

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE.

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLAB - BLIDA 1 –



FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE DES POPULATIONS ET DES
ORGANISMES

Mémoire de Fin d'Etudes

En Vue de l'Obtention du Diplôme de MASTER
en Biodiversité et Physiologie Végétale

*Effet du stress salin sur la croissance et le
développement de la tomate (Lycopersicon esculentum L.)*

21 Septembre 2020

Présenté par :

LAKROUNE Imane

CHANANE Sabrina

Devant le jury :

- BLHIS I. MAA Université Blida 1 Président
- RADIN. MAA Université Blida 1 Examineur
- AMARA N. MCB Université Blida 1 Promotrice

2019/2020

Résumé

Le présent travail, est une étude rétrospective, qui a pour objectif, la mise en évidence de l'effet du stress salin sur la croissance et le développement de la culture de la tomate (*Lycopersicum esculuntum* L).

La salinité des sols et la contrainte hydrique, sont les deux problèmes majeurs qui, limitent la croissance et le développement de la culture de la tomate. Le choix d'une variété tolérante au sel serait une solution à cette contrainte.

Cette étude a porté sur plusieurs variétés de tomate, soumises à différentes concentrations de sel, réalisée dans trois biotopes différents : Algérie, Maroc et Tunisie. Plusieurs paramètres ont été estimés (la croissance, pigment photosynthétique, éléments minéraux, proline et sucres soluble).

Les résultats de l'étude rétrospective montrent que la tomate répond au stress salin par un déficit de sa croissance en taille et en poids. Les paramètres physiologiques sont aussi perturbés, la sensibilité des variétés a été observée en fonction du génotype étudié.

Mots clés : *Lycopersicum esculuntum* L ; stress salin ; croissance ; développement ; Etude rétrospective.

Abstract

The present work is a retrospective study, which aims to highlight the effect of salt stress on the growth and development of the tomato crop (*Lycopersicum esculuntum* L).

Soil salinity and water stress are the two major problems that limit the growth and development of the tomato crop. The choice of a salt-tolerant variety would be a solution to this constraint.

This study focused on several varieties of tomato, subjected to different concentrations of salt, carried out in three different biotopes: Algeria, Morocco, and Tunisia. Several parameters were estimated (growth, photosynthetic pigment, mineral elements, proline, and soluble sugars).

The results of the retrospective study show that the tomato responds to salt stress by a deficit of its growth in size and weight. The physiological parameters are also disturbed, the sensitivity of the varieties was observed according to the genotype studied.

Key words: *Lycopersicum esculuntum* L; saline stress; growth; development; retrospective study.

ملخص

العمل الحالي عبارة عن دراسة مرجعية تهدف إلى تسليط الضوء على تأثير الإجهاد الملحي على نمو وتطور محصول الطماطم (*Lycopersicum esculuntum* L).

تعتبر ملوحة التربة والإجهاد المائي مشكلتين رئيسيتين تحدان من نمو وتطور محصول الطماطم وعليه سيكون اختيار الصنف الذي يتحمل الملح حلاً لهذه المشكلة.

أُجريت الدراسة على عدة أنواع من الطماطم وُضعت تحت تراكيز ملحية مختلفة في ثلاث بيئات حيوية مختلفة: الجزائر والمغرب وتونس. عدة مؤشرات تم قياسها (النمو، أصبغة التركيب الضوئي، الأفراد المعدنية، البرولين والسكريات الذائبة).

أظهرت نتائج الدراسة المرجعية استجابة الطماطم للإجهاد الملحي وذلك بتقليص حجمها ووزنها مع اضطراب في المؤشرات الفيزيولوجية وتمت ملاحظة حساسية كل نوع وفقاً للخط الوراثي.

الكلمات المفتاحية: *Lycopersicum esculuntum* L، إجهاد الملح، نمو، تطوير، دراسة مرجعية.

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier ALLAH le tout puissant, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de **Mme Amara N.** Nous la remercions pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire. A **Mme Belhis.** S d'avoir accepté de juger ce travail en qualité de président de jury et **Mme Radi N** d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.

Nous remercions également tous nos amis de la promotion

Biodiversité et Physiologie Végétale 2019/2020.

Dédicaces

À mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

À mon mari pour son encouragement, et son soutien moral et aussi ses sacrifices pendant cette l'année

À mes chers frères, Walid Mustapha, et ma sœur Nihel et mon ami Amira pour leur appui et leurs encouragements

À toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire

Chanane Sabrina

Dédicaces

C'est avec une grande gratitude et des mots sincères, que je dédie ce modeste travail de fin d'étude à mes chers parents qui ont sacrifié leur vie pour ma réussite. j'espère qu'un jour, je pourrai leur rendre un peu de ce qu'ils ont fait pour moi, que dieu leur prêt bonheur et longue vie.

je dédie aussi de ce travail à mes frères «Allaa, Imad et Mohamed Chakib» ma sœur «Ibtissam» et à ses enfants à ma belle-sœur «Khensaa» et tous mes amis.

Lakroune Imane

Sommaire

Liste des figures :I

Liste des tableaux : II

Introduction 1

Synthèse bibliographique

1. Généralités sur la tomate..... 3

1.1. Origine et historique 3

1.2. Classification et noms vernaculaires 3

1.3. Description botanique..... 4

1.4. Exigences pédoclimatiques 5

1.4.1. Température et la lumière 5

1.4.2. Eau et humidité 6

1.4.3. Eléments fertilisants et le sol 6

1.5. Composition chimique de la tomate 7

1.6. Répartition géographique de la tomate..... 9

2. Stress salin 9

2.1. Définition de la salinité 10

2.2. Principaux sels solubles..... 10

2.3. Définition de stress salin 11

2.4. Effet de stress salin sur les différents stades physiologiques de la plante..... 11

2.4.1. Effet sur la croissance 11

2.4.2. Effet sur le développement végétatif 13

2.5. Stratégie de tolérance et d'adaptation 14

2.5.1. Exclusion et inclusion d'ions 14

2.5.2. Synthèse des solutés compatibles 15

2.5.3. Contrôle de l'absorption ionique par les racines 16

2.5.4. Modification de la capacité photosynthétique 16

2.5.5. Induction d'antioxydant..... 17

2.5.6. Induction des hormones végétales 18

Matériel et méthodes

3. Matériel et méthodes..... 20

3.1. Matériel végétal utilisé	20
3.2. Méthodes utilisées	21

Résultats et discussion

4. Résultats et discussion	24
4.1. Etude rétrospective de quelques paramètres de la salinité	24
4.2. Résultats de l'étude rétrospective	24
Conclusion.....	31
Références bibliographiques	33

Liste des figures :

Figure 1: Description de la tomate (Blancard et al, 2009)	5
Figure 2 : Histoire hypothétique de la domestication de la tomate. Les fonds de carte proviennent du DEMI-World Map Server (Nicolas, 2010)	9
Figure 3: Hauteur des plantes en présence de différentes concentrations de NaCl par rapport au témoin (Bouhaddi, 2009).....	12
Figure 4: Schématisation de bilan de la circulation du sodium dans les plantes inclusion ou exclusion (Levigneron et al, 1995).	15
Figure 5: Synthèse des principaux mécanismes cellulaires de perception, signalisation et réponse au stress salin (NaCl) chez la plante (Hanana et al, 2011).....	18

Liste des tableaux :

Tableau 1: Températures requises pour les différentes phases de développement d'un pied de tomate (Naika et al, 2005)	5
Tableau 2: Principaux composés chimiques de la tomate.....	8
Tableau 3: classification des sols salés (Loyer, 1991)	10
Tableau 4: Matériel utilisé dans l'étude réalisée sur le stress salin de la tomate dans trois biotopes différents	20
Tableau 5: Méthodes utilisées pour les paramètres étudiés réalisé dans trois biotopes différents.....	21
Tableau 6: Effet du stress salin sur quelques paramètres biométriques et physiologiques selon l'étude d'El-Ikilet et al, 2002.	25
Tableau 7: Effet du stress salin sur quelques paramètres biométriques et physiologiques selon l'étude d'Ould Mohamdi et al, 2011.	25
Tableau 8: Effet du stress salin sur quelques paramètres biométriques et physiologiques selon l'étude de Bacha et al, 2015.	26
Tableau 9: Effet du stress salin sur quelques paramètres biométriques et physiologiques selon l'étude de Benazzouk et al, 2018.	26
Tableau 10: Effet du stress salin sur quelques paramètres biométriques et physiologiques selon l'étude d'Abbad et al, 2019.	27

Introduction

Introduction

Dans le monde entier, la tomate (*Lycopersicon esculantum* L.), est l'un des fruits les plus appréciés pour ses qualités nutritionnelles et organoleptiques. Il est consommé sous toutes ses formes (crue, cuite ou transformée). La tomate est considérée comme un aliment diététique, car elle est faiblement calorique, riche en minéraux et contient nombreux antioxydants protecteurs. Les carbohydrates et les acides, représentent les déterminants majeurs de la tomate (**Abidi et al, 2016**).

Malgré le développement important de cette culture dans le monde, les rendements restent relativement faibles. En effet, la salinité des sols est le problème majeur, qui touche un nombre croissant des régions du globe. Fréquemment associée à la contrainte hydrique. La salinisation entraîne une réduction des surfaces cultivables et menace l'équilibre mondial. La salinité reste la plus grande contrainte, qui a franchi les sols agricoles. Elle diminue gravement le taux de la fertilité de ses sols (**Boutahraoui et al, 2017**).

Le stress salin est le résultat d'un déficit hydrique dans la plante sous forme de sécheresse physiologique (**Mahajan et tuteja, 2005**), en effet, selon le degré de stress dans le milieu, les plantes sont exposées à des modifications de leur comportement morpho-physiologique, anatomique et biochimique (**Nasir-khan, 2010**).

Afin de résoudre tous ces problèmes les chercheurs, tentent de trouver d'autres techniques de substitution telle que : la multiplication végétative des plantes de tomate, la désalinisation des eaux (**Boutahraoui et al, 2017**).

Les plantes se trouvent en situation stressent est développent des mécanismes de défense. Parmi ces mécanismes l'ajustement osmotique, synthèse des solutés organiques, synthèse des osmoprotecteurs (**Bouassaba et al, 2018**).

Le présent travail a pour objectif, l'étude de d'effet du stress salin sur la croissance et le développement de la tomate (*Lycopersicon esculutum* L.). Ainsi que, la connaissance de certains mécanismes, liés à l'adaptation aux contraintes saline de la tomate, c'est à dire les réponses morphologiques et physiologiques.

Synthèse bibliographique

1. Généralités sur la tomate

La tomate est, une Solanacée annuelle buissonnante, produisant des grappes de fruits rouges (quelques fois jaunes). Elle est très demandée en toute saison de l'année pour la consommation soit en frais soit après transformation. Elle constitue, une source non négligeable de minéraux, vitamines et certains composés naturels secondaires ayant un potentielle anti oxydant important comme, le lycopène, qui donne sa couleur rouge aux tomates (Zidani, 2009).

1.1. Origine et historique

La tomate est, originaire des Andes d'Amérique de sud. Elle a été découverte en 1519 par Hermann Cortés dans le Golfe de Mexique (Herlan, 1987). La première évocation de la tomate en Europe est celle du botaniste italien Pietro Adreas Matthili en 1544. Ce dernier la présente comme une espèce portant (des fruits aplatis et côtelés, qui, du vert deviennent jaune d'or). Une décennie plus tard, il indique qu'il existe des tomates jaunes et des tomates rouges. Dans le vieux monde, les premières représentations graphiques de la tomate sont celles de Rembertus Dodonaeus (Anvers, 1553), Georg Oelinger (Nuremberg, 1553) et Castore Durante (Blancard, 2009). De là, sa culture s'est propagée en Asie du Sud et de l'Est et en Moyen Orient. L'apparition de la tomate en Afrique du Nord a lieu au XVIIIème siècle, au Maroc d'abord puis en Algérie et en Tunisie. On suppose que, l'origine de son introduction, est due aux Morisques chassés d'Espagne lors de la Reconquista. (Boumendjel et al, 2001)

En Algérie, ce sont les cultivateurs du Sud de l'Espagne (Tomateros), qui l'ont introduite. Étant donné que, les conditions lui sont propices. Sa consommation a commencée, dans la région d'Oran en 1905. Puis, elle s'est étendue vers le centre, notamment au Littoral Algérois (Latigui, 1984).

1.2. Classification et noms vernaculaires

La tomate, *Lycopersicon esculutum* L. est une plante herbacée annuelle à port buissonnant. Elle appartient à la famille des solanacées, incluant également l'aubergine, le poivron et la pomme de terre. Cette famille comprend 2300 espèces tropicales et subtropicales originaires de l'Amérique Centrale et de l'Amérique du Sud (D'arcy, 1991 cité par Doganlar, 2002). Elle est classée selon des critères différents liés à l'aspect botanique, la composition génétique et le type de croissance (Gallais et Bannerot, 1992).

En 1694, Tournefort est le premier, qui a distingué la tomate cultivée et à créer un nouveau genre pour classer cette espèce : le genre *Lycopersicum*, (**Peralta et Spooner 2007**).

Linné, en 1753, revoie la taxonomie de la tomate et l'intègre à nouveau dans le genre *Solanum* sous le nom spécifique de *Solanum lycopersicum*.

- **Règne** : plantae
- **Sous règne** : tracheobionta
- **Division** : magnoliophyta
- **Classe** : magnoliopsida
- **Sous classe** : asteridae
- **Ordre** : solanales
- **Famille** : Solanaceae
- **Genre** : *Solanum*
- **Espèce** : *Solanum lycopersicum* L.

1.3. Description botanique

La tomate est, une plante annuelle buissonnante, poilue et aux tiges plutôt grimpantes. Elle est aromatique lorsqu'on la froisse. Cette plante potagère herbacée voit sa taille varier de 40 cm à plus 5 mètres selon les variétés et le mode de culture (**Dumortier et al ,2010**). La racine de la tomate pivotante, pousse jusqu'à une profondeur de 50 cm ou plus. La racine principale produit une haute densité de racines latérales adventices. La tige présente un port de croissance entre érigé et prostré. Elle pousse jusqu'à une longueur de 2 à 4 m. Elle est pleine, fortement poilue et glandulaire. Les feuilles sont disposées en spirale de 15 à 50 cm de long et 10 à 30 cm de large. Les folioles sont ovées à oblongues, couvertes de poils glandulaires. L'inflorescence est une cyme formée de 6 à 12 fleurs. Le pétiole mesure entre 1,5 et 2 cm de diamètre. Elles poussent opposées aux-ou entre les feuilles. Le tube du calice est court et velu, les sépales sont persistants, jaunes et courbés. Il y a six étamines et les anthères ont une couleur jaune vif. Ils entourent le style, qui a une extrémité stérile allongée. L'ovaire est supère avec entre 2 et 9 carpelles. En générale la plante est autogame (**Boumaaza, 2015**).

Le fruit est une baie charnue, de forme globulaire ou aplatie avec un diamètre de 2 à 15 cm. Lorsqu'il n'est pas encore mûr, le fruit est vert et poilu. La couleur des fruits mûrs varie du jaune au rouge en passant par l'orange. En générale les fruits sont ronds et réguliers ou côtelés. Les grains sont nombreux, 21 en forme de rein ou de poire. Elles sont poilues, beiges,

3 à 5 mm de long et 2 à 4 mm de large. L'embryon est enroulé dans l'albumen. 1000 graines présentent approximativement 2,5 à 3,5 g (Figure 1) (Naika et al, 2005)



Figure 1: Description de la tomate (Blancard et al, 2009)

1.4.Exigences pédoclimatiques

La tomate, est une plante d'origine tropicale, elle présente des exigences particulières : elle est sensible au froid, craint beaucoup le gel et les vents chauds et très exigeante en température.

1.4.1. Température et la lumière

La température, est le facteur le plus déterminant, dans la production de la tomate. Celle-ci réagit énormément aux variations thermiques qui, ont lieu pendant le cycle de croissance (Tableau 01). La température optimale pour la plupart des variétés se situe entre 21 et 24°C. Les plantes peuvent surmonter un certain intervalle de températures, mais en dessous de 10°C et au-dessus de 38°C les tissus de la plante seront endommagés (Naika et al, 2005).

Tableau 1: Températures requises pour les différentes phases de développement d'un pied de tomate (Naika et al, 2005)

Phase	Température (°C)		
	Min	Intervalle optimal	Max
Germination des graines	11	16-29	34
Croissance des semis	18	21-24	32
Développement de la couleur rouge	10	20-24	30

Les basses températures, ralentissent la croissance et le développement des plantes en entraînant un raccourcissement des entre-nœuds. Elles favorisent la formation d'un feuillage abondant au détriment de la production. Comme elles peuvent entraîner des difficultés de nouaison (**IAV, 1999**). En revanche, les températures élevées, réduisent la formation des fruits et inhibent le développement de la couleur normale de fruits (**Benton, 1999**). En ce qui concerne la température du sol, la tomate est aussi exigeante. L'optimum se situe entre 14 et 18 °C (**IAV, 1999**).

Les exigences de la tomate en lumière, sont aussi très grandes. La tomate est une culture neutre à la photopériode. Cependant, elle est exigeante en énergie lumineuse notamment, pour l'initiation florale (**Philouze et Hedde, 1993**).

La réduction de la lumière, baisse le pourcentage de germination du pollen. En temps couvert, la déhiscence des anthères est mauvaise. En revanche, le déficit de lumière, est compensé par les températures élevées sous les serres (effet serre) (**IAV, 1999**).

1.4.2. Eau et humidité

Les besoins en eau de la tomate se situent entre 4000 et 5000 m³/ ha. Ces besoins varient en fonction des différentes phases physiologiques de la plante (**ITCMI, 1995**). Ces besoins, peuvent être couverts par des apports de 25 % des besoins globaux durant la phase végétative, 50 % durant le pic des cueillettes et 25 % durant la dernière phase de la culture (**Elattir et al, 2003**). Une humidité relative de 60 à 65 % est jugée optimale durant tout le cycle (**ITCMI, 1995**).

Une carence en eau, provoque la chute des bourgeons et des fleurs ainsi que, le fendillement des fruits (**Naika et al, 2005**). Par contre une humidité trop élevée, couplée à une température élevée, entraîne une végétation luxuriante avec un allongement des entrenœuds. Elle favorise aussi le développement des maladies, notamment, le botrytis et le mildiou (**IAV, 1999**).

1.4.3. Éléments fertilisants et le sol

Les besoins de la tomate en éléments fertilisants sont importants. Ils demandent à être ajustés en fonction de la technologie de production, de la nature du sol, de la stratégie d'irrigation et du rendement escompté (**Péron, 2006**).

Bien que la tomate, puisse être cultivée, dans presque tous les sols, les terres de texture sablonneuse ou sablo-limoneuse, profondes, meubles, bien aérées, bien drainées et riches en humus sont considérées les plus convenables. Elle pousse le mieux dans des sols où la valeur du pH varie entre 5,5 et 6,8 et où l’approvisionnement en éléments nutritifs est adéquat et suffisant (Naika et al, 2005). Elle est classée parmi les plantes à tolérance modérée vis à vis de la salinité (IAV, 1999).

1.5.Composition chimique de la tomate

La flaveur de la tomate, c'est-à-dire son goût (sucré, salé, amer ou acide) et son arôme résulte de la présence et de l’interaction entre les différents composés chimiques. Les principaux composés chimiques de la tomate sont résumés dans le (Tableau 02).

Tableau 2: Principaux composés chimiques de la tomate.

Sucres	Acides organiques	Acides aminées	Vitamines et minéraux	L'arôme
<p>Ce sont des composés majeurs du goût. Le contenu total en sucres d'un fruit de tomate se situe autour de 50% de la matière sèche, dont 25% de fructose et 22% de glucose (Davies et Hobson, 1981).</p> <p>L'amidon est en quantité négligeable dans le fruit mûr et ne participe pas au goût sucré, mais il peut conférer une texture farineuse. La teneur en saccharose dépasse rarement 0.1% de la matière sèche chez la plupart des espèces cultivées. En revanche, chez certaines espèces sauvages le saccharose est le sucre majoritaire (Yelle et al, 1988).</p> <p>Parmi les sucres réducteurs, le fructose a un pouvoir édulcorant plus important que le glucose et contribue largement au goût sucré de la tomate.</p>	<p>Sont des composés importants dans la détermination de la saveur puisque'ils sont responsables de la saveur acide du fruit. Chez la tomate, ils représentent plus de 10% de la matière sèche.</p> <p>L'acide citrique est l'acide organique majoritaire dans la tomate (60% des acides organiques totaux), suivi de l'acide malique (4%) qui a pourtant un effet plus grand que l'acide citrique sur le goût acide du fruit (Davies et Hobson, 1981).</p>	<p>Les acides aminés affectent la flaveur du fruit par leur propre goût et leur propriété d'exhausteurs de goût. Ils représentent 2 à 2.5% de la matière sèche de la tomate, l'acide glutamique étant la forme majoritaire (Kader et al, 1978).</p>	<p>Du point de vue de la teneur en vitamines et minéraux, la tomate est assez pauvre par rapport aux autres fruits et légumes. Les minéraux constituent seulement 8% de la matière sèche, les sels de potassium et de phosphore étant les sels majoritaires (Davies et Hobson, 1981).</p> <p>Leur effet sur le goût du fruit concerne principalement le pH et l'acidité titrable. Les sels ont, de plus, la propriété d'intensifier la saveur sucrée de la tomate.</p> <p>Les Principales vitamines présentes dans la tomate sont les vitamines C et A. En plus de leur Intérêt nutritionnel, les vitamines jouent un rôle important dans la qualité organoleptique en Tant que précurseurs d'arômes.</p>	<p>L'arôme naturel de la tomate résulte d'interactions complexes entre de nombreux Composés présents dans le fruit. Plus de 400 composés aromatiques ont été identifiés chez La tomate (Petro-Turza, 1986). Il s'agit de molécules volatiles, présentes pour la plupart à l'état de trace, sensibles à la chaleur et qui appartiennent à des familles chimiques extrêmement diverses : sucres, acides aminés, acides gras, mais aussi vitamines et caroténoïdes.</p>

1.6. Répartition géographique de la tomate

Le genre *Lycopersicum*, qui comprend 9 espèces, est originaire des Andes d'Amérique du Sud, du centre de l'Equateur jusqu'au Nord du Chili en passant par le Pérou. C'est une espèce endémique des Iles Galapagos. Les plantes sauvages de *Lycopersicon esculantum*, ont une répartition plus large. Elles ont peut-être été introduites, plus récemment dans d'autres régions d'Amérique du Sud et au Mexique. Les données archéologiques, ethnobotaniques et linguistiques, suggèrent que, la tomate a été domestiquée au Mexique, hors de son centre d'origine.

Peu après la conquête du Mexique par les Espagnols en 1521, la tomate cultivée fut importée en Europe, où ses fruits ne furent pas d'emblée considérés comme comestibles (sauf en Italie) en raison de la supposition erronée, qu'ils étaient vénéneux comme ceux de nombreuses autres espèces de *Solanaceae*. De l'Europe, la tomate fut introduite en Asie du Sud et de l'Est au XVII^e siècle, et plus tard aux Etats-Unis, en Afrique et au Moyen-Orient. Dans le monde entier, la tomate est devenue l'un des légumes les plus importants (Figure 2) (Chauvet, Michel, 2018).

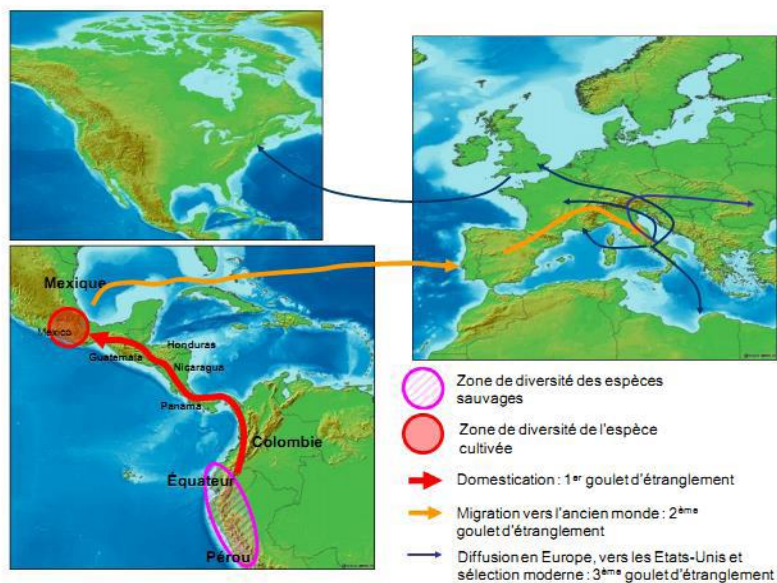


Figure 2 : Histoire hypothétique de la domestication de la tomate. Les fonds de carte proviennent du DEMI-World Map Server (Nicolas, 2010)

2. Stress salin

Plusieurs auteurs, ont défini la salinité des sols et des eaux comme étant la présence de concentration excessive de sels solubles, ou lorsque les concentrations en (Na^+) , (Ca^{2+}) , (Mg^{2+}) sous formes de chlorures, carbonates, ou sulfates sont présentes en concentrations anormalement élevées (Asloum, 1990). Ce type de stress est essentiellement dû au NaCl en

conditions naturelles (**Sun et Zheng, 1994**). Il caractérise les zones arides et semi arides, surtout là où l'irrigation est pratiquée (**Ashraf, 1994**). La salinité déclencherait un stress environnemental très significatif chez les plantes cultivées, qui constitue un obstacle majeur sur la productivité agricole (**Ben kaddour, 2014**).

2.1. Définition de la salinité

Dans le contexte de l'agriculture, la salinité peut être définie comme étant la quantité de sels dans le sol (**Gorham, 1992**). La salinisation, peut être définie, comme étant le processus d'accumulation des sels minéraux solubles dans le sol à des niveaux nuisibles pour les plantes (**Tanji, 2004**). Ces sels dissouts sont constitués d'un mélange de cations (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , ...) et d'anions (Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , HCO_3^- , ...) (**Tanji, 2004**). La salinité d'un sol se mesure par la conductivité électrique (CE) d'un extrait de pâte diluée. Un sol est considéré comme salé, lorsque sa conductivité électrique, est supérieure à 4 déci-siemens par mètre (dS/m) correspondant à 40 Mm de NaCl soit 2,4 g/l (**Hillel, 2005**). Le Tableau 03, montre la classification des sols salés en fonction de la conductivité électrique (**Loyer et Le Brusq, 1982 ; Daffé et Sadio, 1988**).

Tableau 3: classification des sols salés (**Loyer, 1991**)

Conductivité électrique (Ds/m)	Appréciation
$\text{CE} \leq 4$	Sol non salé
$4 < \text{CE} \leq 15$	Sol salé
$15 < \text{CE} \leq 35$	Sol très salé
$\text{CE} > 35$	Sol sur salé

2.2. Principaux sels solubles

Les principaux sels responsables de la salinité de l'eau, sont les sels de calcium (Ca^{2+}), de magnésium (Mg^{2+}), de sodium (Na^+), de potassium (K^+), les chlorures (Cl^-), les sulfates (SO_4^{2-}) et les bicarbonates (HCO_3^-). Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution. Ce qui rend plus difficile l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par la plante. Une salinité trop élevée peut causer des brûlures racinaires (**Craaq, 2006**).

2.3.Définition de stress salin

L'eau est un élément important pour les plantes. Mais parfois cet élément est difficile à être assimilé suivant le milieu naturel. En effet, en cas de stress salin le végétal rencontre un problème en absorbant le sel qui, affecte les activités physiologiques des cellules d'une part et d'autre part, abaisse le potentiel hydrique du sol. Ceci a un impact sur l'alimentation de la plante.

Les plantes ont des réponses différentes à cette contrainte. Les glycophytes leur croissance est réduite (**Heller, 1988 ; Hopkins, 2003 ; Belkhodja et al, 2004 ; Cal, 2006**). En revanche, les halophytes peuvent développer des réponses physiologiques vis-à-vis de ce problème (**Heller et al, 2004**).

2.4.Effet de stress salin sur les différents stades physiologiques de la plante

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

En outre, la sensibilité d'une espèce au sel 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 (**Momayezi et al, 2009**).

2.4.1. Effet sur la croissance

L'exposition des plantes au stress salin débute, habituellement avec l'exposition des racines à ce stress. Etant donné, que, la salinité dans le sol affecte la disponibilité des éléments nutritifs et de l'eau, en créant un stress osmotique. C'est la sécheresse physiologique, en provoquant la réduction générale de la croissance et de la photosynthèse des plantes (**Munns et Tester, 2008**). Cependant, le phénomène de l'inhibition de la croissance d'après **Munns et al, (2006)** est dû à deux raisons, tout d'abord, la présence de sel dans la solution du sol qui, réduit la capacité de la plante à absorber l'eau. Cela conduit à une croissance plus lente, par effet osmotique ou un déficit hydrique. Et à des quantités excessives de sel dans le flux de transpiration qui, endommagent les cellules foliaires responsables de la transpiration, qui réduit encore la croissance (Figure 03).

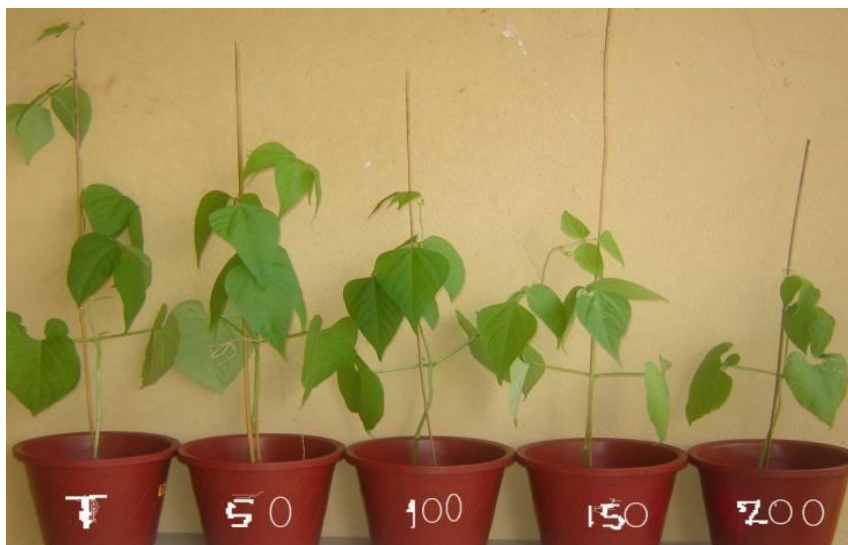


Figure 3: Hauteur des plantes en présence de différentes concentrations de NaCl par rapport au témoin (**Bouhaddi, 2009**).

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

Des expériences ont confirmé que, la salinité réduit la capacité des plantes à utiliser l'eau. Elle entraîne une réduction de taux de croissance, ainsi que des changements dans les processus métaboliques de la tomate (**Cramer et al, 1995 ; Cuartero et Fernandez-Munöz, 1998 ; Gama et al, 2007**). En effet, les plantes, qui poussent, dans des conditions salines, sont stressées essentiellement de trois manières : la réduction de leur potentiel hydrique dans la zone racinaire provoquant un déficit en eau, une phytotoxicité de ces ions tels que le Na et le Cl et un déséquilibre des éléments nutritifs par la dépression dans l'absorption et/ou le transport.

La salinité affecte, les plantes physiologiquement, leurs les réponses varient considérablement selon l'espèce, le stade de croissance et les conditions climatiques de la culture (**Ashraf et al, 2008**). Ainsi, les plantes halophytes dicotylédones, montrent une croissance optimale à des concentrations de 50-250 Mm de NaCl (**Flowers et al, 1986**).

Tandis que, les halophytes monocotylédones, poussent généralement de manière optimale en l'absence de sel ou, si la croissance est stimulée par une faible concentration de 50 Mm de NaCl ou moins (**Glenn et al, 1999**).

La réponse de la croissance de différentes plantes à la salinité, indique que, la réaction de certains chevauchements d'espèces cultivées/halophytes (**Maas, 1986**). La position individuelle d'une espèce dans ce spectre, n'est pas constante. Mais peut changer en fonction des facteurs tels que l'âge de la plante, le climat, le régime de l'humidité du sol, la fertilité des sols et les pratiques culturelles (**Munns et Tester, 2008**).

2.4.2. Effet sur le développement végétatif

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

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

Cependant, chez les halophytes, la croissance ne semble guère diminuer que, pour des concentrations beaucoup plus élevées. L'exemple des espèces de *Atriplex halimus L.* à partir de 500 mM de NaCl voit sa production diminuer (**Debez et al, 2003**). Et de *Cacile maritima*., la masse de sa partie aérienne, n'est réduite qu'à des concentrations de NaCl relativement élevées (300 à 500 mM). Alors qu'à 100 mM de NaCl aucun effet n'est observé (**Debez et al, 2006**).

L'inhibition de la croissance, observée dans de nombreuses plantes, soumises à la salinité, est souvent associée à une diminution de leur capacité de photosynthèse. La baisse des taux de photosynthèse nette induite par la salinité diffère dans les différents génotypes. En général, les taux de photosynthèse nette et de conductance stomatique des génotypes tolérants

au sel, sont moins affectés, par la salinité par rapport aux géotypes sensibles au sel (**Lopez-Climent et al, 2008**).

La limitation induite par le sel de la performance photosynthétique, peut être due à une limitation stomatique (**Debez et al, 2008**). La salinité limite, fortement la fixation photosynthétique du CO₂. Le taux d'absorption d'énergie lumineuse par les pigments photosynthétiques, dépasse le taux de sa consommation dans les chloroplastes (**Foyer et Noctor, 2005**).

La réduction de la croissance, due à la salinité, est également attribuée à la toxicité d'ions et au déséquilibre nutritionnel. Ce qui provoque non seulement une accumulation élevée de sodium (Na⁺) et de chlorure (Cl⁻) dans les plantes. Mais aussi affecte l'absorption des éléments nutritifs antagonistes essentiels tels que le potassium (K⁺), le calcium (Ca²⁺) et le magnésium (Mg²⁺), en concurrence avec le Na⁺ et les nitrates (NO³⁻) en contraste avec le Cl⁻ (**Zörb et al, 2005**). Le stress salin en plus des composants, connus du stress osmotique et à la toxicité d'ions, se manifeste aussi comme un stress oxydatif (**Esfandiari et al, 2007**).

2.5.Stratégie de tolérance et d'adaptation

L'adaptation des plantes au stress salin, consiste en leur capacité à maintenir leur croissance et leur rendement dans des environnements salés (**Ashraf, 1994**). La notion d'adaptation, est liée à celles de résistance et de tolérance aux stress. C'est un phénomène complexe, qui implique des particularités morphologiques, des mécanismes physiologiques, biochimiques et moléculaires variés (**Greenway et Munns, 1980**). Ces mécanismes interviennent à différents niveaux de la cellule et de l'organisme entier. Les végétaux, sont ainsi classés, en deux grands groupes suivant leur comportement vis-à-vis du sel : les glycophytes et les halophytes.

Dans les paragraphes suivants, nous proposons un passage en revue des mécanismes de tolérance à la salinité au niveau cellulaire ainsi que, les principales voies de signalisation suivies lors de l'adaptation et de la réponse au stress salin.

2.5.1. Exclusion et inclusion d'ions

Les glycophytes et les halophytes, ne peuvent pas tolérer de grandes quantités de sel dans le cytoplasme, donc dans des conditions salines. Ils limitent les sels en excès dans la vacuole ou compartimentent les ions dans différents tissus pour faciliter leurs fonctions métaboliques (**Zhu, 2003**). Les glycophytes, limitent l'absorption de sodium ou séparent le

sodium dans les tissus plus anciens, tels que les feuilles, qui servent de compartiments de stockage, qui sont éventuellement abattus (Cheeseman, 1988). L'élimination du sodium du cytoplasme ou de la compartimentation dans les vacuoles, est effectuée par un enzyme anti-sel Na^+/H^+ inductible par le sel (Apse et al, 2003). Cependant, l'inclusion d'ions dans le cytoplasme, peut conduire à un ajustement osmotique qui, est généralement accepté comme une adaptation importante à la salinité (Figure 04) (Hanana, 2009).

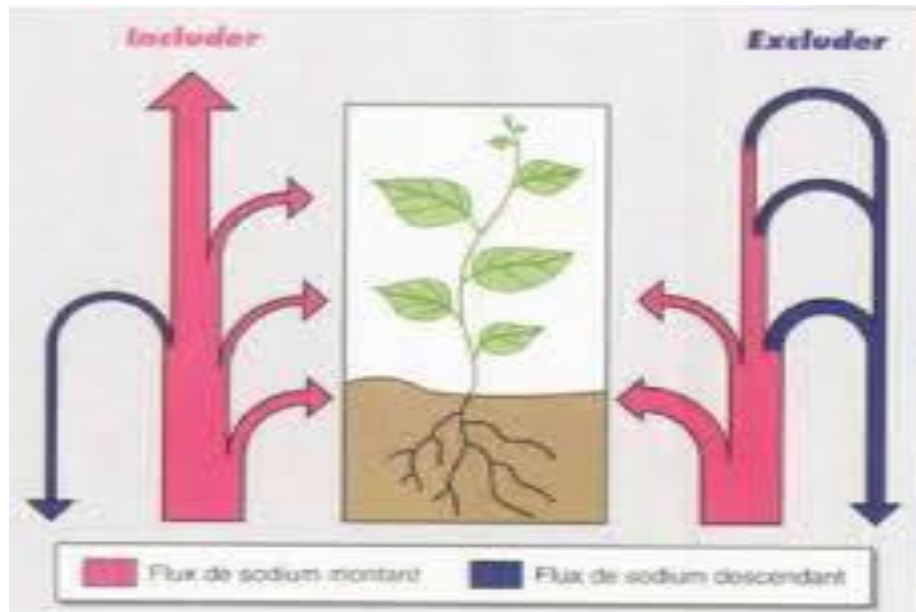


Figure 4: Schématisation de bilan de la circulation du sodium dans les plantes inclusion ou exclusion (Levigneron et al, 1995).

2.5.2. Synthèse des solutés compatibles

La présence de sel dans le milieu de croissance des plantes, conduit souvent à l'accumulation de composés de faible masse moléculaire, appelés solutés compatibles, qui n'interfèrent pas avec les réactions biochimiques normales (Hasegawa et al, 2000). Ces solutés compatibles comprennent principalement la proline et la glycine bêtaïne (Girija et al, 2002).

La proline joue, un rôle primordial dans l'ajustement osmotique, la protection des enzymes et des membranes, ainsi que comme réservoir d'énergie et d'azote pour être utiliser pendant l'exposition à la salinité (Ashraf et Foolad, 2009).

L'accumulation de composés contenant de l'azote tels que les acides aminés, les amides, les protéines et les polyamines, est souvent corrélée, avec la tolérance végétale au sel (Mansour, 2000). Ces composés sont rapportés pour fonctionner dans l'ajustement

osmotique, la protection des macromolécules cellulaires et le piégeage des radicaux libres **(Rahim, 2019)**.

D'autres solutés compatibles, qui s'accumulent dans les plantes, sous stress salin comprennent des glucides tels que les sucres (glucose, fructose, saccharose fructanes et de l'amidon) **(Parida et al, 2002)**. On rapporte que les polyols, constituent un pourcentage considérable, de solutés compatibles. Ils servent de piègeurs de radicaux oxygènes induits par le stress. Ils sont également impliqués dans l'ajustement osmotique et l'osmoprotection **(Noiraud et al, 2001)**.

2.5.3. Contrôle de l'absorption ionique par les racines

Les plantes régulent l'équilibre ionique, pour maintenir le métabolisme normal. Par exemple, l'absorption et la translocation d'ions toxiques tels que Na^+ et Cl^- , sont limitées, et l'absorption d'ions métaboliquement nécessaires tels que K^+ est maintenue augmentée. Ils le font en régulant l'expression et l'activité des transporteurs K^+ et Na^+ et de la pompe H^+ , qui génèrent la force motrice du transport ionique **(Zhu et al, 1993)**. Il est bien documenté qu'un degré plus élevé de tolérance au sel chez les plantes est associé à un système plus efficace pour l'absorption sélective de K^+ sur Na^+ **(Noble et Rogers, 1992)**.

2.5.4. Modification de la capacité photosynthétique

La réduction des taux de photosynthèse chez les plantes sous stress salin, est principalement due à la réduction du potentiel hydrique. À cet effet, certaines plantes, comme l'halophyte facultatif (*Mesembryanthemum crystallinum*), déplacent leur mode C3 de photosynthèse vers CAM **(Cushman et al, 1989)**. Ce changement, permet à la plante de réduire la perte d'eau en ouvrant les stomates la nuit. Dans les espèces tolérantes au sel comme *Atriplex lentiformis*, on observe un déplacement de la voie C3 vers C4 en réponse à la salinité **(Zhu et Meinzer, 1999)**.

La régulation de la biosynthèse du métabolisme et de l'activité de la chlorophylle, est primordiale pour les processus physiologiques. Cette régulation de la biosynthèse de la chlorophylle, peut être une bonne stratégie de défense. La biosynthèse de la chlorophylle, est une ramification de la voie de l'acide mévalonique, voie importante du métabolisme secondaire, les voies de ce point clé (α -levulunate), sont probablement détournées vers la biosynthèse des osmolytes compatibles **(Rahim, 2019)**

2.5.5. Induction d'antioxydant

Toutes les contraintes biotiques et/ou abiotiques, entraînent la production d'espèces réactives d'oxygène (ROS) (**Guo et al, 2004 ; Panda et al, 2015**), comme O_2^- (radical superoxyde), H_2O_2 (peroxyde d'hydrogène), O_2 (oxygène) et OH^- (radical hydroxyle) (**Puyang et al, 2015**). Ces espèces provoquent, des lésions aux biomolécules tels que les lipides membranaires, les protéines, les pigments, les enzymes, les acides nucléiques. Elles peuvent entraîner également des mutations de l'ADN (**Moller et al, 2007 ; Abogadallah, 2010**).

Les plantes possèdent, des systèmes efficaces, pour éliminer les espèces d'oxygène actif qui, les protègent des réactions oxydatives destructrices. Ces mécanismes peuvent être divisés en deux catégories selon l'implication directe ou indirecte des enzymes (**Sofo et al, 2004**).

La synthèse des métabolites secondaires, tels que le tocophérol, les polyphénols, les flavonoïdes, les alcaloïdes et les caroténoïdes, permet à la cellule végétale de se protéger contre les agents agresseurs provoqués par les contraintes du milieu (**Misirli et al, 2001**), ces mécanismes non-enzymatique maintien l'équilibre oxydo-reducteur de la cellule (**Leopoldini et al, 2011**).

Par ailleurs, les enzymes antioxydantes, sont des éléments clés dans les mécanismes de défense. **Garratt et al 2002**, ont énuméré certaines de ces enzymes comme la catalase (CAT), la glutathion-réductase (GR), le superoxyde dismutase (SOD) et la glutathion-S-transférase (GST). Superoxyde dismutase, qui métabolise les radicaux oxygène (O_2) en peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), protégeant ainsi les cellules des dommages. La catalase, la peroxydase d'ascorbate, est une variété de peroxydases, catalysent la décomposition subséquente de H_2O_2 en eau et en oxygène (**Garratt et al, 2002**).

Les plantes ayant des niveaux élevés d'antioxydants, présentent une plus grande résistance à ces dommages oxydatifs (**Spychalla et Desborough, 1990**). Le mécanisme par lequel la salinité, affecte les réponses antioxydants, n'est pas encore clair. Cependant, **Meneguzzo et Navarilzo, 1999** ont proposé que, ce soit par le changement de l'intégrité de la membrane causé par un Ratio Na^+ / Ca^{2+} élevé.

2.5.6. Induction des hormones végétales

Le niveau des hormones végétales telles que, l'acide abscissique et les cytokinines, augmente à la suite de la perception du stress au niveau racinaire. Ensuite le signal se propage vers le système vasculaire foliaire (**Vaidyanathan et al, 1999**).

Les effets inhibiteurs du NaCl sur la photosynthèse, la croissance et la translocation des assimilés, se sont révélés être atténués par ABA. Ils agissent sur l'ouverture et la fermeture des stomates (**Gronidin et al, 2015**). Il existe également des preuves de l'implication de l'ABA dans la phosphorylation/réversible des protéines, *via* des kinases de type MAPK (Mitogen Activated Protein Kinase), ou CDPK (kinases Ca²⁺-dépendantes) et des phosphates (**Kroniewicz, 2011**). La modification des niveaux de calcium cytoplasmique, est suivie d'une deuxième modification du Ca²⁺ cytosolique (**White et Broadley, 2003**).

L'augmentation de l'absorption de Ca²⁺ est associée à l'élévation de l'ABA sous stress salin. Elle contribue ainsi à l'entretien de l'intégrité membranaire. Ce qui permet aux plantes de réguler l'absorption et le transport à des niveaux élevés de salinité externe à plus long terme (**Chen et al, 2001**). L'ABA réduit la libération de l'éthylène et provoque l'abscission des feuilles probablement en diminuant l'accumulation d'ions Cl⁻ toxiques dans les feuilles (Figure 05) (**Gomezcadenas et al, 2002**).

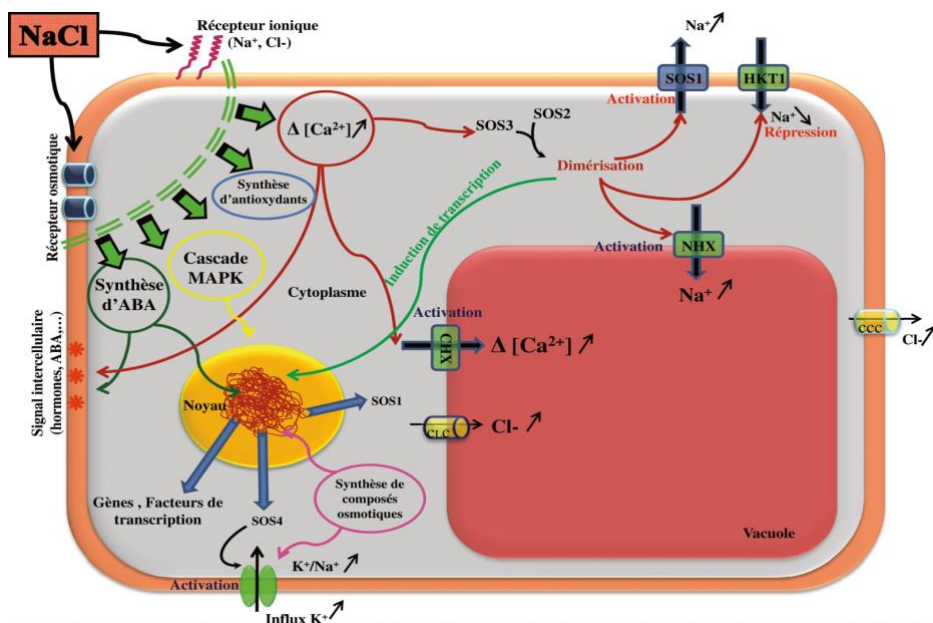


Figure 5: Synthèse des principaux mécanismes cellulaires de perception, signalisation et réponse au stress salin (NaCl) chez la plante (**Hanana et al, 2011**).

Matériel et Méthodes

3. Matériel et méthodes

Notre travail, est basé sur une étude rétrospective, portant sur des travaux antérieurs réalisés sur l'effet de stress salin sur la croissance et le développement de la tomate (*Lycopersicum esculuntum L.*), qui sont en relation avec le thème abordé dans ce mémoire de fin d'étude. Nous avons sélectionné cinq articles, qui ont traité les paramètres suivants :

- Paramètres biométriques (croissance).
- Paramètres physiologiques (pigments photosynthétique, éléments minéraux, proline et sucres solubles).

Le recours à la réalisation d'une synthèse bibliographique de travaux antérieurs, sur l'effet de stress salin sur la croissance et le développement de la tomate, dans des biotopes différents a été imposé, par les circonstances particulières, qu'a connues l'année pédagogique en cours, liées à la propagation de la pandémie du Covid19, qui nous a empêchées de concrétiser la démarche expérimentale que nous avons tracé.

3.1. Matériel végétal utilisé

Le matériel végétal utilisé dans l'étude sur le stress salin de la tomate par chaque auteur dans trois pays différents (Algérie, Tunisie et Maroc) est résumé dans le tableau 4.

Tableau 4: Matériel utilisé dans l'étude réalisée sur le stress salin de la tomate dans trois biotopes différents

Auteur	El-Iklil et al	Ould	Bacha et al	Benazzouk	Abbad et al
Lieu	Maroc	Mohamdi et al	Tunisie	et al	Algérie
		Maroc		Algérie	
Matériel végétal utilisé	Trois variétés : Vemar, Ramy et Edkawy	Deux variétés Campbl33 et Mongal	Les graines de tomate Cv.Microtom	Une variété Ailsa Craing	Deux géotypes de tomate, Marmande et Saint-pierre

3.2. Méthodes utilisées

Les méthodes utilisées pour chaque auteur les ces trois pays différents pour traités les paramètres biométriques : croissance et biomasse et les paramètres physiologiques : pigments photosynthétique, éléments minéraux, proline et sucre solubles pour chaque auteur sont regroupées dans le tableau 5.

Tableau 5: Méthodes utilisées pour les paramètres étudiés réalisé dans trois biotopes différents

Auteur	Méthodes
El-Iklil et al, 2002	<p>L'expérimentation a été conduite en plein sol, sous abri en plastique à aération latérale, températures oscillées entre 20 et 35 °C. le semis en pépinière a été effectué sur la tourbe, au stade cinq feuilles commencez l'irrigation avec des solutions concentrées en sel (0, 50, 100 et 200 mM de NaCl).</p> <p>Chlorophylle a et b ont été extrait par la diméthyl-foramide et déterminées au spectrophotomètre. Le dosage de la proline a été effectué selon la méthode d'Idihia (1995). La concentration des éléments minéraux ont été déterminées à l'aide de spectrophotomètre.</p>
Ould Mohamdi et al, 2011	<p>Dans des conditions contrôlées de température, humidité et éclairage, les plantules sont transplantées dans des pots en plastique remplis de solution nutritive en présence ou en absence de NaCl (0, 17, 50, 85 et 130mM). Le dosage des pigments chlorophylliens dans les feuilles est effectué selon la méthode de Mc Kinney (1941).</p> <p>Dosage des sucres solubles est effectué selon la méthode Dubois, la teneur en proline est déterminée selon la méthode de Bates (1973).</p>
Bacha et al, 2015	<p>Les graines ont été germés à 28°C dans la vermiculite, après 7 jours cultivées dans des systèmes hydroponiques aères pendant 14 jours dans une solution de contrôle (température 25°C pendant le jour et 20°C pendant la nuit avec PH ajusté à 5.5), ensuite ont été transférées dans la solution saline avec différentes concentrations (1, 25, 100,150 et 200 mM de NaCl).</p> <p>La concentration des éléments minéraux ont été déterminés par un spectromètre Iris Intrepid ICP.</p>

**Benazzouk
et al, 2018**

En conditions hydroponiques, les plantules de tomate sont exposées pendant 7 jours à la toxicité saline (150 mM NaCl) en présence ou en absence de vermicompost (6ml/l). Les teneurs en Na⁺ et en K⁺ sont ensuite estimées par mesure au spectromètre d'absorption atomique (Thermo Scientific Series S). les teneurs en proline sont estimées par la méthode de la ninhydrine acide 1% dans 60% d'acide acétique (v/v) et extraction par le toluène.

**Abbad et
al, 2019**

En condition semi contrôlées irriguées avec une eau chargée en sodium apporté sous forme de NaCl ou de Na₂SO₄ avec le même nombre d'équivalent gramme par litre (30,65meq/L) durant 20, 65 et 110 jours.

La teneur en matière sèche (%) a été estimée à l'aide de l'équation: $MS\% = [(FW - DW) / DW] * 100$.

La proline a été extraite et dosée selon les méthodes **Troll W. et Lindesly J, 1995.**

Résultats et Discussion

4. Résultats et discussion

4.1. Etude rétrospective de quelques paramètres de la salinité

4.2. Résultats de l'étude rétrospective

Les tableaux 6, 7, 8, 9 et 10 résument les travaux réalisés, sur l'effet de la salinité sur quelques variétés de la tomate dans trois pays différents (Algérie, Maroc et Tunisie). Dans ces travaux, les auteurs ont mis en évidence l'effet de la contrainte saline sur quelques paramètres : paramètres biométriques (croissance et biomasse) et paramètres physiologiques (pigment photosynthétique, éléments minéraux, proline et sucres solubles).

Tableau 6: Effet du stress salin sur quelques paramètres biométriques et physiologiques selon l'étude d'**El-Ikilet et al, 2002.**

Auteur La date Le lieu	Variété	[] de sel	Pigment photosynthétique	Teneur en éléments minéraux	Teneur en proline
El-Iklil et al, 2002 Maroc	Vemar, Ramy et Edkawy	0, 50, 100 et 200 mM	Réduction de la chlorophylle a et total chez les variétés, Vemar est la moins affectée par la salinité.	Le rapport de sélectivité K^+/Na^+ a diminué dans les feuilles et dans les racines de tous les génotypes.	l'accumulation de la proline a augmenté dans les feuilles, les pétioles et les fruits des quatre génotypes de la tomate sous l'effet du stress salin. les teneurs en proline sont, plus importantes dans les feuilles

Tableau 7: Effet du stress salin sur quelques paramètres biométriques et physiologiques selon l'étude d'**Ould Mohamdi et al, 2011.**

Auteur La date Le lieu	Variété	[] de sel	Paramètre biométrique (croissance)	Pigment photosynthétique	Teneur en proline	Teneur en sucre soluble
. Ould Mohamdi et al, 2011 Maroc	Campbl 33 et Mongal	NaCl : 0, 17, 50, 85 et 130 mM.	Diminution de biomasse (partie aérienne et racinaire, la hauteur de la tige, la variété Campbell33. a connu une réduction de 39% à 130 mM et la variété Mongal 32% par rapport au témoin.	la chlorophylle a diminuée de 61 et 65% à 85 et 130 mM , la chlorophylle b a été réduite de 74 et 76% par rapport au témoin. Réductions caroténoïdes et xanthophylles	La teneur en proline dans les feuilles a légèrement augmenté avec l'augmentation de la concentration saline.	Accumulation de sucres solubles dans les feuilles.

Tableau 8: Effet du stress salin sur quelques paramètres biométriques et physiologiques selon l'étude de **Bacha et al, 2015**.

Auteur La date Le lieu	Variété	[] de sel	Paramètre biométrique (croissance)	Teneur en éléments minéraux	Teneur en proline
Bacha et al, 2015 Tunisie	cv. Microtom	1.25, 50, 100, 150, 200, mM de NaCl	L'augmentation de Na + dans la solution a diminué la croissance. Cette diminution est observée (feuilles) à 150 Mm de salinité par rapport au traitement de contrôle	Dans la partie aérienne (les feuilles) de la tomate Microtom, entre les traitements 1mM et 150 mM de NaCl, on remarque compétition dans l'accumulation de K ⁺ et Na ⁺ dans les feuilles de <i>Microtom</i>	La synthèse de la proline augmente progressivement et plus précisément dans les feuilles de <i>Microtom</i> entre 50 mM et 200 mM NaCl

Tableau 9: Effet du stress salin sur quelques paramètres biométriques et physiologiques selon l'étude de **Benazzouk et al, 2018**.

Auteur La date Le lieu	Variété	[] de sel	Paramètre biométrique (croissance)	Teneur en éléments minéraux	Teneur en proline	Teneur en sucre soluble
Benazzouk et al, 2018 Algérie	Ailsa Craig	150 mM de NaCl	Le sel a un effet sur la production de biomasse. des parties aériennes que des racines. Les teneurs en eau diminuent	Le sel induit une réduction des teneurs en K : le rapport K/Na passe de 49,5 au niveau des feuilles de plantes témoins à 1,76 au niveau des feuilles de plantes exposées au NaCl	L'addition de NaCl induit une accumulation importante de proline. Les teneurs en proline demeurent plus élevées au niveau des parties aériennes.	La salinité induit une augmentation des teneurs en sucres solubles dans tous les organes.

Tableau 10: Effet du stress salin sur quelques paramètres biométriques et physiologiques selon l'étude d'Abbad et al, 2019.

Auteur La date Le lieu	Variété	[] de sel	Paramètre biométrique (croissance)	Pigment photosynthétique	Teneur en proline
Abbad et <i>al.2019</i> Algérie	Marmande et Saint- Pierre,	NaCl ; Na ₂ SO ₄	pour Na ₂ SO ₄ le Marmande et Saint- pierre diminué significativement 61, 62% et 29, 59% respectivement et pour le NaCl la diminution notamment dans le Marmande 10, 75% et réduction plus faible en Saint pierre 1, 14%	Les deux pigments (chlorophylle a et b) ont montré une diminution significative, ces diminutions étaient plus importantes pour la chlorophylle a que la chlorophylle b	Le traitement Na ₂ SO ₄ augmente la teneur de proline en racine. Le traitement an NaCl permet d'augmenter cette teneur plus rapidement

Pour s'adapter au stress salin la plante, peut éviter les dommages par la réduction de la croissance. C'est l'effet le plus commun des stress abiotiques sur la physiologie des plantes (**Benmahioul et al, 2009**).

Les résultats obtenus par **Ould Mohamdi et al, (2011)** montrent que, la croissance des parties aériennes et souterraines, sont sévèrement affectées par la salinité à partir de 50 mM de NaCl. Cette diminution à toucher les deux variétés de la tomate essentiellement la variété Mongal. Ceci corrobore avec les résultats de (**El- Iklil et al, 2002 ; Bacha et al, 2015 ; Benazzouk et al, 2018 ; Abbad et al, 2019**).

Bacha et al, (2015) ont montré que, la synthèse de proline augmente progressivement et plus précisément dans les feuilles de Microtom entre 50 mM et 200 mM NaCl. Ces résultats sont, similaires à ceux obtenus par les autres auteurs (**El-Ikilet et al, 2002 ; Ould Mohamdi et al, 2011 ; Benazzouk et al, 2018 ; Abbad et al, 2019**). En effet **Hassani et al, 2008**, ont suggéré que, la capacité d'augmentation la synthèse de la proline en état de stress salin, peut déterminer les niveaux de tolérance de la plante à la salinité avec une fonction de protection de la membrane cellulaire, qui participe à l'ajustement osmotique.

Les travaux d'**El-Ikilet et al, (2002)**, montré que, la teneur en chlorophylle est significativement réduite sous l'effet de stress salin au niveau des plants de la tomate. Ces résultats corroborant avec ceux de (**Ould Mohamed et al, 2011 ; Abbad et al, 2019**).

La réduction de la chlorophylle (a) et chlorophylle (b), est peut être liée à la sensibilité de la biosynthèse du chlorure de sodium. Ce dernier affecte moins la voie de biosynthèse de chlorophylle (b) (**Rahim et al, 2013**).

L'étude d'**El-Ikilet et al, (2002)**, montre que le rapport de sélectivité K^+/Na^+ , a diminué dans les feuilles et dans les racines de tous les génotypes suite à l'augmentation de la salinité. Le rapport K^+/Na^+ a été plus élevé dans les feuilles que dans les racines. Ce qui montre que, la sélectivité dans les feuilles est en faveur du potassium. Ces résultats corroborent avec ceux de (**Bacha et al, 2015 ; Benazzouk et al, 2018**).

En milieu salin, les plantes absorbent des quantités importantes de Na et de Cl. Mais le transport et l'accumulation de ces éléments, semblent souvent dépendre du degré de tolérance de l'espèce considérée (**Munns et al, 2006**).

Selon **Almeida et al, (2010)**, la tolérance à la salinité chez la tomate, est souvent associée aux capacités particulières de maintenir une teneur élevée en K. L'efficacité d'absorption et d'utilisation du K, qui agit comme osmoticum, est donc capitale dans l'adaptation au stress salin (**Hamraoui et al, 2011**).

Benazzouk et al, (2018) ont signalé que, l'application des niveaux élevés du sel s'accumule chez les plants de la tomate. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par **Ould Mohamdi et al, (2011)**, qui montrent que, les deux variétés testées, ont confronté le stress salin par une forte accumulation de sucres solubles foliaire.

L'accumulation des sucres solubles, est suggérée comme indice de résistance au stress salin (**Munns et al, 2006**). Plusieurs auteurs comme **Ashraf et Tuffail, (1995)** ont montré que, les sucres solubles s'accumulent chez des variétés de tournesol selon leur degré de tolérance à la salinité. Mais également, ils ont constaté que, les variétés tolérantes, accumulent des proportions plus importantes de sucres que celles des variétés sensibles.

L'étude de **Benazzouk et al, (2018)** montre que, l'application de vermicompost, permet d'augmenter la résistance de la tomate à la salinité. En effet les plantes exposées, au sel en présence de vermicompost, présentent une meilleure croissance que, les plantes exposées au NaCl en l'absence d'amendement organique.

Conclusion

Conclusion

Les réactions biochimiques de la tomate face au stress salin touchent plusieurs Composantes notamment les taux des pigments chlorophylliens, les sucres solubles totaux, protéines totales. L'analyse de ces composantes permet de comprendre le comportement du végétal dans les conditions salines et définir les critères biochimiques de la tolérance au sel.

Les travaux antérieurs, ont montré que, les teneurs en chlorophylle a et b, sont des paramètres très sensible, qui renseigner sur le degré de tolérance de la culture de tomate à la salinité. L'accumulation des osmoprotecteurs tels que La proline et les sucres solubles, réduisent l'impact de stress salin sur la croissance de la tomate.

L'étude de la réponse morpho-physiologique, de la tomate en milieu salin n'est pas une finalité en soit, elle constitue le point de départ d'étude plus ciblées. Ce type d'approche permet d'avoir une vue globale de la réaction de la plante à son environnement, et potentiellement intéressante pour des études futures possibles sur l'identification des gènes conférant la tolérance aux stress abiotiques et leur transfert à des fonds génétique plus performant.

Aussi le facteur hormonal, comme l'acide salicylique, pour atténuer l'effet dépressif du sel sur la morpho- physiologie, de la tomate permettrait de préconiser son usage dans les programmes de l'amélioration de la tomate aux stress abiotiques et biotiques.

Références Bibliographiques

Références Bibliographiques

- **Abbad M, Snoussi S, Djerdjouri A and Ghanem B, 2019.** Comparative effect of two varieties of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) to salinity. *Revue Agrobiologia* 9(2) : 1601-1609.
- **Abidi L, Snoussi S, et Brade M, 2016.** Effet d'un biofertilisant sur la qualité technologique et nutritionnelle de deux variétés de tomate cultivées sous serre. *Revue agrobiologia*, volume 6(1).
- **Abogadallah G.M., 2010-** Antioxidative defense under salt stress. *Plant Signaling and Behavior*, vol. 5(4), p. 369-374.
- **Arbaoui M, 2016** Effet de stress salin sur des plantules de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivées sur substrat sableux amendé en Bentonite. Thèse doctorat, p 25-26.
- **Ashraf M., 1994.** Salt tolerance of pigeon pea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) at three growth stages. *Ann. Appl. Biol.*, 124: 153-164.
- **Ashraf M., Foolad M.R., 2009-** Improving plant abiotic-stress resistance by exogenous application of osmoprotectants glycinebetaine and proline. *Environmental and Experimental Botany*, vol. 59, p.206-16.
- **Ashrah M, 1994.** Breeding for salinity tolerance in plants. *Critical Review of plant Science*, **13**: 17-42.
- **Asloum H., 1990.** Elaboration d'un système de production maraîchère (Tomate, *Lycopersicum esculentum* L.) en culture hors sol pour les régions sahariennes. Utilisation de substrats sableux et d'eaux saumâtres. Thèse de doctorat, développement et amélioration des végétaux, Université de Nice Sophia- Antipolis: 24- 32.
- **Bacha H, Mansour E, Guasmi F, Triki T et Ferchichi A, 2015-**proline, glycine bétaine et composition minérale des plantes de *solanum lycopersicum* L. (ver. Microtom) sous stress salin. *Journal of new sciences Agriculture and Biotechnology* 22(3), 1007-1013
- **Ben kaddour M ,2014** – Modification physiologiques chez des plantes de blé (*triticum durum* Desf) exposées à un stress salin. Thèse de Doctorat, p.04.
- **Benazzouk S, Lutts S., et Djazouli Z, 2018-** l'atténuation du stress salin par l'extrait de vermicompost chez *solanum lycopersicum* L. En mobilisant les mécanismes de tolérance au sel. *Revue Agrobiologia* 8(2) :1136-1144.

- **Benmahioul, B. F., Daguin, A., kaid-Harche, 2009** Effet du stress salin sur la germination et la croissance in vitro du pistachier (*Pistacia vera* L.), Comptes rendus biologies, vol. 332, n°8, pp 752-758.
- **Benton J., 1999:** Tomato plant culture in the field, greenhouse and home garden. Ed. CRS Press. Washington. 80p.
- **Blancard. D, Laterrot. H, Marchoux. G, et Candresse T, 2009 :** les maladies de la tomate : Identifier, connaitre, maitriser. Grands Angustins, paris.p, 18, 20.
- **Bouhaddi K, 2009,** réponses physiologiques, biochimique et anatomique chez le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) au stress de la salinité. Diplôme Magister.
- **Boumaaza B, 2015-** effet de la salinité et de *Botrytis cinerea* sur les comportements écophysiological et biochimique de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller). Thèse Doctorat.p176.
- **Boumendjel M, & Boutebba ,2001-**Effet des traitements thermiques sur les antioxydants de la tomate. Synthèse (Annaba) 11:78-85
- **Boutahraoui A, Derouiche B et Snoussi S, 2017.** Production de plantes de tomate par voie végétative dans un milieu salin. Revue agrobiologia 7(1) : 242-246.
- **Chauvet, Michel, 2018.** Encyclopédie des plantes alimentaires. Paris p880
- **Cheeseman M., 1988-** Mechanisms of Salinity Tolerance in Plants. *Plant Physiol*, vol 87, p. 547-550.
- **Chen L.I.J., Wang S., Huttermann A., Altman A., 2001-** Salt, nutrient uptake and transport and ABA of *Populus euphratica*, a hybrid in response to increasing soil NaCl. *Tree-Struct. Funct*, vol. 15, p. 186-194.
- **Craaq, 2006,** principaux critères pour évaluer la qualité de l'eau en micro-irrigation, colloque sur l'irrigation. P. 12.
- **Cramer, M.D., Schierholt, A., Wang, Y.Z., and Lips, S. H. 1995.** The influence of salinity on the utilization of root anaplerotic carbon and nitrogen metabolism in tomato seedlings. *Journal of Experimental Botany*, 46(10), 1569-1577.
- **Cuartero, M.D., and Fernander-Munoz, R. 1999.** Tomato and salinity. *Scientia Horticulturae*, 78, 83-125.
- **Cushman J.C., Meyer G., Michalowski C.B., Schmitt J.M., Bohnert H.J., 1989-** Salt stress leads to differential expression of two isogenes of PEPCase during CAM induction in the common Ice plant. *Plant Cell*, vol. 1, p. 715-725.

- **Daffé M. et Sadio S, 1988.** Étude de Régénération des sols salés du Bassin du Sine Saloum. Notice carte pédologique des sols et zonage (1 sur 15.000). Projet UNSO SEN 83 X 02 DRPF/ISRA Hann Dakar Sénégal.
- **Davies, J., and Hobson, G, 1981.** The constituents of tomato fruit_ the influence of environment, nutrition and genotype. *Crc Critical Reviewsin Food Science and Nutrition* 15, 205-280.
- **eBaltazar S., 2010-** Biodiversité chez la tomate, stratégie de conservation et valorisation de collection « luc fichot ». Rapport final, Phytotechnie et horticulture. Gembloux agro bio tech, 105 p
- **Elattir H., Skiredj A. et Elfadl A., 2003 :** Fiches techniques V : La tomate, l'aubergine ,le poivron, le gombo. Plan National de Transfert de technologie en Agriculture (PNTTA) N°100. 04 p.
- **El-iklil Y, Karrou M, Mrabet R, et Benichou M, 2002** effet du stress salin sur la variation de certains metabolites chez lycopersicon esculentum et lycopersicon sheesmanii. *Can. J. Plant Sci.* 82 :177-183
- **Gallais A, et Bannerot H, 1992-**Amélioration des espèces végétales cultivées. Objectif et critères de sélection. Ed. INRA. Paris .
- **Gama, P.B.S., Inanga, S., Tanaka, K. and Nakazawa, R. 2007.** Physiological response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings to salinity stress. *African Journal of biotechnology* Vol. 6 (2), pp.079-088.
- **Garratt L.C., Janagoundar B.S., Lowe K., Anthony P., Power J.B., Davey M.R., 2002-** Salinity tolerance and antioxidant status in cotton cultures. *Free Radicle Biol. Medicine*, vol. 33, p. 502-511.
- **Gomezcadenas A., Arabona V., Jacas J., Primomilo E., Talon M., 2002-** Abscissic acid reduces leaf abscission and increases salt tolerance in citrus plants. *J. plant Growth Regul*, vol 21, p. 234-240.
- **Gomezcadenas A., Arbona V., Jacas J., Primomillo E., Talon M., 2002-** Abscissic acid reduces leaf abscission and increases salt tolerance in citrus plants. *J. Plant Growth Regul*, vol. 21, p. 234-240.
- **Greenway H et Munns R, 1980,** Mechanisms of salt tolerance in non-halophytes, *Annual Review*.
- **Grondin A, Rodrigues O, Verdoucq L., Merlot S., Leonhardt N. and Maurela C., 2015-**aquaporins contribute to ABA-triggred stomatal closure through OSTI-mediated phosphorylation. *The Plant Cell*, vol. 27 (7), p. 1945-1954.

- **Grondin A., Rodrigues O., Verdoucq L., Merlot S., Leonhardt N. and Maurela C., 2015-** Aquaporins contribute to ABA-triggered stomatal closure through OST1-mediated phosphorylation. *The Plant Cell*, vol. 27 (7), p. 1945-1954.
- **Guo X., Cao K., Xu Z.,2004-** Response of photosynthesis and antioxygenic enzymes in seedlings of three tropical forest tree species to different light environments. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*,vol. 15 (3), p.377-81.
- **Hamraoui, L, Hanana, M, Abdelly, C, et Ghorbel, A, 2011.** Exclusion de chlorure et inclusion du sodium : deux mécanismes concomitants de tolérance à la salinité chez la vigne sauvage Subsp, sylvestris (var. sejene) *Bitechnol. Agronom. Soc Znviron.* 15 (13) : 387-400.
- **Hanana M, Hamrouni L, Cagnac O et Blumwald E, 2011.** Mécanismes et stratégies cellulaires de tolérance à la salinité (NaCl) chez les plantes. Vol. 19. P. 125.
- **Hanana M., Cagnac O., Zarrouk M., Blumwald E., 2009** - Rôles biologiques des antiports vacuolaires NHX : acquis et perspectives d'amélioration génétique des plantes. *Botanique*, vol. 87(11), p.1023-1035.
- **Harlan J. R., 1987.** Les plantes cultivées et l'homme, éd. ACCT/CILF/PUF, , p. 299-300
- **Hasegawa P.M., Bressan, R. A., Zhu J. K., Bohnert H. J., 2000-** Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, vol. 51, p. 463-499.
- **Hillel D, 2005. Salinity**, p. 435-442. *In* Hillel D., Rosenzweig C., Powlson D., Scow K., Singer M., Sparks D., (ed.), *Encyclopedia of soil in the environment*.Vol 03. Columbia University, USA. p. 435-442.
- **Institut Agronomique et Vétérinaire Hassen II (IAV), 1999** : Fiche technique : Tomate sous serre. Plan National de Transfert de Technologie en Agriculture (PNTTA) N°57.p04
- **Institut Technique des Cultures Maraîchères et Industrielles, 1995** : Guide pratique : la culture de la tomate sous serre. 20 p.
- **Kader, A., Stevens, M., Albright, M., and Morris, L, 1978.** Amino acid composition and flavor of freshmarket tomatoes as influenced by fruit ripeness when harvested, pp. 541-544.
- **Kroniewicz L., 2011** - Caractérisation physiologique et fonctionnelle du transporteur anionique atcl-c chez *arabidopsis thaliana*. Thèse de Doctorat, Université de la méditerranée aix-marseille II, p.229.

- **Latigui A, 1984**-Effets des différents niveaux de fertilisation potassique sur la fructification de la tomate cultivée en hiver sous serre non chauffée. Thèse de magister.INRA El-Harrach, Algérie.
- **Leopoldini M., Russo N., Toscano M., 2011**- The molecular basis of working mechanism of natural polyphenolic antioxidants. *Food Chemistry*, 125(2), p. 288-306.
- **Levigneron A, Lopez F, Vansuyt G, 1995**. les plantes face au stress salin. Cahiers Agricultures, 4 :263-273.
- **Loyer J.Y et Le Brusq J.Y. 1982**. Relation entre les mesures de conductivité sur des extraits de sol de rapports sol/solution variables dans la vallée du fleuve Sénégal. *Cahiers ORSTOM, série Pédologie. Vol. XIX, n°3. 9 (3) : 293-301*
- **Loyer J.Y. 1991**. Classification des sols salés : les sols salic cahiers orstom série pédologie, 26 : 51-61.
- **Mahajas, S, et Tuteja, N. 2005**. Cold salinity and drought stress, an overview archives of biochemistry and biophysics, vol 444, n°2? PP. 139-158.
- **Mansour M.M.F., 2000**- Nitrogen containing compounds and adaptation of plants to salinity stress. *Biol. Plant*, vol. 43, p. 491-500.
- **Meneguzzo S., Navari-Izzo F., Izzo R., 1999**- Antioxidative responses of shoots and roots of wheat to increasing NaCl concentrations. *J. Plant Physiol*, vol. 155, p. 274-280.
- **Møller I. M., Jensen P. E., Hansson A., 2007**- Oxidative Modifications to Cellular Components in Plants , *Annual Review of Plant Biology*, vol. 58, p. 459-481.
- **Munns, R. A., James, A., Lauchli, 2006**. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals, *Journal of Experimental Botany*, vol. 57, n° 5, pp. 1025-1043.
- **Munns, R., and Tester M, 2008**. Mechanisms of salinity tolerance, *Annu. Rev. PlantBiol.* 59 :651-81
- **Munns, R., and Tester Jaimes, R.A. And Lauchli, A. 2006**.Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *J .Exp. Bot.*57 :1025-43.
- **Munns, R., Hare, R.A., James, R.A. and Rebetzke, G.J.**2000.Genetic variation for salt tolerance of durum wheat – *Aust.J. Agric.Res.*51 :69-74.
- **Naika S., Jeude J.V.L., Goffau M., Hilmi M., Dam B.V, 2005**- Agrodocus 17, la cultura de la tomate, production, transformation et commercialisation Editor: Barbara van Dam / la culture de la tomate. 105 pages.
- **Nasir-Khan, M.H, Sidiqui, F, Mohammed, M Naeem, M, et Masroor, A.K. 2010**. . Calcium chloride and gibberellic acid protect linsseed (*Linum usitatissimum L.*) from NaCl

by inducing antioxidative defense system and osmoprotectant accumulation, *Acta physiologiae Plantarum*, vol. 32, No 1, pp 121-132.

- **Nicolas R, 2010**-Analyse du polymorphisme moléculaire de gènes de composants de la qualité des fruits dans les ressources génétiques sauvages et cultivées de tomate, recherche d'associations gènes/QTL. Thèse de doctorat en Sciences de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier. 275p.
- **Noble C.L., Rogers M.E., 1992**- Arguments for the use of physiological criteria for improving the salt tolerance in crops. *Plant Physiol*, vol. 146, p. 99-107.
- **Noiraud N., Maurousset L., Lemoine R., 2001** -Transport of polyols in higher plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, vol. 39, p. 717-728.
- **Ould Mohamdi M, Bouya D, Ould Mohamdi Selem A, 2011**-étude de l'effet du stress salin (NaCl) chez deux variétés de tomate (Campbell 33 et Mongal). *Int .J. Biol. Chem. Sci.* 5(3) :890-900
- **Panda S. K., Sunkar R., 2015** - Nutrient- and other stress-responsive microRNAs in plants:
- **Parida A.K., Das A.B., Das P., 2002**- NaCl stress causes changes in photosynthetic pigments, proteins and other metabolic components in the leaves of a true mangrove, *Bruguiera parviflora*, in hydroponic cultures. *J. Plant Biol*, vol. 45, p. 28-36.
- **Peralta, I. E. and D. Spooner., 2007**-History, origin and early cultivation of tomato (Solanaceae). *Genetic improvement of Solanaceous crops*. M. K. Razdan and A. K. Mattoo. Enfield (NH), Science Publisher. 2: 1-24.
- **Péron J., 2006** : la production légumière. Ed. Lavoisier. Paris. Pp 578-592
- **Petro-Turza, M, 1986**. Flavor of tomato and tomato products (*Food Reviews International*), pp. 309-351
- **Philouze J. et Hedde L., 1993** : la tomate *in* : Méthodes traditionnelles de sélection des plantes : un aperçu historique destiné à servir de référence pour l'évolution du rôle de la biotechnologie moderne. Ed. OCDE. Paris. Pp 95-104.
- **R'him, T.I., Tlili, I, Hnan, R, Ilahy, A, Benali et Jebari, H. 2013**. Effet du stress salin sur le comportement physiologique et métabolique de trois variétés de piment (*Capsicum annum* l.), *Journal of Applied Biosciences*, vol 66, pp.5060-5069.
- **Rahim G, 2019**. Reponses hydrique et physiologique du gombo (*Abelmoschus esculentus* L.) conduit sur substrat bentonisé sous contrainte salin. Thèse doctorat, p.06-07.
- Role for thiol-based redox signaling. *Plant Signaling & Behavior*, vol. 10(4), p.1-3.

- **Saboora, A., Kiarostami, K., Behroozbayati, F., and Hajhashemi, S. 2006.**Salinity (NaCl) tolerance of wheat genotypes at germination and early seedling growth. *Pak.J. Biol.Sci*, 9(11), 2009-2021
- **Spychalla J.P., Desborough S.L., 1990-** Superoxide dismutase, catalase, and alpha tocopherol content of stored potato tubers. *Plant Physiol*, vol. 94, p. 1214–1218.
- **Sun N.Z., 1994.** Inverse problems in groundwater modeling, Theory and applications of transport in porous media v. 6, Dordrecht, Boston: Kluwer Academic, 337 p.
- **Tanji K.K. 2004.** Salinity in the soil environment. Chap 2, p 21-51. *In* A. Läuchli, et U. Lüttig (ed.), *Salinity : environment-plants-molecules*. Kluwer, Dordrecht. Netherlands.
- **Vaidyanathan R., Kuruvilla S., homas G. T., 1999-** Characterization and expression pattern of an abscisic acid and osmotic stress responsive gene from rice. *Plant Sci*, vol. 140, p. 21-30.
- **White P. J, Broadley M.R, 2003-** Calcium in plants. *Annals of Botany*, Vol. 92 (4), p 487-511.
- **Yelle, S., Hewitt, J.D., Robinson, N.L., Damon, S., and Bennett, A.B. 1988.** Sink Metabolism in Tomato Fruit: III. Analysis of Carbohydrate Assimilation in a Wild Species. *Plant Physiol* **87**, 737-740.
- **Zhu J. K., 2003-** Regulation of ion homeostasis under salt stress. *Curr, Opin. Plant, biology*, vol. 6, p. 441_445
- **Zhu J., Meinzer F.C., 1999-** Efficiency of C4 photosynthesis in *Atriplex lentiformis* under salinity stress. *Aust. J. Plant Physiol*, vol. 26, p.79-86.
- **Zhu J.K., Shi J., Singh U., Wyatt S.E., Bressan R.A., Hasegawa P.M., Capita N.C., 1993** Enrichment of vitronectin and fibronectin like proteins in NaCl –adapted plant cel ls and evidence for their involvement in plasma membrane-cell wall adhesion. *Plant J*, vol. 3, p. 637-646.
- **ZIDANI S., 2009-** Valorisation des pelures de tomates séchées en vue de leur incorporation dans la margarine. Thèse de magister, option : Technologie Alimentaire. Laboratoire de Recherche Technologie Alimentaire L.R.T.A, université M'hamed Bougara Boumerdes, p74