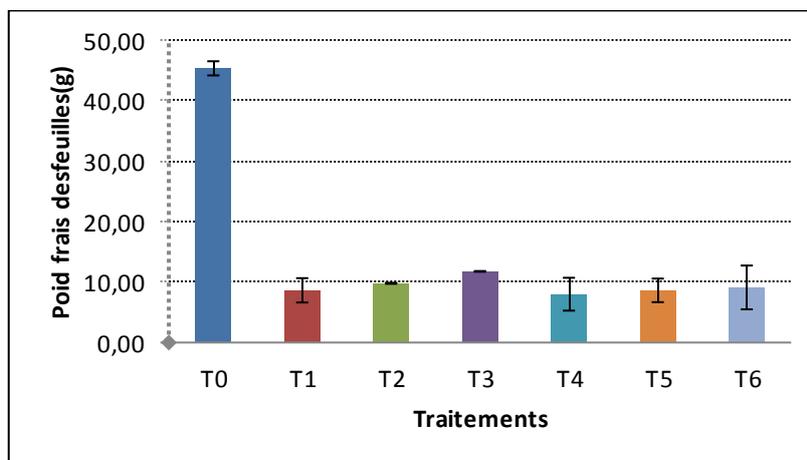
diamètres des tiges des plantules de tomate de 5.45% par rapport au même traitement salin. **3.**

**3. Variation de la biomasse fraîche des feuilles des plantules de tomate (g) en présence de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> et de l'acide salicylique**

Les résultats obtenus pour la biomasse fraîche des feuilles sont illustré dans la figure 12. L'analyse de la variance du traitement étudié (annexe 3) fait apparaître une différence très hautement significative (P=0000) pour le facteur étudié sur la biomasse fraîche des feuilles.

Nous observons que les plantes irriguée par la solution nutritive standard (T0) par la présence de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> donnent la biomasse fraîche des feuilles 45,33 g. Les résultats obtenus nous permettent de confirmé l'hypothèse de la réduction de la biomasse foliaire ou on remarque que le stress salin exerce un effet dépressif sur ce paramètre avec des réductions de 80.93 et 78.40% chez le T1 et T2 respectivement. Cette hypothèse rejoint a plusieurs auteurs selon MUNNS, (2006) annonce que la croissance végétatives, et particulièrement l'expansion des feuilles, sont sévèrement inhibées par le stress salin, les nouvelles feuilles se développent lentement et la sénescence des anciennes s'accélère. RAHMAN et al., (2008) ajoutent que l'augmentation des doses de sel a un effet négatif sur la culture de l'orge ce qui traduit par une réduction de la matière fraîche produite de la partie aérienne. Cependant R'HIM et al., (2013) ont remarqué que les doses de la salinité réduisent fortement la croissance végétative et causent des symptômes de brulures et de toxicité.

L'addition de l'acide salicylique avec le Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dans la solution d'irrigation permis de révéler une augmentation significative des biomasses fraîches des feuilles pour le T3 (36,11%). Il est à noter que chez les autres traitements, nous avons remarqués qu'il y a aucun effet significatif sur la biomasse fraîche des feuilles en présence de l'acide salicylique en combinaison avec Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

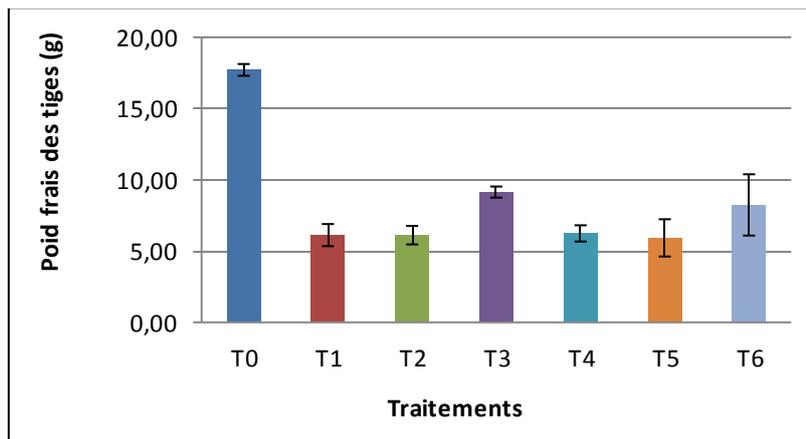


**Figure 12 :** Variation de la biomasse fraîche des feuilles des plantules de tomate (g) en présence de la salinité ; dont la concentration du Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> est de 10 et 20 mM ; et de l'acide

salicylique (1 et 2 mM par rapport au contrôle. Les résultats représentent des moyennes  $\pm$  Ecart-type (N=4).

#### 4. Variation biomasse fraîche des tiges des plantules de tomate (g) en présence de $\text{Na}_2\text{SO}_4$ et de l'acide salicylique

Les résultats obtenus pour la biomasse frais des tiges sont illustré par la figure (13) l'analyse de la variance du traitement étudié (annexe4). Fait apparaitre une différence très hautement pour (P=00000) de facteur étudié sur la biomasse fraîche des tiges.



**Figure 13 :** Variation de la biomasse fraîche des tiges des plantules de tomate (g) en présence de la salinité ; dont la concentration du  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  est de 10 et 20 mM ; et de l'acide salicylique (1 et 2 mM) par rapport au contrôle. Les résultats représentent des moyennes  $\pm$  Ecart-type (N=4).

Nous n'avons constaté que les plantes irriguées par la solution nutritive standard (T0). Donne la biomasse fraîche des tiges est 17,71g. La salinité à diminuée la biomasse fraîche des tiges. Ceci correspond à une réduction de 65,44% pour le T1 et T2 par rapport au contrôle .Ces résultats sont similaire à celle observé par GHULAM et *al*, 1997 ou l'augmentation de la salinité diminue la production de la matière fraîche de l'orge. Et même TAHIR et *al.*, (2010) ont montraient une réduction de la biomasse fraîche des tiges de sorgho en présence de la salinité.

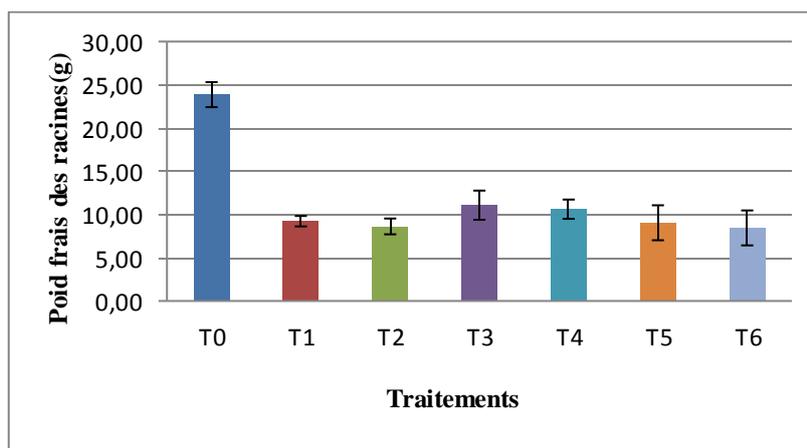
En revanche, la combinaison de 1mM d'acide salicylique avec T1 a révélé une augmentation significativement remarquable. Ceci correspond à des augmentations de 49,34% par rapport au T1. Il est à noter qu'une dose de 2mM de cette phytohormone combinée avec 20mM de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  a donné des augmentations remarquables avec 34,64% par rapport au T2.

### 5. Variation de la biomasse fraîche des racines des plantules de tomate (g) en présence de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> et de l'acide salicylique

Les résultats relatifs de la biomasse fraîche des racines sont des plantules de tomate de la variété Saint-Pierre représentés dans la figure (14) et l'analyse de la variance (annexe 5) révèle une différence très hautement significative (P=0000).

Nous constatons que les plantes de tomate qui ont été reçoivent la solution nutritive standard (T0) pendant le cycle de développement révèlent la biomasse fraîche des racines la plus élevée avec 23,86g. Nous remarquons qu'il y a une réduction significative de la biomasse fraîche des racines. Il atteint jusqu'à 61,31% lorsque la dose de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> est 10 mM chez le T1, (63,87%) chez le T2 la chute lorsque la dose Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> est 20mM.

Nous remarquons la présence d'une augmentation de la biomasse fraîche des racines sous l'effet de l'acide salicylique. La combinaison 10mM de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> avec 1 et 2 mM de cette phytohormone révèle les biomasses fraîches des racines les plus importantes avec des augmentations de 19,39 et 15,05% par rapport au T1 respectivement. Il est à noter que la présence de 1 mM d'acide salicylique dans une solution présentant 20mM de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a révélée une légère augmentation de l'ordre de 4,87% par rapport au T2. L'acide salicylique joue un rôle principal dans les mécanismes de tolérance à la salinité, Les racines restent peu sensibles à Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Cette hypothèse correspondent aux observations de HAMROUNI *et al.*, (2011) qui a indiqué que la plante s'adapte au stress salin en réduisant en premier lieu son système racinaire. Nous remarquons qu'il y a une augmentation de la biomasse fraîche des racines en fonction de l'augmentation de la concentration de l'acide salicylique.

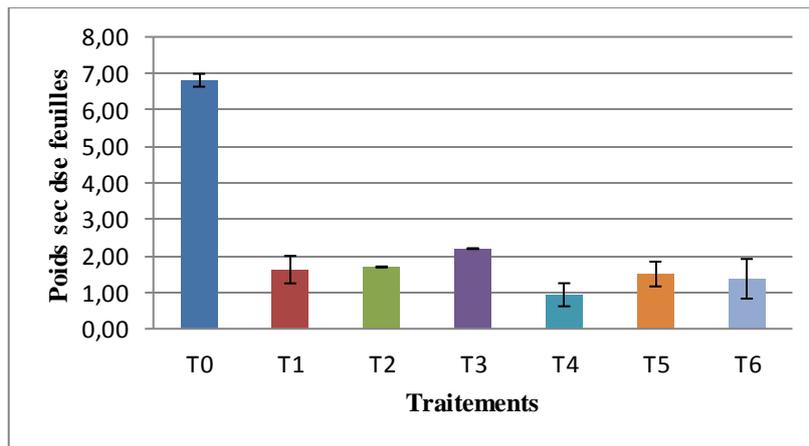


**Figure 14 :** Variation de la biomasse fraîche des racines des plantules de tomate (g) en présence de la salinité ; dont la concentration du Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> est de 10 et 20 mM ; et de l'acide

salicylique (1 et 2 mM par rapport au contrôle. Les résultats représentent des moyennes  $\pm$  Ecart-type (N=4).

### 6. Variation de la biomasse sèche des feuilles des plantules de tomate (g) en présence de $\text{Na}_2\text{SO}_4$ et de l'acide salicylique

La figure (15) représente les résultats de l'effet de la salinité et de l'acide salicylique sur la biomasse sèche des feuilles. D'après les résultats d'analyse de la variance (Annexe 06) qui révèle une différence très hautement significative ( $P=0000$ ) entre de facteur étudié.



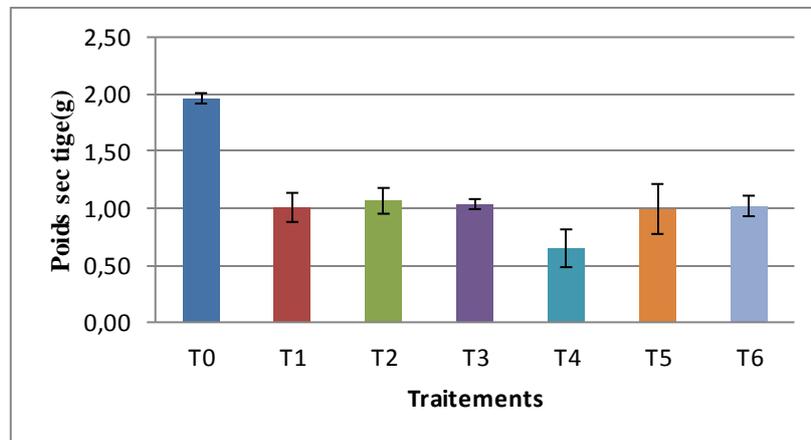
**Figure 15 :** Variation de la biomasse sèches des feuilles des plantules de tomate (g) en présence de la salinité ; dont la concentration du  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  est de 10 et 20 mM ; et de l'acide salicylique (1 et 2 mM) par rapport au contrôle. Les résultats représentent des moyennes  $\pm$  Ecart-type (N=4).

La biomasse sèche des plantules de tomate irriguée par la solution nutritive standard (T0) est 6,81 g. Nous avons remarqué que la présence de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  influe négativement sur la partie aérienne de biomasse sèches des feuilles dont les chutes sont 76,21 et 75,18% pour le T1 et T2 respectivement qui est due à un mécanisme adapté par la plante, physiologique avant que ça soit physiologique. Ces résultats confirmés par ZHU, 2001 dont il a observé que la réduction de croissance des parties aériennes est une capacité adaptative nécessaire à la survie des plantes exposées à un stress abiotique.

En revanche, l'addition de 1mM d'acide salicylique a 10Mm de a révélé une augmentation remarquable de la biomasse des feuilles par rapport au traitement T1. L'élévation est de (35,80%). Par contre la combinaison 2 mM d'acide salicylique avec 10 ou 20 mM de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  n'a aucun effet significatif. Cependant R'HIM et *al.*, (2013) ont remarquaient que les doses de la salinité réduisent fortement la croissance végétative et causent des symptômes de brûlures et de toxicité.

### 7. Variation de la biomasse sèche des tiges des plantules de tomate (g) en présence de $\text{Na}_2\text{SO}_4$ et de l'acide salicylique

Les résultats relatifs au poids sec des tiges sont représentés dans la figure (16) et l'analyse de la variance (annexe 7) révèle une différence très hautement significative ( $P=0000$ ) de facteur étudié sur la biomasse sèche des tiges des plantes de tomate.



**Figure 16 :** Variation de la biomasse sèches des tiges des plantules de tomate (g) en présence de la salinité ; dont la concentration du  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  est de 10 et 20 mM ; et de l'acide salicylique (1 et 2 mM) par rapport au contrôle. Les résultats représentent des moyennes  $\pm$  Ecart-type ( $N=4$ ).

La présence de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dans la solution d'irrigation avec des concentrations différant (10 et 20 mM) a donné des réductions remarquables de la biomasse sèches des tiges du T1 et T2 avec des pertes de 48.46% et 45.40% par rapport au contrôle respectivement. . Cependant R'HIM et *al.*, (2013) ont remarquaient que les doses de la salinité réduisent fortement la croissance végétative et causent des symptômes de brûlures et de toxicité.

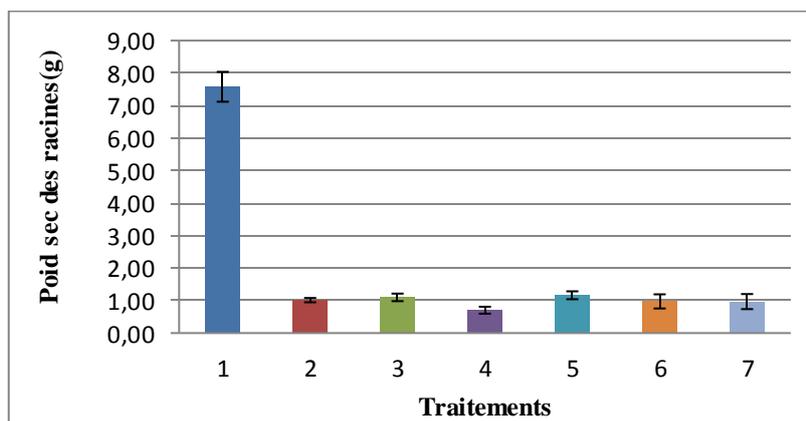
En revanche, la combinaison de 1 mM d'acide salicylique avec 10 mM de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  a révélé une légère augmentation remarquable de la biomasse sèche des tiges par rapport au traitement T1 (2.97%). Par contre, la combinaison 2 mM d'acide salicylique avec 10 ou 20 mM de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  n'a aucun effet significatif sur la hauteur finale des plantes.

### 8. Variation de la biomasse sèche des racines des plantules de tomate (g) en présence de $\text{Na}_2\text{SO}_4$ et de l'acide salicylique

Les résultats dans la figure (17) sont relatifs au paramètre de la biomasse sèche des racines. D'après le résultat d'analyse de la variance (Annexe8) qui révèle une différence très hautement significative ( $P=0000$ ) de facteur étudié sur la biomasse sèche des racines des plantes.

Nous remarquons que les plantes irriguées par la solution nutritive standard (T0) révèlent la biomasse sèche la plus élevée avec 7.58g. La présence du Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dans la solution d'irrigation exerce un effet dépressif sur le paramètre étudié. Pour cela, une dose de 10 et 20 mM a réduit la biomasse sèche des racines. Les pourcentages de diminution étaient 67 et 85.48% pour le T1 et T2 respectivement.

Dans cette même optique, HUSSAIN *et al.*, (2009) ont trouvé des réductions de la croissance chez Chaksu (*Cassia absus* L.) sous le stress salin. Les résultats de la biomasse ont montré que le Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> appliqué inhibait la croissance de la plante de maïs et entraînait une diminution de la biomasse. MUHAMMADON *et al.*, (2014) ont ajoutaient a conclu que la salinité avait un effet important sur la croissance de *Zea Mays*. Le poids Sec de *Zea Mays* ont été réduits à tous les niveaux de sel ajouté. Le sel de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a été ajouté en trois concentrations différentes. Il y a eu une réduction significative de la croissance avec une augmentation des taux de salinité.



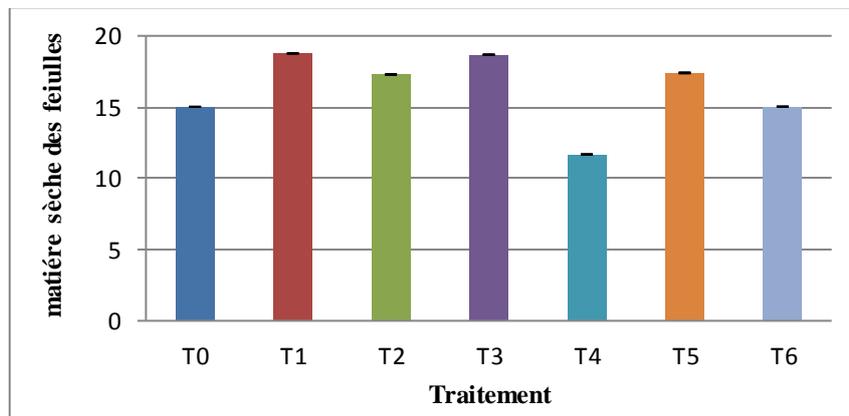
**Figure 17 :** Variation de la biomasse sèches des racines des plantules de tomate (g) en présence de la salinité ; dont la concentration du Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> est de 10 et 20 mM ; et de l'acide salicylique (1 et 2 mM par rapport au contrôle. Les résultats représentent des moyennes ± Ecart-type (N=4)

Il est a marqué qu'une application de 1mM d'acide salicylique avec 10mM de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a donnée une légère augmentation (14.85%) par rapport au T1. L'addition de 2mM de cette phytohormone avec les doses de sel testé n'a exercée aucun effet significatif sur la biomasse sèche des racines des plantules de tomate.

### 09. Matière sèche (%) des feuilles des plantules de tomate en présence de la salinité et de l'acide salicylique

Les résultats de ce paramètre sont présentés dans la figure (18). Les résultats d'analyse de la variance (Annexe 09) montrent qu'il y a une différence significative entre les différentes

moyennes mesurées de la matière sèche des feuilles ce qui met en évidence l'influence des sels et de l'acide salicylique sur le paramètre mesurée.



**Figure 18 :** la variation de la matière sèche des feuilles des plantules de la tomate (%) en présence de la salinité ; dont la concentration du  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  est de 10 et 20 mM ; et de l'acide salicylique (1 et 2 mM) par rapport au contrôle. Les résultats représentent des moyennes  $\pm$  Ecart-type (N=4).

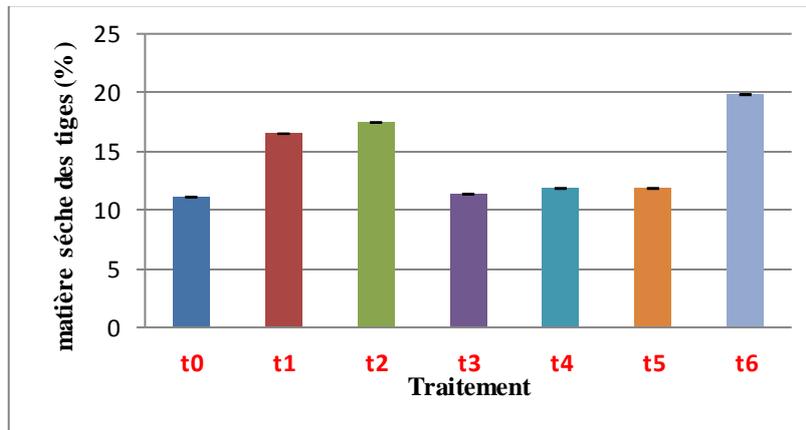
Un effet significativement remarquable de la solution saline en présence de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dont la concentration été 10 mM a donné des augmentations considérables du pourcentage de la matière sèche avec une augmentation de 24,90%. De plus, cette augmentation été mois importante (15,11%) en présence de 20 mM de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  par rapport au contrôle respectivement. Ces résultats sont confirmer par OUERGHI et *al.*, (2000) in MAHROUZ., (2013) qui ont travaillé sur le blé dur (*Triticum durum* L.) en milieu salé et montrent que la concentration en sel diminue la croissance Ainsi, la salinité est un facteur défavorable pour la croissance et le développement des plantes.

En revanche, la combinaison de 1mM d'acide salicylique avec 10 mM de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  a donné une augmentation significativement remarquable de la matière sèche des feuilles. Elle est de 24,36% par rapport au témoin. De plus, cette augmentation été de 15,84% dont la combinaison de 1mM d'acide salicylique avec 20 mM de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Il est à noter que la combinaison 2 mM d'acide salicylique avec 10 et 20 mM de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  a révélés des réductions de taux de la matière sèche des feuilles produite par rapport au témoin. Ces réductions sont de 22,23 et 0,06% respectivement.

#### **10. Matière sèche (%) des tiges des plantules de tomate la présence de la salinité et de l'acide salicylique**

Les résultats de ce paramètre sont présentés dans la figure (19). L'analyse de la variance (Annexe10) montre qu'il y a une différence significative entre les différentes moyennes

mesurées de la matière sèche des tiges ce qui met en évidence l'influence des sels et de l'acide salicylique sur le paramètre mesurée.



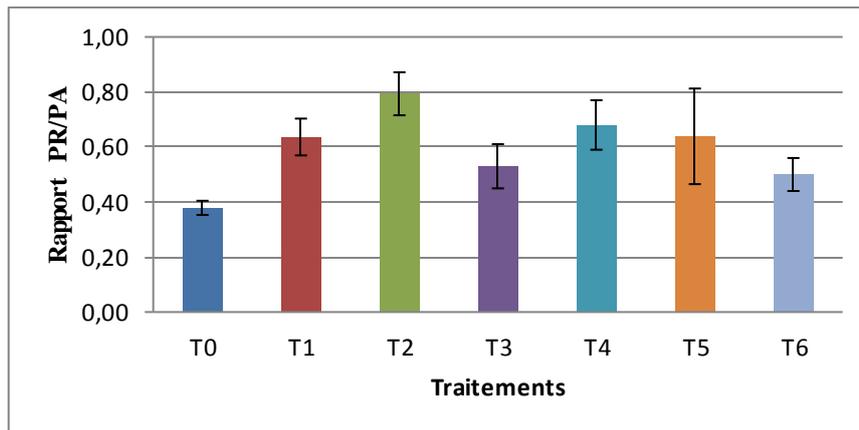
**Figure 19 :** la variation de la matière sèche des tiges des plantules de la tomate (%) en présence de la salinité ; dont la concentration du  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  est de 10 et 20 mm ; et de l'acide salicylique (1 et 2 mm) par rapport au contrôle. Les résultats représentent des moyennes  $\pm$  Ecart-type (N=4).

Un effet significativement remarquable de la solution saline en présence de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dont les augmentations de la matière sèche des tiges étaient de 48,69 et 57,34% en présence de 10 et 20mM de sel respectivement. D'après ARBAOUI et *al.*, (1999), les sels accumulés dans le sol peuvent limiter ou complètement arrêter la croissance du végétal. Nos résultats concordent également à ceux de BOUAOUINA et *al.*, (2000) et à ceux d'OUERGHI et *al.*, (2000) qui ont travaillé sur le blé dur (*Triticum durum* L.) sur un milieu salé et qu'ils ont montraient que la concentration de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  diminue la croissance. De plus, BEN AHMED et *al.*, (2008) in BOUCHOUKH (2010), ont motionnaient que la réduction de la croissance semble être associée à une forte accumulation de  $\text{Na}^+$  dans la plante.

En revanche, la combinaison de 2 mM d'acide salicylique avec 20 mM de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  a donnée une augmentation significativement remarquable de la matière sèche des feuilles par rapport au témoin et même pour le traitement salin T2. Ces augmentations sont de 78,80 et 13,63% respectivement. Dans ce cas l'acide salicylique stimule la plante à ajuster le stress salin sans sacrifier un minimum de son développement végétatif.

### 11. Expression de la biomasse de la partie racinaire par rapport à la partie aérienne

Les résultats de ce paramètre sont présentés dans la figure (21). Les résultats d'analyse de la variance (Annexe 12) montrent qu'il y a une différence significative entre les différentes moyennes mesurées de la biomasse de la partie racinaire par rapport à la partie aérienne ce qui met en évidence l'influence des sels et de l'acide salicylique sur le paramètre mesurée.



**Figure 20 :** L'expression de la biomasse de la partie racinaire par rapport à la partie aérienne des plantules de la tomate en présence de la salinité ; dont la concentration du  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  est de 10 et 20 mM ; et de l'acide salicylique (1 et 2 mM) par rapport au contrôle. Les résultats représentent des moyennes  $\pm$  Ecart-type (N=4).

La présence de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dans la solution d'irrigation avec des concentrations différent (10 et 20 mM) a donné des augmentations remarquables sur le pourcentage des plantes du T1 et T2 avec une augmentation jusqu'à 68.42 et 107.89% par rapport au contrôle respectivement.

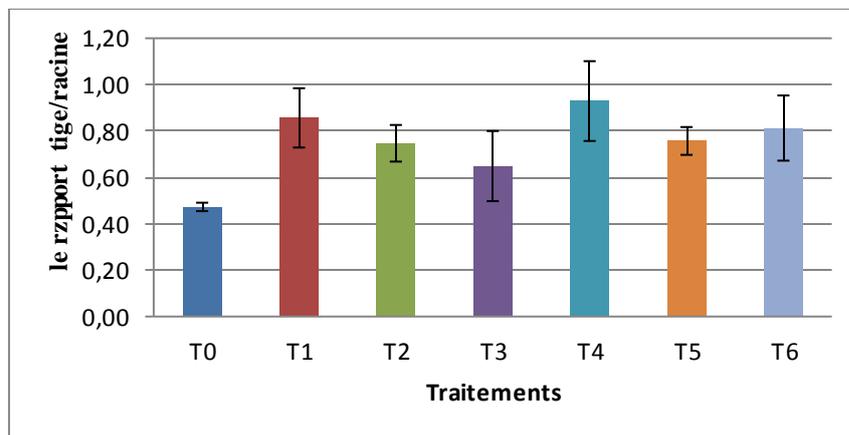
Ces résultats sont confirmés par le travail de BEN KHALED *et al.*, (2003) sur la biomasse aérienne et racinaire du trèfle inoculé par le *Rhizobium*, cultivé sur milieu hydroponique en présence de NaCl. Ils ont indiqué que la croissance pondérale des racines a été moins sensible au stress salin à 8 g/l de NaCl où le poids de matière sèche a enregistré une diminution d'environ 25 % à 2 g/l de NaCl, et également la grande sensibilité au stress salin est celle de la partie aérienne.

En revanche, la combinaison de 10 mM de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  avec 1 et 2 mM de l'acide salicylique a donné des augmentations remarquables de l'expression de la biomasse de la partie racinaire par rapport à la partie aérienne. Elles sont de 39,47 et 78,94% par rapport au contrôle respectivement.

En outre, la combinaison de 1 mM d'acide salicylique avec 20 mM de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  a donné une augmentation remarquable de cette expression. Elle est de 68,42% par rapport au témoin. Lorsque la dose de l'acide salicylique était 2mM combinée avec 20 mM de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , ce rapport a enregistré une augmentation remarquable. Elle est de 31,57% par rapport au témoin. Nos résultats confirment par les travaux de KHODARY, (2004) ; GUNES *et al.*, (2007) Chez le maïs cultivé en présence de NaCl, l'application racinaire d'acide salicylique stimule la production de biomasse, favorise l'allongement des racines et augmente la surface foliaire.

## 12. Expression de la longueur de la partie racinaire par rapport la longueur de la partie aérienne

Les résultats de ce paramètre sont présentés dans la figure (21). Les résultats d'analyse de la variance (Annexe 13) montrent qu'il y a une différence significative entre les différentes moyennes mesurées de la longueur de la partie racinaire par rapport à la partie aérienne ce qui met en évidence l'influence des sels et de l'acide salicylique sur le paramètre mesurée.



**Figure 21 :** L'expression de la longueur de la partie racinaire par rapport à la partie aérienne des plantules de la tomate (%) en présence de la salinité ; dont la concentration du  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  est de 10 et 20 mm ; et de l'acide salicylique (1 et 2 mm) par rapport au contrôle. Les résultats représentent des moyennes  $\pm$  Ecart-type (N=4).

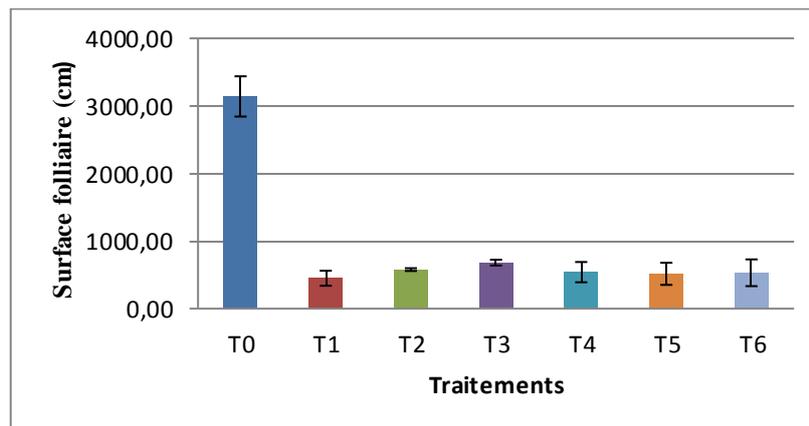
La présence de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dans la solution d'irrigation avec des concentrations différant (10 et 20 mM) a donné des augmentations remarquables sur le pourcentage des plantes du T1 et T2 avec des hausses de 82,97 et 59,57% par rapport au contrôle respectivement. Ces résultats sont confirmés par NASR., (2014) qui a montré que la croissance en longueur du système racinaire est plus importante que celle de la partie aérienne sous un effet de sel de trois provenances étudiées d'*Argania spinosa* L. Au même contexte, TAHRAOUI, (2016) a montré que l'augmentation de la dose de sel est néfaste sur les paramètres de croissance dont la réduction de la longueur de la partie aérienne et racinaire est influencée.

L'addition de 1mM l'acide salicylique avec le 10 mM du  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  permis de révéler des augmentations significatives de ce paramètre. L'augmentation était 38,29%, alors qu'elle atteindrait 97,87 % lorsque la combinaison était 2mM de cette phytohormone avec la même dose en sel testé. Concernant la combinaison 2mM d'acide salicylique avec 10 et 20 mM de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , les hausses enregistrées étaient de 61,70 et 72,34% par rapport au témoin respectivement. Nos résultats confirmer par les travaux de KHODARY, (2004) ; GUNES *et al.*, (2007) Chez le maïs cultivé en présence de NaCl, l'application racinaire d'acide

salicylique stimule la production de biomasse, favorise l’allongement des racines et augmente la surface foliaire.

### 13. Variation de la surface foliaire des plantes de tomate (cm) en présence de la salinité et de l'acide salicylique

Les résultats de ce paramètre sont dans la figure (23), d’après les résultats d’analyse de la variation (Annexe 14) montrent qu’il y a une différence significative remarquable sur les différentes moyennes mesurées de la surface foliaire ce qui met en évidence l’influence des sels et de l’acide salicylique sur le paramètre mesurée.



**Figure 22 :** la variation de la surface foliaire des plantules de la tomate (%) en présence de la salinité ; dont la concentration du Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> est de 10 et 20 mM ; et de l'acide salicylique (1 et 2 mM) par rapport au contrôle. Les résultats représentent des moyennes ± Ecart-type (N=4).

Un effet significativement remarquable de la solution nutritive standard (T0) sur le pourcentage de la surface foliaire des plantes (3140,31%) a été révélé. Ceci traduit par sa richesse en macro et micro éléments nécessaire pour une bonne croissance en longueur ainsi son pH favorable à une absorption hydrominérale adéquate en culture hors sol.

La présence de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dans la solution d’irrigation avec des concentrations différentes (10 et 20 mM) a donné des réductions remarquables sur le pourcentage des plantes du T1 et T2 avec des pertes de 85,67% et 81,59% par rapport au contrôle respectivement. Ces résultats sont confirmés par les travaux IBN MAAOUIA-HOUAMLI et *al.*, (2011) ont montraient que l’augmentation de la teneur en Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dans l’eau d’irrigation provoque la réduction de la surface foliaire a cause de la toxicité. Cependant R’HIM et *al.*, (2013) ont remarquaient que les doses de la salinité réduisent fortement la croissance végétative et causent des symptômes de brulures et de toxicité.

WASTI et *al.*, (2012), ont confirmaient l’effet négatif du sel sur l’expansion foliaire qui a été signalé dans plusieurs travaux par une réduction du nombre de feuilles (HAMZA., 1977)

et de la surface foliaire chez l'haricot avec une diminution de 20% à 40% (LARHER et *al.*, 1987).

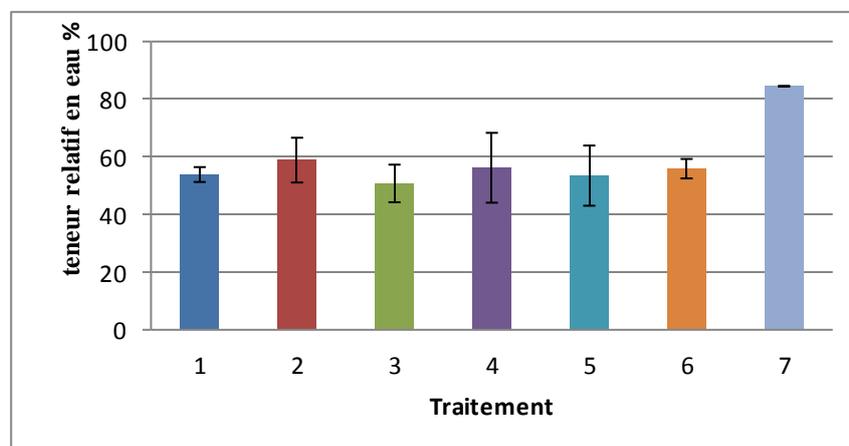
De même, le sel diminue la croissance de l'appareil végétatif par la réduction du nombre des feuilles et réduit la surface foliaire ABDELLY, (2006).

En revanche, l'addition de 1 mM d'acide salicylique à 10 mM de sel a révélé une augmentation remarquable de la surface foliaire des plantules de la tomate par rapport au T1. L'élévation était 53,11%. Par contre la combinaison 2 mM d'acide salicylique avec 10 ou 20 mM de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> n'a aucun effet significatif.

Selon TARI et *al.*, 2002 in HELA et *al.*, 2009 on également montré que le prétraitement de la tomate par l'acide salicylique 0,1 mM augmente la tolérance à la salinité et au stress hydrique. Chez le maïs cultivé en présence de NaCl, l'application racinaire d'acide salicylique stimule et augmente la surface foliaire (KHODARY, 2004 ; GUNES et *al.*, 2007).

#### 14. Variation de la Teneur relative en eau (%) en présence de la salinité et de l'acide salicylique

Les résultats de ce paramètre sont dans la figure (23), d'après les résultats d'analyse de la variation (Annexe 15) montrent qu'il y a une différence significative remarquable sur les différentes moyennes mesurées de la teneur relatif en eau ce qui met en évidence l'influence des sels et de l'acide salicylique sur le paramètre mesurée.



**Figure 23 :** la variation de la teneur relatif en eau des plantules de la tomate (%) en présence de la salinité ; dont la concentration du Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> est de 10 et 20 mM ; et de l'acide salicylique (1 et 2 mM) par rapport au contrôle. Les résultats représentent des moyennes ± Ecart-type (N=4).

La présence de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dont la concentration de 10 mM a donné une légère augmentation du pourcentage de la teneur relatif en eau avec 09,28% par rapport au contrôle. Par contre, la présence de 20 mM de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a exercée une légère réduction avec une perte de

05.75% par rapport au contrôle respectivement. Ces résultats sont confirmés par El AYEB et *al.*, (2004) ont montré que la présence de stress salin provoque une diminution dans la teneur relative en eau. Ceci peut-être expliqué par le phénomène de l'ajustement osmotique qui caractérise par la diminution de potentiel hydrique.

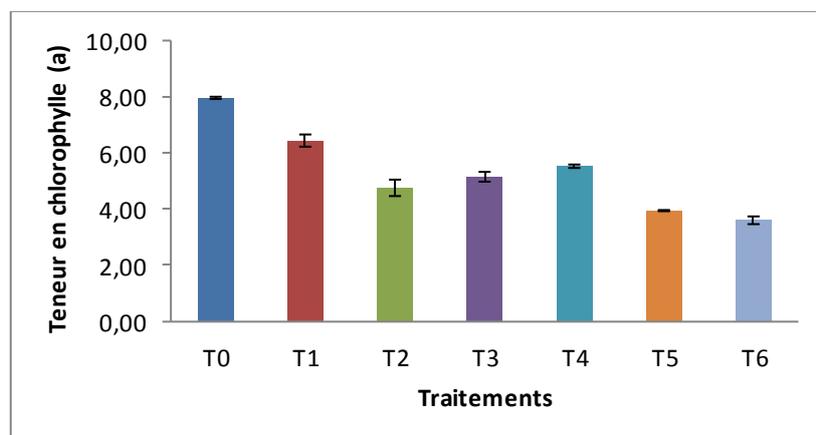
En revanche, un effet significativement remarquable de la teneur relative en eau a été révélé dont la combinaison 2 mM d'acide salicylique avec 20 mM de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> était testée. L'augmentation était 56,88% par rapport au contrôle. Par contre, la combinaison de 2mM d'acide salicylique avec 10 mM de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a donné une légère réduction de ce paramètre. Elle est de 0,70% par rapport au contrôle. Il est à noter que l'addition de 1 mM d'acide salicylique avec 10 et 20 mM de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a exercé une légère réduction de 4,34 et 3,76% respectivement par rapport au témoin.

BENDJAHRA et *al.*, (2015) ont montré que l'acide salicylique agit de façon plus ou moins faible sur la teneur relative en eau qui s'augmente peu à peu. En effet, l'absorption de l'eau est maintenue à un niveau suffisant pour éviter la déshydratation des tissus de la plante et pour établir le phénomène de succulence et pouvoir diluer le plus d'osmolyte possibles.

## II. PARAMETRES PHYSIOLOGIQUES

### II.1. Variation de la Teneur en chlorophylle (a) en présence de la salinité et de l'acide salicylique

Les résultats de ce paramètre sont dans la figure (24), d'après les résultats d'analyse de la variation (Annexe 16) montrent qu'il y a une différence significative remarquable sur les différentes moyennes mesurées de la teneur en chlorophylle ce qui met en évidence l'influence des sels et de l'acide salicylique sur le paramètre mesuré.



**Figure 24 :** La variation de la teneur des feuilles en chlorophylle (a) des plantules de la tomate en présence de la salinité ; dont la concentration du Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> est de 10 et 20 mM ; et de

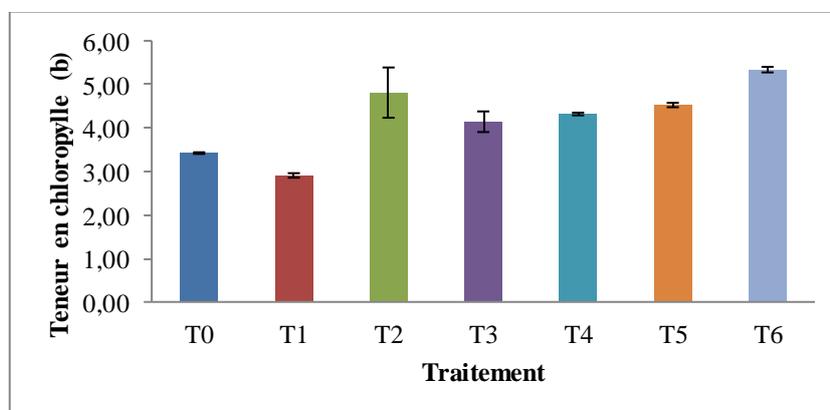
l'acide salicylique (1 et 2 mM) par rapport au contrôle. Les résultats représentent des moyennes  $\pm$  Ecart-type (N=4).

La présence de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dont la concentration de 10 et 20mM a donné des réductions remarquables des pourcentages du teneur en chlorophylle (a) avec 19.09 et 40.20% par rapport au contrôle respectivement qui est dû à une diminution d'ouverture des stomates qui sera par suite confirmer par (OWNBEY et MAHALL, 1983; BOUTELIER, (1986). KINGSBURY et *al.*, (1984) ; BALL et *al.*, (1998) qui ont montraient que la diminution de l'activité photosynthétique chez des plantes sous stress salin est l'une des causes majeures de la réduction de la croissance et de la productivité végétale. La diminution de la teneur en chlorophylles sous l'effet d'un stress salin peut être due à une diminution de l'azote au niveau des pigments chlorophylliens. De plus, le sel a un effet antagoniste sur l'absorption de l'azote (N) qui est une composante essentielle de la structure de la molécule de chlorophylle (FEIGIN et *al.*, (1991); GRATTAN et GRIEVE, (1994)).

L'adition de l'acide salicylique par des différentes doses (1 et 2 mM avec 10 Mm de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) n'a pas eu un effet stimulateur. Les réductions étaient de 35 ,17 et 30,52% par rapport au contrôle respectivement. En autre, la combinaison de l'acide salicylique 1 et 2 mM avec 20 Mm de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2mM a donnée des réductions remarquable avec des pertes de 50,37 et 45,35% par rapport au témoin.

## II.2. Variation de la Teneur en chlorophylle (b) en présence de la salinité et de l'acide salicylique

Les résultats de ce paramètre sont dans la figure (25), d'après les résultats d'analyse de la variation (Annexe 17) montrent qu'il y a une différence significative remarquable sur les différentes moyennes mesurées de la teneur en chlorophylle ce qui met en évidence l'influence des sels et de l'acide salicylique sur le paramètre mesurée.



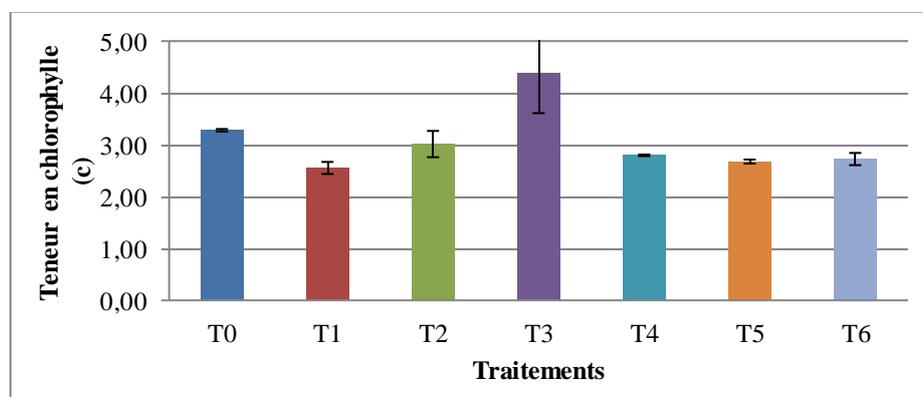
**Figure 25 :** La variation de la teneur des feuilles en chlorophylle (b) des plantules de la tomate en présence de la salinité ; dont la concentration du  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  est de 10 et 20 mM ; et de l'acide salicylique (1 et 2 mM) par rapport au contrôle. Les résultats représentent des moyennes  $\pm$  Ecart-type (N=4).

La présence de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dont la concentration de 10 mM a donné une réduction remarquable de pourcentage du teneur en chlorophylle (b) avec une perte de 14,91% par rapport au contrôle. Des résultats similaires ont été trouvés par les travaux de CHEIKH M'HAMED *et al.*, (2008), où ils ont montraient que dans un milieu salin, le taux de chlorophylle (b) est affecté en raison des perturbations au niveau des chloroplastes. KADRI (2008) ont ajoutaient qu'ils constaté d'une façon générale la chlorophylle (b) est moins sensible au stress salin que la chlorophylle (a) et (c) et que sa teneur diminue avec l'augmentation de l'intensité du stress salin conformément à ce que nombreux auteurs ont démontré. Selon HAMZA et KALI, (2016) cette diminution est peut être expliqué par l'oxydation des pigments chlorophylliens en raison du taux et de déséquilibre ionique des milieux nutritifs.

En revanche, la combinaison 2mM d'acide salicylique avec 20mM de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  a révélée des teneurs en chlorophylle (b) les plus important avec des hausses correspondants a 56,14% par rapport au témoin.

### II.3. Variation de la Teneur en chlorophylle (c) en présence de la salinité et de l'acide salicylique

Les résultats de ce paramètre sont dans la figure (26), d'après les résultats d'analyse de la variation (Annexe 18) montrent qu'il y a une différence significative remarquable sur les différentes moyennes mesurées de la teneur en chlorophylle ce qui met en évidence l'influence des sels et de l'acide salicylique sur le paramètre mesurée.



**Figure 26 :** La variation de la teneur des feuilles en chlorophylle de caroténoïde des plantules de la tomate en présence de la salinité ; dont la concentration du  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  est de 10 et 20 mM ;

et de l'acide salicylique (1 et 2 mM) par rapport au contrôle. Les résultats représentent des moyennes  $\pm$  Ecart-type (N=4).

Chez le contrôle, la teneur des feuilles en chlorophylle (c) synthétisée atteint 3,28 mg/ml. En revanche, la présence du Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dans la solution d'irrigation a perturbé la régulation osmotique des plantules de tomate, ce que traduit par une réduction de la teneur des feuilles en chlorophylle (c). Pour une concentration de 10 mM de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, la réduction était plus importante avec une dépression de 31,40% alors que la réduction en présence de 20 mM de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> était de 8,23%. Les résultats de NIEVES et *al.*, (1991), ont montré que la forte concentration du chlorure et/ou du sodium réduit la teneur foliaire en chlorophylle (c). Cette réduction de la teneur des caroténoïdes est due probablement à la diminution de la surface foliaire, et de l'azote au niveau des pigments chlorophylliens. Les travaux de BALIBREA et *al.*, (1997) ont montré que l'accumulation des sels affecte la régulation du transport des électrons au niveau des chloroplastes dans la feuille et affecte par la suite le bon fonctionnement des chloroplastes et diminue la chlorophylle.

L'addition de l'acide salicylique à 1 mM en combinaison avec la concentration de 10mM de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a révélée une augmentation significativement remarquable de la teneur des feuilles en chlorophylle (c). Elle est de 33,53% par rapport au témoin.

## CONCLUSION

L'objectif de notre s'intéresse d'une part à l'effet de la salinité par deux concentrations en  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (10mM, 20mM) sur certains paramètres morpho-physiologiques d'un cultivar de tomate (Saint-Pierre) et d'autre part une correction de ces solutions d'irrigations par l'addition de l'acide salicylique (1mM, 2mM). Les résultats obtenus montre qu'on culture hors sol, la maîtrise de la composition de la solution nutritive est la clé de la réussite de cette culture surtout en zones où il présente des contrainte édaphiques lié au sol (salinité excessives, calcaire ...etc).Concernant la réaction morphologique des plantules de tomate en milieu présentant  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dans la solution d'irrigation, nous avons remarqués un effet dépressif significativement remarquable pour les deux doses testés. En autre, la réaction physiologique traduite par le dosage de la teneur des feuilles en chlorophylle a montrés une réduction très importante que celle révélée chez le contrôle. En revanche, la combinaison de la salinité par  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  avec l'acide salicylique à améliorer significativement ces paramètres. Pour cela, il est souhaitable de tester d'une part d'autres types de sels pour comprendre mieux la réaction de cette espèce dans ces milieux de culture. D'autre part, utiliser d'autres doses de cette phytohormone pour déterminer la dose la plus stimulante.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**ABDELLY C., (2006)** : Caractérisation des halophytes pour le dessalement des sols salins et le traitement des eaux salines. Rapport d'activités 2007. Centre de biotechnologie à la technopole de Borj-Cedria, Tunisie, pp. 28- 31.

**ANAND A., RYU C.M. AND STACY N., 2008** – salicylic acid and systemic acquired resistance play a role in attenuating crown gall disease caused by *agrobacterium tumefaciens*. Feb-146(2): 703-715.

**ANONYME., 1999**- Tomate sous serre. Bulletin Mensuel D'information et de Liaison du PNTTA, N°57.4 p.

**ANONYME., 2015**-guide pratique La culture de la tomate sous serre. p3

**ANONYME, 2015** – L'aéroponie, une forme prometteuse de culture hors sol. Les états unis. L'agriculture verticale se développe dans les villes. Une équipe de France 2 fait le point.

**ALIBERT, G., AND RANJEVA, R., 1972**-Recherches sur les enzymes catalysant la biosynthèse des acidphenoliques chez *Quercus pedunculata* (Ehrh): II- Localisation intercellulaire de la phenylalaninmonique-lyase, de la cinnamate 4-hydroxylase, et de la "benzoate synthase" Biochem. Biophys. Acta, 279: 282-289

**ARBAOUI M., BENKHELIF M., BELKHODJA M., 1999**- Réponses physiologiques de quelques variétés de blé dur à la salinité au stade juvénile. CIHEAM - Options Méditerranéennes, pp. 167.

**ASHRAF M, AKRAM NA., AKRAM MS., 2008** - Effectiveness of potassium sulfate in mitigating salt-induced adverse effects on different physio-biochemical attributes in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Flora 204: 471–483.

**ASHRAF AND HARRIS, 2013** - Photosynthesis under stressful environments: An overview. Pakistan. photosynthetica 51 (2): 163-190.

**ASLOUM H., 1990**. Elaboration d'un système de production maraîchère (Tomate, *Lycopersicon esculentum* L.) en culture hors sol pour les régions sahariennes. Utilisation de substrats sableux et d'eaux saumâtres. Thèse de doctorat, développement et amélioration des végétaux, Université de Nice Sophia- Antipolis: 24- 32.

**AYALA – ASTORGA, G.I. AND L. ALCARAZ-MELENDZ, 2010** - Salinity effects on protein content, lipid peroxidation, pigments, and praline in *Paulownia imperialis* (Siebold & Zaccarini) and *Paulownia fortunei* (Seemann & Hemsley) plant grown in vitro. Electr. J. Biotechn., 13: 1–15. <http://dx.doi.org/10.2225/vol13-issue5-fulltext-13>

**AZADGOLEH E et YASRIE., 2007**-Wheat and barely response to salinity stress.

Ecology, Environment and Conservation 3, (13) : 453- 458

**BAIZE D., 2000** - Guide des analyses en pédologie. 2ème édition. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris : 206- 207.

**BALL, R. A., OOSTERHUIS, D. M., AND MAUROMOUSTAKOS, A., 1998** - Growth dynamics of the cotton plant

**BALIBREA, ME., RUS-ALVAREZ, AM., BOLARIN, MC., & PEREZ-ALFOCEA, F., 1997** - Fast changes.

**BARBA-ESPÍN G., CLEMENTE-MORENO M.J., ÁLVAREZ S., GARCÍA-LEGAZ M.F., HERNÁNDEZ J.A., DÍAZ-VIVANCOS P., 2011** - Salicylic acid negatively affects the response to salt stress in pea plants. Plant Biol. ;13:909–917.

**BENDJAHRA YAKOUT., MOHAMED ABED SABRINA, 2015** - Etude de quelques marqueurs biochimiques de la résistance à la salinité chez la pomme de terre (*Solanum tuberosum* ) dans deux régions saharienne Ouargla et Oued Souf. Thèse, d'enseignement supérieur, université Kasdi Merbah-Ouargla. P : 65.

**BENAMAR BENMAHIOUL A.B.C., FLORENCE DAGUIN C, MERIEM KAID-HARCHE ., 2009** - Effet du stress salin sur la germination et la croissance in vitro du pistachier (*Pistacia vera L.*).

**BEN KHALED LAAZIZA., GÓMEZ ASUN'CIÓN., HONRUBIA MARIO., OIHABI ABDALLAH., 2003** - Effet du stress salin en milieu hydroponique sur le trèfle inoculé par le Rhizobium. Agronomie, EDP Sciences, , 23 (7), pp.553-560.

**BENIDIR L., DAOUI K., FATEMIZA., ACHOUAKW., BouarabL., et**

**OUFDOUK., 2015**- Effect of salt stress on germination and seedling of *Vicia faba L.*J. Mater. Environ. Sci. 6 (3) : 840-851.

**BEWLEY J.D., 1997** - Plant Cell. ed. 9 1055. P9

**BLANCARD D., LATERROT H., MARCHOUX G., et CANDRESSE T., 2009**-*Les maladies de la tomate (identifier, connaître, maîtriser)*. Ed. Quae. Paris. 679p

**BOUZID S HASSINE AB, GHANEM ME., 2010** - Lutts S. An inland and a coastal population of the Mediterranean xero-halophyte species *Atriplex halimus L.* differ in their ability to accumulate proline and glycinebetaine in response to salinity and water stress. Journal of Experimental Botany. 59:1315–1326.

**BOUZIDE., 2010 IN BOUDA S ., HADDIOUI A ., 2011** - Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *Atriplex*. Univ Sultan Moulay. Maroc. P 72-79.

**BOUCHOUKH I., 2010-** Comportement écophysio­logique de deux Chénopodiacées des genres *Atriplex* et *Spinacia* soumises au stress salin .p 16- 29- 6 -35.

**BOUGENDRE A., 1973** - Utilisation des eaux salées pour l'irrigation. Mémoire ESAT.

**BOUTELIER E.,1986** - Effet du NaCl sur la physiologie du cotonnier (*Gossypium hirsutum* L.). Son rôle dans l'acquisition de la résistance à la sécheresse.Thèse de Doc.Univ. Paris 6,142 p

**CAINES A.M. & C. SHENNAN, 1999** - Interactive effects of Ca<sup>2+</sup> and NaCl salinity on the growth of two tomato genotypes differing in Ca<sup>2+</sup> use efficiency. *Plant Physiol. Biochem.*, **37**, 569-576.

**CAYUELA E., F. PEREZ-ALFOCEA, M. CARO & M.C. BOLARIN, 1996** - Priming of seeds with NaCl induces physiological changes in tomato plants grown under salt stress. *Physiol. Plant.*, **96**, 231-236.

**CARTER C.T.,GRIEVE C.M et POSS J.A., 2005-** Salinity effects on emergence, survival, and ion accumulation of *Limonium perezii*. *Journal of plant nutrition* 7, (28): 1243-1257.

**CHRETIEN D., 1992** - La résistance au sel chez le jojoba (*Simmondsia chinensis* LS), croissance et modification du contenu lipoprotéique de cals cultivés en présence d'une teneur élevée en NaCl. Thèse doct. Univ. Paris VI, 144 P.

**CHAUX C., FOURY C., 1994** : Production légumières. Ed. Lavoisier TEC et DOC. Paris. 235p.

**CHARTZOULAKIS K., 2003** - The use of saline water for irrigation of olives: effects on growth physiology and oil quality. Proceeding of an international workshop: sustainable strategies for irrigation, 160- 171.

**CHA-UM S., BATIN C.B., SAMPHUMHUNG T., KIDMANEE C., 2013** - Physio-morphological changes of cowpea ('*Vigna unguiculata*' Walp.) and jack bean ('*Canavalia ensiformis*' (L.) DC.) in responses to soil salinity *Aust. J. Crop Sci.*, pp. 2128-2135.

**CHAVES MM, FLEXAS J, PINHEIRO C., 2009** - Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. *Annals of Botany* 103: 551–560

**CHANG, B. WANG, L. SHI, Y. LI, L. DUO, W. ZHANG., 2010** - Alleviation of salt stress-induced inhibition of seed germination in cucumber (*Cucumis sativus* L.) by ethylene and glutamate *J. Plant Physiol.*, 167 (14)., pp. 1152-1156.

**CUARTERO J., M.C. BOLARIN., M.J. ASINS & V. MORENO, 2006** - Increasing salt tolerance in the tomato. *J. Exp. Bot.*, **57** (5), 1045-1058.

**COOPER, W. C., AND B. S. GORTON., 1986** - Toxicity and accumulation of chloride salts in citrus on various rootstocks. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 59:143–146.

**CRAMER, G.R., ERGÜL, A., GRIMPLET, J., TILLET, R.L., TATTERSALL, E.A.R., BOHLMAN, M.C., VINCENT, D., SONDEREGGER, J., EVANS, J., OSBORNE, C., QUILICI, D., SCHLAUCH, K.A., SCHOOLEY, D.A., AND CUSHMAN, J. C. 2007.** Water and salinity stress in grapevines: early and late changes in transcript and metabolite profiles. *Funct. Integr. Genomics*, 7(2) : 111–134. doi:10.1007/s10142-006-0039-y. PMID:17136344.

**DASGAN H.Y., H. AKTAS, K. ABAK & I. CAKMAK, 2002.-** Determination of screening techniques to salting in tomato and investigation of genotype responses. *Plant Sci.*, **163**, 695-703.

**DJERMOUN A., 2009** - La production céréalière en Algérie: Les principales caractéristiques, *Revue Nature et Technologie*, N°1, 45-53.

**DJAHRA A. B., BENMAKHOLOUF Z., BENKHERARA S., BENKADDOUR M., BORDJIBA O. 2015-** Effet du stress salin sur la teneur en eau et certains osmolytes chez le blé dur *Triticum durum* var KEBIR. ISSN 2170-1318.El Oued univ, P12.

**DEBEZ A, SAADAOUI D, RAMANIB B, OUERGHI Z, KOYRO HW, HUCHZERMEYER B, ABDELLY C 2006** - Leaf H-ATPase activity and photosynthetic capacity of *Cakile maritima* under increasing salinity. *Environ Exp Bot* 57:285–295

**DRIOUACH A ET RACHIDI A, 1996-** Effet du traitement salin sur la croissance du blé dur (*Triticum durum* Desf.) ed- Actes Inst. Agron. Maroc, p 16.

**EL AYEB N, HENCH BI, GARREC J, REJEB M., 2004** - Effets des embruns marins pollués sur les feuilles d'Acacia cyanophylla Lindl. et d'Eucalyptus gomphocephala Dc. *Annals of Forest Science*, Springer Verlag/EDP Sciences, tunisie, pp.283- 291.

**EL- EKLIL Y., M. KARROU M. BENICHOU, 2002** - Salt stress effect on epinasty in relation to ethylene production and water relations in tomato. *Agronomie*, **20**, 399- 406.

**ELLIS, B. E., AND AMICHEIN, N., 1971-** The “NH-shift” during aromatic ortho-hydroxylation in higher plants. *Phytochem.*, 10: 3069-3072.

**EL-BASYOUNI, S., CHEN, D., IBRAHIM, R., NEISH, A.C., AND TOWERS, G. H. N., 1964-** The biosynthesis of hydroxybenzoic acids in higher plants. *Phytochem.* 3: 485-492.

**ES-SBIHI FATIMA ZOHRA, HAZZOUMI ZAKARIA\*, MOUSTAKIME YOUSSEF, ELHARCHLI EL HASSAN AND AMRANI JOUTEI KHALID., 2016** - Effect of

salicylic acid and salt stress on the growth and some biochemical parameters of *Mentha suaveolens*. ISSN 2229-5518. MOROCCO. V 7.

**ESFANDIARI, E., F. SHEKARI, F. SHEKARI, AND M. ESFANDIARI., 2007** - The effect of salt stress on antioxidant enzymes' activity and lipid peroxidation on the wheat seedling. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 35:48-56

**ESTAÑ M.T., M.M. MARTINEZ-RODRIGUEZ, F. PEREZ-ALFOCEA, T.J. FLOWERS & M.C. BOLARIN, 2005.**- Grafting raises the salt tolerance of tomato through limiting the transport of sodium and chloride to the shoot. *J. Exp. Bot.*, 56(412), 703-71

**FAO., 2013** - Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division

**FAO., 2008** - FAO Land and Plant Nutrition Management Service. [http://www. Fao.org/ag/AGL/public.stm](http://www.Fao.org/ag/AGL/public.stm).

**F.A.O., 1996** - rapport de pays pour la conférence technique internationale de la FAO sur les ressources phylogénétique (LEIPZING. 1996). Foresterie en zones arides. Chapitres IV. Réhabilitation des environnements salins.

**FEIGIN A., RAVINA I., SHALHEVET J. SPRINGER-VERLAG; BERLIN., 1991** - Irrigation with Treated Sewage Effluent, Management for Environmental Protection.

**FLEXAS J, DIAZ-ESPEJO A, GALME'S J, KALDENHOFF R, MEDRANO H, RIBAS-CARBO M., 2007-** Rapid variations of mesophyll conductance in response to changes in CO<sub>2</sub> concentration around leaves. *Plant, Cell and Environment* 30: 1284-1298.

**FLOWERS TJ, COLMER TD., 2008** - Salinity tolerance in halophytes. *New Phytologist*. 179:945–963.

**GARTHWAITE, ALAINA; VON BOTHMER, ROLAND J. AND COLMER, TIMOTHY D., 2005** - Salt tolerance in wild *Hordeum* species is associated with restricted entry of Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> into the shoots. *Journal of Experimental Botany*, July, vol. 56, no. 419, p. 2365-2378.

**GAMA P. B. S., INANAGA S., TANAKA K., AND NAKAZAWA, R. 2007** - Physiological response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings to salinity stress. ISSN 1684–5315. P 1-10.

**GAVASSI MA., SNEIDERIS LC., CAMPOS ML., D'AMICO-DAMIÃO V AND CARVALHO RF., 2015** - Effects of hormonal priming on seed germination of pigeon pea under cadmium stress. *An Acad Bras Cienc.*; 87: 1847–1852.

- GAVASSI MA, SNEIDERIS LC, CAMPOS ML, D'AMICO-DAMIÃO V AND CARVALHO RF., 2014.** Effects of hormonal priming on seed germination of pigeon pea under cadmium stress. *An Acad Bras Cienc.*; 87: 1847–1852.
- GIMENO-GILLES C., LELIÈVRE E., VIAU L., MALIK-GHULAM M., RICOULT C., NIEBEL A., ET AL. 2009** - Aba-mediated inhibition of germination is related to the inhibition of genes encoding cell-wall biosynthetic and architecture: modifying enzymes and structural proteins in *medicago truncatula* embryo axis. *Mol. Plant* 2 108–119.
- GILLAPSY G, BEN-DAVID H, GRUISSEM W.1993**-fruits : a developmental perspective. *Plant cell* 5.
- GUNES A., A. INAL, M. ALPASLAN, F. ERASLAN, E.G. BAGCI & N. CICEK, 2007.-** Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown
- GRATTAN, S.R. AND C.M. GRIEVE. 1994.** Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments. In: *Handbook of Plant and Crop Stress*. (Ed.): M. Pessaraki. Marcel Dekker, New York, pp. 203-226.
- HABIB, N., M. ASHRAF AND M. SHAHBAZ., 2013** - Effect of exogenously applied nitric oxide on some key physiological attributes of rice (*Oryza sativa* L.) plants under salt stress. *Pak J. Bot.*, 45(5): 1563-1569.
- HAMZA ETB KALI., 2016** - action combinee de la salinite et de l'acide salicylique sur le comportement des plantules de haricot (*phaseolus vulgaris*) cultivee en hors sol. These, Univ-Blida1.
- HAMZA M.,1980:** Réponse des végétaux à la salinité. *Physiol., Vég.* 18 (1): 69-81.
- HAMZA M, 1977:** Action de différents apports de chlorure de sodium sur la physiologie de deux légumineuses (*Phaseolus vulgaris*) sensible et (*Hedysarum curnosum*) tolérante, relation hydrique et ionique. Thèse de doctorat. Univ Paris VII.
- HAMROUNI L, HANANA M, ABDELLY C et GHORBEL A., 2011** - Exclusion du chlorure et inclusion du sodium : deux mécanismes concomitants de tolérance à la salinité chez la vigne sauvage *Vitis vinifera* subsp. *sylvestris* (var. „Séjène ). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 15(3) : 387- 400
- HELLER R., ESNAULT R., LANCE C., 1998-** *Physiologie végétale*. Tome1. Nutrition. 6ème édition, DUNOD, Paris: 134- 135.

**HELA BEN AHMED, HAJER MIMOUNI, ARAFET MANAA ET EZZEDDINE ZID., 2009** - L'acide salicylique améliore la tolérance de la tomate cultivée (*Solanum lycopersicum*) à la contrainte saline. *Acta Bot. Gallica*, 157 (2), 361-368.

**HOPKINS W G., 2003:** Physiologie végétale. 2ème édition. De Boeck, Bruscelles: 61-476.

**HORIE T, SUGAWARA M, OKADA T, TAIRA K, KAOTHIEN-NAKAYAMA P, KATSUHARA M, SHINMYO A, NAKAYAMA H., 2011** - Rice sodium-insensitive potassium transporter, **OsHAK5**, confers increased salt tolerance in tobacco BY2 cells. *J Biosci Bioeng* , **111**: 346–356.

**HOPKINS W.G., 2003-***Physiologie végétale*. 2 éme édition américaine, de Boeck et Lancier S A, Paris: 514.

**HUAT J., 2008-** Diagnostic sur la variabilité des modes de conduite d'une culture et de leurs conséquences agronomiques dans une agriculture fortement soumise aux incertitudes : cas de la tomate de plein champ à Mayotte. Thèse de doctorat. Paris. 265p.

**HUSSAIN K., MAJEED A., NISAR MF., NAWAZ K., BHATTI KH. and AFGHAN S., 2009-** Growth and Ionic Adjustments of Chaksu (*Cassia absus* L.) Under NaCl Stress. *American-Eurasian J Agric Environ Sci*6(5): 557-560

**IBN MAAOUIA-HOUMLI S., DENDEN M., DIRIDI-MOHANDES., BEN MANSOUR-GUEDDES S., 2011** – Caractéristique de la croissance et de la production en fruits chez trois variétés de piment (*capsicum annum* L.) sous stress salin. *Ed-tropicultura*. Tunisie, p75-81.

**IDREES M., NACEM M., KHAN N., AFTAIB T., MASROOR M., KHAN A., LGBP : LABORATOIRE GENETIQUE ET BIOLOGIQUE DES PLANTES., 2013** - Stress salin/ Hydrique. APE-Master MBVB. UMR 6191 – CEF, 41.

**IPTIRID., 2006** – Conférence électronique sur la salinisation. Extension de la salinisation et stratégie de prévention et réhabilitation. p 2, 11.

**ISLAM S., MALIK AI, ISLAM AKMR., COLMER TD., 2003** - Salt tolerance in a *Hordeum marinum*–*Triticum aestivum* amphiploid, and its parents. *J. Exp. Bot.* pp 1219–1229.

**JAYAKANNAN M, BOSE J, BABOURINA O, SHABALA S, MASSART A, POSCHENRIEDER C, RENGEL Z., 2015** - NPR1-dependent salicylic acid signalling pathway is pivotal for enhanced salt and oxidative stress tolerance in *Arabidopsis*. *J Exp ed* 10.1093-528.

**JABNOUNE M., 2008-** adaptation des plantes au stress Salin : caractérisation de la transporteur de sodium et potassium de la famille HKT chez le riz .Thèse doctorat, univ Montpellier II.

**KADRI K., 2008** – effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grain de quelques accessions tunisiennes d'orge (*hordeum vulgare* L.). science et technologies, N°29 : 72-79.

**KAWANO T and BOUTEAU F., 2013-**Salicylic Acid-Induced Local and Long-Distance Signaling Models in Plants, Paris :52

**KAYA C, KIRNAK H, HIGGS D., 2001** - Enhancement of growth and normal growth parameters by foliar application of potassium and phosphorus on tomato cultivars grown at high (NaCl) salinity. J Plant Nutr 24: 357–367.

**KADRI K., MAALAM S., CHEIKH M.H., BENABDALLAH A., RAHMOUNE S., 2009** - Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques accessions tunisiennes d'orge. Science et technologie C 29, 72-79.

**KAKOUROS E., KHARAKA Y K., AND OBERDORFER J A., 2006,** Leaching rates and forms of selenium in cores from an agricultural area in Middle Green River basin, Utah, USA: Earth Science Frontiers, v. 13, p. 86-97.

**KAUSAR A., ASHRAF M. Y., GULL M., GHAROOR R., ILYAS M., ZAFAR S., NIAZ M., AKHTAR N., KANWA H., IQBAL N., AFTAB K., 2014** - alleviation of salt stress by  $K_2SO_4$  in two wheat (*triticum aestivum* L) Cultivars. Ed alöki kft., Budapest, Hungary. Pakistan. Pp 137-147.

**KAUR, S., A. K. GUPTA AND N. KAUR: GIBBERELLIN., 1998** - A3 reverses the effect of salt stress in chickpea (*Cicer arietinum* L.) seedlings by enhancing amylase activity and mobilization of starch in cotyledons. Plant Growth Regul., 26, 85-90

**KHAN M.Het PANDA S.K.,2008-** Alteration in rootlipidperoxidation and anioxidativereponses in twice cultivars underNaCl- salinity stress, Acta physiol. Plant,30 :90-89

**KHAN MA, ANSARI R, ALI H, GUL B, NIELSEN BL., 2009** - *Panicum turgidum*, a potentially sustainable cattle feed alternative to maize for saline areas. Agriculture Ecosystems and Environment. ;129:542–546.

**KHAN MM, AL-MAS'OUDI RSM, AL-SAID F, KHAN I. 2013** - Salinity effects on growth, electrolyte leakage, chlorophyll content lipid peroxidation in cucumber

(*Cucumis sativus* L.). International Conference on Food and Agricultural Sciences 55. IACSIT Press, Singapore.

**KHARAKA Y. K., HANOR J. S.; 2005** - Deep fluids in the continents: 1 sedimentary basins. *Treatise on Geochemistry*; 5(16): 499-540.

**KHODARY S.E.A., 2004.**- Effect of salicylic acid on growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. *Intern. J. Agri. Biol.*, 6, 5-8.

**KINGSBURY, R.W., EPSTEIN, E. ET PEARCY, R.W., 1984** - Physiological responses to salinity in selected lines of wheat. *Plant Physiol.*, 74 : 417-423.

**LACLERC J C., 1999:** Ecophysiologie végétale. Publication de l'université SAINT ETIENNE : 188-235.

**LAFITTE., 2002** - Relationship between leaf relative water content during reproductive stage water deficit and grain formation in rice. *Field Crops Res.* 76: 165-174.

**LAU OS, DENG XW., 2010** - Plant hormone signaling lightens up: integrators of light and hormones. *Curr Opin Plant Biol* 13: 571–577

**LARHER F., HUQIS M., GERNAT-SAUUGE D., 1987:** Les colloques d'INRA. N°7, nutrition azotée des légumineuses, P.GUY. Ed INRA: 181-192.

**LEE B., FARAG M. A., PARK H. B., KLOEPPER J. W., LEE S. H., RYU C. M., 2012.** Induced resistance by a long-chain bacterial volatile: elicitation of plant systemic defense by a c13 volatile produced by *paenibacillus polymyxa*. *Plos one* 7 journal,ed48744 10.1371/.

**LEMEE G., 1978** - Précis d'écologie végétale. Masson, Paris : 131- 132

**LEVIGNERON A., LOPEZ F., VANSUYT G., BERTHOMIEU P., FOURCROY P., CASSE-DELBART F., 1995** - Les plantes face au stress salin. *Cahiers agricultures*.4 (4): 263-273.

**LESAIN, C., 1987** - Analyse critique des systèmes de culture hors sol avec et sans recyclage des solutions. Dans "Les cultures hors sol"; édité par D. Blanc; INRA, Paris. 409p.

**LLOYD J., KRIEDEMANN PE., ASPINALL D., 1990** - Contrast between Citrus species in response to salinisation: an analysis of photosynthesis and water relations for different rootstock-scion combinations. *Physiol. Plant.* 78, p. 236–246.

**LOPEZ-CLIMENT M.F., ARBONA V., PEREZ-CLEMENTE R.M., GOMEZ-CADENAS A., 2008** - Relationship between salt tolerance and photosynthetic machinery performance in citrus. *Environmental and Experimental Botany* 62: 176-184.

**LUTTGE U., KLUGE M., BAUER G., 2002** - Botanique. 3ème édition, Tec et DocLavoisier, Paris: 439- 450

**MADR., 2009**- Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Direction des statistiques

**MAM A. et ZITOUNI N., 2015** – Modélisation et commande des processus de désignifiassions de l'eau : application à une unité pilote de traitement des eaux par irradiations UV couplée à un générateur photovoltaïque. B. P n°94. Univ. El manar. Tunisie.

**MAHROUZ FATIMA., 2013** - Effet du stress salin sur la croissance et la composition chimique de l'Atriplex canescens- these. Université Kasdi Merbah - Ouargla.

**MASON A, LEE R, ABRIGO M. AND LEE S. H., 2017** - Support Ratios and Demographic Dividends: Estimates for the World United Nations Department of Economic and Social Affairs Population Division Technical Paper No. 2017,47 P.

**MAAS, E.V. 1986** - Salt tolerance of plants. Appl. Agric. Res., 1: 12-26. Maas, E.V., J.A.

**MAATOUGUI M.E.H., 1997.** Situation de la culture des fèves en Algérie et principales contraintes. Céréaliculture, numéro spécial fève. Ed. ACTES Rabat. pp 6-15.

**M'HAMED H, ABDELLAOUI R, KADRI KM, BEN NACEUR, BEL HADJ S., 2008** - Evaluation de la tolérance au stress salin de quelques accessions d'orge (*Hordium vulgare* L.) cultivées en Tunisie: Approche physiologique. Sci. Tech., 28: 30 -37.

**MELCHOR J., R.M. RIVEREO, L. ROMERO & R.M. RUIZ, 2005.**- Evaluation of some nutritional and biochemical indicators in selecting salt-resistant tomato cultivars. *Environ. Exp. Bot.*, **54**, 193-201.

**MIMOUNI H., WASTIS., NSAIRI A., SMITI S et BEN AHMED H., 2013**- Effet de l'application foliaire de l'acide salicylique sur le développement et la nutrition minérale de la tomate cultivée sous contrainte saline. Actes du 4eme Meeting International. Université Tunis, - n° 35 (3/2014).

**MUTHULAKSHMI S and LINGAKUMAR K.** Role of salicylic acid (SA) in plants 2017 ..,3(3) : 33-37.

**MUNNS R 2008** - Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ* 25:239–250

**MOINUDDIN., 2011**- of salt dtress in lemongass by salycylic acid-plant physiology section. Departement of botany. Aligarh Muslim University India.

**MONGI. H.O., 1982** – Influence of intercropping methods on foliar NPK contents and yields of maize and cowpeas. In proceeding of SISA, Morogoro, Tanzania, 4-7 aug. 1980. Pp. 67.

- MUHAMMAD U., UMBRINI I et SOBIA I., 2014-** Morphological variations in maize (*Zeamays L.*) under different levels of Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> at growth stage. Academy for Environment and Life Sciences, India Adv. Res. Agri. Vet. Sci. Vol. 1: 72-77
- MUNNS R., TESTER M., 2008** - mechanisms of salinity tolerance Annual Review of Plant Biology. 59:651–681.
- MUNNS, R., R.A. JAMES, A. LAUCHLI. 2006.** Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. J. Exp. Bot., 27: 1025- 1043.
- MUNNS, R. 2000.** Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environ. 25(2) : 239–250. ed:10.1046 j.0016-8025.
- NACER M ET TIAR K., 2012-** impact de la salinité due au traitement de sel sur l'environnement. Algerie, P5.
- NASR ULLAH, SHAH FAHD., SADDAM HUSSAM., AMAR MATLOOB., FAHEEM AHMED KHAN., ET AL., 2014** – phytohormone and responses to salinity stress: a review 75. Issue 2. Pp391-404.
- NASRI Souhila., 2014** - Effet de la contrainte saline sur la germination et la croissance de quelques provenances algériennes d'arganier (*Argania Spinosa L.*). Université Abou Bekr Belkaïd – Tlemcen.
- NIEVES, M., A. CERDA AND M. BOTELLA, 1991.** Salt tolerance of two lemon scions measured by leaf chloride and sodium accumulation. J.Plant Nutrition, 14: 623-636.
- NMAHIOUL B., DAGUIN F., KAID-HARCHE M. 2009** - Effet du stress salin sur la germination et la croissance in vitro de la pistache (*pistacia vera L*) C. R. Biol. 332, 752-758.
- OUKARROUM A., SCHANSKER G., AND STRASSER R.J. 2009** - Drought stress effects on photosystem I content and photosystem II thermotolerance using Chl a fluorescence kinetics in barley varieties differing in their drought tolerance to salt stress. Physiologie plantarum 137, 188-199.
- OUERGHI et al., 2000 in MAHROUZ Fatima., 2013** - Effet du stress salin sur la croissance et la composition chimique de l'*Atriplex canescens*- these. Université Kasdi Merbah - Ouargla.
- OUERGHI Z., CORNIC G., ROUDANI M. ET AL., 2015** - Effect of NaCl on photosynthesis of two wheat species (*Triticum durum* and *T. aestivum*) differing in their sensitivity to salt stress. — J. Plant Physiol. 156: 335–340.

- OWNBEY R, MAHALL B., 1983** - Salinity and root conductivity: differential responses of a coastal succulent halophyte, *Salicornia virginica*, and a weedy glycophyte, *Raphanus sativus*. *Physiologia Plantarum* 57, 189–195.
- RAHMOUNE, C., MAALEM S., ET BEN NACEUR., M. 2004** - Effets comparés de la fertilisation phosphatée sur l'Atriplex cultivé en zone semi-aride du Nord-Est algérien. *Plant Physiology*. Vol. 3, n°4, pp. 213-217.
- RAGHAVENDRA A. S., GONUGUNTA V. K., CHRISTMANN A., GRILL E., 2010** -- ABA perception and signalling. *Trends Plant Sci.* 15 395–40110.1016/j.tplants.2010.04.006.
- RAMPINO P., MITA G., FASANO P., BORRELLI G. M., APRILE A., DALESSANDRO G., ET AL., 2012** - Novel durum wheat genes up-regulated in response to a combination of heat and drought stress. *Plant Physiol. Biochem.* 56 72–78 10.1016/j.plaphy.2012.04.006
- RASKIN I.,1992**-Role of salicylic acid in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 43:439-463
- R'HIM T., TLILI I., HNAN I., ILAHY R., BENALI A. et JEBARI H.,2013**- Effet du stress salin sur le comportement physiologique et métabolique de trois variétés de piment (*Capsicum annuum*). *Journal of Applied Biosciences* 66:5060 – 5069.
- RICCIONI G., BUCCIARELLI T., MANCINI B., DI ILIO C., D'ORAZIO N., 2009** - Antileukotriene drugs: clinical application, effectiveness and safety. *Curr. Med. Chem.* 14:1966–1977.
- RIVERO M., BACHA H., RODENAS R., LOPEZ-GOMEZ E., GARCIA-LEGAZ M F., NIEVES-CORDONES M., MARTINEZ V., BOTTELA M A., AND RUBIO F., 2015** – high  $Ca^{2+}$  everts the repression of high affinity  $K^+$  uptake produced by  $Na^+$  in *solanum lycopersicum* L. var. microtom) plants. *Journal of plant physiology.* 180: 72-79.
- ROCHDI A, LEMSELLEK J, BOUSARHAL A, RACHIDAI A., 2005** - Évaluation sous serre de la tolérance à la salinité de quelques porte-greffes d'agrumes : *Citrus aurantium* et deux hybrides de *Poncirus trifoliata* (*Poncirus* x *Citrus sinensis* et *Poncirus* x *Mandarinier sunki*). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ. Maroc*, P 65–73.
- RONTRAIN D., BASSET G., HANSON A.D. 2002** - Metabolic engineering of osmoprotectant accumulation in plant. *Meta. Eng.*, 4, 49-56.
- RUSSELL, D. W., AND CONN, E. E., 1967**- The cinnamic acid 4-hydroxylase of pea seedlings. *Arch. Biochem. Biophys.*, 122: 256-258.

**RUBIN M.G., DOVER S ET ALAM M., 2006** – peelings chimiques. Ed 75008. Paris. P 205.

**TAHRAOUI, SOUAD., 2016** - *Effet des sels solubles sur la production de la biomasse et l'absorption des éléments minéraux chez l'orge (Hordeum vulgare) et le blé dur (Triticum durum)*. These. Masters thesis, Université Mohamed Khider – Biskra.

**TAHIR M, IQBAL N., RAZA H., QASIM M., Et Ashraf M. Y., 2010**-Growth modulation And Ion Partitioning In Salt Stressed Sorghum (Sorghum Bicolor L.) By Exogenous Supply Of Salicylic Acid. Pak. J. Bot., 42(5): 3047-3054  
**TREMBLIN G., 2000** : Comportement auto-écologique de *Halopeplis amplexicaulis*:

plante pionnière des sebkhas de l'ouest algérien. Sécheresse.11

MONGI H., 1982 : Adaptation physiologique à la salinité des plantes cultivées. Faculté des sciences. Tunisie. 169p.

**TAWARE S. D., TAWAREA. S., CHAVAN A. M et MUKADAM D. S., 2009**-Wheat and salinity : Response of different concentrations of NaCl and KCl. Biosciences biotechnology research Asia.1, (6): 313- 316.

**TEXIER W., 2014** - L'hydroponie pour tous. Mama edition. Paris. P16.

**ORCUTT D.M. AND NILSEN E.T., 2000** - Physiology of plants under stress. John Wiley & Sons Inc., New York, NY, USA.

**PAPADOPOULOS AP., 1991** - *La culture des tomates en serre sur sol et sans sol*. Agriculture. Canada. Publication 1865/F.

**PARIHAR P., SINGH S., SINGH R., SINGH V. P., PRASAD S. M. 2015** - Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 22 4056–4075.

**PELEG Z, APSE M. P., BLUMWALD E., 2011** - Engineering salinity and water stress tolerance in crop plants: getting closer to the field. *Adv. Bot. Res.* 57 406–432.

**PITRAT M., FOURYC., 2004**-*Histoires de légumes : des origines à l'orée du XXI<sup>e</sup> siècle*. Ed. Quae. INRA. 267-272p.

**POLESE J.M., 2007**. *La culture de tomate*. Ed. Artémis.95

**POSS AND G.J. HOFFMAN. 1986**. Salinity sensitivity of sorghum at three growth stages. *Irrig. Sci.*, 7: 1-11.

**QIN H., GU Q., ZHANG J., SUN L., KUPPU S., ZHANG Y., ET AL., 2011** - Regulated expression of an isopentenyltransferase gene (IPT) in peanut significantly improves drought

tolerance and increases yield under field conditions. *Plant Cell Physiol.* 52 1904–1914  
10.1093. pp125

**RAEMAEEKERS R., 2001** – *Agriculture en Afrique tropicale, Direction générale de la coopération internationale*

**RAHMAN M., SOOMO U. A., ZAHOOR U.M et Gul S., 2008** - Effect of NaCl salinity on wheat cultivars. *World Jour.ofagric. Sci.* 4, (3), 398-403.

**RAJORIA S, SURIANO R, SHANMUGAM A., 2010** - Metastatic phenotype is regulated by estrogen in thyroid cells. *Thyroid.* ;20(1):33–41

**RASOOL S., H AMEED., MED MHGOUB A., PARVAIZ A., 2013** - Salt Stress: Causes, Types and Responses of Plants. South Valley University. India. pp.1-24

**RAMPINO P., PATALEO S., GERARDI C., G. MITA AND C. PERROTTA. 2012** - Drought stress response in wheat: physiological and molecular analysis of resistant and sensitive genotypes. *Plant Cell Environ.*, 29: 2143-2152.

**RAGHAVENDRA A. S., GONUGUNTA V. K., CHRISTMANN A., GRILL E., 2010** - ABA perception and signalling. *Trends Plant Sci.* 15 395–401 10.1016. tplants..04.006

**TITOUNA Dalila., 2011-** étude numérique de la solution nutritive dans un milieu poreux. These uni. el hadj lakhdar.. Batna.

(ref de stress salin des effet ce trouve chez la these )

**UNGAR IA. SEED GERMINATION AND SEED-BANK ECOLOGY OF HALOPHYTES. IN: KIGEL J, GALILI G, 1995.,** editors. Seed development and germination. New York: Marcel Dekker; pp. 599–627.

**SAEED M, GUO W, ZHANG T. ASSOCIATION MAPPING FOR SALINITY TOLERANCE IN COTTON. 2014** - (*Gossypium hirsutum* L.) germplasm from US and diverse regions of China. *Australian J Crop Sci.*; 8: 338–346.

**SABOORA A, KIAROSTAMI K, BEHROOZBAYATI F, HASHEMI SH., 2006** - Salinity (NaCl) tolerance of wheat genotypes at germination and early seedling growth, Pakistan. *J. Biol. Sci.*, 9(11): 2009-2021.

**SAHA P, CHATTERJEE P, BISWAS AK, 2010** - “NaCl pretreatment alleviates salt stress by enhancement of antioxidant defense and osmolyte accumulation in mungbean (*Vignaradiata* L. Wilczek)”, *Indian J. Exp. Biol.*, Vol. 48, pp. 593-600.

**SHARP RE, POROYKO V, HEJLEK LG, SPOLLEN WG, SPRINGER GK, BOHNERT HJ, NGUYEN HT., 2004** - Root growth maintenance during water deficits: physiology to functional genomics. *J Exp Bot* 55: 2343-2351.

**SHABALA AND MUNNS, 2012** - Salinity stress: Physiological constraints and adaptive mechanisms. (Ed.), Plant Stress Physiology, CAB International, United Kingdom & USA. pp. 59-93.

**SHAHBA M, ASHRAF M., 2014** - Improving salinity tolerance in cereals. Crit Rev Plant Sci 32: 237–249

**SIDDIQUI M.H. , AL-KHAISHANY M.Y. , AL-QUTAMI M.A. , AL-WHAIBI M.H., GROVER A. , ALI H.M. , M.S. AL, 2015** -WahibiMorphological and physiological characterization of different genotypes of faba bean under heat stress. Saudi J. Biol. Sci., 22 (), pp. 656-663.

**STEVENS J., T. SENARATNA & K. SIVASITHAMPARAM, 2006** - Salicylic acid induces salinity tolerance in tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Roma): associated changes in gas exchange, water relations and membrane stabilisation. *Plant Growth Regul.*, **49**, 77-83.

**SAWADOGO BOUKARY .), SOU MARIAM., I HIJIKATA NOWAK., SANGARE DRISSA., MAIGA1 AMADOU HAMA., AND FUNAMIZU NAOYUKI., 2015** - Effect of Detergents from Greywater on Irrigated Plants: Case of Okra (*Abelmoschus esculentus*) and Lettuce (*Lactuca sativa*). Ed-24-1, 117 – 120.

**SMITH-BECKER J., MAROIS E., HUGUET E.J., Midland S.L., Sims J. J., Keen N.T. 1998-** Accumulation of salicylic acid and 4-hydroxybenzoic acid in phloem fluids of cucumber during systemic acquired resistance is preceded by a transient increase in phenylalanine ammonia-lyase activity in petioles and stems, plant physiol. 116, pp. 231-238.

**SNOUSSI S.D., 2010-** *Etude de base sur la tomate en Algérie Rapport de mission* : 5-10, 34-36

**SILVERMAN, P., SESKAR, M., KANTER, D., SCHWEIZER, P., METRAUX, J. P., AND RASKIN, I., 1995** - Salicylic acid in rice, biosynthesis, conjugation and possible role. Plant Physiol. 108: 633-639.

**SZABOLCS 1994 IN MUNNS R., 2002** - Comparative physiology of salt and water stress. Issue 2 volume 25, P 239-250.

**SZABOLCS I., 1979** - The limitation of potential yield by salinity and alkalinity of soils with particular reference to the mediterranean regions. In. soils in Mediterranean type climates and their yield potential. Proceedings IPI. Spain. 121 - 123.

**V VAISHAMPAYAN et al., 2007**

**SHUMSUL H, AQIL A et NASSER A., 2013** –Salicylic acid: plant Growth and development New York : Springer **SHANHARA N., JOEP VAN Lidt J., MARJA de**

**GOFFAU., MARTIN H et BARBARA V., 2005** - *La culture de la tomate production, transformation et commercialisation*. Ed. Prota, 105 p.

**UNGAR A., AJMAL KHAN M AND IRWINA A., 1996** – influence of salinity and temperature of *haloxylon recurvum* bunge ex. Boiss. Usa. Pp 547-551.

**URBAN L., URBAN I., 2010**- Laproduction sous serre. Ed la gestion de climat paris , 2010

**URBAN L., 1997**: Introduction à la production sous serre : l'irrigation fertilisante en culture hors sol, tome 2. Techniques et documentation. 210p

**VAISHAMPAYAN U, HUSSAIN M, BANERJEE M, SEREN S, FONTANA J, FORMAN JD, CHER ML, POWELL I, PONTES JE, KUCUK O., SARKAR FH., 2007** - Lycopene and soy isoflavones in the treatment of prostate cancer. PMID:17927495 pp : 1-7.

**ERSLUES PE, AGARWAL M, KATIYAR-AGARWAL S, ZHU J, ZHU JK., 2006** - Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. *Plant J.* 45 :523–539.

**WINGLER A AND ROITSCH T., 2008** - Metabolic regulation of leaf senescence: interactions of sugar signalling with biotic and abiotic stress responses. *Plant Biol. (Stuttg.)* 10(Suppl. 1) 50 – 62 10.1111/j.1438-8677.

**YAMBURENKO MV, ZUBO YO, VANKOVÁ R, KUSNETSOV VV, KULAEVA ON, BÖRNER T., 2013** - Abscisic acid represses the transcription of chloroplast genes. *J Exp Bot.* 64:4491–4502.

**YALPANI, N., SCHULZ, M., DAVIES, M. P., AND BALKE, N. E., 1992**. Partial purification of an inducible uridine-5'-diphosphate glucose : salicylic acid glucosyltransferase from oat roots. *Plant Physiol.*, 100: 457-463

**WASTI S, MIMOUNI H, SMITI S, ZID E, BEN AHMED H. (2012)** - Enhanced salt tolerance of tomatoes by exogenous Salicylic Acid applied through rooting medium . *Journal integral Biology.* 16(4), 200–207.

**YEO, 1998** - Halophytes and Salt Stress: Histo-Anatomical Features in Halophytes. Formative Effect, Adaptation or a Simple Response to an Intensely Abiotic Factor?. Springer International Publishing AG. pp 39-43

**ZAPATA P. J., SERRANO M., PRETEL M. T., AMOROS A., BOTELLA M. A. (2004)** - Polyamines and ethylene changes during germination of different plant species under salinity. *Plant Sci.* 167 781–788. 10.1016/j.plantsci.2004.05.014.

**ZHAO Q., B.L. MA, C.Z. RENGROWTH., 2007** - gas exchange, chlorophyll fluorescence and ion content of naked oat in response to salinity

Crop Sci., 47 (1) , pp. 123-131.

**ZHANG H.X. & E. BLUMWALD, 2001** - Transgenic salt tolerant tomato plants accumulate salt in foliage but not in fruit. *Nat. Biotech.*, **19**, 765-768.

**ZHANG H, ZHANG L, LV H, YU Z, ZHANG D. ZHU W., 2014** - Identification of changes in *Triticum aestivum* L. - leaf proteome in response to drought stress by 2D-PAGE and maldi-tof/tof mass spectrometry. *Acta Physiologiae Plantarum.* 36:1385–1398.

**ZHANG X., WANG L., MENG H., WEN H., FAN Y., ZHAO J., 2011** - Maize ABP9 enhances tolerance to multiple stresses in transgenic *Arabidopsis* by modulating ABA signaling and cellular levels of reactive oxygen species. *Plant Mol. Biol.* 75365–37810.1007/s11103-011-9732.

**ZHU J.K., 2001**- Plant salttolerance. *Trends in Plant Science.* 6: 66-71.

**ZHU, J.K 2001** - Transcription activating property of autoantigen SG2NA and modulating effect of WD-40 repeats. *Exp Cell Res* 269(2):312-21

**ZÖRB C., NOLL A., KARL S., LEIB K., YAN F., SCHUBERT S., (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.

**ZRIBI L., F. GHARBI, F. REZGUI, S. REJEB, H. NAHDI & M.N. REJEB 2009** - Application of chlorophyll fluorescence for the diagnosis of salt stress in tomato *Solanum lycopersicum* (variety Rio Grande). *Sci. Hort.*, **120**, 367-372.