

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE BLIDA1  
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LAVIE  
DEPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIES

**Mémoire de Fin d'Étude**

En vue de l'obtention du Diplôme en Master académique en  
Sciences de la Nature et de la Vie  
Filière : sciences agronomiques  
Spécialité : Système de production agro-écologique

***Thème :***

***Effet du stress salin sur la croissance et la teneur en  
chlorophylle chez une variété de tomate.***

***(Solanum Lycopersicum esculentum Mill)***

**Présenté par:**

FERHAT Ludmya

CHEBINI Sihem

**Devant le Jury composé de :**

Mme BENZAHRA S	MCB USD. Blida 1	présidente
Mr ZOUAOUI A.	MCA USD. Blida 1	Promoteur
Mme CHELOUFI R	MCB USD. Blida 1	Examinatrice

Année Universitaire 2021-2022

## **Remerciement**

**La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma reconnaissance.**

**Avant toute chose, nous remercions Dieu, le tout puissant, de nous avoir donné la force et patience pour achever ce travail.**

**Nous remercions notre promoteur monsieur ZOUAOUI Ahmed pour sa patience, et surtout pour sa confiance, ses remarques et ses conseils, sa disponibilité et sa bienveillance.**

**Nous tenons à remercier chaleureusement les membres du jury Madame BENZAHRA et Madame CHELOUFI pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre étude en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs proposition .**

**Ainsi que tout le personnel et les enseignants du département pour leur soutien inestimable. A tous nos enseignants qui nous ont initiés aux valeurs authentiques, en signe d'un profond respect et d'un profond amour.**

**Merci à vous tous**

# ***DEDICACE***



*Avec l'expression de ma reconnaissance , je dédie ce modeste travail à ceux qui , quels que soient les termes embrassés , je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.*

*A l'homme , mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect :mon cher père.*

*A la femme qui a souffert sans me laisse souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse :mon adorable mère .*

*A mes chères sœurs ,qui n'ont pas cessé de me conseiller , encourager et soutenir tout au long de mes études. Que DIEU les protèges et leurs offre la chance et le bonheur.*

*A mon adorable petites sœurs Malek et Hadjer qui ont su toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille.*

*Merci pour leurs amours et leurs encouragement .*

*Sans oublier mon binôme ,pour son soutien moral sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet .*

# ***DEDICACE***



*Je dédie ce modeste travail à mes parents qui m'encourager à reprendre mes études.*

*A mon très chère mari qui m'a soutenu moralement et en m'encourager mener ce projet en bonnes conditions*

*A la prunelle de mes yeux mes enfants.*

*A mon frère et à ma sœur ainsi qu'à leur enfants .*

*A mes beaux parents*

*A mes amies ( Assia ,Siham , Amel , nawel ,Hind)*

*A toute la promo de 21/22 de master 2 système de production.*

## Liste des figures

<b>Figure N° 01</b> : Schéma d'un plan de tomate.....	8
<b>Figure N° 02</b> : La voie de transduction d'un signal de réponse à un stress abiotique chez la plante (Roeder, 2006).....	16
<b>Figure N° 03</b> : Facteurs conditionnant la réponse de la plante à un stress (Touchard,2006).....	17
<b>Figure N° 04</b> : Synthèse des principaux mécanismes cellulaires de perception, signalisation et réponse au stress salin (NaCl) chez la plante (Girdhar et al., 2005).....	19
<b>Figure N° 05</b> : vue générale du lieu de l'expérimentation.....	23
<b>Figure N° 06</b> : Schéma du dispositif expérimental.....	24
<b>Figure N° 07</b> : Graines de tomate mises en germination à l'intérieur de l'étuve (25c°).....	25
<b>Figure N° 08</b> : Aspet général des graines de tomate après germination.....	25
<b>Figure N° 09</b> : Hauteur des plantes (cm).....	31
<b>Figure N°1 0</b> : le nombre de feuilles.....	32
<b>Figure N° 11</b> : le nombre de fleurs.....	33
<b>Figure N°12</b> : poids frais total (g).....	34
<b>Figure N°13</b> : Le poids sec total (g).....	34
<b>Figure N°14</b> : Poids frais des racines en (g).....	35
<b>Figure N° 15</b> : Poids sec des racines (g).....	35
<b>Figure N° 16</b> : La teneur en chlorophylle totale(SPAD).....	37

## Liste des Tableaux

<b>Tableau N°0 1:</b> Représentation des températures des différents stades de développement (Djimai.O,2018).....	9
<b>Tableau N°02 :</b> Teneur des différents éléments minéraux contenus dans l'eau de Blida (mg/l)et(meq/l).....	27
<b>Tableau N° 03:</b> Composition du traitement témoin (T0) en meq/l.....	28
<b>Tableau N° 04 :</b> Composition du traitement deux T <sub>1</sub> en meq/l.....	28
<b>Tableau N°05:</b> Composition du traitement trois T <sub>2</sub> en meq/l.....	29
<b>Tableau N° 06:</b> Composition du traitement quatre T <sub>3</sub> enmeq/l.....	29
<b>Tableau N°07:</b> Composition du traitement cinq T4 en meq /l.....	30

## Liste des Abréviations

**AB Marmande** : Variété certifié (Agriculture Biologique)

**CE** : Conductivité Électrique

**dS/m** : Unité de la CE, décisiemens /mètre

**FAO** : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

**ITDAS** : Institut Technique de développement de l'Agronomie Saharienne

**ITMCI** : Institut Technique des Cultures Maraichères et Industrielles

**ITPS** : Institut Technique de la Planification du Secteur agricole

**MPa** : Mètre carré de surface, pascal unité de pression osmotique

**pH** : Potentiel d'hydrogène

**QTL** : Quantitative Trait Locus

**ROS** : Substances Oxygénées Réactives

**SPAD** : Soil and Plant Analyze Développements

**USDA** : Département de l'Agriculture des Etats-Unis

# ***Résumés***



## Résumé

En Algérie, on compte 3.2 millions d'hectares de la superficie totale, de sols salés, la plupart sont situés en zones arides et semi-arides (Djilli,2000). Les sels les plus fréquents sont surtout les chlorures, les sulfates de sodium, les sulfates de magnésium et les bicarbonates de sodium (Halitim,1988 in Djilli,2000). D'où la nécessité d'étudié l'impact de ces sels sur la croissance des plantes en général, et pour la tomate en particulier puisqu'elle est classée deuxième culture maraîchère demandée après la pomme de terre et fait partie de la gastronomie Algérienne.

Notre étude a pour objectifs de démontrer l'impact de la salinité sur la croissance et le développement des plants de tomates (variété Marmande), á travers la mesure des paramètres morphologiques et physiologiques. Ces plants ont été irrigués avec une solution saline enrichie de NaCl á différentes concertations (0 g/l, 2 g/l, 4 g/l, 6 g/l et 8g/l).

Les résultats obtenus ont montré que la solution saline de NaCl a un effet dépressif sur la croissance des plants de tomate avec des valeurs de la hauteur finale variant de 59 á 35.80 cm et de 12.57 á 6.72g pour la biomasse sèche aérienne, et de 1.07 á 0.87g pour le poids sec des racines ainsi que la teneur en de chlorophylle totale qui varie de 42.54 á 31.62. Par ailleurs, l'analyse de la variance a montré une différence hautement significative pour l'ensemble des paramètres étudiés. On note une sensibilité remarquable de la Marmande vis-à-vis des concentrations élevées de NaCl, et qui s'est exprimée par la diminution des paramètres morphologiques et physiologiques.

**Mots clés :** Tomate, stress salin, eaux salines, Marmande

## Summary

In Algeria, 3.2 million hectares of the total surface area are covered by saline soils, most of which are located in arid and semi-arid zones (Djilli, 2000). The most frequent salts are chlorides, sodium sulphates, magnesium sulphates and sodium bicarbonates (Halitim, 1988 in Djilli, 2000). Hence the need to study the impact of these salts on plant growth in general, and for tomatoes in particular, since they are the second most popular vegetable crop after potatoes and are part of Algerian gastronomy.

Our study aims to demonstrate the impact of salinity on the growth and development of tomato plants (Marmande variety), through the measurement of morphological and physiological parameters. These plants were irrigated with a saline solution enriched with NaCl at different concentrations (0 g/l, 2 g/l, 4 g/l, 6 g/l and 8g/l).

The results obtained showed that the NaCl saline solution had a depressive effect on the growth of the tomato plants with values of the final height varying from 59 to 35.80 cm and from 12.57 to 6.72g for the dry aerial biomass, and from 1.07 to 0.87g for the dry weight of the roots as well as the content of total chlorophyll which varied from 42.54 to 31.62. Furthermore, the analysis of variance showed a highly significant difference for all the parameters studied. A remarkable sensitivity of Marmande to high NaCl concentrations was noted, which was expressed by the decrease in morphological and physiological parameters.

Key words: Tomato, salt stress, saline water, Marmande

Translated with [www.DeepL.com/Translator](http://www.DeepL.com/Translator) (free version)

## ملخص

في الجزائر ، تغطي التربة المالحة 3.2 مليون هكتار من إجمالي المساحة السطحية ، ويقع معظمها في المناطق القاحلة وشبه القاحلة (جيلي , 2000). والأملاح الأكثر شيوعًا هي الكلوريدات ،كبريتات الصوديوم ، كبريتات المغنيسيوم وبيكربونات الصوديوم (, 1988 Halitim in Djilli, 2000) . ومن هنا تأتي الحاجة إلى دراسة تأثير هذه الأملاح على نمو النبات بشكل عام ، و بالأخص على الطماطم ، لأنها تمثل ثاني أكثر محصول نباتي شهرة بعد البطاطس وتشكل جزءًا ما يستهلك في الجزائر.

تهدف دراستنا إلى توضيح تأثير الملوحة على نمو وتطور نباتات الطماطم مجموعة (Marmande) من خلال قياس الإعدادات المورفولوجية والفسولوجية. تم ري هذه النباتات بمحلول ملحي مدعم بـ NaCl بتركيزات مختلفة (0 جم / لتر ، 2 جم / لتر ، 4 جم / لتر ، 6 جم / لتر و 8 جم / لتر).

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن محلول ملحي كلوريد الصوديوم كان له تأثير اكتنابي على نمو نباتات الطماطم بقيم للارتفاع النهائي التي تتراوح من 59 إلى 35.80 سم ومن 12.57 إلى 6.72 جم للكتلة الحيوية الهوائية الجافة ، ومن 1.07 إلى 0.87 جم للوزن الجاف للجذور ، وكذلك محتوى الكلوروفيل الكلي والذي تراوح من 42.54 إلى 31.62. علاوة على ذلك ، أظهر تحليل التباين وجود فروق ذات دلالة إحصائية لجميع المتغيرات المدروسة. حيث لوحظت حساسية لنوعية الطماطم Marmande ، لتركيزات عالية من كلوريد الصوديوم ، والتي تم التعبير عنها من خلال انخفاض الإعدادات المورفولوجية والفسولوجية.

**الكلمات المفتاحية:** طماطم ، ملح ، ماء مالح ، مرماندي

## Sommaire

-Liste des figures

-Liste des tableaux

-Liste des abréviations

-Résumés

-Introduction générale.....1-2

-Partie bibliographique

- Chapitre 1 : Généralités sur la culture de la tomate.....3-12

-1.1. Origine, historique et répartition géographique de la tomate.....3

-1.2 Classification taxonomique de la tomate .....4

-1.3 Classification génétique .....4

-1.4 Les variétés de tomates.....5

-1.4.1. Variétés fixées.....5

-1.4.2. Variétés hybrides.....5

-1.5. Aspect botanique de la tomate.....5

-1.5.1. Appareil végétatif.....5

- a) Les racines .....6

- b) La tige.....6

- c) La feuille .....6

-1.5.2. Appareil reproducteur.....7

- a) la fleur.....7

- b) le fruit .....7

- c) la graine .....8

-1.6 Les exigences pédo-climatiques de la tomate.....	9
-1.6.1. Les exigences climatiques.....	9
- a) Température.....	9
- B) La lumière.....	9
- c) L'humidité.....	10
-1.6.2. Les exigences édaphiques.....	10
- a. Structure et texture du sol .....	10
- b) Le pH.....	10
- c) La salinité.....	10
- d) Les besoins hydriques.....	11
- e) La fertilisation.....	11
-1.7 Les bienfaits de la tomate.....	11
-1.8 Aspect économique de la culture de tomate.....	12
<b>Chapitre 2 : La salinité.....</b>	<b>13-22</b>
-2.1 – Définition.....	13
-2.2 Classification des sols.....	13
-2.2.1. Les sols salins .....	14
-2.2.2. Les sols salins-alcalins.....	14
-2.2.3. Les sols alcalins.....	14
-2.3. Le stress.....	16
-2.3.1. Définition .....	16
-2.3.2. Les différents types de stress.....	16
-2.3.2.1. Stress biotique.....	16
-2.3.2.2. Stress abiotique.....	16
-2.4. Réponse des plantes aux stress abiotiques.....	17
-2.5. Mécanismes de tolérance au stress .....	17

-2.5.1. Phénomène d'échappement .....	17
-2.5.2. Ajustement osmotique.....	18
2.5.2.1. La proline et la glycine bétaïne.....	18
-2.5.2.2. Le mannitol.....	18
-2.5.2.3. Le D-pinitol .....	19
-2.6 - Effet de la salinité sur le développement des plantes.....	19
-6.1- Effet de la salinité sur la germination .....	20
-7. effet de la salinité sur le développement de la tomate.....	21
-7.1. Effet de salinité sur la germination des tomates.....	22
-7.2. L'incidence de la salinité sur la florescence chlorophyllienne des tomates..	22

-Partie expérimentale

<b>- Chapitre 03 : matériel et méthodes.....</b>	<b>23-30</b>
-3.1 Objectif de l'essai .....	23
-3.2 Matériel végétal.....	23
-3.3 Conditions expérimentales.....	23
-3.3.1 Lieu de l'expérience .....	23
-3.3.2 Containers.....	24
-3.3.3 Le substrat utilisé.....	24
-3.4 Dispositif expérimental.....	24
-3.5 Pré germination.....	25
-3.6 Repiquage des germes .....	25
- 3.7 Les paramètres mesurés.....	26
- A- Paramètres biométriques .....	26
- Hauteur des plants (cm) .....	26
- Nombre des feuilles.....	26
- Nombre des fleurs .....	26

- Biomasse fraîche produite.....	26
- Biomasse sèche produite .....	26
- B- Paramètres physiologiques.....	26
-3.8 Description des différents traitements.....	26
-3.8 .1 caractéristiques de l'eau utilisée pour la synthèse des différents traitements.....	26
-3.8.2 Composition des différents traitements testés.....	27
-3.8.2.1 Composition du traitement témoin (T <sub>0</sub> ) .....	27
-3.8.2.2 Composition du traitement deux (T <sub>1</sub> ) .....	28
-3.8.2.3 Composition du traitement deux (T <sub>2</sub> ) .....	28
-3.8.2.4 Composition du traitement quatre (T <sub>3</sub> ) .....	29
-3.8.2.5 Composition du traitement cinq (T <sub>4</sub> ).....	30
-3.9 L'analyse statistique.....	30
<b>Chapitre 04 : Résultats et discussions.....</b>	<b>31-38</b>
- 4.1 Paramètres de croissances.....	31
-4.1.1 Hauteur des plants (cm) .....	31
-4.1.2 Nombre de feuilles.....	32
-4.1.3 Nombre de fleurs.....	33
-4.1.4 Poids frais et sec total (g) .....	33
-4.1.5 Poids frais et sec des racines (g) .....	35
-4.1.6 Teneur en chlorophylle totale (SPAD).....	36
- Discussion.....	39-41
- Effet de salinité sur la biomasse totale de la tomate.....	39
- Effet de salinité sur la chlorophylle.....	40
<b>-Conclusion Générale.....</b>	<b>42-43</b>
<b>-Références bibliographique</b>	
<b>-Annexes</b>	

# Introduction



## Introduction

La tomate (*Solanum Lycopersicon*) est devenue un des légumes les plus importants du monde, c'est une source importante de vitamines ainsi qu'une rente importante pour les petits exploitants et pour les agriculteurs/ trices commerciaux qui ont une exploitation moyenne. Cet Agrodok est axé sur les bonnes pratiques qui permettent de faire pousser une culture saine que d'obtenir un rendement suffisamment constant (Hilmi.M et al., 2020). Elle est cultivée dans de nombreux pays du monde (170 selon FAO, in Xavier 2021). La production de tomate de 2021 destinée au marché du frais dans le monde est estimée à 480000(Xavier, 2021).

C'est une culture à cycle assez court qui donne un haut rendement, elle a de bonne perspective économique et la superficie s'agrandit de jour en jour (poleese, 2007). Elle est adaptée à des conditions de culture très variées et destinée à la consommation en frais, transformée industriellement (Dupont.J et al., 2012). En Algérie, la tomate occupe une place prépondérante dans l'économie agricole (FAO. stat, 2015).

La consommation des légumes frais a beaucoup augmenté en Algérie à la suite de l'essor démographique et à la relative amélioration du niveau de vie. La tomate est le second produit maraicher suite à la place qu'elle occupe dans les habitudes alimentaires des algériens (Bassi et al., 2008). Les cultures maraichères occupent une superficie très importante, la production nationale de celle-ci a atteint 13 millions de tonnes en 2017(Xavier,2021).

Cette culture est en voie de propagation dans les régions arides et aride ou la salinité bat de son plein. En ce qui concerne la salinité en Algérie, celle-ci touche tout le territoire national et y couvre plus d'un million d'hectares. Elle affecte 10 à 15 % des terres arables (FAO et ITPS, 2015).

Les sols concentrés particulièrement dans les régions à climat aride et semi-aride ou les possibilités d'évaporation sont considérables (khadraoui.H et al., 2020), ceci induit à des stress que subit la végétation que ce soit hydrique, ou salin, quoique les deux sont liés, et qui ont un impact direct sur la croissance des cultures et leur rendement (Arbaoui.M, 2016).

Des travaux ont été menés sur le comportement des espèces végétales à la salinité,

en présence seulement du chlorure de sodium et de calcium (Shibli et al., 2007 ; Rivero et al., 2014). Alors que très peu d'études se sont intéressées à la physiologie et la biochimie des plantes de la tomate stressée au chlorure de sodium (Arbaoui.M, 2016).

De nombreux chercheurs ont axé leurs travaux notamment sur la sélection des variétés adaptées à ces régions, soit par une amélioration génétique qui reste, sans doute le moyen le plus accessible ou par une étude approfondie des différents mécanismes d'adaptation. L'amélioration de la tolérance à la salinité serait d'une grande valeur pour une culture modérément sensible comme la tomate, quand elle est cultivée sur des sols qui ont des problèmes de salinité. Dans dernière décennies, des progrès considérables ont abouti à la recherche de plantes tolérantes à la salinité par la sélection conventionnelle et les techniques de sélections (Arbaoui.M, 2016). Alors que la plupart des procédures de sélection sont basées sur les différences de caractères agronomiques, qui représentent la combinaison des effets génétiques et environnementaux sur la croissance des plantes et intègrent les mécanismes physiologiques conférant la tolérance à la salinité (Ashraf et al., 2008).

Le présent travail a pour objectif de suivre, l'effet du stress salin (au NaCl) sur la croissance de la tomate à travers les mesures des paramètres biométriques et physiologiques. Par la détermination de la hauteur de la biomasse aérienne ainsi que le poids frais et sec, de celles-ci et de la partie racinaire, le nombre de feuilles et de fleurs produits et par la teneur en chlorophylle. Sachant que l'accumulation des sels dans les sols est un grave problème environnemental menaçant les processus physiologiques de la plante et la fertilité des sols. Les teneurs élevées en sels tendent à augmenter la pression osmotique de la solution du sol, ce qui diminue la capacité de la plante à utiliser l'eau dont elle a besoin, au risque de la soumettre à la sécheresse conditionnée (Halitim,1988). Les sels constituent aussi un obstacle physique à l'enracinement à cause de la diminution de disponibilité en eau, et du déséquilibre nutritionnel observé chez les plantes(Cuartero.J,Fernandez-Munoz.R,1999 in Abbad.M et al.,2017). Dans notre cas nous avons utilisé la solution saline de NaCl à des concentrations élevées(2,4,6,8g/l), afin de démontrer l'impact de ce sel sur la croissance des jeunes plants de tomate.

***Partie***  
***bibliographique***

***Chapitre 01 :***  
***Généralités sur***  
***La culture de la tomate***

## Chapitre 1 : Généralités sur la culture de la tomate

### 1.1. Origine, historique et répartition géographique de la tomate

La tomate (*Solanum Lycopersicum*) 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. Elle est cultivée dans de nombreuses 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 ( Cuartero.J, Fernandez-Munoz.R, 1999 in Abbad .M et al., 2017 ).

Le mot " tomate " est une déformation du mot " Tomalt ", mot Nahuatl , langue des Aztèques au Mexique ( Eppo,2005).La tomate (*Solanum lycopersicum*) est originaire des régions andines côtière du nord-ouest de l'Amérique du sud ( Colombie, Equateur, Pérou, nord du Chili ) et sans oublier le Mexique. C'est en effet seulement dans ces régions qu'on a trouvé des plantes spontanées de diverses espèces de l'ancien genre *Lycopersicum*, notamment *Solanum Lycopersicum* ceraciforme, la tomate cerise , il s'agit d' introduction récente (Koppert,2008 ).

" Tomate " a été ramenée Neuf espèces sauvages peuvent être observées en Amérique du sud, dont seulement deux comestibles. Tomate " a été ramenée en Europe par les conquistadores. Neuf espèces sauvages peuvent être observées en Amérique du sud, dont seulement deux comestibles, la " tomate groseille" ( *Solanum pimpinellifolium* ) et la " tomate cerise " (*Solanum lycopersicum* var *cesariforme* ) qui est l' ancêtre de nos tomates actuelles ( Bouzaata .C, 2016 ).

La tomate était connue en France depuis 1560 comme plante ornementale, cependant tout laisse à penser que ce n'est que depuis 1778 qu'elle est considérée comme légume. Sa culture n'éprit d'ailleurs vraiment de l'extension qu'à partir de 1800 (Badaoui.,2018).

## 1.2 Classification taxonomique de la tomate

La tomate dont l'appartenance à la famille des solanacées est en 1753, le botaniste Linné a nommé *Solanumlycopersicum*, mais 15 ans plus tard Philip Miller a remplacé le nom de Linné avec *Lycopersicumesculentum* Mill ( Valimunizigha, 2006 ), rappellent que la tomate appartient à la classification suivante selon (Belkacem et Cherboub, 2008):

Régne:Plantae (végétal)

Sous —régne:Tracheophyta

Superdivision:Spermatophyta

Embranchement:Angiospermes

Classe:Magnoliopsida

Sous classe:Asteridae

Ordre:Solonales

Famille:Solanaceae

Genre:*Solanum* ou *lycopersicon*

Espèce:*lycopersicon esculentum*

## 1.3 Classification génétique

La tomate cultivée *Lycopersicum esculentum* Mill est une espèce diploïde avec  $2n = 24$  chromosomes, chez laquelle il existe de très nombreux mutants monogéniques dont certains sont très importants pour la sélection. C'est une plante autogame mais on peut avoir une proportion de fécondation croisée par laquelle la plante peut se comporter comme plante allogame ( Gallais et Bannerot, 1992 , Bendiff.A, 2016 ).

Selon le mode de fécondation, on distingue deux types de variétés de tomate :

### 1.4 Les variétés de tomates :

#### 1.4.1. Variétés fixées :

Elles se caractérisent par l'homozygotie, c'est à dire qu'elles conservent les caractères parentaux. Il existe plus de 500 variétés dont les caractéristiques génotypiques et phénotypiques se transmettent pour les générations descendantes. Elles sont sensibles aux maladies, mais donnent des fruits d'excellente qualité gustatives (Polese , 2007).

Les variétés les plus utilisées en Algérie sont la Marmande et la saint pierre (Cheikh et al., 2020).

#### **1.4.2. Variétés hybrides :**

Elles se caractérisent par un effet hétérosis qui permet un cumul de gènes favorables, de résistance aux maladies, une meilleure nouaison, particulièrement en conditions défavorables (Polese, 2007).

Les variétés hybrides sont plus d'un millier. Elles sont relativement récentes puisqu'elles n'existent que depuis les années 1960, qui du fait, de l'effethétérosis, présentent la faculté de réunir plusieurs caractères d'intérêt (bonne précocité, bonne qualité de résistance aux maladies et aux attaques parasitaires et donc bon rendement vu qu'ils perdent leurs caractéristiques dans les descendance (Polese, 2007).

Les variétés les plus utilisées en Algérie sont ACTANA, AGORA, BOND, NEDJEMA, TAFNA, TAVIRA, TOUFAN, TYERNO et ZAHRA (Snoussi, 2001).

### **1.5. Aspect botanique de la tomate**

#### **1.5.1. Appareil végétatif**

La tomate est une plante herbacée sensible au froid, vivace sous climat chaud, généralement cultivée comme annuelle. C'est une plante à croissance indéterminée, mais il existe des variétés à croissance déterminée, c'est à dire dont la fonction végétative s'arrête précocement. Chez les variétés à port indéterminé, chaque bouquet floral est séparé par trois feuilles et la plante peut croître ainsi indéfiniment. Chez les variétés à port déterminé, les inflorescences sont séparées par deux feuilles, puis une feuille, avant de se retrouver en position terminale sur la tige.

Son port dressé en début de croissance, devient retombant ou semi-retombant au fil de la croissance et de la ramification des tiges, nécessitant des supports selon le type de culture ( Djimai.O , 2018 ).

### **a) Les racines**

Le système racinaire est du type pivotant à tendance fasciculée. Très dense et ramifié sur les trente premiers centimètres, il peut atteindre un mètre de profondeur. La racine principale produit une haute densité de racines latérales et les adventices (Shankara.N et al., 2020 ).

### **b) La tige**

La tige pousse jusqu'à une longueur de 2 à 4m, le port de croissance varie entre érigé et prostré. Elle est pleine, fortement poilue et glandulaire ( Shankara . N et al., 2020). La tige est anguleuse, épaisse, aux entre-nœuds, pubescente de consistance herbacée en début de croissance, elle tend à devenir ligneuse en vieillissant. La croissance de la tige, monopodiale au début devient sympodiale après 4 ou 5 feuilles, c'est à dire que les bourgeons axillaires donnent naissance à des ramifications successives, tandis que les bourgeons terminaux produisent des fleurs ou avortent. Les rameaux issus des bourgeons axillaires produisent des feuilles à chaque nœud et se terminent aussi par une inflorescence (Cheikh.O. et al.,2020).

### **c) La feuille**

Les feuilles sont composées de 5 à 7 folioles principales, longues de 10 à 25 cm et d'un certain nombre de petites folioles intercalaires ovales, un peu dentés sur les bords, grisâtre à la face inférieure. Elles sont souvent repliées en forme de cuillère ou même à bords roulés en dessus. Ces feuilles sont alternées sur la tige ( Raemaekers, 2011).

Feuilles disposées en spirale, 15 à 50 cm de long et 10 à 30 cm de large. Les folioles sont ovées à oblongues, couvertes de poils glandulaires. Les grandes folioles sont parfois pennatifides à la base. L'inflorescence est une cyme formée de 6 à 12 fleurs. Le pétiole mesure entre 3 et 6 cm ( Shankara.N, et al., 2020 ).

## **1.5.2. Appareil reproducteur**

### **a) la fleur**

Les fleurs s'épanouissent du printemps à l'été (de fin mai à septembre, au nord et de novembre à mars au sud ) . Chez la tomate le méristème de l'inflorescence ne se termine pas



par une fleur et maintient son intermination . La fleur de tomate est actinomorphe à symétrie pentamère( Cheikh. O. et al., 2020).

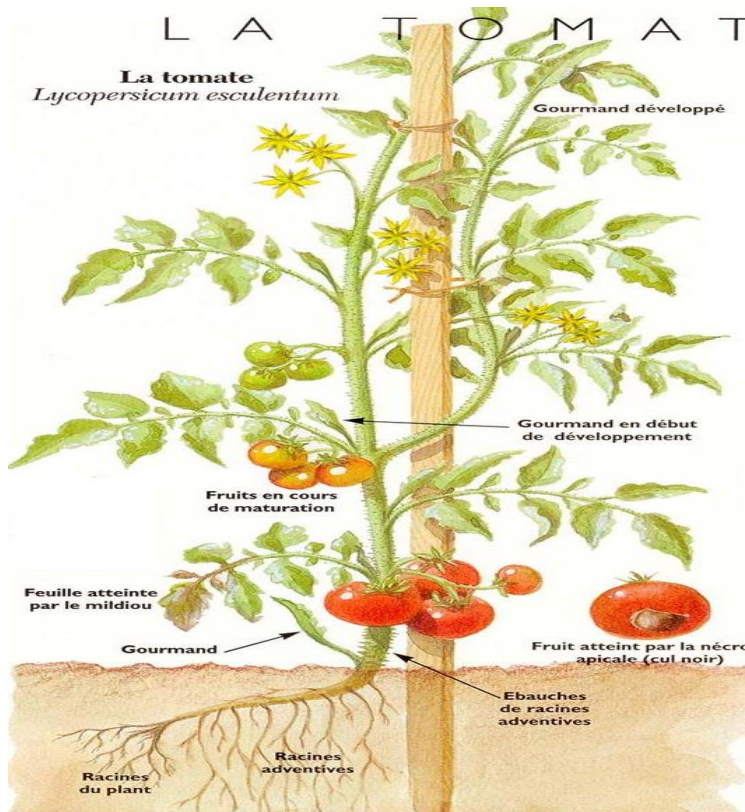
Les fleurs sont bisexuées, régulières et entre 1.5 et 2 cm de diamètre. Le tube de calice est court et velu, les sépales sont persistants. En général il y a 6 pétales qui peuvent atteindre une longueur de 1 cm de diamètre , qui sont jaunes et courbées lorsqu' elles sont mures. Il y a 6 étamines et les anthères ont une couleur jaune vif et entourent le style qui a une extrémité stérile allongée. L'ovaire a 2 à 9 carpelles. En général la plante est autogame, mais la fécondation est croisée peut avoir lieu. Les abeilles et les bourdons sont les principaux pollinisateurs ( Shankara.N et al., 2020 ).

### **b) le fruit**

Les fruits sont des baies charnues normalement à deux loges, parfois trois ou plus, à graines très nombreuses. Ils sont très variés par la taille, la forme et la couleur. Leur taille va de quelques grammes ( tomate groseille, tomate cerise ) à près de deux kilogrammes. Leur forme est généralement sphérique, plus ou moins aplatie, plus ou moins côtelée, mais il existe en forme de cœur ou de poire. Leur couleur, d'abord verdâtre, vire généralement au rouge à maturité (Cheikh.O. et al.,2020). Le diamètre varie entre 2 à 15 cm, la couleur différente qui varie de blancs, jaunes, oranges, ou noire violacée ( Polese, 2007 ).

### **c) la graine**

Les graines sont nombreuses sous forme de rein ou de poire. Elles sont poilues, beiges, 3à 5 mm de long et 2 à 4 mm de large. L'embryon est enroulé dans l'albumen, 1000 graines pèsent approximativement 2.5 à 3.5 g ( Shankara.N et al., 2020 ). La graine est velue, petite ; sa germination est épigée. Après le stade cotylédonaire, la plante produit 7 à 14 feuilles composées avant de fleurir ( Hikosaka et al., 2006 ).



**Figure 01** : Schéma d'un plant de tomate

## 1.6 Les exigences pédo-climatiques de la tomate

### 1.6.1. Les exigences climatiques

Les tomates suivant leur forme et leur croissance sont influencées par l'environnement et en particulier par le climat :

#### a) Température

La culture de tomate nécessite un minimum de chaleur et exposition ensoleillée; elle craint le froid (en dessous de 2°C), mais les nouvelles variétés hybrides s'accommodent avec d'autres températures (Polese, 2007) . Les semences germent à des températures supérieures à 14°C et inférieures à 40°C (ITDAS, 2005 in Cherboub,2008).

La température est le principal facteur déterminant pour le développement : entre 22°C et 28°C (Shanakra, 2005). Le tableau suivant résume les températures des différents

stades végétatifs de la tomate. La tomate est sensible au gel et à des difficultés de nouaison au- dessous de 10°C(ITDAS, 2005 in Cherboub,2008)

**Tableau 1** :Représentations des températures des différents stades de développement

Stade de développement	Température (° C) de l'air	Température (C°) du sol
Germination	25 °C	18-20° C
Croissance	15-20° C	15-22° C
Floraison	15-18°C	13-17° C
Fructification	20 -25 C	18-25° C

(Djimai.O. 2018)

## **B) La lumière**

Une forte quantité de lumière intervient sur la croissance et la fructification de la tomate. Un éclairage de 14heures par jour est nécessaire pour une nouaison. L'insolation est nécessaire pendant les six mois de végétation (ITMCI, 2005 in Abraoui.M., 2016).

## **c) L'humidité**

L'humidité de l'air est exprimée le plus souvent en humidité relative ou en déficit de saturation. L'humidité de l'air conditionne la transpiration et l'ensemble des échanges gazeux de la plante. Elle doit être surtout respectée au moment de la floraison (ITDAS, 2005 in Cherboub,2008).

### **1.6.2.Les exigences édaphiques**

#### **a. Structure et texture du sol**

La tomate se cultive dans presque tous les sols, depuis les terrains d'alluvions jusqu'aux terres argileuses plus lourdes ; cependant nous dirons que les sols légers, perméables, meubles et riches en humus lui conviennent particulièrement bien. Ce facteur se révèle important pour les cultures primeur. Les cultures précoces préfèrent les sols qui s'échauffent rapidement en printemps (Heuvelink, 2005).

## **b) Le pH**

La tomate pousse le mieux dans les sols où la valeur du pH varie entre 5.5 et 6.8 et où l'approvisionnement en éléments nutritifs est adéquat et suffisant (Shankara, 2005). Le rendement varie peu avec la variation du pH, cependant, elle peut être cultivée sur des sols à pH basique, qui sont d'ailleurs les plus rencontrés en Algérie (Cherboub, 2008).

## **c) La salinité**

La tomate est classée parmi les plantes à tolérance modérée vis à vis de la salinité. Lorsque la conductivité électrique (CE) est de 2.5g/l de sels totaux, le rendement baisse de 10%. L'impact de la salinité est plus grave sur le rendement export, suite à la réduction du calibre du fruit (ITDAS, 2006 in Cherboub 2008).

## **d) Les besoins hydriques**

La tomate est une plante assez sensible à la fois au déficit hydrique et même à l'excès d'eau. Ses besoins en eau varient selon le stade de développement

- De la plantation à la floraison : nécessite beaucoup d'eau ; phase de croissance lente ;
- De la floraison à la maturation : besoins en eau sont réduits ; phase de croissance rapide ;
- En fin de récolte : phase de vieillissement, les besoins en eau sont faibles (ITDAS, 2006 in Cherboub, 2008).

## **e) La fertilisation**

La tomate se classe parmi les espèces exigeantes en éléments fertilisants, que seule la fumure organique ne suffirait pas à lui apporter. Elle nécessite des apports en : azote, phosphore, K+, Fe, Mn, Mo, Cu, Zn. L'apport en oligo-éléments doit se faire par application foliaire, ou bien par fertigation (Cherboub, 2008).

## **1.7 Les bienfaits de la tomate**

La tomate doit sa couleur rouge au lycopène qui protège les cellules des attaques radicales et au bêta carotène qui est un antioxydant majeur jouant un rôle dans la prévention de nombreux cancers et maladies cardio-vasculaires. Excellente pour le foie,

excellente pour éliminer les mauvaises graisses. Elle est riche en vitamine C, la tomate contribue à une meilleure assimilation du fer et calcium. Elle diminue l'hypertension grâce à sa richesse en potassium. Elle est peu calorique, riche en vitamine B, participe pour donner un teint éclatant (Abraoui, 2016).

### **1.8 Aspect économique de la culture de tomate**

La tomate est une plante cultivée en plein champs ou sous abri, sur une superficie d'environ 3 millions d'hectares. Ce qui représente près du tiers des surfaces mondiales consacrées aux légumes, La tomate a donné lieu au développement d'une industrie de transformation, pour la production de concentré, sauces, notamment le ketchup, de jus et de conserves (Xavier, 2021).

Sur la base des données fournies par la filière algérienne conjuguées aux données statistiques douanière des pays qui ont approvisionné le marché algérien en dérivés de tomate-notamment en concentrés - au cours des deux dernières décennies, il semble que l'Algérie a réduit ses achats extérieurs ces dernières années, jusqu' à effacer de façon presque totale les importations en concentrés en 2019/2020 et 2020/2021 .

Résultats d'une politique de développement national menée depuis plusieurs années. La production a atteint les 23millions de quintaux (2.5millions de tonnes métriques). Les statistiques requises durant l'année 2021 ont mis au jour l'existence de cinq principaux pôles de production à savoir: Annaba, Skikda, Guelma, El taraf et Ain defla (Xavier.F , 2021).

# **Chapitre 02 :**

## **La salinité**

## **Chapitre 2 : La salinité**

### **2.1 - Définition**

Par définition, la salinité des sols est caractérisée par une forte concentration de sels solubles. Les sols sont classés comme salins ou' la conductivité électrique d'un extrait de pate saturée à 25 °C est égale ou supérieure à 4dS/m ou plus (Arbaoui.M, 201), ce qui équivaut à environ 40mM de NaCl et génère une pression osmotique d'environ 0.2 MPa. Cette définition de la salinité qui dérive de la CE, réduit considérablement le rendement de la plupart des espèces cultivées. Il est prouvé que la salinité est liée étroitement avec les cations Na<sup>+</sup>, Ca<sup>++</sup> et Mg<sup>++</sup>, tandis que le Cl, le sulfate (SO<sub>4</sub><sup>--</sup>) et le bicarbonate (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) sont des anions qui contribuent à la salinité du sol (Soil Taxonomy, 2010). Toutefois, le NaCl est considéré comme le sel le plus important parce que le Na<sup>+</sup> et le Cl<sup>-</sup> sont toxiques pour les plantes quand ils sont accumulés avec de fortes concentrations (Kaewmanee et al., 2013).

La salinité des sols constitue l'un des principaux stress abiotique limitant la croissance des plantes cultivées (Cheikh, et al., 2020) . Actuellement sur 1.5 milliard d'hectares de terres cultivées dans le monde, environ 77 millions d'hectares (5%) sont affectés par la teneur excessive en sels (Tamba et Faye, 2017). La salinité se rencontre en de nombreuses zones arides et semi- arides du bassin méditerranéen (Hamdoud.N., 2012).

### **2.2 Classification des sols**

La conséquence des phénomènes écologiques, des zones arides et semi-aride a permis de classer les sols selon leurs propriétés physico-chimiques. Selon l'équipe du laboratoire Américain de la salinité (USDA) en 1955, a établi un système de classification des sols salins et sodiques en trois grandes catégories :

#### **2.2.1. Les sols salins (USDA,1955)**

Les sols salins sont définis comme ayant une conductivité électrique (C E) supérieure à 4 dS/m et le taux de sodium échangeable moins de 13. Ce type de sol contient une grande quantité de sels solubles est suffisamment élevée pour inhiber la germination des graines et

la croissance de la plupart des plantes cultivées. Les sols salins sont caractérisés par leur forte concentration en NaCl et un potentiel osmotique élevé. On les trouve dans les hautes plaines de l'EST (Constantine, Sétif Bordj Bou Arredj).

### **2.2.2. Les sols salins-alcalins (USDA,1955) :**

Les sols salins-alcalins ont une CE supérieure à 4dS/m et un taux de sodium échangeable supérieur à 13. Ce sol contient suffisamment de sodium échangeable pour inhiber la croissance des plantes cultivées. On les rencontre dans la région de Relizane (la plaine de Mina).

### **2.2.3. Les sols alcalins (USDA,1955) :**

Les sols alcalins ont une CE de moins de 4dS/m et un taux de sodium échangeable supérieur à 13. Il est chargé de hautes concentrations en sodium échangeable. On les rencontre dans les régions steppiques et les hauts plateaux.

Selon Darwish et al., (2005), la salinité naturelle ou primaire est la plus répandue et la plus réalisée, tandis que la salinité secondaire, causée par l'érosion ou l'irrigation, ne cesse de croître. En dehors de la salinité naturelle, une proportion importante des terres agricoles cultivées est devenue saline à cause du défrichement ou de l'irrigation, qui tous deux causent une augmentation de la concentration des sels dans la zone racinaire (Seeling, 2009). La plupart des cultures sont sensibles à la salinité provoquée par de fortes concentrations de sels dans les sols. Les influences les plus dominantes sur la variabilité du rendement (autres que le climat) les facteurs physico-chimiques du sol tel que la texture et la salinité (Kausar et al., 2014).

La salinité limite considérablement la productivité végétale sur 40% de la surface terrestre, notamment en région méditerranéenne, en Algérie, 3.2 millions d'hectares sont affectés par la salinité ( Benrebiha.F, et al., 2012 ). Cette salinisation est liée non seulement aux conditions climatiques, mais aussi à l'utilisation mal contrôlée des eaux d'irrigation et de leur mauvaise qualité (Benidire et al., 2015).

Les rares précipitations, l'évapotranspiration, les températures élevées en zones arides, l'irrigation par des eaux salines, et en absence de drainage sont parmi les facteurs principaux qui contribuent à la salinisation croissante ( Senoussi.S, et al., 2017 ). La salinité



des eaux d'irrigations est un problème très répandu dans les zones arides en Algérie ( Snoussi et al., 2017). La salinité est une grande menace pour l'agriculture et l'environnement, elle compromet gravement le rendement de la tomate ( Lutts . S, et al., 2018 ).

Selon Matty et Diatta (2018 ) , la salinisation des terre est un phénomène naturel de dégradation chimique des sols dans la zone d'interface " mer( océan )-Continent". Elle se traduit par un enrichissement excessif du sol en sels solubles dont les principaux responsables sont: les sels de sodium (Na+), de calcium (ca++), de magnésium (Mg++) , de potassium(k+), les chlorures (Cl-), les sulfates ( so4--) et les bicarbonates ( HCO3-). L'accélération de ce processus est due à des causes multiples d'ordre naturel (sécheresse récurrente) et anthropique (déforestation, mauvais aménagements des terres). Au niveau mondial, le phénomène de la salinisation des terres est responsable de la réduction annuelle de 1 à 2 %des superficies irriguées. Les régions les plus durement touchées sont les zones arides et semi-arides (Escudier et al., 2019). La salinisation enregistrée dans l'Écosystème arides et semi-arides résulte de forte évaporation d'eau à partir du sol (Abbad. M , 2015 ).

La salinité des sols est un stress abiotique majeur qui affecte les processus physiologiques et métaboliques, conduisant à la réduction de la croissance et du rendement ( Shabala et al., 2012).

## **2.3. Le stress**

### **2.3.1 Définition**

Ensemble des phénomènes physiologiques provoqués par de nombreuses agressions extérieures : Sécheresse, froid, salinité....etc. (dictionnaire ).

### **2.3.2. Les différents types de stress**

#### **2.3.2.1. Stress biotique**

Ils sont nombreux et ont pour origine les virus, les organismes phytophages, et les pathogènes. Afin d'y faire face, la plante met en place un système de défense qui fait intervenir une chaîne de réactions. Les protéines végétales défensives produites font office de rempart contre les agents nuisibles (Shilpi et Narendra, 2005).

### 2.3.2.2. Stress abiotique

Les scientifiques adoptèrent le terme de stress pour tout facteur environnemental potentiellement préjudiciable pour les organismes vivants. Au niveau cellulaire, un stress est causé par la variation d'un paramètre environnemental qui entraîne la mise en place des mécanismes de régulation de l'homéostasie. Donc un stress désigne à la fois l'action d'un agent agresseur et les réactions qu'il entraîne dans l'organisme agressé, une force qui tend à inhiber les systèmes normaux (fig.2), (Roeder, 2006), ou encore une condition non optimale causée par un facteur qui tend à altérer l'équilibre des fonctions d'un organisme (Orcutt et al., 2011).



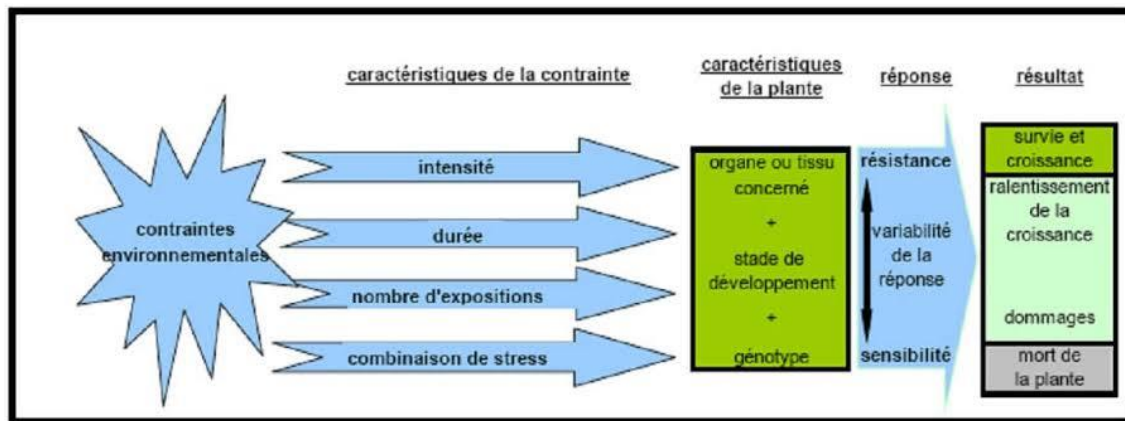
**Figure 2 :** La voie de transduction d'un signal de réponse à un stress abiotique chez la plante (Roeder, 2006).

Parmi les conditions environnementales qui peuvent causer un stress abiotique, on distingue : les inondations, la sécheresse, les basses ou hautes températures, la salinité excessive des sols ou des eaux, la présence d'un minéral inadéquat dans le sol, cas des métaux lourds, l'excès de lumière qui stimule la photo inhibition (Shilpi et Narendra, 2005).

La sécheresse, le froid et la salinité sont les stress les plus fréquents et les plus étudiés. Ils peuvent imposer aux plantes des modifications métaboliques, physiologiques et phénologiques (Shabala et al., 2012).

### 2.4. Réponse des plantes aux stress abiotiques

Le stress peut déclencher plusieurs réponses à plusieurs niveaux de la plante comme c'est montré dans la (figure.2).



**Figure 3** : facteurs conditionnant la réponse de la plante à un stress (Touchard,2006)

## 2.5. Mécanismes de tolérance au stress

### 2.5.1. Phénomène d'échappement

Le phénomène d'échappement prévoit l'exposition au stress et l'évite (Monneveux, 2002). Chez l'arganier ce phénomène se manifeste par la vitesse et l'importance de défoliation des arbres.( Riedacker et al .,2001), ont montré qu'en période de forte sécheresse. L'arganier Perd complètement son feuillage, cet état peut durer quelques années. Les feuilles réapparaissent peu après le retour des pluies.

### 2.5.2. Ajustement osmotique

C'est un mécanisme qui aide à l'acclimatation de la plante aux conditions de sécheresse, de salinité ou de tout autre stress. En effet, plusieurs plantes tolérantes peuvent supporter des périodes de transition ou d'extension du déficit hydrique par recours à l'ajustement osmotique. Il en résulte une augmentation nette de solutés dans les cellules de la plante stressée (Rivero et al., 2014).

#### 2.5.2.1. La proline et la glycine bêtaïne

Ce sont des petites molécules ultra solubles impliquées dans l'osmoprotection .Le terme bêtaïne est utilisé invariablement pour désigner les composés suivants : la glycine bêtaïne, la bêta-alanine bêtaïne et la hydroxyproline bêtaïne. La synthèse de la bêtaïne augmente considérablement lorsque l'organisme est exposé à des facteurs environnementaux qui modifient les conditions internes des cellules, ces conditions



**Figure 4** : Synthèse des principaux mécanisme cellulaire de perception, signalisation et réponse au stress salin (NaCl)chez la plante (Girdhar et al.,2005)

## **2.6 - Effet de la salinité sur le développement des plantes**

En effet , un grand nombre d' études ont démontré la réponse des plantes à l' environnement salin ( Kausar. j , et al., 2014 ), En outre , la sensibilité d' une espèce au stress salin varie au cours de son développement. Il est bien établi que le comportement d'un végétal diffère suivant que la salinité du milieu extérieur est maintenue constante, en continuelle augmentation ou fluctuante ( El - Hendaway et al., 2011 ).

La salinisation progressive des sols est un facteur limitatif majeur de la productivité agricole, en particulier dans les régions tropicales et méditerranéennes. A l'inverse des halophytes naturellement tolérantes aux sels (NaCl étant en général majoritaire), la plupart des espèces d'intérêt agronomique sont rangées dans le groupe des glycophytes, dont la croissance est diminuée en présence de sel. La quantité de sels dans le sol que les plantes peuvent supporter varie avec les familles, les genres et les espèces. Pour parvenir à définir des pratiques culturales permettant de surmonter un stress et créer des variétés tolérantes au sel, des études physiologiques , biochimiques, moléculaire et génétique sont nécessaires ( Levigneron.A et al., 2015 ).

Les impacts de la salinité sur le développement et le rendement de la plante sont aussi nombreux que difficiles à hiérarchiser. Les ions chlorures de sodium entrent dans les plantes par les racines et son véhiculés par le xylème jusqu' aux tiges et aux feuilles. La' ils sont soit stockés ( plantes de type include ), soit peu retenus et revéhiculés par phloème jusqu'aux racines ( plantes de type exclude ). La saturation de l'espace intercellulaire des parties aériennes des végétaux par le sel est responsable de la nécrose et de la mort cellulaire (Levigneron.A et al., 2015 ).

### **6.1- Effet de la salinité sur la germination**

Selon l'étude de Daroui et al., ( 2012 ) sur *Washingtonia filifera* L et celle de Ndiaye et al., (2014 )sur *Gossypois hirsutum* L, ont montré que les graines de ces espèces arrivent à germer en présence d' une contrainte saline. Certaines études ont révélé que plus de 75% des graines ont germé dans les 10 premiers jours en l'absence de stress salin contre 25% en

situation de stress salin dans la même période. Le taux de germination baisse de 50% en présence de stress salin. Le taux de germination diminue en fonction que le gradient croit en salinité ( Elhadji.F, et al.,2019).

## **7. effet de la salinité sur le développement de la tomate**

La tomate *Solanum lycopersicum* est l'un des fruits les plus consommés au monde et occupe une place importante dans l' alimentation humaine ( Manaa.A et al., 2014 ).

Cette espèce est souvent exposée à de multiples contraintes de l'environnement. La salinité est l'un des principaux facteurs qui affectent la croissance de la plante et le rendement en fruit dans de nombreuses régions du globe ( shabala.S , 2012 ).

Le problème se pose avec une acuité particulière dans les régions Méditerranéennes ou' la limitation ressources en eau de bonne qualité pour l'irrigation associée à une évapotranspiration importante peut être à l'origine de la salinisation progressive des sols (Benazzouk.S , 2018 ).

La salinité est un stress complexe qui affecte tous les stades de vie de la plante depuis la germination jusqu' à la maturation des fruits. Une plante exposée au stress salin présente, à des degrés divers, une perturbation de l'ensemble de sa physiologie et est affectée au niveau de sa nutrition minérale, de la régulation de son statut hydrique, de la gestion de stress oxydatifs secondaires, de son statut hormonal et de son activité photosynthétique ( Shabala.S, 2012 ).

La complexité du stress salin résulte également du fait qu'il induit une double contrainte : une contrainte hydrique liée à une réduction du potentiel osmotique de la solution du sol qui compromet l'alimentation en eau ( Manaa.A et al., 2014 ), et une contrainte minérale qui induit une accumulation d' ions potentiellement toxique (  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  ) en excès et une réduction des teneurs en élément essentiels comme  $\text{K}^+$ . Un ajustement osmotique efficace, basé sur l'accumulation de solutés organiques compatibles comme la proline ou les sucres, et le maintien d'une bonne sélectivité  $\text{K}^+/\text{Na}^+$  sont des propriétés importantes qui contribuent à la résistance à la salinité chez la tomate comme chez de nombreuses espèces cultivées (Benazzouk.S, 2018 ).

La sélection de nouvelles variétés de tomates plus résistantes au stress salin constitue une priorité. Elle implique une démarche complexe de génétique quantitative associée à une approche QTL et ayant recours, le cas échéant, à des croisements interspécifique avec des espèces sauvages apparentées présentant des propriétés halophytes ( Benazzouk.S, 2018 ).

### **7.1. Effet de salinité sur la germination des tomates**

Selon (Badaoui, 2018 ) , la vitesse et la cinétique de la germination des graines de tomates ont été affectés par la concentration de la salinité , pour une concentration de chlorure de sodium supérieur ou égale à 8g/l , la germination des graines de tomate était presque impossible.

D'après Arbaoui.M, 2016, au stade de germination les résultats indiquent que la tomate se comporte comme une plante moyennement tolérante à la salinité, les expériences menées ont montré que les phytohormones jouent un rôle dans la réponse des plantes à la salinité. De plus les hormones de l'acide salicylique et l'acide gibbérellique ont augmenté la capacité des graines de la tomate à germer dans des conditions salines.

### **7.2. L'incidence de la salinité sur la florescence chlorophyllienne des tomates**

Le stress salin influence la croissance à travers de nombreuses facettes du métabolisme, tel que l'absorption des éléments nutritifs et leur distribution au sein de la plante, l'altération de la photosynthèse et de la respiration, synthèse des protéines. La chlorophylle des feuilles peut être influencée par plusieurs facteurs (âge et position des feuilles), facteurs environnementaux (lumière, température et disponibilité en eau (Hikosaka et al., 2006 ). Certains résultats ont montré que les teneurs en chlorophylle a, chlorophylle b et chlorophylle totale ont été significativement réduites sous l'effet du stress salin ( *Denden et al.,2008* ) .

# **Partie expérimentale**



# **Chapitre 03 :**

## **Matériel et méthodes**

## Chapitre 03 : matériel et méthodes

### 3.1 Objectif de l'essai :

Le présent travail a pour objectif de déterminer le comportement d'une variété de tomate (Marmande) sous l'effet d'un stress salin induit par différentes doses de NaCl, ajoutées à l'eau de robinet afin d'évaluer le seuil de tolérance à la salinité et ce en analysant des paramètres biométriques et physiologiques.

### 3.2 Matériel végétal :

L'espèce utilisée durant notre expérimentation est la tomate (*Solanumlycopersicum*), variété Marmande très cultivée en Algérie.

Cette variété présente les caractéristiques suivantes:

- - Fixée demi précoce et productive;
- - Les fruits sont de forme cylindrique, à couleur rougeâtres;
- - Moyennement tolérante à la salinité;
- - Bonne aptitude à la fructification.

### 3.3 Conditions expérimentales:

#### 3.3.1 Lieu de l'expérience :

L'expérimentation a été réalisée à la station expérimentale du département de Biotechnologies de l'université Blida1 située dans la plaine de la Mitidja dans une serre en polycarbonate ayant une superficie de 382,5 m<sup>2</sup> (22.5mX17m) dont l'orientation est nord sud. L'aération est assurée par plusieurs fenêtres placées latéralement de part et d'autres de la serre. Des radiateurs sont installés au niveau de la serre pour assurer le chauffage pendant les périodes froides.



**Figure05:** vue générale du lieu de l'expérimentation

### 3.3.2 Containers.

Les conteneurs utilisés dans notre expérimentation sont des pots en plastique, de couleur marron ayant une capacité de 5 litres présentant des orifices de drainage à leur base permettant l'évacuation de l'eau excédentaire

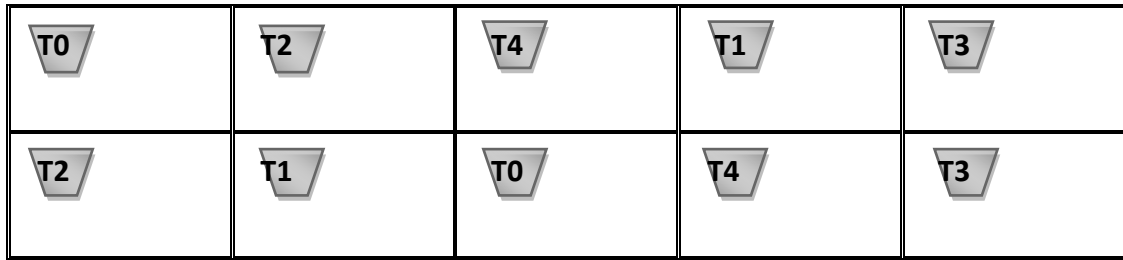
### 3.3.3 Le substrat utilisé.

Le substrat utilisé dans notre expérimentation est le sol de la station expérimentale de la faculté sciences de la nature et de la vie de l'université Blida1.

### 3.4 Dispositif expérimental.

Notre étude expérimentale a été menée selon un dispositif expérimental aléatoire en randomisation totale, à un facteur étudié (effet des différentes concentrations en NaCl sur les paramètres biométriques et biochimiques chez les plantules d'une variété de tomate "Marmande"). Le facteur étudié est composé de cinq (05) traitements distribués au hasard, selon la table de permutation des nombres aléatoire. Chaque traitement comporte 05 observations.

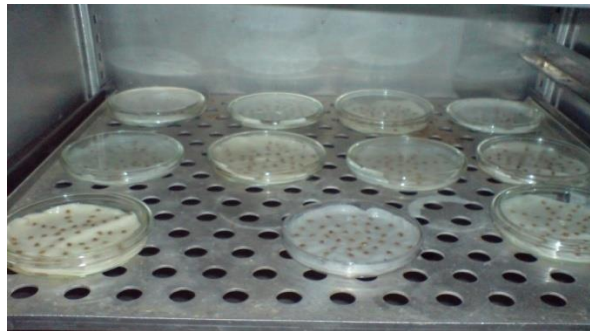
T2	T3	T1	T0	T4
T1	T4	T2	T3	T0
T3	T5	T2	T4	T0



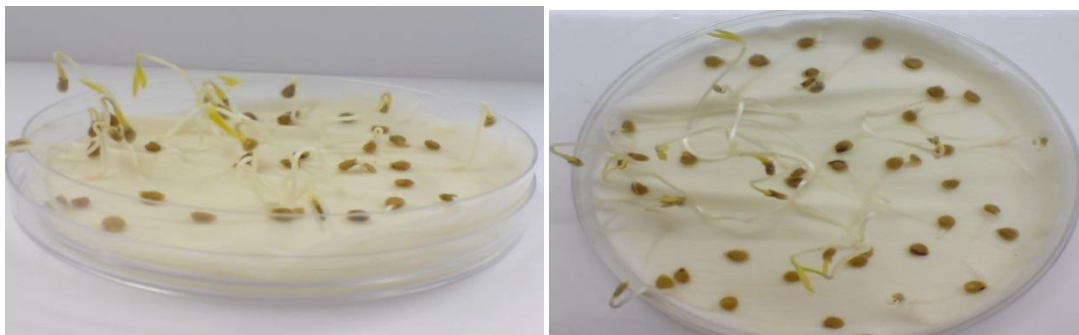
**Figure06 : Schéma du dispositif expérimental**

### 3.5 Pré germination:

L'après germination des graines a été réalisé le 27/02/2022 dans des boîtes de pétri contenant une couche de coton stérile imbibé d'eau distillée et placées dans une étuve à 25°C L'eau distillée est ajoutée en cas de dessèchement du coton.



**Figure 7:**Graines de tomate mises en germination à l'intérieur de l'étuve (25°C)



**Figure 8:**Aspect général des grains de tomate après germination

### 3.6 Repiquage des germes :

Après la germination des grains, un repiquage des jeunes germes de tomate en place définitive a été réalisé le 04/03/2022 à raison de un (02) germes par pot.

Avant l'application des différents traitements, les jeunes plantules de tomate ont été irriguées avec l'eau de robinet locale (Blida) jusqu'à l'apparition de la troisième feuille pour favoriser la reprise des plants.

Les jeunes plantules ont été arrosées régulièrement, avant qu'il soit un dessèchement du substrat avec une fréquence de deux fois par semaine.

### **3.7 Les paramètres mesurés.**

Afin d'évaluer le comportement de la tomate dans la condition de salinité, nous avons effectuées mesures des paramètres suivantes.

#### **A- Paramètres biométriques**

##### **- Hauteur des plants (cm):**

La hauteur des plantes sont mesurées en centimètre (cm) à l'aide d'une mètre ruban, du collet jusqu'à l'apex, au moment de la coupe.

##### **- Nombre des feuilles :**

Ce comptage est réalisé au niveau de chaque plant à moment de la coupe.

##### **- Nombre des fleurs :**

Ce comptage est réalisé au niveau de chaque plant à moment de la coupe.

**- Biomasse fraîche produite :** Lors des coupe, nous avons pesé séparément les deux parties de la plante (aérienne et souterraine) à l'aide d'une balance, afin d'avoir pour chaque plante le poids frais des deux parties.

**- Biomasse sèche produite :** Après le séchage de la matière fraîche dans une étuve à 70°C jusqu'à stabilité du poids sec, nous avons pesé séparément la partie aérienne et souterraine, afin d'avoir pour chaque plante le poids sec des deux parties.

## B- Paramètres physiologiques

Un seul paramètre physiologique a été mesuré est la teneur en chlorophylle totale on utilisant l'appareil "chlorophotomètre". L'unité de mesure est SPAD

### 3.8 Description des différents traitements:

#### 3.8 .1 caractéristiques de l'eau utilisée pour la synthèse des différents traitements

La teneur des différents éléments minéraux contenus dans l'eau de Blida (utilise comme traitement témoin) sont présentés dans le tableau 02.

**Tableau 02** : Teneur des différents éléments minéraux contenus dans l'eau de Blida (mg/l) et (meq/l) :

Element	Teneur en mg/l	Teneur en meq /l
K <sup>+</sup>	00.00	00.00
Ca <sup>++</sup>	56.00	2.80
Na <sup>+</sup>	29.90	1.30
Mg <sup>++</sup>	21.60	1.80
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	21.70	0.35
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	38.40	0.80
CL <sup>-</sup>	21.30	0.60
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	245.00	4.08
Total	433.90	11.73

(ADE.2011)

#### 3.8.2Composition des différents traitements testés

Le choix du type de sel "NaCl" est basé sur le fait qu'il est le plus répandu dans les sols et les eaux d'irrigation dans les régions arides et semi arides d'une manière générale.

Dans notre expérience, nous avons testé neuf (04) traitements avec des concentrations variables par rapport à celui du traitement témoin (T<sub>0</sub>) qui est l'eau de robinet de Blida.

Quatre augmentations de la concentration de NaCl ont été appliquées sur les plantules de la variété testée. Les augmentations étaient de : 2g-4g-6g et 8g/l par rapport au traitement témoin (T<sub>0</sub>)

### 3.8.2.1 Composition du traitement témoin (T<sub>0</sub>) :

Le traitement témoin (T<sub>0</sub>) est l'eau de robinet de Blida

**Tableau 03 : composition du traitement témoin (T<sub>0</sub>) en meq/l.**

Eau de Blida	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 0.35	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> 0	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 0.80	Cl <sup>-</sup> 0.60	Total
K <sup>+</sup> 0					0
Na <sup>+</sup> 1.3					1.30
Ca <sup>++</sup> 2.8					2.80
Mg <sup>2++</sup> 1.8					1.80
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 0					0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 4.08					4.08
Total	0.35	0	0.80	0.60	

### 3.8.2.2 Composition du traitement deux (T<sub>1</sub>) :

Le traitement T<sub>1</sub> est obtenu par l'ajout de 2 g de NaCl au traitement témoin T<sub>0</sub>

**Tableau 04 : composition du traitement deux T<sub>1</sub> en meq/l.**

Eau de Blida	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Total
	0.35	0	0.80	0.60	
K <sup>+</sup> 0					0
Na <sup>+</sup> 1.3				34,22	35,52
Ca <sup>++</sup> 2.8					2.80
Mg <sup>2++</sup> 1.8					1.80
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 0					0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 4.08					4.08
Total	0.35	0	0.80	34,82	

**3.8.2.3 Composition du traitement deux (T<sub>2</sub>) :**

Le traitement T<sub>2</sub> est obtenu par l'ajout de 4 g de NaCl au traitement témoin T<sub>0</sub>

**Tableau 05 : composition du traitement trois T<sub>2</sub> en meq/l.**

Eau de Blida	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Total
	0.35	0	0.80	0.60	
K <sup>+</sup> 0					0
Na <sup>+</sup> 1.3				68,44	69,74
Ca <sup>++</sup> 2.8					2.80
Mg <sup>2++</sup> 1.8					1.80
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 0					0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 4.08					4.08
Total	0.35	0	0.80	69,04	



### 3.8.2.4 Composition du traitement quatre (T<sub>3</sub>) :

Le traitement T<sub>3</sub> est obtenu par l'ajout de 6 g de NaCl au traitement témoin T<sub>0</sub>

**Tableau 06 : composition du traitement quatre T<sub>3</sub> en meq/l.**

Eau de Blida	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 0.35	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> 0	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 0.80	Cl <sup>-</sup> 0.60	Total
K <sup>+</sup> 0					0
Na <sup>+</sup> 1.3				102,66	103,96
Ca <sup>++</sup> 2.8					2.80
Mg <sup>2++</sup> 1.8					1.80
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 0					0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 4.08					4.08
Total	0.35	0	0.80	103,26	

### 3.8.2.5 Composition du traitement cinq (T<sub>4</sub>) :

Le traitement T<sub>4</sub> est obtenu par l'ajout de 8 g de NaCl au traitement témoin T<sub>0</sub>

**Tableau 07 : composition du traitement cinq T<sub>4</sub> en meq/l.**

Eau de Blida	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Total
0	0.35	0	0.80	0.60	
K <sup>+</sup> 0					0
Na <sup>+</sup> 1.3				136,89	138,19
Ca <sup>++</sup> 2.8					2.80
Mg <sup>2++</sup> 1.8					1.80
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 0					0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 4.08					4.08
Total	0.35	0	0.80	137,49	

### 3.9 Analyse statistique :

Dans le cadre de notre étude nous avons utilisés L'EXEL-STAT, comme logiciel pour déterminer l'analyse statistique des différents paramètres mesurés .

# **Chapitre 04 :**

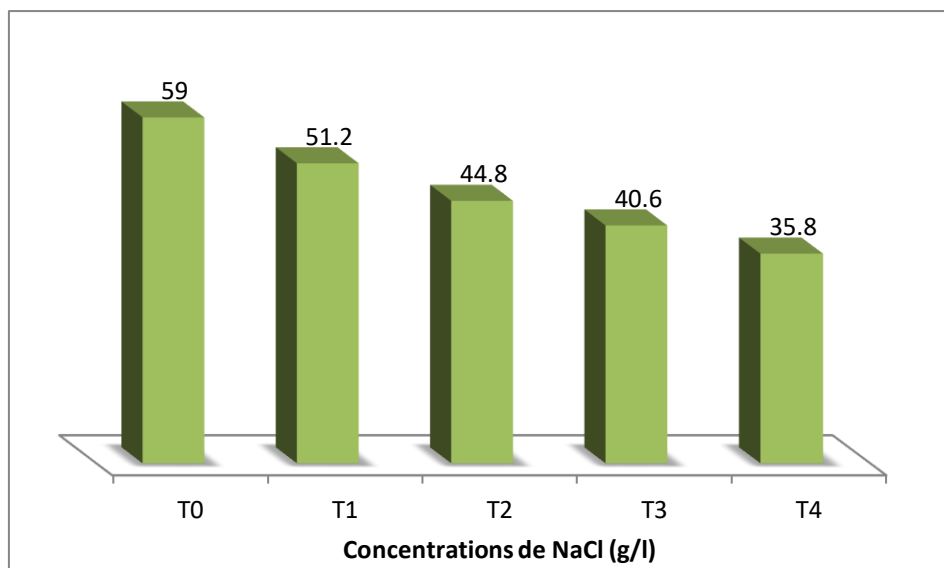
## **Résultats et discussions**

## Chapitre 04 : Résultats et discussions

### 4.1 Paramètres de croissances

#### 4.1.1 Hauteur des plantes (cm)

Les résultats de la hauteur des plantes sont présentés dans la figure 09 :



**Figure 09 :** Hauteur des plantes (cm)

L'analyse de la variance a révélé une différence hautement significative entre les différents traitements testés. Les résultats obtenus montrent qu'il y a une diminution de la hauteur des plants au niveau des traitements et ce par rapport au traitement témoin.

La hauteur la plus élevée a été enregistrée au niveau du traitement T0, suivi par les traitements soumis au stress salin de (T1 à T4) respectivement.

Les faibles hauteurs peuvent être expliquées comme suite :

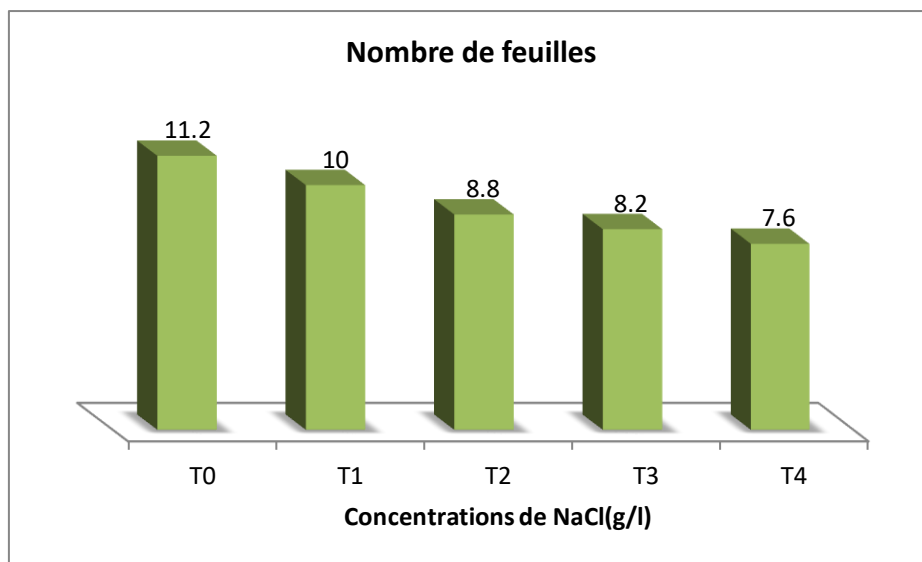
- La présence d'une grande quantité de sel dans les solutions d'irrigations provoque la réduction de la division et de l'allongement cellulaire, et par conséquent une diminution de la croissance de la plante ;
- Un pH alcalin défavorable pour une meilleure absorption hydrominérale des plantes dans ces milieux.

Des résultats similaires ont été rapportés par (Hela, *et al.*, 2008) qui confirment que les deux principales manifestations de la salinité sont la réduction de la taille des plantes, et l'apparition des nécroses foliaires aux concentrations plus élevées, signes d'une toxicité par excès d'accumulation de sel dans les feuilles.

(Imalet,1979) in (Abdellaoui,2009) montre que la composition chimique des solutions en sels nocifs tel que le NaCl dont les effets nocifs provoquant les symptômes de nanisme et une diminution de la croissance due aux fortes concentrations de sels.

#### 4.1.2 Nombre de feuilles

Les résultats du nombre de feuilles par plante sont présentés dans la figure 10:



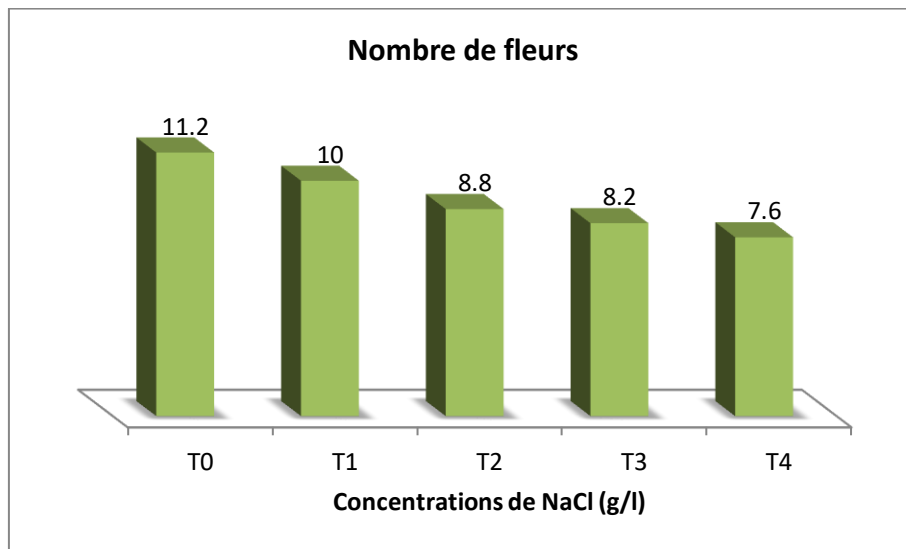
**Figure 10:** le nombre de feuilles.

Pour ce qui est du nombre de feuilles par plant L'analyse de la variance a révélé une différence hautement significative. Les meilleures valeurs sont toujours enregistrées par le témoin T0 suivi par T1, par contre le traitement T4 présente le nombre de feuille le plus faibles, alors que les solutions salines (T2 et T3) présentent des valeurs intermédiaire avec presque le même nombre de feuilles.

Ce résultat confirme le travail de Snoussi(2001), et Halitim(1988) qui ont montré que la salinité provoque la réduction du nombre des feuilles de la tomate.

#### 4.1.3 Nombre de fleurs

Les résultats du nombre de feuilles par plante sont présentés dans la figure 11:



**Figure 11:** le nombre de fleurs.

Les résultats de l'analyse de la variance montrent une différence hautement significative du facteur étudié sur le nombre de fleurs par plants. D'après la figure 10 on remarque que les plants irrigués par le traitement T0 (témoin) donnent le nombre des fleurs le plus élevé (11,2) alors que le nombre des fleurs le plus faible est obtenu par les plants irrigués par le traitement T4 qui est la solution saline la plus concentré avec 8g/l de NaCl

#### 4.1.4 Poids frais et sec total (g)

Les résultats de la biomasse fraîche et sèche totale sont présentés au niveau des figures 12 et 13 :

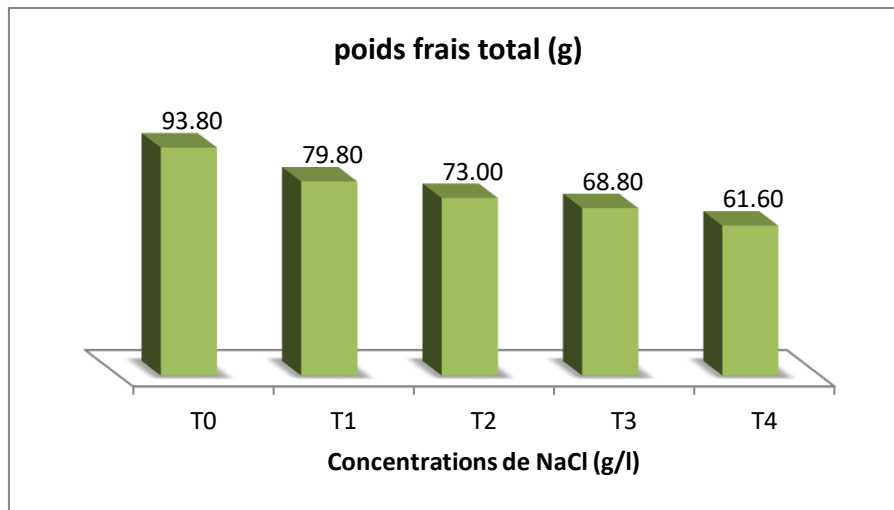
Pour la production de la biomasse fraîche et sèche, les plantes de tomate, ont montré des réponses différentes au niveau de l'apport de NaCl (Figure 12 et 13). D'une façon générale, le témoin a répondu par une production de biomasse très marquée par rapport aux autres traitements ; les plantules traitées à 8 g/l de NaCl ont montré une très faible production de biomasse avec des taux de diminution de 34,33 % de poids frais total et 46,54% de poids sec total par rapport au témoin (T0).

Dans le même sillage, Warne et al., (1990) ont montré à cet égard que les signes de stress les plus évidents au niveau de la végétation arrosée par des eaux chargées en sel sont ceux d'une sécheresse physiologique se manifestant par un aspect général rabougri de la plante, par une diminution de la surface foliaire et de la masse racinaire et par un dessèchement partiel de la végétation.

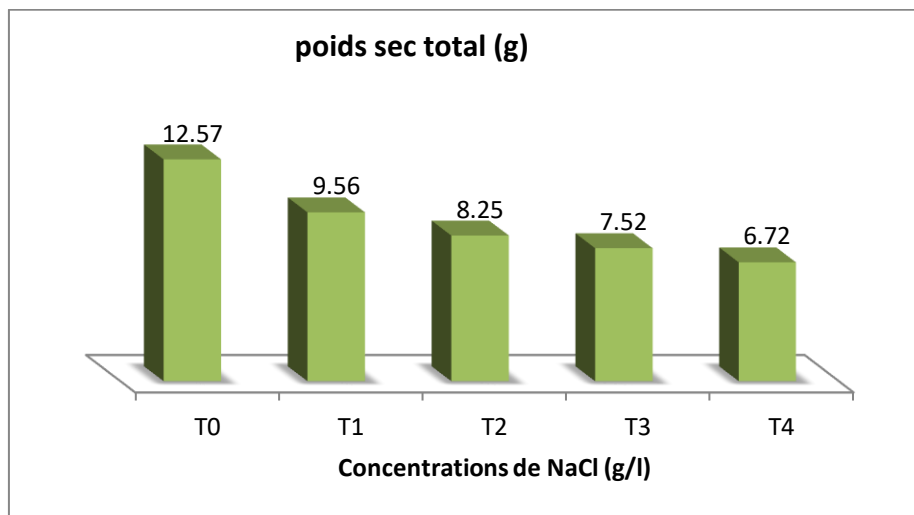
Dans la mesure où elle affecte la turgescence cellulaire, cette contrainte se répercute négativement sur la croissance. Le mécanisme de base qui mène au dessèchement des plantes exposées au sel est probablement lié à l'altération de l'activité de certaines (Doudech et al. 2008).

Ainsi selon Khechai. 2001, les ions de sodium et de chlorures peuvent être absorbés par les racines et s'accumuler dans les feuilles. Dès lors, ces ions peuvent provoquer les brûlures et le jaunissement prématuré des feuilles.

Hela *et al.*, 2008, confirment que la salinité se manifeste par la réduction de la taille des plantes, avec la présence de NaCl dans le milieu, une dose de 2.90 g/l, entraîne, après 21 jours de culture, une baisse significative de la matière fraîche et sèche des plantes. La concentration en NaCl qui provoque 50% d'inhibition de la croissance pondérale des plantes est de l'ordre de 4,35 g/l.



**Figure 12:** poids frais total (g)

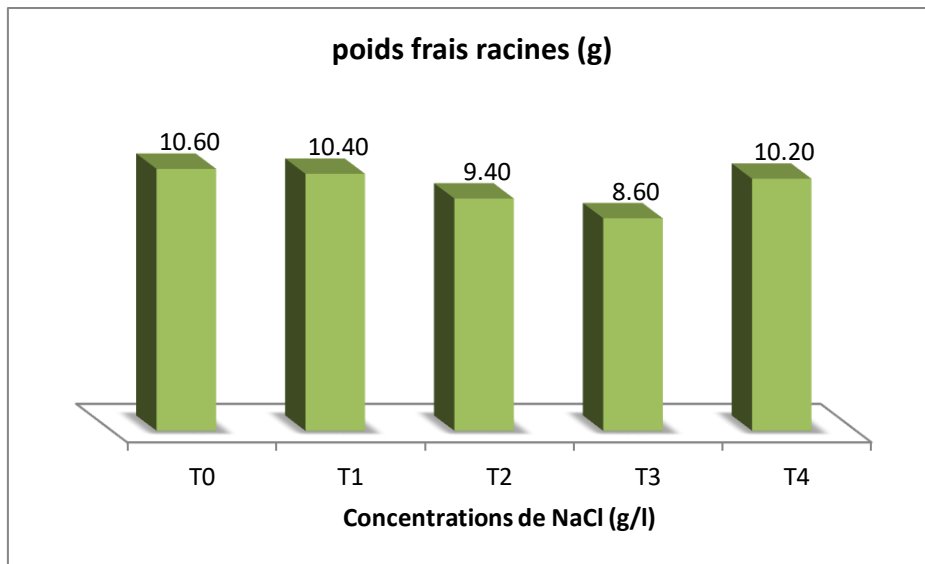


**Figure 13:** Le poids sec total (g)

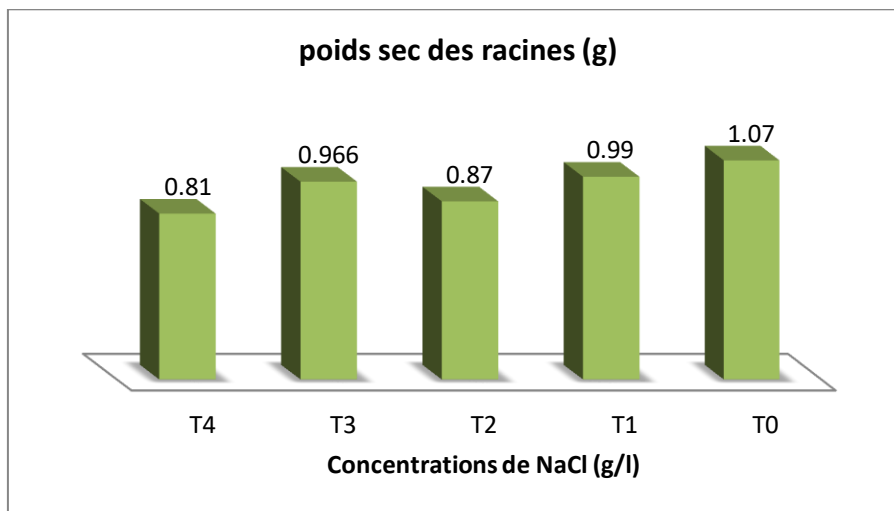
#### 4.1.5 Poids frais et sec des racines (g)

Les résultats de la biomasse fraîche et sèche des racines obtenus sont illustrés dans les figures 14 et 15.





**Figure 14** : Poids frais des racines en (g)



**Figure 15** : Poids sec des racines (g)

Les résultats de l'analyse de la variance montrent que l'effet traitement manifeste une différence non significative sur les poids de matière fraîche et sèche des racines.

Malgré l'effet non significatif on remarque que les augmentations des concentrations de NaCl appliquées dans l'eau d'irrigation manifestent une perte des poids mesurés par rapport au témoin T0.

Les différentes concentrations de NaCl influent sur la croissance pondérale de la partie souterraine. La moyenne la plus élevée du poids sec racinaire est obtenue par le témoin.

Lemzeri (2006) indique que le chlorure de sodium inhibe la croissance des racines des glycophytes, qu'elles soient réputées très sensibles à la salinité, moyennement sensibles ou plutôt tolérantes.

Dans ce contexte, Hela *et al.*, (2008) note que sur le plan nutritionnel, la culture sur sel entraîne un enrichissement des racines en  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Cl}^-$  et  $\text{SO}_4^{-2}$  avec généralement un excès d'accumulation du cation par rapport à l'anion. La seconde manifestation du stress salin est une baisse significative des teneurs en  $\text{K}^+$  dans les racines, aux concentrations en NaCl supérieures à 2,90g/l se traduisant probablement par une restriction de l'approvisionnement de la plante en  $\text{K}^+$ .

Balibrea, (1997), notent également que la concentration élevée du sel dans le sol peut augmenter la pression osmotique qui devient égale ou dépasse celle de suc cellulaire des racines. Dans ce cas, le végétal subit un flétrissement temporaire qui peut devenir permanent en cas de déficit en eau prolongé.

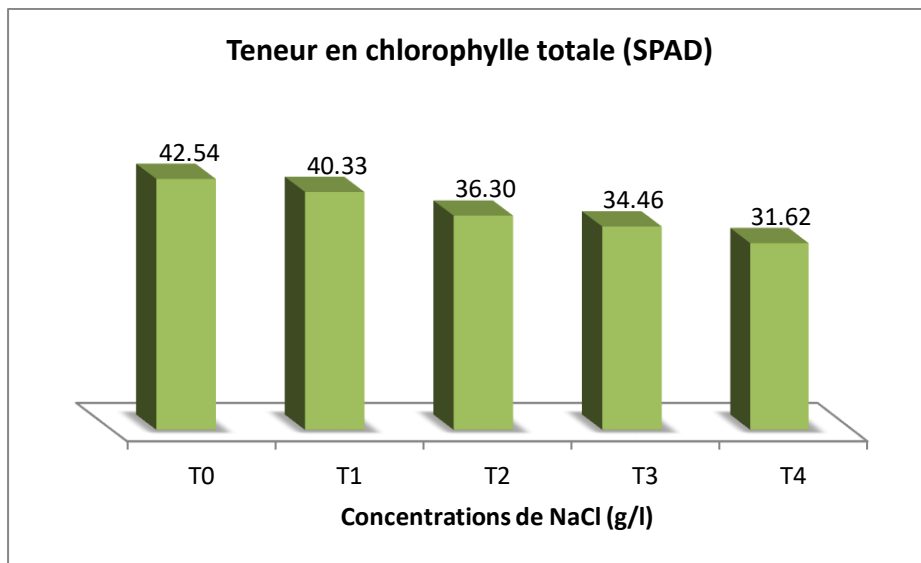
Ce résultat confirme le travail de Mazeliak, (1974), qui a indiqué que l'effet de sel empêche le développement des racines, et donc la réduction de la surface d'exploration au niveau des plantes alimentées par les eaux salines naturelles.

#### **4.1.6 Teneur en chlorophylle totale (SPAD):**

La figure 16 présente les résultats de l'effet de la salinité sur la formation des pigments chlorophylliens des feuilles de tomate.

Leur analyse a révélé que les 4 traitements salins inhibaient significativement la formation de la chlorophylle. Ces inhibitions ont été proportionnelles aux doses de salinité appliquées. Le plus fort effet est alors obtenu avec le traitement T4 et le plus faibles

impact enregistré avec le traitements T0 les teneurs chlorophylliennes induites par ces 2 traitements (T0 et T4) ont respectivement été de 42,54 et 31,62.



**Figure 16:** La teneur en chlorophylle totale (SPAD).

La diminution de la teneur en chlorophylle chez les traitements salins s'explique par l'effet des sels et le déséquilibre ionique qui exercent une répression sur les chloroplastes en perturbant ainsi le bon déroulement de l'acte photochimique des photosystèmes II. 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 de tomate. Ainsi des travaux similaires de Parida et Das, (2005) ont montré que la diminution de la vitesse photosynthétique est due à plusieurs facteurs :

- ✓ La déshydratation des membranes cellulaires ce qui réduit leur perméabilité au CO<sub>2</sub>,
- ✓ La toxicité du sel,
- ✓ La réduction de l'approvisionnement en CO<sub>2</sub> à cause de la fermeture hydroactive des stomates,
- ✓ La sénescence accrue induite par la salinité
- ✓ Le changement dans l'activité des enzymes causé par le changement dans la structure cytoplasmique.

D'une façon générale, la salinité tout comme la sécheresse ont pour conséquence de réduire la photosynthèse nette par la réduction des échanges gazeux mais aussi de l'activité photochimique (Eastman et Camm 1995, Orcutt et Nilsen 2000, Godde 1999, Ortega *et al.* 2004).

Des études sur l'effet d'un stress salin à long terme ont montré que la croissance diminue plus que la photosynthèse. La réduction de la photosynthèse est due en grande partie à la fermeture des stomates et éventuellement la réduction de conductance du mésophile (parenchyme chlorophyllien) provoquées par la perte de turgescence et les signaux racinaires (Orcutt et Nilsen 2000).

Les résultats de Nieves et al (1991), ont montré que la réduction de la teneur foliaire en chlorophylle est peut être liée à la forte concentration du chlorure et /ou du sodium.

## Discussion

### Effet de salinité sur les paramètres de croissance

L'accumulation des ions est mentionnée pour être une méthode la plus importante pour la compréhension des mécanismes de tolérance à la salinité chez la plante (Sykes,2000 in Arbaoui,2017). Les mécanismes de sélectivité ionique incluent la limitation dans l'absorption des ions toxiques (tels que  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ) et le maintien d'une nutrition minérale normale. Ces plantes pourraient être plus tolérantes au sel que celles qui ne restreignent pas l'accumulation des ions et perdent l'équilibre des éléments nutritifs. L'accumulation des ions a eu lieu chez certaines espèces végétales qui prennent des ions de haute concentration pour l'ajustement osmotique (Arbaoui,2017). Les mécanismes physiologiques de cette technique basée sur la séquestration du sel loin des sites métaboliques et synthétisent des solutés compatibles pour l'équilibre osmotique (Flowers,2004).

Dans notre expérience, les plants de tomate ont été soumis à des différentes concentrations de  $\text{NaCl}$ (0,2,4,6,8g/l). Les résultats obtenus des différents paramètres mesurés au laboratoire montrent qu'il y a eu réduction de la biomasse de la tomate sous des conditions salines, de ce fait ces conditions sont un indicateur majeur de la limitation de la croissance. La salinité a eu des effets néfastes non seulement sur la hauteur finale des plants où nous avons enregistré des écarts types variant de 0 à 0.49cm (T0 à T4), de même pour les poids secs des racines nous avons des écarts types de 0.10 - 0.01g, les valeurs sont décroissantes. Aussi sur les autres paramètres physiologiques, tels que, nombre de fleurs, nombre de feuille et poids frais et sec de la partie aérienne et le poids frais des racines. L'analyse de la variance a donné des résultats identiques qui sont hautement significatifs( $p < 0.001$ ). De nombreux travaux rapportent que cette réduction du poids de la biomasse végétale et de la croissance est observée sur le riz (Dhanyalakshmi et al., 2013). La tomate (Taffouo et al.,2013). Chez la tomate, les différentes concentrations de sels ont considérablement contribué à la baisse de la biomasse sèche et affecté la zone racinaire ; ceci résulte d'une déficience de la photosynthèse, sachant que 15 jours de traitement salin, suffisent à évoluer vers la sénescence induite sous salinité rapporté par (Taffouo et al., 2013). Par ailleurs, on constate plus la concentration en  $\text{NaCl}$  est importante, plus la

réduction de la biomasse aérienne est importante chez tous les plants de tomate. Ces résultats sont similaires à ceux de (Cheikh et al., 2020) sur des plants de quatre provenances d'anacardier (*Anacardium occidentale* L.). La réduction de la croissance de la partie aérienne est plus marquée chez les plants stressés par des traitements salins élevés (6g/l,8g/l). De même pour la production de la biomasse racinaire fraîche, on assiste à une augmentation de  $(T_0 - T_1)$ , (9.4 –10.4g) suivie d'une diminution des valeurs  $(T_2-T_4)$ , (9.4-1.2g), cette réponse à la salinité a été signalée chez d'autres espèces tolérantes au sel (Camara,2013). Ces plantes protègent leurs organes aériens contre l'envahissement des ions toxiques ( $Na^+$  et  $Cl^-$ ) par une rétention de ceux-ci dans les racines. Ainsi, on remarque que la partie aérienne est plus affectée que la partie racinaire. Nos résultats sont proches à ceux de Nacéri(2014), qui affirme qu'en présence de NaCl dans le milieu de culture provoque chez l'Arganier, une réduction des poids frais et sec des parties aériennes alors qu'il améliore ceux des racines. Cette réduction est en effet, une réponse typique des plantes non halophytes à la salinité (Nacéri,2014). La réduction de croissance aérienne observée au niveau des plantules peut aussi s'expliquer par des augmentations des taux de certains régulateurs de croissance, notamment l'acide abscissique et les cytokinines induites par le sel (Benmahhioul et al., 2009 in Cheikh et al.,2020). Concernant la biomasse totale sèche et fraîche, elle diminue également en fonction de la concentration en NaCl,. Nos résultats corroborent avec ceux de Daroui et al (2013) qui ont également noté une diminution de la biomasse totale sur des plants de *Washingtonia filifera* L. En effet, ce retard de développement permet à la plante d'accumuler de l'énergie et des ressources pour combattre le stress avant que le déséquilibre entre l'intérieur et extérieur de l'organisme n'augmente jusqu'à un seuil ou' les dommages sont irréversibles, dans notre cas le seuil atteint 8g/l.

### **Effet de salinité sur la chlorophylle**

En ce qui concerne la mesure de la chlorophylle, les résultats obtenus montrent une certaine sensibilité face au stress salin, on enregistre une baisse de la chlorophylle totale en fonction de l'intensité du stress, cette baisse résulte d'une perturbation physiologique des plantes en question (tomate) et pourrait être considérée comme un critère approprié de la tolérance ou sensibilité à la salinité (Belfakih, 20013). D'une façon générale nous avons constaté, d'une part que la teneur en chlorophylle totale diminue avec l'augmentation de

l'intensité du stress conformément à ce que plusieurs auteurs ont démontré(2008, Benrebiha et al.,2012, Abaoui.M, 2017).Les résultats montrent qu'il y a un effet de stress salin sur le fonctionnement de la photosynthèse chez les plants stressés dont le taux de chlorophylle a plus ou moins diminué par rapport au témoin (fig.13). Ceci peut être expliqué par une baisse de l'activité photosynthétique tout en causant la réduction de l'absorption du CO<sub>2</sub>, (Benrebiha.F et al.,2012) ceci implique la réduction de biomasse aérienne des différents plants de la tomate (fig.9,10). Ce travail fait ressortir que le stress salin exerce, chez la variété testée de la tomate (Marmande), un effet dépressif sur les paramètres physiologiques, morphologiques et biochimique étudiés. En effet, nous avons montré que les taux de chlorophylle totale sont des paramètres très sensibles, qui peuvent nous renseigner sur le degré de tolérance de la culture de tomate à la salinité, dans notre cas on peut dire que la variété de tomate ( la Marmande) utilisée dans cette expérience est moyennement tolérante (4g/l) .

# Conclusion



## Conclusion

Le présent travail avait pour étude, le comportement de la variété Marmande de tomate cultivée en milieu salé. L'évaluation de la tolérance a porté sur l'aspect morphologique et physiologique face à l'effet toxique de chlorures de sodium contenu dans l'eau d'irrigation.

Pour s'adapter au stress salin, la plante peut éviter les dommages par la réduction de la croissance (Yeo, 1983, Zhu, 2002 in Lamzeri, 2006) : c'est l'effet le plus commun des stress abiotiques sur la physiologie des plantes. La réduction de la croissance est une capacité adaptative nécessaire à la survie d'une plante exposée à un stress abiotique. En effet, ce retard de développement permet à la plante d'accumuler de l'énergie et des ressources pour combattre le stress avant que le déséquilibre entre l'intérieur et l'extérieur de l'organisme n'augmente jusqu'à un seuil où les dommages seront irréversibles. La croissance est inversement corrélée à la résistance au stress salin d'une espèce/variété (Zhu, 2001 in Bois, 2005).

La tolérance à la salinité de la variété testée a été étudiée à travers leur capacité de développement en présence de NaCl. En effet, toutes les observations se rapportant à la croissance notamment la hauteur des plantes, le nombre moyen des feuilles, et la biomasse fraîche et sèche des deux parties aérienne et racinaire, montrent qu'il y a une diminution de ces paramètres mesurés avec l'intensité du stress salin.

Cette réduction de la croissance et du développement des plantes a pour causes divers facteurs, à savoir :

- Réduction de la disponibilité en eau due à l'augmentation de la pression osmotique du milieu.
- Accumulation excessive de certains ions, en particulier le  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$ .
- Absorption réduite des cations essentiels provoquant un déséquilibre ionique entraînant ainsi des troubles de carences.

Dans notre travail, nous avons analysé aussi la variation de la teneur totale en chlorophylle en fonction de l'intensité du stress salin. Ce paramètre est souvent mesuré pour l'étude de la réponse des différents végétaux au stress salin.

Les teneurs en chlorophylles sont des paramètres très sensibles, qui peuvent nous renseigner sur le degré de tolérance de la culture de tomate à la salinité. Les traitements salins ont montré des taux de réduction de la chlorophylle par rapport au témoin.

Enfin, ces résultats seront d'un apport important pour participer à une meilleure conduite de la tomate dans les zones arides où la qualité des eaux fournie pour l'irrigation est défavorable. Cependant, des études à long terme doivent être entreprises afin de justifier le motif environnemental pour l'utilisation de ces eaux salines sans le risque d'accentuer le phénomène de salinisation.



**Références  
bibliographiques**

## Liste des références bibliographiques

- Abbad.M,Senoussi.S.A,Djardjouri.A,zouaoui.A, 2015** . *Evaluation de la tolérance au stress salin de deux variétés de tomate(Solanum lycopersicum) cultivées en zone aride : Approche physiologique,Arti.revue.Agro-biologia,2015.N :7,15-20.*
- Abbad.M, GhanemBoughanmi.N, et Snoussi.S, 2017** . *Effets de la salinité par MgCl2 et MgSO4 sur deux variétés de tomate.Art. Revue. Agrobiologia (2017)7 (1) :190-197.*
- **Arbaoui.M, 2016.** *Effet du stress salin sur des plantules de tomate (Lycopersicon esculentum Mill)cultivées sur substrats sableux amendé en bentonite. Thèse de doctorat 168p.*
- **Ashref.M, et Foolad.M.R, 2008** .*Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. Environ.Exp.Bot. 59(2):206-216.*
- Badaoui.M,2018.** *Contribution à l'étude de la dynamique des populations de Tuta absoluta Meyrick(Lepidoptera ; Gelechiidae) et essais de contrôle biologique sur la culture de tomate mostaganm.102p.*
- **Balibrea, M. E., Cayuela, E., Artes, F., Perez-Alfocea, F. 1997.** *Salinity effects on some postharvest quality factors in a commercial tomato hybrid. Journal of Horticultural Science, Vol.72, n. 6. p. 885-892.*
- Bassi.D,etMonet.R,2008.***BotanyandTaxonomy.In.Ed:Thepeach,Botany,International,Wallingford, 1-36.*
- Benazzouk. S., 2018.** *L'atténuation du stress salin par extrait vermicompost chez SolanumLycopersicum.L. En mobilisant les mécanismes de tolérance au sel. Art : Revue, Agrobiologia(2018)8(2) .1136 – 1144.*
- **Belfakih.M, IBBIZ.M, Zouahri. A., 2013.** *Effet de la salinité sur les paramètres morphologiques de deux variétés de bananier(Musa acuminata L). Art.Journal of Applied Biosciences : 2013(70) :5652-56-62.*
- **Bendiff.A, 2016.** *Etude comparative de différents substrats pour la production de tomate hors sol. Art. rev.Agronomie 2016(4) p.11-17.*
- Benidire. L.K. Daoui.z.A.Fatemi. W. Achouak.L. Bouarab et K.Oufdou, 2015.** *Effet du stress salin sur la germination et développement des plantules de Vicia fana.L.j.Master.environ. Sci.6(3),pp.840-851*

**Benmahioul. B,F. Daguin et M. K. Kaid- Harche,2009.** Effet du stress salin sur la germination et la croissance in vitro du pistachier(*pistachier vera L.*). *Compte rendu. Science directe. Agronomie/Agronomy.C.R. Biologies 332,pp.752-758.*

- **Benrbiha.F,Hamdani.F,Chaouia.C, et Bouchenak.F, 2012.** Effet du stress salin sur le taux de chlorophylle et la perméabilité membranaire chez l’*Atriplex Halimus*– *Arti : 79. Revue Agrobiologia 2012(2) P : 79 – 82.*

- **Bouazata.C, 2016 .**valorisation des sous-produits de quatre variétés de tomate industrielle(*Solanum leesculentum.L*) dans l’Est Algérien. *Thèse de doctorat, 141p*

**Camara.B, 2013.** Étude du comportement de trois espèces soumises au stress salin sous serre : *Casuarina equisetifolia L* , *Gossypium barbadense L*. Et *jatropha curcas L*, Université Assane Seck de Ziguinchor, Mémoire pou l’obtention du master en Aménagement et gestion durable des écosystèmes forestiers et agroforestier,39.p.

- **Cheikh.O, Detie.W, Elhadji. F, et Mouhamadou.M, 2020.**Effet du stress salin sur la croissance de quatre provenances d’anacardier(*Anacardium occidentaleL.*) en milieu semi-contrôlé. *Revue(vertigo)électronique en sciences de l’environnement.2020.*

- **Cherboub, 2008 .** Les exigences pédoclimatiques de la plante de la tomate.*Art.revue. Agronomie. 2008. Info.4 .p15- 17*

**Daroui, E.A, Boukroute, N.E. Kouddane et A. Berrichi, 2013.** Effet de la salinité sur la germination et La croissance in vitro du *washingtonia filifera L*. *Revue. Nature et Technologie agronomiques et biologiques, Université Mohamed Premier, Maroc, N :08,pp.32-38.*

- **Darwish.T,Attalah.T, Elmoudjabber.M, and khatib.N, 2005.** Salinity evolution and crop response to secondary soil salinity in two agro-climatic zones in Lebanon –*Agr-water- Manage. 78:52-64p.*

- **Davenport.R,J,ZakrissonPlongander.A, Tester.M and Munns.R, 2005.** Control of of sodium , Transport in Durum wheat. *Plant physiology,Vol : 137, pp: 807 – 818.*

**Dhanyalakshmi et al 2013.** Analyse phytochimique des extraits de graines d’*Annona squamosa* . *Art.revue.recher.scienc(IRJPAS).2013 :3(4) : 29-31.*

**Denden.M,Bettaib.T, Alef Salhi, et Mathlouthi.M, 2005.** Effet de la salinité sur la flurescence chlorophyllienne, la teneur en proline et production florale de trois espèces Ornementale.*Tropical,2005. Vol 23,N4 ,pp.220-225.*

**Djilli.k, 2000.** Contribution à la connaissance des sols du Nord de l’Algerie : Création d’une banque de données informatisées et l’utilisation d’un système d’information géographique pour la spacialisation et la vectorisation des données pédologiques. *Thèse.doc.INA.Alger.384p.*

- **Djimai.O, 2018.** Bio écologie de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917)(Lepidoptera : Gelechilidae) dans la région de Biskra .Thèse de Master Académique, 69P.

- **Doudech, N., Mhamdi, M. Bettaieb, T. Denden, M. 2008.** Tolérance à la salinité d'une graminée à gazon : *Paspalum notatum* Flüggé. Rev Tropicultura, Vol. 26, n.3, p.182-1

**Dupont.F .Guignard.J.L.2012 :**Haricot nain (Bulletin des variétés).Ed.Masson.Collection :Abrégés. Pharma.Paris.510p.

-**Eastman, P., Camm, E. 1995.** Regulation of photosynthesis in interior spruce during water stress: changes in gas exchange and chlorophyll fluorescence. Tree Physiology. p. 229-235.

**Elhadji.F , Serigne et Sylla, 2019.** Invasion de la mineuse de la tomate ,*Tuta absoluta*(Lepidoptera :Gelechidae) au Senegal : dynamique des populations, game d'hôte et potentiel de régulation biologique.47p.

- **El Hendawy .S.E, Hu, Y., Sakagami,J.I. and Schmidhalter, 2011.** Screening Egyptian. Wheat genotypes for salt tolerance at early growth stages.Int.J. Plant prod.5 :283 – 298.

**Eppo, 2005.***Tuta absoluta* data shets on quarantine pest. Fiche Informatives sur les organismes de quarantaines .Bul. Eppo,35, p. 434-435.

- **EscudierJ-L,B. Gillery, H. Ojeda et Chebarne, 2019.** Maitrise de la salinité des eaux d'irrigation la viticulture, BIO Web of Conferences, Les Ulis vol.12. ( en ligne ) URL.

**El-Tayeb.M.A,2005.** Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regul, 45: 212- 24.

-**FAO and ITPS, 2015.**Status of the World's soil Resources(SWSR)-Main Report.Rome: Food and Agriculture Organisation of the United Nations.

-**FAO stat, 2015.** Land and plant Nutrition Management service Ed.2015.

**Flowers.T.j , 2004.**Improving crop salt tolerance.J.Exp.Bot: 55:307-19.

- **Gallais.A, et Bannerot.H,1992.** Amélioration des espèces végétales cultivées. Objectif et critère

**Girdhar B. et Khanma et Ungar.2014.** Salt tolerance of a coastal salt marsh grass. Comm. Soil Sci. Plant. Anal(34)p.2595-2605.

-**Godde, D. 1999.** Adaptation of the photosynthetic apparatus to stress conditions. In Lerner. de selection . 760 – 766.

**Hamdoud.N,2012.** Effet du stress salin sur la croissance et la physiologie de la féverole(*Vicia faba L.*). Thèse de magister(ENSA). El Harrach p61.

**Halitim,1988.** Sols des régions arides d'Algérie. Office de Publications, Universitaires, Alger : 39-40.

**-Hela, B.A., Manaa, A.E. et al. 2008.** Tolérance à la salinité d'une poaceae à cycle court: la séttaire (*Setaria verticillata L.*) ; *Comptes rendus Biologies.* p. 164–170.

**-Heuvelink.E. 2005.** Tomatoes. *Crop production science in Horticulture 13.* Wageningen, Université. *J. Agriculture science, Vol 3,N 4, 31-36p.*

**- Hikosaka.K, K.Ishikawa,A.Borjigidai,O.Muller et Y.Onoda,2006 .** Temperature acclimation of photosynthetic:mechanisms involved in the changes in temperature dependence of photosynthetic rate,*J. Exp. Bot,57,pp.291-302.*

**Hilmi.M et al. 2020.** La culture de tomate, transformation et commercialisation.Ed : CTA.ISBN :92-9081.

**Hirayama.H, et Shinozaki.k,2007.** Perception and transduction of abscisic acid signals:keys to the function of the versatile plant hormone ABA. *Trends in plant Science12, N8.*

**-Imalet, R. 1979.** Influence de différente concentration de sels ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) des eaux d'irrigation sur le rendement du haricot. Thèse de l'ingénieur : I.N.A El Harrach, Alger. 43p

**- Kaewmanee.K, Krammart.P, Sumran,wannish.T, Choktaweekarn.S,and Tangtermsirikul.S,2013 .** Effect of free lime content on properties of cement- fly ash mixture, *construction and building matériel/ 38: p : 829 – 836.*

**- Kausar.A, Ashraf.M. Y and Niaz.M,2014 .** Some physiological and genetic determinants of salt tolerance in Sorghum(*Sorghumbicole, L Moench*) : Biomass production and nitrogen metabolism . *Pakist an journal of botany, 46(2),515 – 519.*

**Khaderaoui. H et Ouadah khalil, 2020.** Effet du stress salin sur le comportement des plantes de quelques variétés tomate cultivées dans la région de M'sila(Algérie). Thèse de master,76p.

**Khechai, S. 2001.** Contribution à l'étude du comportement hydrophysique des sols du périmètre irrigué de l'ITDAS dans la plaine de l'outaya (W.Biskra), Thèse de magister science agronomique : Université de Biskra. p. 145.

**- Koppert,2008 .**Numero special nouveau ravageur tomate hors serie. Oct.2008. *Tutaabsoluta (Meyrick), 4p.*

**-Lemzeri, H. 2006.** Réponses écophysiologicals de trois espèces forestières du genre *Acacia*, *Eucalyptus* et *Schinus* (*A. cyanophylla*, *E. gomphocephala* et *S. mölle*)

- Levigneron.A, Lopez.G, Vansuyt.P,Berthomieu.p, 2015.** Les plantes Face au stress salin. *Cahi.Agri.4*. P :263-272.
- Lutts.S , Majerus,V. And Kinet, J.Met 2018.** NaCl effects on proline metabolism in rice(*Oryza sativa* ) seedings. *Physiol.plant*.105:450 -458.
- Manaa.A.,Gharbi.E, Mimouni.H, Wasti.S,2014.** Simultaneous application of Salicylic acid and calcium improves salt tolerance in two constrastingtomate (*Solanum Lycopersicum*) cultivars. *South African journal of Botany*, 2013, 112(7) : P1209 – 1221.
- Marchner,2001** Mineral nutrition of higher plants. *Art. Science direct*.(1).
- Matty.F et M Diatta,2018.** Le phénomène de salinisation : impact sur les sols et la végétation, pp. 1-5.
- Mazeliak, D. 1974.** *Physiologie végétale. Nutrition et metabolism*. Ed : hermann. 349p.
- Monneveux.P,2002.** Contribution á l'étude de la résistance á la sécheresse chez le blé tendre(*Triticum durum* Desf.) : Étude de l'accumulation de la proline au cours du cycle de développement. *Agronomie*,6 (6),583-590.
- Munns,R ,2002 :** *Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment* 25, 239-250.
- Munns.R and Tester.M, 2008.** Mechanisms ofsalinity tolerance . *Anna, rev. Plant. Biol*, 2008, 59 : p. 651-681.
- Naceri.F, 2014.** Improving germination and dormancy breaking in *Alstroemeria ligtu* hybrid seeds. *Trakia . J. Biotech*.9(34).
- Nieves, M., Riuz, D., Cedra , A. 1991.** Influence of rootstock-scion combination in Lemon trees salt tolerance. In *Proc. Italy: Int. Soc, Citriculture, Acireale*. p. 387-390.
- Ortega, U., Dunabeitia, M. et al. 2004.** Effectiveness of mycorrhizal inoculation in the nursery on growth and water relations of *Pinus radiate* in different water regimes. *Tree physiology*. p. 65-73.
- Orcutt, D.M., Nilsen E.T. 2000.** *Physiology of plants under stress*. New York: John Wiley et Sons Inc, NY, USA.
- Orcutt.D.M, and Nilsen, 2011.** *Physiology of plant*. New York : 96p.
- Parida, A.K., Das, A.B 2005:** Salt tolerance and salinity effect on plants: review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. Vol.60, pp. 324-349.
- Polese.K.J.M, 2007.** *La culture de tomate*. Ed Arthemis, paris ,95p.



- Raemaekers.P. 2011.** Essai d'adaptation de quelques variétés de riz pluvial (*Oryza sativa* : irat 112, irat 13 et r66) dans les conditions agroécologique de territoire de Masisi, cas du village de Sake en RDC (6).
- Riedacker .p , Romero, Aranda.R, Soria.t et Cuartero.J, 2001.** Tomato plant- wateruptake and plant-water relationships under saline growth.cdt.Plant scienc.160.p265-272.
- Rivero.R.M. Teresa.C.M, Mittler,Rubio.F. Garcia-Sanchez, F. And Martinez.V,2014.**The combined effect of salinity and heat reveals a specific physiological, Biochemical and molecular response in tomato plants.Plant,Cell and Environment 37, 1059-1073.
- Roeder.B,2006.** La voie de transduction d'un signal de réponse á un stress abiotique chez la plante. Art. Revue Agronomie(6). 2006. P. 69.
- Seeling,2009 :** Salinity and sodicity, in North Dakota.2009. Bull.40, pp. 257 – 269.
- Shabala.S., Acuin.T.,2012.** Learning from halophytes: Physical basis and strategies to improve abiotic stress tolerance in crops. Annals ofBotany,2012,112(7), p:1209 – 1221
- Shankara.N, 2005.**classification taxonomique de la tomate. Art. revue researchgate. Ed : CTA.ISBN,
- Shankara.N, VanLidt.J, De Goffau,.M,Hilmi.M,2020.** La culture de la tomate production,commercialisation.Art.revue.Researchgate. Ed : CTA.ISBN :92,P105.
- Shibli. R.A, Kushad.M, Youcef,G.G, and Lila.M.A.2007.** Physiological and biochemical réponses of tomato micro-shoots to induced salinity stress with associated ethylene accumulation.Plant growth regulation,51(2),159-169.
- Shilpi et Narendra, 2005.** Cold, salinity and drought stresses: An Overview, Archives of Biochemistry and biophysics, Vol.444, N.2, 2005, PP. 139 – 158.
- Snoussi, S. Halitim, A. 1998.** Valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale des plantes cultivées. Etude et gestion des sols. p. 289- 298.
- Snoussi.S.A, et 2001.** Valorisation des eaux salines pour la nutrition des plantes cultivées. Thèse de doctorat.INA.EL HARRACH, Algérie, 152p.
- Snoussi.S et Derouiche .B,2017 :** Effet du Ph des eaux d'irrigation sur la croissance, le statut hydrique et l'anatomie de la tomate *Solanum Lycopersicum L.* Art.revue.Agrobiologia.Vol 7.N 1,P. 210.
- Soil taxonomie, 2010.** A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys thirth edit ,2010.
- Sykes. S.R ,2000.** A glasshousse screening procedure for Identifying citrus hybrids, wich restrict chloride accumulation in shoot tissues. Crop and Pasture Science, 36(6), 779-789.

- Tamba.A et E.faye,2017.** *Salinisation des sols : un frein au développement de l'Agriculture,2p.*
- Taffouo.V.D, Nouck.A.H,Dibong.S.D,and Amougou.A.2013.***Effects of salinity stress on Seedling growth, mineral nutrients and total chlorophyll of some tomato(Lycopersicon esculentum L.) cultivars. African journal of Biotechnology,9(33).*
- Tester.M, and Devenport.R.J, 2003.** *Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. Ann. Bot.(Lond.) 91(5): 503-527.*
- USDA,1955 :***Bulletins publiés en plusieurs Edition par le département d'agriculture Americaine.*
- Valimunizigha, 2006 .***The tomato genome sequence provide insights into fleshy fruit evolution. Nature, 485. P 635-641 .*
- Xavier.B , 2021.** *Algérie : Enfin ,Autosuffisante ?.Art.j.the tomato ,new conférences Ed.2021.*
- Yeo, A.R. 1983.** *Salinity resistance: physiologies and prices. Physiologia Plantarum. p. 214-222.*
- Zhu, J.K. 2002.** *Salt and drought stress signal transduction in plants. Plant Biology. p. 247-273.*

# **Annexes**

## Annexe N°1 A :

### 1- Hauteur des plantes (cm)

Tableau N°01 : hauteur des plantes en (cm).

Traitement	T0	T1	T2	T3	T4
Moyenne	59	51,20	44,80	40,60	35,80
±	±	±	±	±	±
ecartype	0,00	0,75	0,40	0,49	0,40
	ab	b	ab	a	ab

Tableau N°01 : Hauteur des plantes en (cm).

Source de variation	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr>F
Modèle	4	1651,400	412,8600	1474,50000	<0,0001
Erreur	20	5,6000	0,2800		
Total corrigé	24	1657,0400			

### 2- Nombre des feuilles

Tableau N°02: Nombre des feuilles.

Traitement	T0	T1	T2	T3	T4
Moyenne	11,20	10	8,80	8,20	7,60
±	±	±	±	±	±
Ecartype	0,40	0,00	0,40	0,40	0,49
	a	a	a	a	a

Tableau N 02 : Nombre des feuilles.

Source de variation	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr>F
Modèle	4	41,7600	10,4400	58,0000	<0,0001
Erreur	20	3,6000	0,1800		
Total corrigé	24	45,3600			

### 3 -Nombre de fleurs

**Tableau N°03** :Nombre des fleurs

Traitement	T0	T1	T2	T3	T4
Moyenne	12,6	9,2	7,4	6,6	6,2
±	±	±	±	±	±
Ecartype	0,49	0,98	0,49	0,49	0,40
	A	a	a	a	a

**Tableau N 03** : Nombre des fleurs.

Source de variation	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr>F
Modèle	4	136,8000	34,2000	74,3478	<0,0001
Erreur	20	9,2000	0,4600		
Total corrigé	24	146,0000			

### 4- Poids frais des plants (g)

**Tableau N°04** : Poids frais des plants (g).

Traitement	T0	T1	T2	T3	T4
Moyenne	93,8	79,8	73	68,8	61,6
±	±	±	±	±	±
Ecartype	3,25	1,72	1,90	1,47	2,87
	b	B	b	b	b

**Tableau N° 04:** poids frais total (g)

Source de variation	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr>F
Modèle	4	2988,40000	747,1000	108,5901	<0,0001
Erreur	20	137,6000	6,8800		
Total corrigé	24	6,8800			

## 5- Poids sec des plants (g)

**Tableau N° 5:** Poids sec des plants (g).

Traitement	T0	T1	T2	T3	T4
Moyenne	12,57	9,56	8,25	7,52	6,72
±	±	±	±	±	±
Ecartype	0,48	0,84	1,23	0,69	0,50
	B	b	b	b	b

**Tableau N° 05 :** Poids sec total (g).

Source de variation	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr>F
Modèle	4	104,8442	26,2111	33,1006	<0.0001
Erreur	20	15,8372	0,7919		
Total corrigé	24	120,6814			

## 6- poids frais des racines

**Tableau N°06 :** poids frais des racines (g)

Traitement	T0	T1	T2	T3	T4
Moyenne	9,4	10,4	9,4	8,6	1,2
±	±	±	±	±	±
Ecartype	4,22	1,62	2,33	1,85	1,17
	B	Ab	a	a	ab

**Tableau N° 06:** poids frais des racines (g)

Source de variation	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr>F
Modèle	4	13,7600	3,4400	0,9609	<0.0001
Erreur	20	71,6000	3,5800		
Total corrigé	24	85,3600			

## 7-poids sec des racines

**Tableau N°07** : poids sec des racines.

Traitement	T0	T1	T2	T3	T4
Moyenne	1,07	0,99	0,87	0,97	0,81
±	±	±	±	±	±
Ecartype	0,10	0,06	0,04	0,01	0,18
	a	A	a	a	a

**Tableau N° 07:** poids sec des racines

Source de variation	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr>F
Modèle	4	0,2093	0,0523	4,5525	<0,0001
Erreur	20	0,2299	0,0115		
Total corrigé	24	0,4393			

## 8- Taux de la chlorophylle totale (SPAD)

**Tableau N°08** : Teneur en chlorophylle totale (SPAD)

Traitement	T0	T1	T2	T3	T4
Moyenne	42,54	38,14	36,3	34,46	31,36
±	±	±	±	±	±
Ecartype	1,42	0,79	0,52	0,96	0,86
	a	b	c	d	e

**Tableau N° 08** : taux de chlorophylle

Source de variation	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr>F
Modèle	4	480,2944	120,0736	80,6838	<0,0001
Erreur	20	29,7640	1,4882		
Total corrigé	24	510,0584			

