

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA  
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA TERRE ET  
DE L'UNIVERS  
DEPARTEMENT D'ECOLOGIE ET GENIE DE L'ENVIRONNEMENT



## Mémoire de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie  
Filière : Sciences Agronomiques  
Spécialité : Phytopathologie et Phytopharmacie  
Thème :

---

**La réponse biochimique de culture de tomate à  
l'action combinée de la salinité et de  
*Botrytis cinerea.***

---

Présenté par : Bouneb Nabila  
Boucceredj Houda

Devant le jury composé de :

Présidente :	Mme. CHAHAT. N	(M.A.A)	Université de Guelma.
Encadreur :	Mr. BOUMAAZA. B	(M.A.A)	Université de Guelma.
Examinatrice :	Melle. DERBAL. N	(M.A.A)	Université de Guelma.

Juin 2015

# **Remerciement**

*Nous disons avant tout merci au dieu le tout puissant qui nous a donné la vie et nous a aidé à réaliser ce travail.*

*Au terme de cette modeste étude, nous tenons à exprimer notre profonde reconnaissance et nos respects sans limite pour notre encadreur **Mr. BOUMAAZA BOUALAM** professeur à la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre qui a guidé, surveillé le déroulement et l'exécution du travail de ce mémoire en nous prodiguant tout aide possible, et en nous consacrant beaucoup de son temps précieux pour son soutien, ses conseils et ses encouragements incessants.*

*Nous remercions vivement **Mme. Chahat Nora** Professeur à la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et l'Univers d'avoir accepté la charge d'examiner mon travail et de nous avoir fait l'honneur de présider ce jury.*

*Nous exprimons également nos sincères remerciements à **Melle. Derbal Nora** Professeur et chef de département des Sciences de la Nature et de la Vie d'avoir pris de leurs précieux temps pour examiner ce modeste travail et pour leur participation à ce jury.*

*Une profonde gratitude à tous nos **enseignants** de la troisième année **Biotechnologie végétale** et de la première et la deuxième année de Master **phytopathologie et phytopharmacie**, nous ne saurons vous remercier pour tout ce que nous avons appris avec vous.*

*Nous adressons nos sincères remerciements aux membres du l'Institut de Technologie Moyen Agricole Spécialisé Guelma (ITMAS) et plus particulièrement à **Mme Hamdi Souad** pour son aide, sa gentillesse et sa sympathie pendant la période de notre stage.*

*Nous remercions très sincèrement toute les techniciennes des laboratoires **Ratiba, Ghaniya, Wafa, Hassiba, Nadjah, Asma, Houria, Houda et Hakima.***

*Nous tenons aussi à témoigner ma reconnaissance à : Mme **Bechiche El zouhra** Ingénieur de laboratoire de chimie pour nous avoir accueilli au sein de son laboratoire et mis à notre disposition tous les moyens nécessaires pour la réalisation de notre travail. Merci encore pour sa gentillesse et sa disponibilité.*

*Nos remerciements vont également à toute personne qui nous a aidés de près ou de loin à réaliser ce modeste travail.*

***Merci***

## *Dédicace*

*Je dédie ce travail :*

*A mes très chers parents qui m'a encouragé durant toutes mes études*

*A mon mari Farouk qui m'a encouragé durant ce travail*

*A mes chers frères : Ali, Sayf el dine, Mouhamed et Rayene abd el bassate*

*A ma grande mère*

*A Mon beau-père et belle mère*

*A mes belle-sœur Amel, Sana et Assia*

*A mon amie et mon binôme nabila*

*A mes amies kalthoume, Loubna et Imene*

*A toute ma famille*

Enfin je remercie tous mes collègues de l'université ainsi que toutes les personnes que je connais.

*Houda*

## *Dédicace*

*Cette thèse représente l'aboutissement du soutien et des encouragements que tous mes proches m'ont prodiguée je la dédie spécialement.*

*A mes chers parents, nulle dédicace n'est susceptible de vous exprimer ma profonde reconnaissance et mon immense gratitude pour tous les sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et mes études.*

*Puisse Dieu vous prêter bonne santé et longue vie afin que je puisse à mon tour, vous combler.*

*A mes très chères sœurs **Imen, Karima, Moufida, Wahiba** qui ont partagé mes joies et mes stress durant la réalisation de cette thèse.*

*A mes très chères frères **Warzaddine et Samir.***

*A toute la famille **Bouneb et Achour.***

*A Mr. **Benamor Sami** le P.D.G. de Groupe Amor Benamor pour son soutien et sa patience et son encouragement.*

*A mes amis notamment **Aida, Hanane, Hanouna, Houda, Hadjar Karima, Khalthoum, Sara et Tahani.***

*A mes collègues de travail.*

*A toute la promotion de **Phytopharmacie et phytopathologie 2014-2015.***

*Sans oublier à tous ceux que j'aime.*

*Merci de faire partie de ma vie.*

***Nabila***

# ***TABLE DES MATIERES***

Abstract .....	i
ملخص .....	ii
Liste des tableaux.....	iii
Liste des figures .....	v
Liste des abréviations .....	ix
<b>Introduction .....</b>	<b>1</b>

## ***PREMIERE PARTIE***

### ***SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE***

#### ***Chapitre I: La plante Hôte : La tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller)***

Introduction .....	4
I. Historique de la tomate .....	4
II. Classification de la tomate .....	5
II.1. Classification botanique .....	5
II.2. Classification génétique .....	6
II.2.1. Variétés fixées.....	6
II.2.2. Variétés hybrides .....	6
II.3. Classification culturelle .....	6
II.3.1. Croissance indéterminée .....	6
II.3.2. Croissance déterminée .....	6
III. Description botanique du plant de la tomate.....	6
IV. Cycle biologique de la tomate .....	9
IV.1. La phase végétative .....	9
IV.2. La phase reproductive .....	9
IV.3. La phase de maturation.....	9
V. Culture.....	9
VI. Serriculture .....	10

VII. Composition biochimique de la tomate .....	10
VIII. Production nationale et mondiale de la tomate .....	11
VIII.1. Evolution des superficies, des productions et des rendements de tomate maraîchère en Algérie .....	11
II.1. Production mondiale .....	13
IX. Contraintes de la production de tomate.....	15
IX.1.Principales maladies de la tomate.....	15
IX.1.1. Maladies cryptogamiques .....	15
IX.1.2. Maladies bactériennes .....	17
IX.1.3. Maladies virales.....	18
IX.2. Principales maladies physiologiques .....	19
IX.2.1. Blotchyripening .....	19
IX.2.2. Tomate creuse .....	19
IX.2.3. Nécrose apicale .....	19
IX.2.4. Eclatement .....	19
IX.3. Principaux ravageurs de la tomate.....	19
IX.3.1. Les nématodes.....	19
IX.3.2. Les acariens .....	20
IX.3.3. Les Aleurodes .....	20
IX.3.4. Les Pucerons.....	20
IX.3.5. Les noctuelles .....	20
IX.3.6. Les thrips.....	20
IX.3.7. Les mineuses .....	20
IX.4. Les adventices.....	20

## Chapitre II : L'agent pathogène : *Botrytis cinerea* Pers. (anamorphe)

Introduction .....	21
I. Généralités sur <i>Botrytis cinerea</i> .....	21
II. Description de l'agent pathogène .....	22
III. Nomenclature et systématique.....	24
IV. Cycle infectieux de <i>Botrytis cinerea</i> .....	24
V. Symptôme et dégâts.....	26
VI. Gamme d'hôte de <i>B. cinerea</i> et cycle épidémiologique.....	27
VII. Pathologie.....	27
VII.1. Infection par action enzymatique .....	27
VII.2. Infection par les stomates.....	28
VII.3. Infections par le mycélium.....	28
VIII. Les facteurs environnementaux .....	28
VIII.1. La température .....	28
VIII.2. L'humidité .....	29
VIII.3. La lumière .....	29
VIII.4. Exigences nutritives.....	30
IX. La lutte contre <i>Botrytis cinerea</i> .....	30
IX.1. Lutte culturaux.....	30
IX.1.1. Choix du site et type de plantation .....	30
IX.1.2. Irrigation .....	30
IX.1.3. Fertilisation.....	31
IX.1.4. Rotation .....	31
IX.1.5. Variétés résistantes .....	31
IX.2. Lutte biologiques .....	31

IX.3. Lutte chimique .....	32
----------------------------	----

## Chapitre III : La salinité

Introduction .....	33
I. Définitions du stress.....	33
II. Le stress salin.....	33
III. La répartition de la salinité dans le monde et en Algérie.....	34
IV. Origines et causes de la salinité des sols.....	35
IV.1. Origine primaire .....	36
IV.2. Origine secondaire.....	36
V. Effet de la salinité sur les plantes.....	37
V.1. Effet de la salinité sur la croissance et le développement.....	37
V.2. L'effet de la salinité sur les pigments photosynthétiques .....	38
V.3. L'effet de la salinité sur le taux des ions.....	39
V.4. Effet de la salinité sur la germination et la levée .....	39
V.5. Effet sur la respiration et la balance énergétique .....	40
V.6. Effet du sel sur la stabilité des membranes cellulaire .....	40
V.7. Effet de la salinité sur le comportement biochimique de la plante .....	40
V.7.1. Effets sur les taux de sucres solubles totaux .....	40
V.7.2. Effets sur l'accumulation de la proline .....	41
V.7.3. Effets sur la teneur en protéines .....	41
V.7.4. Effets sur l'activité nitrate réductase.....	42
V.7.5. Effets sur l'activité peroxydasique.....	42
V.7.6. L'effet de la salinité sur les lipides .....	43
VI. Les mécanismes d'adaptation des plantes .....	43
VI.1. Exclusion .....	43
VI.2. Inclusion .....	44

VI.3. La réexcrétion .....	44
VI.4. La synthèse des solutés compatibles .....	45
VI.5. Changement du cheminement photosynthétique .....	45
VI.6. Induction des enzymes anti-oxydatives .....	46
VI.7. Induction des hormones .....	46
VI.8. Les protéines LEA (late-embryogenesis-abundant) .....	46
VI.9. Réduction de la croissance .....	47

***DEUXIEME PARTIE***  
***PARTIE EXPERIMENTALE***

**Chapitre I : Matériels et Méthodes**

I. Protocole expérimental.....	48
I.1. Description et présentation du site expérimental.....	48
I.1.1 Localisation du site .....	48
I.2. Le matériel végétal utilisé .....	49
I.2.1. Le semis .....	49
I.2.2. Préparation des pots.....	49
I.2.3. Repiquage .....	49
I.3. Matériel fongique .....	50
I.3.1. Origine de l'agent pathogène.....	50
I.3.2. Production de suspensions de spores.....	50
I.4. Préparation des solutions d'arrosage .....	51
I.4.1. La solution nutritive .....	51
I.4.2. Préparation de la solution saline.....	52
I.5. Application de stress.....	53
I.6. Prélèvement matériel végétal .....	55
II. Les paramètres étudiés .....	55
II.1. Dosage des pigments.....	55

II.2. Détermination de la teneur en acides aminés libres totaux .....	55
II.2.1. Principe .....	55
II.2.2. Extraction .....	55
II.2.3. Dosage.....	56
II.3. Extraction et dosage des sucres solubles totaux.....	56
II.2.1. Principe .....	56
II.2.2. Extraction .....	56
II.2.3. Dosage.....	57
II.4. Teneur en protéines totales.....	57
II.4.1. Extraction .....	57
II.4.2. Dosage des protéines.....	57
III. Analyse statistique .....	57

## Chapitre II: Résultats Et Interprétations

I. Les pigments chlorophylliens .....	58
I.1. Chlorophylle a .....	58
a) Sous stress salin .....	58
b) Sous stress de <i>Botrytis cinerea</i> .....	58
c) Interaction "salinité – <i>Botrytis</i> " .....	59
I.2. chlorophylle b.....	60
a) Sous stress salin .....	60
b) Sous stress de <i>Botrytis cinerea</i> .....	61
c) Interaction "salinité – <i>Botrytis</i> " .....	62
I.3. Chlorophylle totale .....	63
a) Sous stress salin .....	63
b) Sous stress de <i>Botrytis cinerea</i> .....	64
c) Interaction "salinité – <i>Botrytis</i> " .....	64

I.4. Les pigments caroténoïdes.....	65
a) Sous stress salin .....	65
b) Sous stress de <i>Botrytis cinerea</i> .....	66
c) Interaction "salinité – <i>Botrytis</i> " .....	67
II. Sucres solubles totaux .....	68
a) Sous stress salin .....	68
b) Sous stress de <i>Botrytis cinerea</i> .....	68
c) Interaction "salinité – <i>Botrytis</i> " .....	69
III. Protéines totales.....	70
a) Sous stress salin .....	70
b) Sous stress de <i>Botrytis cinerea</i> .....	71
c) Interaction "salinité – <i>Botrytis</i> " .....	72
IV. Acides aminés totaux libres .....	73
a) Sous stress salin .....	73
b) Sous stress de <i>Botrytis cinerea</i> .....	73
c) Interaction "salinité – <i>Botrytis</i> " .....	74

## Chapitre III: Discussion

Discussion .....	76
<b>Conclusion</b> .....	88

### Référence bibliographique

### Annexe

# Abstract

Soil salinity is a major problem in areas where irrigated crops are grown. It is often associated with increased severity of diseases caused by phytopathogenic fungi. To evaluate this interaction our study is performed on the biochemical properties of the tomato variety AXIOM F1 subjected to combined salt stress and *Botrytis cinerea* infection.

The results show that the presence of infection, saline stress appears to induce a decrease in the chlorophyll pigment content (chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and carotenoid pigments) by the pathogen with the exception of the content carotenoid pigments, stress appears to induce a decrease only in infected plants grown under salt stress at 150 and 300 meq. l<sup>-1</sup> NaCl.

In the presence of infection, salt stress appears to reduce the adverse effect of the pathogen on the total soluble sugars. The highest levels were recorded decreases in the presence of 150 and 300 meq. l<sup>-1</sup> NaCl. However, of the total protein the harmful effect of the pathogen is accentuated under salt stress at 100 and 150 meq. l<sup>-1</sup> NaCl and decreased in infected plants and developed in concentrations of 50 to 300 meq. l<sup>-1</sup> NaCl. Thus, the ability of the tomato adapt to salt stress to 300 meq. l<sup>-1</sup> NaCl is lost. Compared to healthy plants cultivated in the absence of salt, the adverse effect of the pathogen on the total free amino acids is accentuated under 100 meq. l<sup>-1</sup> salt stress. NaCl and decreased in infected plants and developed in concentrations of 50, 150 and 300 meq. l<sup>-1</sup> NaCl, Thus, the ability of the tomato adapt to salt stress at 50 to 300 meq. l<sup>-1</sup> NaCl is lost.

**Keywords:** Tomato, Adaptation mechanisms, Grey mold, Salinity, Biochemical behavior, *Botrytis cinerea*.

## ملخص

تعتبر ملوحة التربة مشكلة رئيسية في المناطق المسقية وغالبا ما تترافق مع زيادة شدة الأمراض التي تسببها الفطريات الممرضة للنبات. في هذا العمل قمنا بدراسة تأثير الملوحة بوجود الفطر المسبب للعفن الرمادي عند نبات الطماطم.

أظهرت النتائج أنه بوجود عدوى الفطر , الإجهاد الملحي يسبب انخفاضا في محتوى اصباغ الكلوروفيل باستثناء محتوى الكاروتينويد, يسبب الإجهاد الملحي بوجود عدوى الفطر انخفاضا في محتوى الكاروتينويد فقط في النباتات المصابة و الخاضعة للملوحة عند 150 و 300 ميلي مكافئ .

يسبب الإجهاد الملحي بوجود عدوى الفطر انخفاضا في محتوى السكريات الذائبة في وجود التراكيز الملحية التالية 150 و 300 ميلي مكافئ غير أن محتوى البروتينات انخفض في وجود التراكيز الملحية 50 و 300 ميلي مكافئ , بينما لاحظنا تزايدا في وجود التراكيز 100 و 150 ميلي مكافئ عند النباتات المصابة والمزروعة في وجود الملح. كذلك فإن قدرة الطماطم على التكيف مع الإجهاد الملحي عند 300 ميلي مكافئ فقدت مقارنة مع النباتات السليمة المزروعة في غياب الملح. مقارنة بالنباتات السليمة والمزروعة في غياب الملح, التأثير السلبي للفطر على الأحماض الأمينية الحرة تزايد بوجود التركيز الملحي 100 ميلي مكافئ بينما انخفض في النباتات المصابة والمسقية بتراكيز 50 و 150 و 300 ميلي مكافئ. كذلك ، فقدان قدرة الطماطم على التكيف مع الإجهاد الملحي عند 50 و 300 ميلي مكافئ..

**مفاتيح البحث:** الطماطم، آليات التكيف' العفن الرمادي، الملوحة، السلوك الكيميائي الحيوي، *Botrytis cinerea*.

## *Liste des tableaux*

<b>Tableaux</b>	<b>Titres</b>	<b>Pages</b>
<b>01</b>	Composition nutritionnelle de la tomate cultivée (pour 100 g).	<b>11</b>
<b>02</b>	Evolution de la tomate maraichère en Algérie entre 2001-2009.	<b>12</b>
<b>03</b>	Principaux pays producteurs de tomate.	<b>14</b>
<b>04</b>	Les maladies cryptogamiques de la tomate.	<b>15</b>
<b>05</b>	Les maladies bactériennes de la tomate.	<b>17</b>
<b>06</b>	Les maladies virales de la tomate.	<b>18</b>
<b>07</b>	Superficie affectée par la salinité dans le monde.	<b>35</b>
<b>08</b>	Composition de la solution saline.	<b>52</b>
<b>09</b>	Teneur en chlorophylle (a) en fonction de la concentration saline en NaCl chez la variété étudié AXIOM F1 de <i>Lycopersicon esculentum</i> Miller.	<b>58</b>
<b>10</b>	Analyse de la variance des teneurs moyennes en chlorophylle (a) ( $\mu\text{g.ml}^{-1}$ ) de culture de tomate saines et infectées ; âgées de 103 jours stressés en NaCl.	<b>59</b>
<b>11</b>	Teneur en chlorophylle (b) en fonction de la concentration saline chez la variété étudié AXIOM F1 de <i>Lycopersicon esculentum</i> Miller.	<b>60</b>
<b>12</b>	Analyse de la variance de la teneur en chlorophylle (b) des plantes de tomate inoculées par <i>Botrytis cinerea</i> en présence de différentes concentrations en NaCl.	<b>62</b>
<b>13</b>	Teneur en chlorophylle (a+b) en fonction de la concentration saline chez la variété étudié AXIOM F1 de <i>Lycopersicon esculentum</i> Miller.	<b>63</b>
<b>14</b>	Analyse de la variance de la teneur en chlorophylle (a+b) des plantes de tomate inoculées par <i>Botrytis cinerea</i> en présence de différentes concentrations en NaCl.	<b>64</b>

<b>15</b>	Teneur en pigments caroténoïdes en fonction de la concentration saline en NaCl chez la variété étudié AXIOM F1 de <i>Lycopersicon esculentum</i> Miller.	<b>65</b>
<b>16</b>	Analyse de la variance de la teneur en pigments caroténoïdes des plantes de tomate inoculées par <i>Botrytis cinerea</i> en présence de différentes concentrations en NaCl.	<b>67</b>
<b>17</b>	Teneur en sucres solubles totaux en fonction de la concentration saline en NaCl chez la variété étudié AXIOM F1 de <i>Lycopersicon esculentum</i> Miller.	<b>68</b>
<b>18</b>	Analyse de la variance de la teneur en sucres solubles totaux des plantes de tomate inoculées par <i>Botrytis cinerea</i> en présence de différentes concentrations en NaCl.	<b>69</b>
<b>19</b>	Teneur en sucres solubles totaux en fonction de la concentration saline en NaCl chez la variété étudié AXIOM F1 de <i>Lycopersicon esculentum</i> Miller.	<b>71</b>
<b>20</b>	Analyse de la variance de la teneur en protéines totales des plantes de tomate inoculées par <i>Botrytis cinerea</i> en présence de différentes concentrations en NaCl.	<b>72</b>
<b>21</b>	Teneur en Acides aminés totaux libres en fonction de la concentration saline en NaCl chez la variété étudié AXIOM F1 de <i>Lycopersicon esculentum</i> Miller.	<b>73</b>
<b>22</b>	Analyse de la variance de la teneur en protéines totales des plantes de tomate inoculées par <i>Botrytis cinerea</i> en présence de différentes concentrations en NaCl.	<b>74</b>

## Liste des figures

<i>Figures</i>	<i>Titres</i>	<i>Pages</i>
<b>01</b>	Diffusion de la tomate dans le monde. <b>(1) Pérou</b> : Centre de diversification. <b>(2) Mexique</b> : Premier centre de domestication. <b>(3) Europe</b> : Deuxième centre de domestication. <b>(4) Etats Unis</b> : Troisième centre de domestication.	<b>05</b>
<b>02</b>	La tomate <i>Lycopersicum esculentum</i> .	<b>05</b>
<b>03</b>	Caractéristique morphologique de la tomate ; <b>(a)</b> : plante de tomate à la floraison ; <b>(b)</b> : feuille de tomate ; <b>(c)</b> : foliole de tomate ; <b>(d) et (e)</b> : tige de tomate poilue ; <b>(f)</b> : système racinaire de tomate.	<b>07</b>
<b>04</b>	Fleure de tomate.	<b>08</b>
<b>05</b>	Fruit de tomate à maturité, <b>(a)</b> : coupe transversale ; <b>(b)</b> : coupe longitudinale ; <b>(c)</b> : fruit non mûr, <b>(d)</b> : fruits mûrs.	<b>08</b>
<b>06</b>	Production de la tomate en Algérie, selon les zones.	<b>13</b>
<b>07</b>	Les maladies cryptogamiques de la tomate. <b>A</b> : Brûlures alternariennes sur Fruits de tomates ; <b>B</b> : Alternariose sur feuille de tomate ; <b>C</b> : Mildiou sur feuilles ; <b>D</b> : Mildiou sur fruits ; <b>E</b> : Fusariose des racines et du collet ; <b>F</b> : Oïdium sur feuille de tomate ; <b>G</b> : Anthracnose sur fruits ; <b>H</b> : Symptômes du botrytis sur le fruit de tomate.	<b>16</b>
<b>08</b>	Les contraintes abiotiques de la tomate. <b>A</b> : nécroses apicales sur tomate ; <b>B</b> : Eclatement du fruit de tomate.	<b>19</b>
<b>09</b>	Conidies observés en utilisant un microscope électronique à balayage <b>(A)</b> . Conidiphores observés en utilisant un microscope électronique <b>(B)</b> . Apothécie produisant des ascospores sur une	<b>23</b>

	sclérote (C). <i>Botrytis cinerea</i> sur milieu de culture PDA à 25°C (D). Sclérote de <i>Botrytis cinerea</i> produites sur boîte de pétri après un mois de culture sur un milieu PDA à 21°C (E). Observation de la germination des conidies sur milieu riche PDA au microscope optique (F).	
10	Cycle de développement (production asexuée) de <i>Botrytis cinerea</i> sur différentes culture.	25
11	Symptomatologie et morphologie de <i>Botrytis cinerea</i> . <b>A</b> : Attaque en serre de tomate. La proximité des plantes et la litière infectée au sol favorisent les épidémies. <b>B</b> : Chancre sur tige de tomate. <b>C</b> : Tâches fantôme sur tomate, correspondant à des infections avortées. <b>D</b> : Surinfection sur tomate cerise infectée par le mildiou. <i>B. cinerea</i> est également un parasite de faiblesse. <b>E</b> : Jeune fruit de concombre infecté. <b>F</b> : Infection sur mûres cultivées. <b>G et H</b> : Mycélium sporulant sur grappe de raisin. <b>I</b> : Infection sur feuille de <i>Pelargonium</i> , après contact d'une fleur infectée. <b>J</b> .	26
12	Schématisation du bilan de la circulation du sodium dans les plantes inclure ou exclure.	44
13	Localisation de l'Institut de Technologie Moyen Agricole Spécialisé (ITMAS), Guelma.	48
14	Transplantation des plantules de tomate dans les pots, <b>(A)</b> : Plantules de <i>AXIOM FI</i> âgées un mois ; plantées dans des alvéoles, <b>(B)</b> : Repiquage des plantules de <i>AXIOM FI</i> dans des pots en plastique.	50
15	Culture de <i>B. cinerea</i> âgée de 2 semaines <b>(A)</b> , Solution de Tween 80 stérile <b>(B)</b> , Agitation pendant 5 minutes de mélange de Tween 80 ; Culture âgée de deux semaines et d'eau distillée stérile <b>(C)</b> , Filtration de la suspension enrichie en spores <b>(D)</b> , Suspension des spores de <i>Botrytis cinerea</i> à $5 \cdot 10^5$ spores/ml <b>(E)</b>	51

<b>16</b>	Solutions à différentes concentrations en NaCl, C <sub>1</sub> : 50 meq de NaCl/l d'eau, C <sub>2</sub> : 100 meq de NaCl/l d'eau, C <sub>3</sub> : 150 meq de NaCl/l d'eau, C <sub>4</sub> : 300 meq de NaCl/l d'eau.	<b>52</b>
<b>17</b>	Dispositif expérimental.	<b>54</b>
<b>18</b>	Teneur en chlorophylle (a) chez la variété de tomate inoculée par <i>Botrytis cinerea</i> en absence de sel.	<b>59</b>
<b>19</b>	Teneur en chlorophylle (a) chez la variété de AXIOM F1 inoculée par <i>Botrytis cinerea</i> en présence de la salinité.	<b>60</b>
<b>20</b>	Teneur en chlorophylle (b) chez la variété de AXIOM F1 inoculée par <i>Botrytis cinerea</i> en absence de sel.	<b>61</b>
<b>21</b>	Teneur en chlorophylle (b) chez la variété de AXIOM F1 inoculées par <i>Botrytis cinerea</i> en présence de différentes concentrations de sel.	<b>63</b>
<b>22</b>	Teneur en chlorophylle total (a+b) chez la variété de AXIOM F1 inoculée par <i>Botrytis cinerea</i> en absence de salinité.	<b>64</b>
<b>23</b>	Teneur en chlorophylle total (a+b) chez la variété de AXIOM F1 inoculées par <i>Botrytis cinerea</i> en présence de différentes concentrations en NaCl.	<b>65</b>
<b>24</b>	Teneur en pigments caroténoïdes chez la variété de AXIOM F1 inoculée par <i>Botrytis cinerea</i> en absence de sel.	<b>66</b>
<b>25</b>	Teneur en pigments caroténoïdes chez la variété de AXIOM F1 inoculée par <i>Botrytis cinerea</i> en présence de différentes concentrations de sel.	<b>67</b>
<b>26</b>	Teneur en sucres solubles totaux chez la variété de AXIOM F1 inoculées par <i>Botrytis cinerea</i> en absence de sel.	<b>69</b>

<b>27</b>	Teneur en sucres solubles totaux chez la variété de AXIOM F1 inoculée par <i>Botrytis cinerea</i> en présence de différentes concentrations de sel.	<b>70</b>
<b>28</b>	Teneur en protéines totales chez la Variété de AXIOM F1 inoculée par <i>Botrytis cinerea</i> en absence de sel.	<b>71</b>
<b>29</b>	Teneur en protéines totales chez la variété de AXIOM F1 inoculée par <i>Botrytis cinerea</i> en présence de différentes concentrations de sel.	<b>72</b>
<b>30</b>	Teneur en acides aminés totaux libres chez la variété de AXIOM F1 inoculée par <i>Botrytis cinerea</i> en absence de sel.	<b>74</b>
<b>31</b>	Teneur en acides aminés totaux libres chez la variété de AXIOM F1 inoculée par <i>Botrytis cinerea</i> en présence de différentes concentrations de sel.	<b>75</b>

# Liste des abréviations

**°C** : Degré Celsius.

**µg.ml<sup>-1</sup>** : microgramme par millilitre.

**µl** : microlitre.

**µm** : micromètre.

**µmoles. g<sup>-1</sup> M.F** : micromoles par gramme de matière fraîche.

**A**: Acide.

**ABA**: Abscisic acid.

**ac** : acide.

**C** : concentration.

**ACC** : Acide aminocyclopropane carboxylique.

**C.E** : Conductivité électrique.

**CA** : Carbonique Anhydrase.

**Ca**: Chlorophylles (a).

**Ca<sup>+2</sup>**: Calcium.

**CAM**: Crassulacean Acid Metabolism.

**CAT** : Catalase.

**Cb** : Chlorophylles b.

**CIHEAM**: Centre International des Hautes Etudes Agronomiques Méditerranéennes.

**Cl** : Chlore.

**cm** : Centimètre.

**CM** : Carré moyen.

**CO<sub>2</sub>** : Dioxides de carbone.

**CO<sub>3</sub><sup>-2</sup>**: Carbonate.

**CPVQ** : Conseil des Productions Végétales du Québec.

**CR** : Capacité de Rétention.

**CV** : coefficient de variation ou écart type relatif.

**Cx + c** : Caroténoïdes.

**DDL** : degré de liberté.

**dS/m** : Décisiemens par mètre.

**E** : Est.

**ECe** : L'activité électrique de la pâte du sol.

**élev** : élévation.

**ET** : écart-type.

**ex** : exemple.

**F26BP** : fructose 2-6- biphosphatase.

**F.A.O.**: Food and agriculture organization (Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture).

**F**: Test de Fisher.

**F2** : Plantes infectée par *botrytis cinerea*.

**F1** : les plantes traitées par la salinité.

**Fig** : Figure.

**g** : gramme.

**g** : gravité.

**g/l** : gramme par litre.

**GR** : Glutathione Réductase.

**GST** : Glutathion –S-Transférase.

**h** : heure.

**H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>** : peroxyde d'hydrogène.

**H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>** : ions dihydrogénophosphate.

**ha** : hectare.

**HCl** : acide chlorhydrique.

**HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>** : Bicarbonate, ou hydrogénocarbonate.

**ITMAS** : Institut de Technologie Moyen Agricole Spécialisé.

**K Calories**: Kilo Calories.

**K Joules**: Kilo Joules.

**K<sup>+</sup>**: Potassium.

**Kg**: Kilogramme.

**l**: Litre.

**LEA**: Late Embryogenesis Abundant.

**m** : mètre.

**meq**: milliéquivalent.

**meq/l** : milliéquivalents par litre.

**MF** : Matière fraîche.

**mg**: Milligramme.

**Mg<sup>+2</sup>** : Magnésium.

**min**: minute.

**ml**: Millilitre.

**mM** : milli molaire.

**mm**: Millimètre.

**Mm/l** : Millimole par litre.

**N**: Nord.

**Na<sup>+</sup>** : Sodium.

**NaCl** : Chlorure de sodium.

**nm** : nanomètre.

**nmoles** : nanomoles.

**NO<sub>3</sub><sup>-</sup>** : Nitarte.

**Oh** : le radicale hydroxyle.

**O<sub>2</sub><sup>-</sup>** : ion superoxyde.

**P5CS** :  $\Delta$ 1-pyrroline-5-carboxylate synthétase.

**P** : Probabilité.

**p/v** : poids par volume.

**PDA** : Potato-Dextrose-Agar.

**pH** : Potentiel d'hydrogène.

**PROBA** : probabilité.

**Qx** : Quintaux.

**ROS**: Reactive Oxygen Species.

**SCE** : Somme des carrés des écarts.

**SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>**: Sulfate.

**SOD**: Superoxide Dismutase.

**STAT**: Statistique.

**Tab** : Tableau.

**TEST F**: Le test de Fisher.

**VAR** : variance.

**UV** : Ultra-Violet.

**µg.ml<sup>-1</sup>** : microgramme par millilitre.

### INTRODUCTION

La tomate est une espèce largement cultivée et l'un des légumes les plus importants dans l'alimentation humaine et qui se consomme frais ou transformé. En 2007 la production mondiale de la tomate s'élève à 124.875.000 tonne contre 105 millions de tonnes en 2001. Entre la période allant de 1961 à 2007, la production mondiale a été multipliée par plus de 4, passant de 27.6 à plus de 126 millions de tonnes. Cela représente une surface cultivée de plus de 4.6 millions d'hectares (SNOUSSI, 2010).

En Algérie, La culture de la tomate occupe une place prépondérante dans l'économie agricole algérienne. La culture de la tomate est passée de 16760 hectares en 2001 avec une production de 3.735.340 qx à 20789 hectares en 2009 avec une production de 6.410.343 qx. Près de 33 000 hectares sont consacrés annuellement à la culture de tomate (maraîchère et industrielle), donnant une production moyenne de 11 millions de quintaux (SNOUSSI, 2010).

Malgré cette augmentation de production et superficie, la culture de tomate trouve des difficultés à se développer. La salinisation est un problème écologique majeur qui affecte un nombre croissant de région du globe (RONCHY,1999), fréquemment associé à la contrainte hydrique, elle réduit les surface cultivables et menace l'équilibre alimentaire mondial (HAMDY,1999).

La salinisation des sols et de l'eau, est l'un des principaux facteurs abiotiques qui limitent la productivité végétale (AL-KARAKI, 2000; BAATOUR et *al.*, 2004), et le rendement agricole (ZID et GRIGNON, 1991 ; ZHU, 2001). Dans les écosystèmes arides et semi arides, elle résulte des fortes évaporations d'eau à partir du sol (MUNNS et *al.*, 2005) et d'une irrégulière et insuffisante pluviométrie (MEZNI et *al.*, 2002). Elle provient également de l'irrigation le plus souvent mal contrôlée (BEN NACEUR et *al.*, 2001). Chaque année, les surfaces perdues à cause de la salinité des sols, varient autour de 20 millions d'ha dans le monde. Ainsi, ces surfaces sont passées de 48 millions à 265 millions d'ha de terres agricoles touchées par la salinité, les surfaces agricoles affectées dans le monde seraient de 340 millions d'ha, soit 23% des terres cultivées dans le monde (CHEVERRY., 1995). Selon SZABOLCS (1994), un milliard d'ha est menacé, dont 3,2 millions d'ha en Algérie (BELKHODJA et BIDAI., 2004).

La tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller), l'une des espèces les plus cultivées au monde, est sensible à des concentrations modérées de sels dans le sol. Mais plusieurs auteurs révèlent une grande variabilité parmi les géotypes de tomate dans leur réponse à la salinité (CUARTERO et FERANDEZ-MUNEZ, 1999 ; MANAA et al., 2011).

La salinité conduit les plantes à la toxicité ionique, au stress osmotique, à la déficience minérale et à un nombre de perturbations physiologiques et biochimiques (NEUMANN, 1997 ; YEO, 1998 ; HASEGAWA et al., 2000 ; MUNNS, 2002).

La réponse au sel des espèces végétales, dépend de l'espèce même, de sa variété, de la concentration en sel et du stade de développement de la plante (BEN NACEUR et al., 2001). En conditions stressantes, les plantes peuvent réagir en mettant en œuvre des mécanismes, entre autres, physiologiques (KYLIN et QUATRANO., 1975 ; PARIDA et DAS., 2005) et biochimiques (BRUGNOLI et LAUTERI., 1991) impliquant une activité enzymatique (STEPHANOPOULUS., 1999 ; CHAFFEI et al., 2004). Ainsi, par la synthèse de composés organiques ayant un rôle d'osmoprotecteurs (RATHINASABAPATHI et al., 2000) ou de régulateurs osmotiques (MCCUE et HANSON., 1990 ; SANNADA et al., 1995 ; HUANG et al., 2000, EL-SHINTINAWY et HASSANEIN., 2001). La synthèse des composés organiques ou osmoprotectants, est une des stratégies que la plante déploie pour atténuer l'effet de la salinité. Les protéines, les sucres solubles, les acides aminés et plus particulièrement la proline, comptent parmi ces composés organiques qui jouent un rôle majeur dans l'ajustement osmotique de la plante déjà perturbée par la présence excessive des ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$ . La tolérance des plantes au sel, dépend de leur maintien d'une absorption suffisante de nutriments essentiels, tel que  $\text{K}^+$ , notamment en présence d'un excès de  $\text{Na}^+$  (SHABALA et al., 2005).

Le champignon phytopathogène ubiquiste *Botrytis cinerea*, responsable de la pourriture grise, est un microorganisme polyphage qui cause d'énormes dégâts en agriculture. La maladie causée par cet agent pathogène est économiquement redoutable et importante car ce champignon attaque plus de 230 espèces de plantes (JARVIS, 1980). *Botrytis* peut attaquer également un très grand nombre de plantes ornementales, (ZHANG, 2006). Selon DIK et ELAD (1999), sur la tomate, *Botrytis cinerea* cause la pourriture grise des feuilles, des pétioles, des tiges et des fruits sous serre et en plein champ mais elle est particulièrement sévère dans les conditions de lumière faible et d'humidité

élevée des serres (JARVIS, 1980). Le champignon existe dans plusieurs habitats sous différentes structures: conidies, ascospores, mycélium et sclérotés et la dispersion de l'inoculum se fait de diverses manières (JARVIS, 1980). Dans la grande majorité des cas, *B. cinerea* est un parasite de blessures, ces voies d'entrée permettent aux spores germées ou au mycélium de pénétrer et d'envahir plus rapidement les organes attaqués (HMOUNI et al., 1999 ; HMOUNI , 2000).

Dans la nature, les relations hôte-parasite-environnement sont très complexes. La réponse des plantes à la fois aux stress abiotique et biotique est la résultante de plusieurs processus physiologiques et métaboliques mis en route pour adapter la plante d'une part aux contraintes hydriques et nutritionnelles et d'autre part, pour élaborer les mécanismes de défense contre les outils pathogéniques de l'agent causal de la maladie.

Dans cette directive, nous avons étudié les conséquences biochimiques liées à la salinité en relation avec l'infection par *Botrytis cinerea* chez les tomates doublement stressées.

Notre analyse porte sur les variations de la teneur relative en pigments chlorophylliens dans les feuilles des plantes puis de la teneur en sucres solubles totaux, du taux en protéines totales ainsi que de la teneur en acides aminés libres totaux.



***PREMIERE PARTIE***

***Synthèse bibliographique***

## Introduction

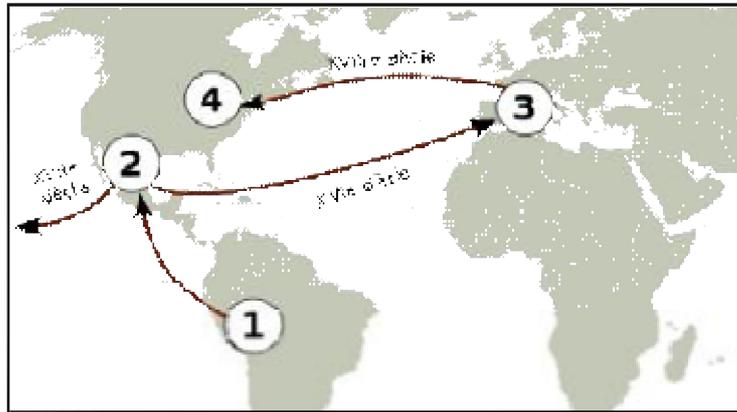
Avec une production mondiale de 159 millions de tonnes de tomates en 2011 (FAOSTAT, 2013). La tomate, considérée comme fruit ou légume, est l'un des produits agricoles le plus consommé dans le monde. Il constitue une source non négligeable de minéraux, vitamines et certains composés naturels secondaires ayant un potentiel antioxydant important (ZIDANI, 2009).

## I. Historique de la tomate

La tomate a été découverte en 1519 par Hermann Cortès dans le Golfe du Mexique (ESTRAN. S, 2005). Elle était déjà consommée depuis fort longtemps par les Aztèques, et poussait à l'état sauvage. Le nom "tomati" est également originaire de ces contrées et a été ramené par les conquistadors en même temps que le fruit lui-même. Les tomates ont été cultivées et consommées par les Espagnols et les Italiens il y a environ 400 ans. Considérées comme vénéneuses, elles servirent de plante d'ornement avant d'être considérées comme un fruit comestible. La tomate serait arrivée en France vers 1750. Ce sont les Européens qui, à la fin du XIX ème siècle, introduiront les premières espèces améliorées en Amérique du Nord (figure 01).

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. M.E, 2001).

En Algérie, ce sont les cultivateurs du Sud de l'Espagne (Tomateros), qui l'ont introduite étant donné les conditions qui lui sont propices. Sa consommation a commencé dans la région d'Oran en 1905 puis, elle s'étendit vers le centre, notamment au littoral Algérois (LATIGUI, 1984).



**Figure 1** : Diffusion de la tomate dans le monde (GALLAIS et BANNEROT, 1992). (1) Pérou : Centre de diversification. (2) Mexique : Premier centre de domestication. (3) Europe : Deuxième centre de domestication. (4) Etats Unis : Troisième centre de domestication.

## II. Classification de la tomate

La tomate est une plante herbacée annuelle à port buissonnant appartenant à la famille des Solanacées (Fig. 02). Elle est classée selon des critères différents liés à l'aspect botanique, la composition génétique et le type de croissance (GALLAIS et BANNEROT, 1992).

### II.1. Classification botanique

Selon DUPONT et GUIGNARD, (2012) et SPICHIGER et *al*, (2004), la tomate appartient à la classification suivante :

- Règne :** *Plantae*
- Sous règne :** *Trachenobionta*
- Division :** *Magnoliophyta*
- Classe :** *Magnoliopsida*
- Sous classe :** *Asteridae*
- Ordre :** *Solanales*
- Famille :** *Solanaceae*
- Genre :** *Lycopersicon*
- Espèce :** *Lycopersicon esculentum*.



**Figure 02** : La tomate *Lycopersicon esculentum*.

## II.2. Classification génétique

La sélection génétique de la tomate vise aujourd'hui à produire des variétés ou des cultivars adaptés à certaines conditions climatiques, a des techniques précises, ainsi qu'à une utilisation particulière. Mais l'amélioration génétique garde toujours pour principaux objectifs des rendements élevés, la résistance à une ou plusieurs maladies et aux ravageurs (POLESE, 2007).

### II.2.1. Variétés fixées

Il existe plus de cinq cents variétés fixées (conservent les qualités parentales). Leurs fruits sont plus ou moins réguliers, sont sensibles aux maladies, mais donnent en général des fruits d'excellente qualité gustative (POLESE, 2007).

### II.2.2. Variétés hybrides

Les Variétés hybrides sont plus nombreuses. Elles sont relativement récentes, puisqu'elles n'existent que depuis 1960 (POLESE, 2007).

## II.3. Classification culturale

Il existe deux types de croissance chez la tomate:

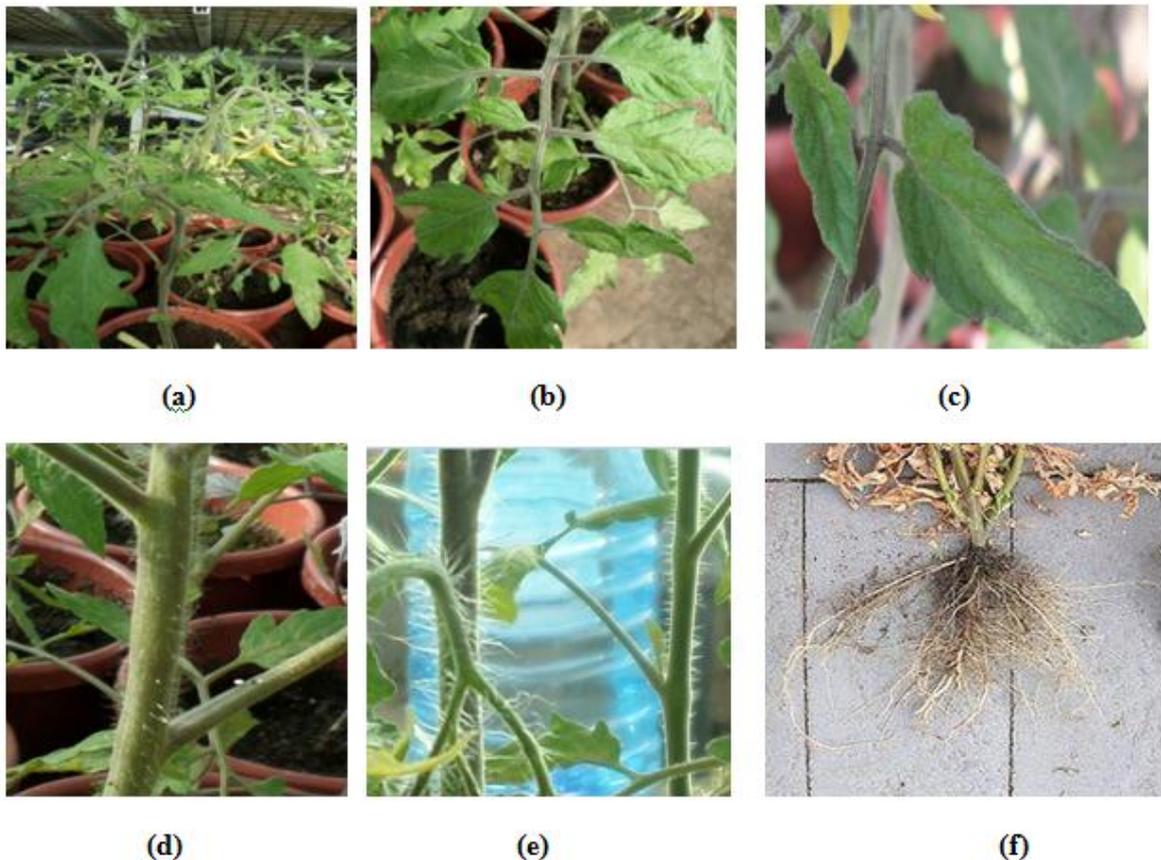
**II.3.1. Croissance indéterminée :** La plante produit 7 à 10 feuilles et une inflorescence, puis 3 feuilles et une seconde inflorescence et ceci indéfiniment.

**II.3.2. Croissance déterminée :** La plante arrête son développement après 2 à 5 inflorescences, les pousses latérales stoppent leur développement après 1 à 3 inflorescences (BLANCARD, 2009).

## III. Description botanique du plant de la tomate

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 de 5 mètres selon les variétés et le mode de culture (DUMORTIER, 2010) (fig.3 a). La racine de la tomate pivotante, pousse jusqu'à une profondeur de 50 cm ou plus (fig.3f). La racine principale produit une haute densité de racines latérales et 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 (fig.3 d et fig.3 e). Des feuilles sont disposées en spirale, 15 à 50 cm de long et 10 à 30 cm de large (fig.3 b). Les folioles sont ovées à oblongues, couvertes de poils glandulaires (fig.3 c).



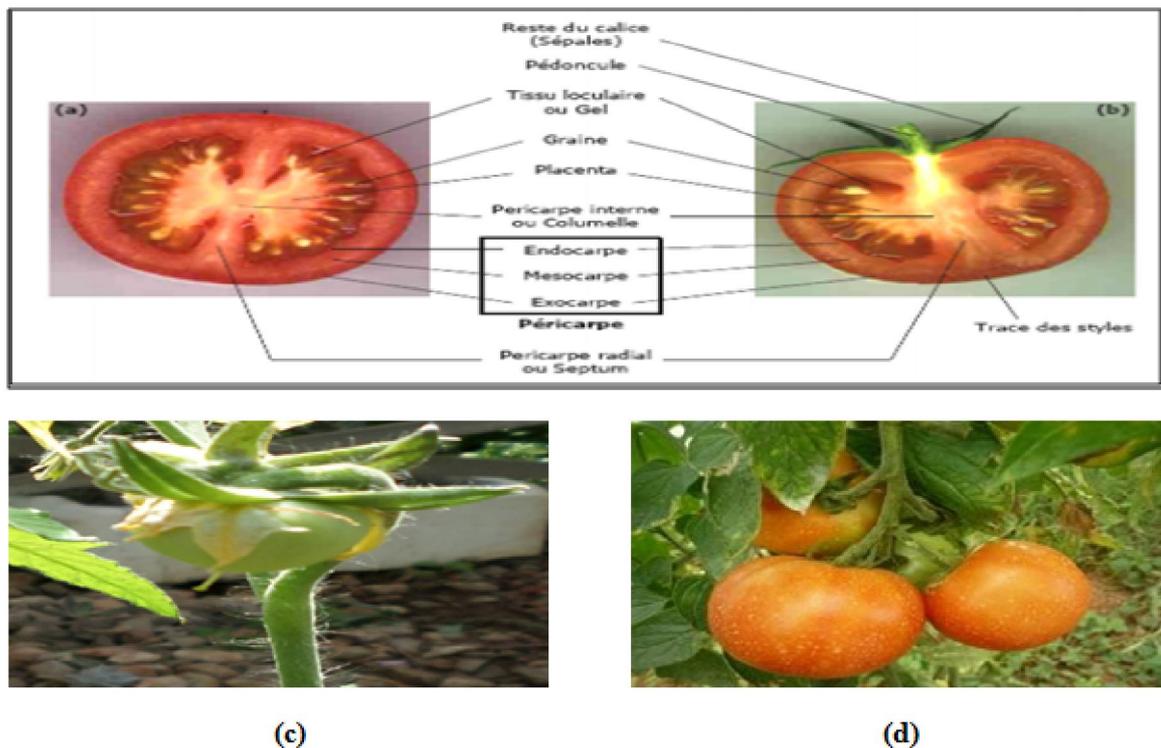
**Figure 03:** Caractéristique morphologique de la tomate ; **(a)** : plante de tomate à la floraison ; **(b)** : feuille de tomate ; **(c)** : foliole de tomate ; **(d)** et **(e)** : tige de tomate poilue (Originale 2015) ; **(f)** : système racinaire de tomate (CHAUX et FOURY, 1994).

L'inflorescence est une cyme formée de 6 à 12 fleurs. Le pétiole mesure entre 3 et 6 cm. les fleurs sont bisexuées, régulières et entre 1,5 et 2 cm de diamètre, elles poussent opposées aux - ou entre les feuilles. Le tube du calice est court et velu, les sépales sont persistants, jaunes et courbés lorsqu'elles sont mûres. Il y a 6 étamines et les anthères ont une couleur jaune vif et entourent le style qui a une extrémité stérile allongée. L'ovaire est supère avec entre 2 et 9 carpelles. En général la plante est autogame, mais la fécondation croisée peut avoir lieu (fig. 04).



**Figure 04:** Fleure de tomate (Originale 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 (fig. 05). En général les fruits sont ronds et réguliers ou côtelés. Les graines sont nombreuses, en forme de rein ou de poire. Elles sont poilues, beiges, 3 à 5 mm de long et 2 à 4 mm de large. L'embryon est enroulé dans l'albumen. 1000 graines pèsent approximativement 2,5 à 3,5 g (NAIKA et al., 2005).



**Figure 05:** Fruit de tomate à maturité, (a) : coupe transversale ; (b) : coupe longitudinale (GILLAPSY G et al., 1993) ; (c) : fruit non mûr, (d) : fruits mûrs (Originale 2015).

### IV. Cycle biologique de la tomate

D'après GALLAIS et BANNEROT (1992), Le cycle végétatif complet de la graine à la graine de tomate varie selon les variétés, l'époque et les conditions de culture; mais il s'étend généralement en moyenne de 3,5 à 4 mois du semis, jusqu'à la dernière récolte (7 à 8 semaines de la graine à la fleur et 7 à 9 semaines de la fleur au fruit).

Le cycle de développement d'un plant de tomate peut être décrit par trois grandes phases biologiques :

**IV.1. La « phase végétative »** qui correspond à la production phénologique exclusive d'organes végétatifs (feuilles et tiges) et comprise entre la levée et l'apparition de la première inflorescence.

**IV.2. La « phase reproductive »** qui correspond à la période de production des fleurs et des fruits et qui démarre à la floraison pour s'achever en fin de culture.

**IV.3. La « phase de maturation »** des fruits qui démarre sept à dix jours avant la récolte des premiers fruits et se termine à la récolte (ATHERTON et RUDICH, 1986 ; DUMAS, 1992 in HUAT, 2008).

### V. Culture

La tomate est une plante de climat tempéré chaud. Sa température idéale de croissance se situe entre 15°C (la nuit) et 25 °C (le jour). Elle craint le gel et ne supporte pas les températures inférieures à + 2 °C, elle demande une hygrométrie moyenne. Sa période de végétation est assez longue : il faut compter jusqu'à cinq à six mois entre le semis et la première récolte. La multiplication se fait par semis, opération qu'il faut faire assez tôt, vers février-mars, et donc sous abri en climat tempéré (en serre ou sous châssis vitré). Les jeunes plants obtenus sont à repiquer entre le 15 avril et le 15 mai, sitôt que la période des gelées est passée. Il est nécessaire de les tuteurer, sauf pour les variétés à croissance déterminée pour lesquelles on prévoit seulement un paillage. C'est une culture très exigeante, qui demande un sol profond et bien fumé, et la possibilité d'irrigation (ITCMI, 1994).

### VI. Serriculture

Les serres est une enceinte destinée à la culture ou a la protection des plantes en exploitant le rayonnement solaire, cette enceinte, constituée principalement par un matériau de couverture transparent ou translucide, isole plus ou moins les cultures de l'environnement extérieur. Elle consiste un abri efficace contre les intempéries (vent, pluie, neige,...) et réduit l'introduction des divers agents nuisible. Elle crée à l'intérieur un microclimat particulier qui peut être facilement amélioré à l'aide de divers équipements (WACQUANT, 2000).

Les serres présentent des avantages non négligeables par rapport aux cultures de plein champ. Elles permettent en premier lieu de pallier les difficultés liées aux fluctuations de température, de lumière et des conditions d'humidité de plein champ, ce qui a pour avantage d'étendre considérablement la période de production (près de 11 mois de cycle) (PILKINGTON et *al.*, 2009 : in FERRERO, 2009).

### VII. Composition biochimique de la tomate

On entend par la composition biochimique d'un aliment, la concentration en éléments essentiels qui sont répartis en cinq catégories : protides, lipides, glucides, vitamines et minéraux (ROUX, 1995).

La composition biochimique des fruits de tomate fraîche dépend de plusieurs facteurs, à savoir : la variété, l'état de maturation, la lumière, la température, la saison, le sol, l'irrigation et les pratiques culturales (DAVIES JN, HOBSON GE, 1981).Le tableau 01 donne la composition nutritionnelle de la tomate. Les valeurs sont à considérer comme des ordres de grandeur, susceptibles de varier selon les variétés, la saison, le degré de maturité, les conditions de culture...etc.

## Chapitre I : La plante Hôte : La tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller)

**Tableau 01 :** Composition nutritionnelle de la tomate cultivée (pour 100 g). (REGAL, 1995).

Composants	(g)	Vitamines	(mg)
<b>Glucides</b>	2.80	Vitamine C (ac. ascorbique)	18.00
<b>Protides</b>	0.80	Provitamine A (carotène)	0.600
<b>Lipides</b>	0.10	Vitamine B1 (thiamine)	0.060
<b>Eau</b>	94.0	Vitamine B2 (riboflavine)	0.040
<b>Fibres alimentaires</b>	1.20	Vitamine B3 ou PP (nicotinamide)	0.600
<b>Minéraux</b>	<b>(mg)</b>	Vitamine B5 (A. pantothénique)	0.280
<b>Potassium</b>	226.0	Vitamine B6 (pyridoxine)	0.080
<b>Phosphore</b>	24.00	Vitamine B8 (biotine)	0.001
<b>Calcium</b>	9.000	Vitamine B9 (ac. folique)	0.020
<b>Magnésium</b>	11.00	Vitamine E (tocophérols)	1.000
<b>Soufre</b>	11.00	<b>Apports énergétiques</b>	
<b>Sodium</b>	5.000	K Calories	15.00
<b>Chlore</b>	51.00	K Joules	63.00
<b>Bore</b>	0.100	<p>Apport Énergétique</p> <p>16.8% (Protéines)</p> <p>14.2% (Lipides)</p> <p>69.0% (Glucides disp.)</p> <p>0.0% (Alcool)</p> <p>Protéines, Lipides, Glucides disp., Alcool</p>	
<b>Fer</b>	0.500		
<b>Cuivre</b>	0.060		
<b>Zinc</b>	0.140		
<b>Manganèse</b>	0.110		
<b>Nickel</b>	0.023		
<b>Cobalt</b>	0.009		
<b>Chrome</b>	0.005		
<b>Fluor</b>	0.024		
<b>Iode</b>	0.002		

### VIII. Production nationale et mondiale de la tomate

#### VIII.1. Evolution des superficies, des productions et des rendements de tomate maraîchère en Algérie

La tomate en Algérie est en pleine expansion, à la faveur de nombreux programmes mis en place par le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural. Pour son développement de nouvelles techniques de

## Chapitre I : La plante Hôte : La tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller)

---

production sont introduites ces dernières années permettant plus de rendement à l'hectare.

En 2009, on a eu un rendement de 6,5 millions de quintaux de tomate. Les statistiques de l'année 2009 établie par le ministère de l'agriculture font état d'une superficie globale de tomate maraîchère cultivée de 21 320 ha, dont 186 200 ha pour la tomate maraîchère en plein champ et seulement 2 699 ha pour la tomate maraîchère sous serre. Ce rendement est de 6 459 904 quintaux, dont 4 460 371 quintaux pour la tomate maraîchère cultivée en plein champ et 1 999 533 quintaux pour la production de la tomate sous serres. Soulignons que les wilayas potentielles pour la production de la tomate sont Annaba, Skikda, El Taref et Guelma.

Pour permettre un meilleur développement de cette filière, et en termes d'encadrement, le ministère de l'agriculture a procédé à la mise en place d'une veille phytosanitaire pour prévenir les attaques des parasites responsable des maladies d'origine bactérienne et virale, particulièrement le Tyler et *T. absoluta* (AMRANI, 2010). A cet effet, de nouvelles techniques de productions sont introduites ces dernières années permettant plus de rendement à l'hectare (Tableau 02) (FAO, 2008).

**Tableau 02** : Evolution de la tomate maraichère en Algérie entre 2001-2009 (ANONYME, 2009).

	<b>Superficies Ha</b>	<b>Production/Qx</b>	<b>Rendement Qx/Ha</b>
<b>2001</b>	16760	3735340	222,87
<b>2002</b>	17820	4013640	225,20
<b>2003</b>	18650	4569330	245,00
<b>2004</b>	19432	5121950	263,60
<b>2005</b>	19655	5137280,4	243,60
<b>2006</b>	20436	5489336	268,60
<b>2007</b>	20079	5673134	282,50
<b>2008</b>	20789	5592491	284,50
<b>2009</b>	21089	6410343	308,40

Les statistiques de l'année 2009 établie par le Ministère de l'agriculture font état d'une superficie globale de tomate maraîchère cultivée de 21 320 ha avec un rendement de 6.5 millions de quintaux et les wilayas potentielles pour la production de cette catégorie de la tomate sont Skikda, Annaba, El Taref et Guelma (ANONYME, 2010).

### ➤ Zones de production

La culture de la tomate industrielle en Algérie a démarré dans les années 1920, dans la région de l'est avec la création de la première conserverie TOMACOOOP à Bône (actuellement Annaba). De 5 en 1970, le nombre d'usines est passé à 26 à l'échelle nationale ces dernières années. Les surfaces consacrées à la tomate d'industrie ont également augmenté, pour passer de 100 hectares en 1930 à 2 000 en 1960, pour arriver à une fourchette comprise entre 24 000 et 31 000 hectares ces dernières années.

Les tomates d'industrie sont principalement cultivées au nord-est du pays: la région d'El Tarf, Annaba, Guelma, Skikda et Jijel représente 85 % de la superficie totale consacrée à cette culture. Le reste est réparti entre le centre du pays (7 %) et l'ouest (3 %). (CIHEAM, 2005).



**Figure 06:** Production de la tomate en Algérie, selon les zones. (CIHEAM, 2005).

## VIII.2. Production mondiale

La tomate est cultivée dans de nombreux pays du monde (170 selon la FAO) et sous divers climats, y compris dans des régions relativement froides grâce au développement des cultures sous abri. La Chine est de loin le premier producteur mondial

## Chapitre I : La plante Hôte : La tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller)

avec un peu plus du quart du total (33,6 millions de tonnes), production destinée essentiellement (environ 85%) au marché intérieur pour la consommation en frais. Sur la période (1961-2007), la production mondiale a été multipliée par près de 4, passant de 27,6 à 102,2 millions de tonnes. Cette évolution a été particulièrement forte en Asie, ainsi la Chine a multiplié sa production par 7 dans la même période, l'Inde par 18,5. (SYNGENTA, 2009).

Le tableau suivant nous montre les principaux pays producteurs de tomate en 2007.

**Tableau 03:** Principaux pays producteurs de tomate.

<b>Année 2007</b>	<b>Surface cultivée (milliers d'hectares)</b>	<b>Rendement (tonnes par hectare)</b>	<b>Production (milliers de tonnes)</b>
<b>Chine</b>	1 455	23,1	33645
<b>États. Unis</b>	175	65,7	11 500
<b>Turquie</b>	270	36,7	9 920
<b>Inde</b>	479	17,9	8 586
<b>Égypte</b>	194	37,9	7 550
<b>Italie</b>	118	51,0	6 026
<b>Iran</b>	140	35,7	5 000
<b>Espagne</b>	56	65,0	3 615
<b>Brésil</b>	57	59,4	3 364
<b>Mexique</b>	130	22,3	2 900
<b>Russie</b>	158	15,1	2 393
<b>Ukraine</b>	80	19,0	1 520
<b>Grèce</b>	27	54,7	1 450
<b>Ouzbékistan</b>	57	23,2	1 327
<b>Chili</b>	20	65,1	1 270
<b>Maroc</b>	20	57,0	1 140

Source: (FAO STAT 2007 in GIOVE et ABIS).

## IX. Contraintes de la production de tomate

Les cultures de tomate peuvent être affectées par diverses attaques de ravageurs (insectes, acariens et nématodes) et de maladies cryptogamiques (fig.07 et tab. 04), bactériennes (tableau 05) ou virales (tableau 06), par la concurrence de mauvaises herbes et par des accidents de végétation ou des agressions abiotiques, dont l'importance varie selon le type de culture et les conditions climatiques (CHIBANE, 1999).

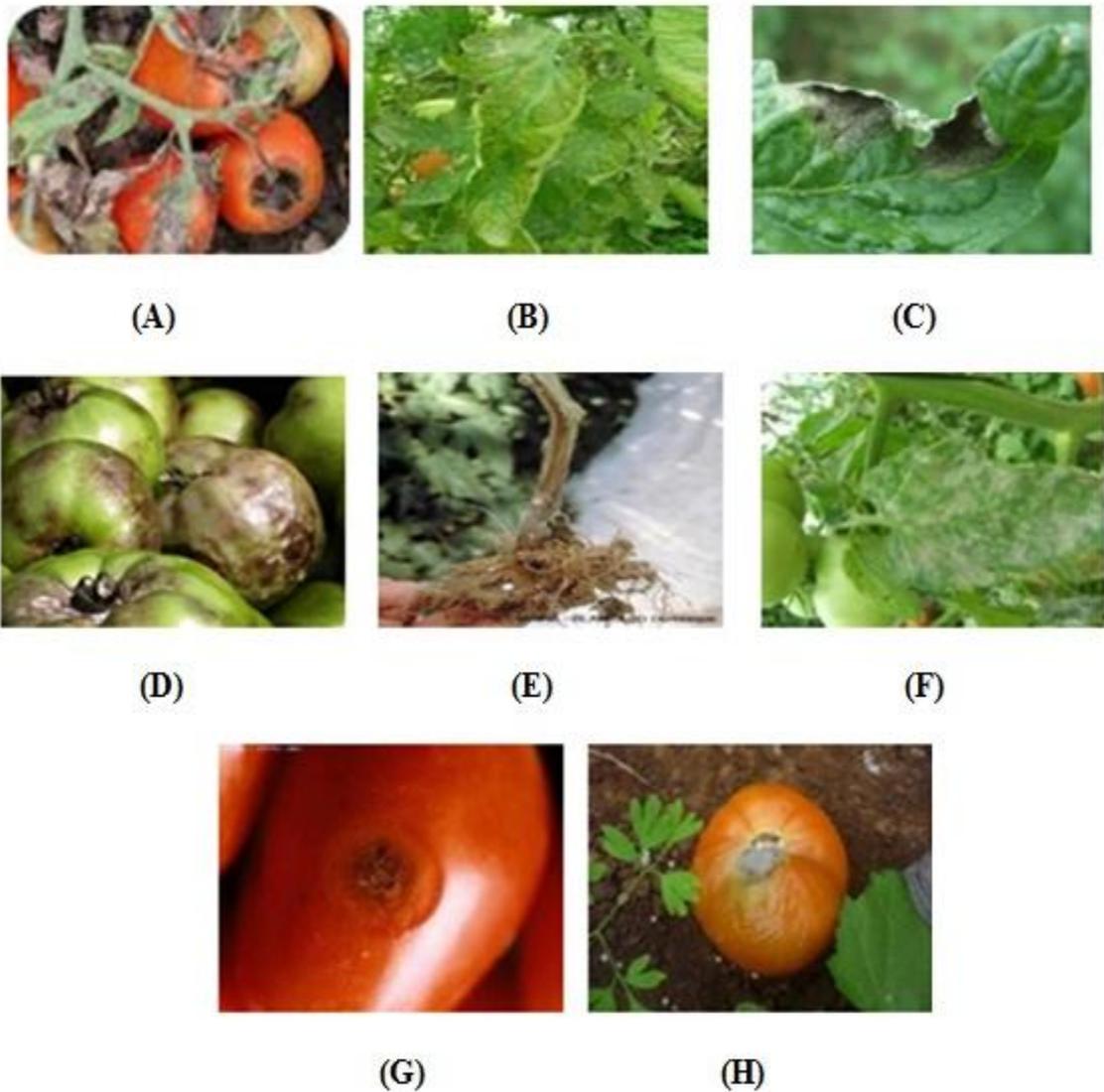
### IX.1.Principales maladies de la tomate

La culture de tomate peut être affectée par plusieurs maladies : maladies cryptogamiques (Tab. 04 et Fig. 07), bactériennes (Tab. 05), virales (Tab. 06) et physiologiques (Fig. 08).

#### IX.1.1. Maladies cryptogamiques

**Tableau 04** : Les maladies cryptogamiques de la tomate (SNOUSSI, 2010).

Maladies	Agents causals	Symptôme et dégâts
<b>Mildiou</b>	<i>Phytophthora infestans</i>	Grandes tâches brunes sur les feuilles et les tiges.
<b>Alternariose</b>	<i>Alternaria solani</i>	Tâches noires de taille variables sur les feuilles.
<b>Fusariose</b>	<i>Fusarium oxysporum</i> <i>f.sp lycopersici</i> <i>Fusarium oxysporum</i> <i>f.sp radidis lycopersici</i>	Flétrissement des feuilles avec brunissement des vaisseaux et pourriture des racines.
<b>Verticilliose</b>	<i>Verticillium albo-atrum</i> <i>Verticillium dahliae</i>	Flétrissement des feuilles accompagné d'un jaunissement. Unilatéral suivi de dessèchement des feuilles de la base.
<b>Anthraxose</b>	<i>Collectotrichum</i> <i>coccodes</i>	Tâches circulaires de 05 à 10 mm sur les fruits rouges.
<b>Oïdium</b>	<i>Oïdium neolycopersici</i>	Feutrage blanc sur feuilles
<b>Pourriture grise</b>	<i>Botrytis cinerea</i>	Feutrage gris sur les feuilles et sur les fruits.



**Figure 07** : Les maladies cryptogamiques de la tomate. **A** : Brûlures alternariennes sur Fruits de tomates ; **B** : Alternariose sur feuille de tomate (ANONYME2, 2009) ; **C** : Mildiou sur feuilles ; **D** : Mildiou sur fruits (Originale, 2014) ; **E** : Fusariose des racines et du collet (BLANCARD, 2001) ; **F** : Oïdium sur feuille de tomate (ORIGINALE, 2014). **G** : Anthracnose sur fruits (BLANCARD, 2010) ; **H** : Symptômes du botrytis sur le fruit de tomate (ORIGINALE, 2014).

### IX.1.2. Maladies bactériennes

**Tableau 05** : Les maladies bactériennes de la tomate (SNOUSSI, 2010).

Maladies	Agents causals	Symptômes et dégâts
<b>Moucheture bactérienne</b>	<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tomato</i>	Petits points noirs habituellement inférieurs à 2 mm de diamètre, entourés d'une auréole jaune et par des taches noires rarement supérieures à 1mm de diamètre, entourées parfois d'un halo vert foncé, sur les fruits. (BLANCARD, 2009).
<b>Gale bactérienne</b>	<i>Xanthomonas. Spp</i>	Sur feuilles, tiges et pétioles de tomate, les lésions se présentent sous forme des zones circulaires (1-5 mm) saturées d'eau, d'abord vertes, puis brunes et nécrosées. Les fruits de tomate portent des taches subérisées de 2 à 10 mm de diamètre, circulaires et à marges saturées d'eau. (BLANCARD, 2009).
<b>Chancre bactérien</b>	<i>Clavibacter michiganensis</i> sub sp. <i>Michiganensis</i>	Petites tâches chancreuses sur les folioles de couleur blanc marron. Jaunissement de la moelle en bordure des vaisseaux sur les tiges. Présence de petites tâches blanches, brunes au centre sur les fruits. (BLANCARD, 2009).
<b>Le flétrissement bactérien</b>	<i>Ralstonia solanacearum</i>	flétrissement irréversible sur la partie aérien de la plante qui survient après blocage, par la bactérie de la circulation de l'eau dans la plante.

### IX.1.3. Maladies virales

**Tableau 06** : Les maladies virales de la tomate (IDRENMOUCHE, 2011).

Maladies	Symptômes et dégâts
CMV <b>Cucumber Mosaic Virus</b>	Lorsque l'infection est précoce, on peut observer une stérilité des plantes ou une mal formation des fruits.
TICV: <b>Tomato Infectious Chlorosis Virus</b>	Une jaunisse généralisée et un retard du développement de la plante. Apparition de nécroses ce qui entraîne de grandes pertes de rendement.
TMV : <b>Tobacco Mosaic Virus</b>	Virus de la mosaïque du tabac Ce dernier est caractérisé par une mosaïque verte ou blanche, des folioles gaufrés devenant filiformes et ont tendance à s'enrouler, les fruits encore vert présentent une surface légèrement bosselée avec des plages nécrotiques brunes. Les fruits murs sont parsemés de plages vertes.
ToCV : <b>Tomato Chorosis Virus</b>	Virus de la jaunisse de la tomate. un jaunissement généralisé à l'ensemble des folioles d'une feuille et un retard du développement de la plante.
TSWV : <b>Tomato Spotted Wilt Virus ou virus de la maladie bronzée de la tomate.</b>	Il est à observer des mouchetures en mosaïque avec une décoloration des feuilles. Sur les tiges et pétioles, il y a apparition des tâches nécrotiques. Par contre sur les fleurs, on observe un nanisme, une déformation et une décoloration. la maladie peut entraîner un rabougrissement du plant.
TYLCV : <b>Tomato Yellow Leaf Curl Virus ou maladie des feuilles jaunes en cuillères de la tomate.</b>	La croissance des plantes atteintes est fortement perturbée. Les feuilles sont de tailles réduites et présentent un jaunissement et ou un enroulement en forme de cuillères. En cas d'infection précoce, les plantes sont naines et ne produisent plus de fruits.

### IX.2. Principales maladies physiologiques

**IX.2.1. Blotchyripening** : Les fruits affectés présentent des plages verdâtres, irrégulières qui persistent même à maturité complète. Une coupe longitudinale du fruit, montre un brunissement de péricarpe avec des vaisseaux liquéfiés.

**IX.2.2. Tomate creuse** : Le fruit prend une forme triangulaire ou cordiforme. Les loges sont vides, présentant parfois peu de graines. La chair est moins épaisse.

**IX.2.3. Nécrose apicale** : Sur fruit, on observe une tache brunâtre qui se nécrose par la suite et provoque le dessèchement pistalaire du fruit qui devient sujette aux attaques des champignons. Les 2 ou 3 premiers bouquets sont les plus touchés par cette anomalie (fig.08A ) (CHIBANE, 1999).

**IX.2.4. Eclatement** : Au cours du grossissement du fruit, on observe des gerçures au niveau du collet qui peuvent évoluer, si les conditions deviennent favorables, en éclatement circulaire ou radial (fig. 08B) (CHIBANE, 1999).



**Figure 08** : Les contraintes abiotiques de la tomate. **A** : nécroses apicales sur tomate ; **B** : Eclatement du fruit de tomate (Originale, 2014).

### IX.3. Principaux ravageurs de la tomate

Les ravageurs de la tomate sont nombreux :

**IX.3.1. Les nématodes** : présence de nombreuses nodosités (gales) sur les racines .On peut citer *Meloïdogyne icognita*, et *Meloïdogyne javanica*.

**IX.3.2. Les acariens** : arrêt de la végétation. Présence de petites ponctuations jaunes sur les folioles, présence de nombreuses toiles soyeuses, plages luisantes sur tiges, folioles de couleur vert bronze, dessèchement et chute des folioles et des feuilles.

**IX.3.3. Les Aleurodes** : production de miellat se couvrant de fumagine.

**IX.3.4. Les Pucerons** : provoque l'enroulement des feuilles, crispation des jeunes folioles avec arrêt de croissance.

**IX.3.5. Les noctuelles** : provoquent la perforation des folioles, trous sur fruits provoquant la maturation prématurée avec des cavités dans les fruits L'espèce la plus fréquente : *Heliothes armigera*.

**IX.3.6. Les thrips** : observation de plages de cellules mortes comme des tâches claires formées de petits points blancs nacrés brunissant peu à peu. Sur les jeunes pousses, la salive toxique induit un raccourcissement des entre nœuds. Les Thrips se nourrissent de grains de pollen, détruisent les étamines et entraînent les couleurs de fleurs.

**IX.3.7. Les mineuses** : provoquent des galeries sinueuses entre les épidermes .En cas de forte attaque dessèchement total du feuillage (SNOUSSI, 2010).

### **IX.4. Les adventices**

NAIKA et *al.*(2005) rappellent que les mauvaises herbes de la tomate en plein champ sont : *Solanum nigrum*, *Chenopodium album*, *Chenopodium murale*, *Datura stramonium*.

## Chapitre II : L'agent pathogène : *Botrytis cinerea* Pers. (anamorphe)

---

### INTRODUCTION

Comme toutes les plantes, la tomate est soumise à l'attaque de nombreux agents pathogènes qui sont responsables de diverses maladies (Chapitre I). Elle peut ainsi être attaquée par des virus (TMV ; Virus de la Mosaïque du Tabac, le TSPWV ; Tomato Spotted-Wilt Virus, le TYLCV ; Virus des Feuilles Jaunes en Cuillère de la Tomate...) (BLANCARD, 2009, SHANKARA, 2005, MESSIAEN et *al.*, 1993), des bactéries (*Pseudomonas syringae* pv. *tomato*, *Clavibacter michiganensis* sub sp. *Michiganensis*, *Ralstonia solanacearum* ...) (SHERF et MACNAB, 1986; SCOTT et *al.*, 1989; DAVIS et *al.*, 1984, DYE et *al.*, 1980), des champignons (*Botrytis cinerea*, *fusarium oxysporum* f.sp, *Verticillium* sp, *Phytophthora infestans*...) (WILLIAMSON ET *AL.*, 2007, MESSIAEN et *al.*, 1993, RUOCCO et *al.*, 2011, BLANCARD, 2009) et des ravageurs (acariens, nématodes et insectes) (SHANKARA, 2005).

À la frontière du saprophytisme et du parasitisme, le champignon phytopathogène ubiquiste *Botrytis cinerea*, agent causale de la pourriture grise (JARVIS, 1980). La maladie causée par cet agent pathogène engendre des pertes économiques et agricoles importantes dans plusieurs types de culture (VELOUKAS et *al.*, 2011). Sur cultures maraîchères, viticoles et horticoles, en pré- ou en post-récolte, cette maladie conduit à des pertes importantes de rendement. Ce champignon, mondialement répandu, a la particularité de pouvoir infecter de nombreuses plantes, ce qui engendre des pertes pouvant atteindre 20% des récoltes mondiales (ELAD et *al.*, 2004).

#### I. Généralités sur *Botrytis cinerea*

*Botrytis cinerea* est un champignon polyphage capable d'attaquer plus de 230 espèces de plantes (JARVIS, 1980). En effet, *Botrytis cinerea* est l'agent responsable de la pourriture grise (MARTINEZ et *al.*, 2005) de nombreuses productions végétales d'importance économique en culture sous serre ou en plein champ (GULLINO, 1992). Il s'attaque aux fruits (ex. raisin, fraise) et aux légumes (ex. tomate, laitue) de diverses productions végétales, mais aussi aux plantes ornementales (ex. tournesol, rose) (KIM et XIAO, 2011 ; LEROUX et *al.*, 2002 ; VELOUKAS et *al.*, 2011 ; YIN et *al.*, 2011). Ce champignon phytopathogène peut, selon le cas, entraîner la destruction totale ou partielle de la plante hôte ou même de la récolte engendrant des pertes économiques pré- et post-

récolte importantes (FERNANDEZ-ORTUNO et al. 2012). En plus d'être considéré comme un champignon nécrotrophe, *B. cinerea* se caractérise principalement par son ubiquité, son saprophytisme, sa grande variabilité génétique et sa capacité de s'adapter facilement à son environnement (DE MICCOLIS ANGELINI et al. 2010 ; KRETSCHMER et HAHN, 2008 ; MARTINEZ et al., 2005). Certains suggèrent que cette capacité d'adaptation, résulte entre autres d'un cycle de vie très court ainsi que d'une reproduction prolifique (BRENT et HOLLOMON, 2007 ; YIN et al., 2011).

### II. Description de l'agent pathogène

Sur milieu PDA, ce champignon se présente sous forme de colonies blanches qui prennent ensuite une teinte grise. Les conidies sont ovoïdes ou rondes, hyalines et d'une taille comprise entre 11 et 15  $\mu\text{m}$ . Elles sont produites dans des bouquets à l'extrémité de conidiophores ramifiés. Ce champignon peut produire également des sclérotés à contours irréguliers et noirs (1-5 mm de diamètre). Dans la nature, ces sclérotés apparaissent sur les fruits décrochés par le vent ou sur les sols des vergers. La sporulation est provoquée par l'exposition à la lumière (ROSENBERGER, 1990). Le champignon phytopathogène *Botrytis cinerea* peut se présenter ou survivre sous différentes formes telles que le sclérote, le mycélium, les macroconidies, les microconidies et les ascospores.

#### ➤ Le mycélium

Il est aussi une structure qui peut survivre dans les tissus morts de son hôte et est constitué d'hyphes septés et perforés d'un pore central. Il comprend des filaments articulés, grisâtres ou olivâtres, cylindriques, quelquefois vésiculeux au niveau de la cloison médiane, dont le diamètre varie considérablement suivant les conditions de développement des hyphes (AJOUZ, 2009).

#### ➤ Le sclérote

Il se développe dans les tissus morts de son hôte et est considéré comme la principale structure de survie du champignon durant l'hiver (Williamson et al., 2007). Il est formé par une masse mycélienne dense plutôt arrondie, entouré d'un cortex rigide contenant des pigments de mélanine. Ces caractéristiques le protègent de la dessiccation, des rayons ultra-violet et des attaques de microorganismes sur de longues périodes (WILLIAMSON et al., 2007).

## Chapitre II : L'agent pathogène : *Botrytis cinerea* Pers. (anamorphe)

### ➤ Les macroconidies

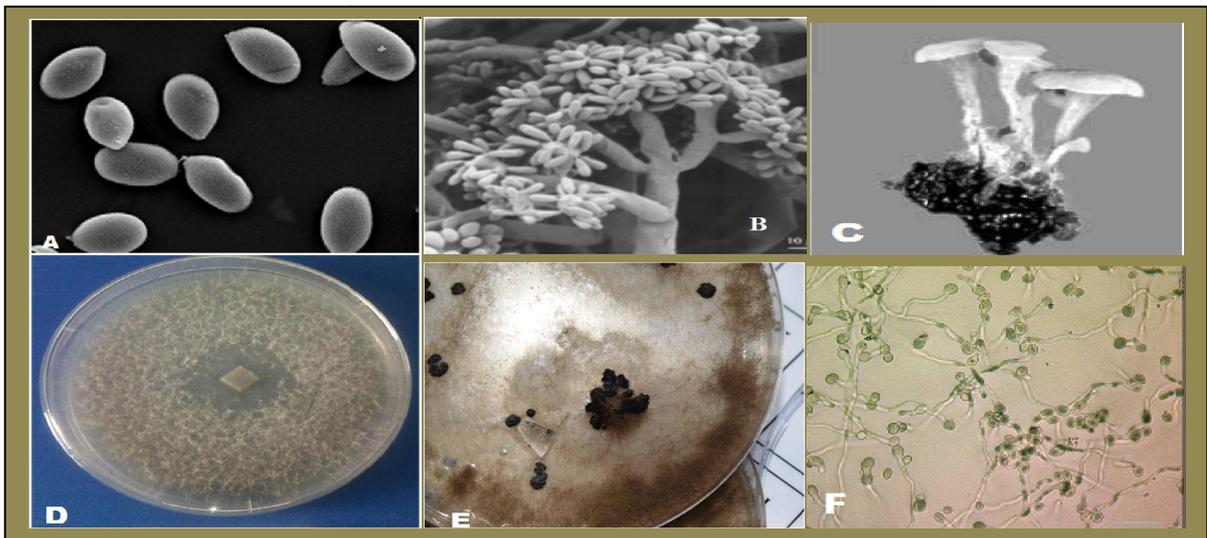
Elles ont la particularité d'être des cellules uniques, multi-nucléées, différenciées (stade final de développement) et au stade de dormance (AGRIOS, 2005). Le fait que les macroconidies possèdent la caractéristique d'être hétérocaryotiques est très avantageux. Cette caractéristique confère au champignon *B. cinerea* une plus grande variabilité génétique et donc, la possibilité de s'adapter plus rapidement aux conditions du milieu, par exemple aux fongicides (WILLIAMSON *et al.*, 2007 ; LEROUX, 2004).

### ➤ Les microconidies (spermaties)

Ce sont des gamètes mâles uninucléés jouant un rôle dans la reproduction sexuée du champignon.

### ➤ Les ascospores

Au nombre de huit par asque, elles sont oblongues à elliptiques. Un asque contient huit ascospores binucléés qui germeront pour produire un mycélium (WILLIAMSON *et al.* 2007). Les asques sont produits sur des apothécies, fructifications d'ascomycètes assurant la reproduction sexuée (AJOUZ, 2009).



**Figure 09 :** Conidies observés en utilisant un microscope électronique à balayage (A). Conidiphores observés en utilisant un microscope électronique (B). Apothécie produisant des ascospores sur une sclérote (C). *Botrytis cinerea* sur milieu de culture PDA à 25°C (D). Sclérote de *Botrytis cinerea* produites sur boîte de pétri après un mois de culture sur un milieu PDA à 21°C (E). Observation de la germination des conidies sur milieu riche PDA au microscope optique (F).

### II. Nomenclature et systématique

Le nom *Botrytis cinerea* a été donné par Persoon en 1801 à un agent pathogène de la vigne. Ce champignon comme beaucoup d'autres connaît une double classification:

➤ **Une forme parfaite (téléomorphe),** *Botryotinia fuckeliana* (DE BARRY) Wetzel. C'est un Ascomycète, de la classe des Discomycètes, de l'ordre des Léotiales, famille des Sclerotiniaceae.

➤ **Une forme imparfaite (anamorphe),** *Botrytis cinerea* Pers. C'est un Deutéromycète de la classe des Hyphomycètes, de l'ordre des Moniliales, famille des Moniliaceae. C'est de BARY (1866) qui a établi une relation génétique entre *Botrytis cinerea* Pers., organisme asexué, et *Botryotinia fuckeliana* appelé au départ *Peziza fuckeliana*, organisme sexué.

*B. cinerea* possède un mycélium hyalin, cylindrique et cloisonné, grisâtres ou olivâtres, dont le diamètre varie considérablement suivant les conditions de développement des hyphes 11-23 µm.

Le genre *Botrytis* est très proche du genre *Sclerotinia* (83 % d'identité protéique moyenne entre les deux génomes) (AMSELEM et al., 2011). Il compte 22 espèces et un hybride. La classification ancienne, basée essentiellement sur des caractères morphologiques et les spectres d'hôtes a été révisée récemment par une approche de généalogie multiple (STAATS et al., 2005).

*Botrytis cinerea* se classe comme suit :

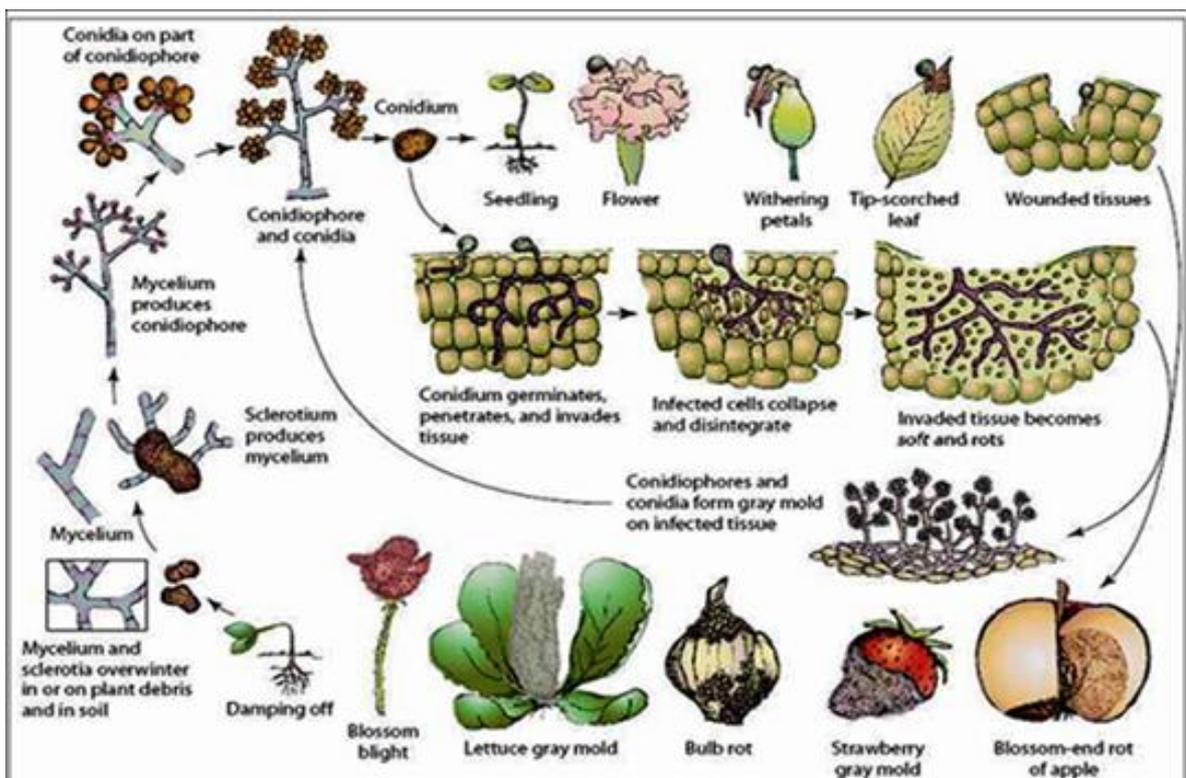
**Règne :** *Fungi*  
**Division :** *Ascomycota*  
**Classe :** *Leotiomycetes*  
**Ordre :** *Helotiales*  
**Famille :** *Sclerotiniaceae*  
**Genre :** *Botrytis*  
**Espèce :** *Botrytis cinerea* (HAKIM ALILOU, 2012).

### III. Cycle infectieux de *Botrytis cinerea*

*Botrytis cinerea* possède un cycle infectieux sexué et asexué. Il peut produire soit des spores asexuées (macroconidies) ou sexuées (microconidies), soit du mycélium ou des sclérotés (AJOUZ, 2009). Durant l'hiver, *B. cinerea* se conserve principalement sous

## Chapitre II : L'agent pathogène : *Botrytis cinerea* Pers. (anamorphe)

forme de sclérotes dans les débris morts de l'hôte, la plupart du temps les feuilles tombées au sol. Lorsque les conditions de température et d'humidité redeviennent favorables à la végétation, les sclérotes germent et produisent un mycélium qui, grâce à ses appressoria, perforera la cuticule végétale. Il y aura par la suite, développement des conidiophores portant des macroconidies (spores asexuées) qui serviront d'inoculum primaire (Fig.10). Les macroconidies libérées seront principalement propagées à l'aide du vent et de la pluie, ce qui sera considéré d'inoculum secondaire. Le mycélium de *B. cinerea* peut aussi se conserver dans les débris de l'hôte durant l'hiver pour par la suite produire des conidies et servir d'inoculum primaire (WILLIAMSON et al., 2007). Pour plusieurs fruits et légumes (ex. courgette, fraise, pomme), l'infection commence généralement sur les fleurs sénescentes puis se propage sur les fruits adjacents en développement (WILLIAMSON et al. 2007). L'infection par *B. cinerea* peut aussi être favorisée par des blessures sur les fruits ou les feuilles (ELMER et MICHAILIDES, 2004). De plus, *B. cinerea* peut, selon les conditions environnementales, effectuer plusieurs cycles de reproduction asexuée au cours d'une saison.



**Figure 10 :** Cycle de développement (production asexuée) de *Botrytis cinerea* sur différentes cultures (d'après AGRIOS, 2005).

### V. Symptôme et dégâts

Au niveau des blessures contaminées, *B. cinerea* a une évolution d'autant plus rapide que les fruits sont plus mûrs. Si l'atmosphère du local de conservation est très humide, un mycélium blanc et dense peut apparaître en surface et contaminer les fruits sains adjacents provoquant la formation de 'nids' de pourriture dans les caisses (BONDOUX, 1992).

Le champignon cause la pourriture grise sur des fruits en conservation qui se caractérise par une pourriture brune de consistance molle avec des lenticelles auréolées de brun rouge. La pourriture dégage une odeur sucrée semblable au cidre. En condition humide, un mycélium blanc-gris se développe sur les zones infectées. Le mycélium en sporulation est de couleur grise (ROSENBERGER, 1990).



**Figure 11** : Symptomatologie de *Botrytis cinerea*. **A** : Attaque en serre de tomate. La proximité des plantes et la litière infectée au sol favorisent les épidémies. **B** : Chancre sur tige de tomate. **C** : Tâches fantôme sur tomate, correspondant à des infections avortées. **D** : Surinfection sur tomate cerise infectée par le mildiou. *B. cinerea* est également un parasite de faiblesse. **E** : Jeune fruit de concombre infecté. **F** : Infection sur mûres cultivées. **G et H** : Mycélium sporulant sur grappe de raisin. **I** : Infection sur feuille de *Pelargonium*, après contact d'une fleur infectée. **J** : Plant de cyclamen dont les pétioles ont pourri sous l'action de *B. cinerea*.

### VI. Gamme d'hôte de *B. cinerea* et cycle épidémiologique

*B. cinerea* est un champignon pathogène ubiquiste et polyphage, capable d'infecter plus de 200 espèces de plantes dicotylédones et monocotylédones, causant des pertes économiques importantes sur les cultures avant et après récolte (ROSSLENBROICH et STUEBLER, 2000 ; GUDELJ et al., 2004 ; HUBERT et al., 2005). Sur la tomate, *B. cinerea* cause la pourriture grise des feuilles, des pétioles, des tiges et des fruits sous serre et en plein champ (DIK et ELAD, 1999), mais elle est particulièrement sévère dans les conditions de lumière faible et d'humidité élevée des serres (JARVIS, 1980).

Cette espèce est commune sur pommes et coings, mais elle est particulièrement dommageable sur les poires. Les conidies de *B. cinerea* ont des origines très variées compte tenu de la polyphagie de cette espèce. Beaucoup de débris végétaux peuvent être le support des conidies, y compris sur les arbres: chancres, feuilles desséchées, fruits pourris. Les blessures infligées au moment de la cueillette peuvent être facilement contaminées. En effet, une fois l'agent pathogène installé, les conidies se dispersent facilement vers les fruits adjacents. Dans le cas où *B. cinerea* a besoin de lumière pour la sporulation, la dissémination peut se faire par des pédoncules infectés (BONDOUX, 1992).

### VII. Pathologie

L'infection des structures végétales peut se faire de différentes façons. Les tubes de germination des conidies peuvent passer à travers la barrière cuticulaire par action enzymatique, par les stomates (ouverture microscopique dans l'épiderme d'une feuille, éventuellement d'une tige, assurant les échanges gazeux entre la plante et l'atmosphère) ou par les blessures provoquées par des piqûres d'insectes. L'infection par du mycelium provenant de tissus morts de parties végétales infectées est aussi fréquente (COLEY-SMITH et al., 1980 ; JARVIS, 1977).

#### VII.1. Infection par action enzymatique

Les conidies de *Botrytis cinerea* adhèrent à la plante par interactions hydrophobes entre leur paroi cellulaire et la cuticule du fruit (BESSIS, 1972). Lors de leur germination, une cutinase est sécrétée, dissolvant la barrière cuticulaire de la plante et leur permettant

## Chapitre II : L'agent pathogène : *Botrytis cinerea* Pers. (anamorphe)

---

ainsi d'atteindre l'épiderme (GINDRO, 2000). A ce stade, *Botrytis cinerea* sécrète d'autres enzymes, les polygalacturonases (ou pectinases) dégradant la pectine (constituant du ciment cellulaire assurant la solidité des tissus).

### VII.2. Infection par les stomates

Certains mécanismes hôte-pathogène se font par la pénétration des tubes germinatifs par les stomates. Mais ce mode d'infection est une exception pour le genre *Botrytis*.

### VII.3. Infections par le mycélium

*Botrytis cinerea* se développe de façon limitée à la base des étamines déhiscentes, permettant ainsi la contamination directe des fruits par le champignon. L'infection par le mycélium se produit de fruit à fruit. Ce mécanisme est dépendant du milieu environnemental de la plante.

Le développement du champignon est favorisé par certains facteurs externes comme : l'humidité, les tissus morts, la température, les lésions de la plante et la lumière (HILL et *al.*, 1981 ; PEZET ET PONT, 1986).

## VIII. Les facteurs environnementaux

### VIII.1. La température

La température optimale pour la croissance mycélienne varie selon les souches de *B. cinerea* mais dans l'ensemble elle est comprise entre 18 et 23°C (JARVIS, 1977). Tandis que la germination des sclérotés de plusieurs souches est favorisée par les basses températures (BLAKMAN, 1980).

La température optimale pour la germination des conidies était comprise entre 20 et 30°C. À des températures inférieures à 5°C et supérieures à 35°C, les spores de *B. cinerea* ne germent pas après 48 heures d'incubation. A 10°C la germination est très retardée avec seulement 60% de conidies germées 48 heures après l'inoculation. (SHIRAIISHI et *al.*, 1970a).

SIRRY (1957) ont constaté qu'à 21°C, les conidies de *B. cinerea* germent à 100%. JARVIS (1977) a rapporté que les conidies de *B. cinerea* germent à 100% à 20°C, 15°C et 5°C avec 100% d'humidité.

Le mycélium aérien et la sporulation se développent d'une manière plus rapide à 21°C. (THOMAS AND MAROIS, 1986).

## Chapitre II : L'agent pathogène : *Botrytis cinerea* Pers. (anamorphe)

---

DAVIDSON et KRYSSINSKA-KACZMAREK (2007) ont définis les conditions optimales pour l'infection et la sporulation sur la lentille à 15-25°C. La sporulation est limitée à 10°C et stoppée à une température inférieure à 5°C ou supérieure à 30°C.

### VIII.2. L'humidité

L'humidité relative et la disponibilité en eau à la surface des plantes ont toujours été considérées parmi les facteurs majeurs influençant le processus des infections dues au genre *Botrytis* (BLAKEMAN, 1980). JARVIS (1977) a rapporté que les conidies de *B. cinerea* germent à 100% à 20°C, 15°C et 5°C avec 100% d'humidité. SNOW (1949), estime que les conidies de *B. cinerea* ont besoin de niveaux élevés d'humidité relative pour la germination. A 95% d'humidité relative, seulement 80% des conidies de *B. cinerea* germent à 15°C et 5°C, en revanche 100% des spores germent à 20°C (JARVIS, 1977). À 90% d'humidité relative, 85% des conidies germent à 20°C, et la germination s'arrête quand les conditions d'humidité relative et de température sont plus faibles (JARVIS, 1977).

Dans des conditions d'humidité relative de l'ordre de 80 à 100%, l'incidence de la maladie sur concombre est plus grave qu'en condition sèche (YUNIS et *al.*, 1990). Le mycélium aérien et la sporulation se développent d'une manière plus rapide à 21°C, 94% d'humidité relative et en présence d'un vent limité (THOMAS AND MAROIS, 1986). Une surface d'eau libre ou une humidité relative élevée (95%) semblent même nécessaires à la germination des conidies et à la pénétration des filaments germinatifs, et au succès de l'infection (WILLIAMSON et *al.*, 1995).

D'après O'NEILL et *al.*, (1997), la phase de sporulation est favorisée par une forte humidité relative et l'interruption de ces conditions entraîne un retard de sporulation. Enfin, les apothécies sont généralement produites dans des conditions fraîches et humides (KOCHENKO, 1972). Dans des conditions contraires (en atmosphère sèche), les apothécies sèchent rapidement et cessent de former des ascospores (JARVIS, 1977).

### VIII.3. La lumière

La germination des conidies de *B. cinerea* se produit aussi bien à la lumière qu'à l'obscurité, pourvu qu'il y ait de l'eau et des nutriments en quantité suffisante (BLAKEMAN, 1980). La sporulation de *B. cinerea* est par contre dépendante de la qualité

## Chapitre II : L'agent pathogène : *Botrytis cinerea* Pers. (anamorphe)

---

de la lumière reçue et surtout des UV (ELAD, 1997; NICOT et *al.*, 1996; WEST et *al.*, 2000).

La survie des conidies dans l'air est également influencée par la qualité de la lumière. D'après ROTEM et AUST (1991), les rayons UV influencent fortement la mortalité des conidies; la longévité sous UV a été réduite à 3 minutes (ROTEM and AUST, 1991) contre 14 mois pour les conidies sèches incubées à température ambiante (SALINAS et *al.*, 1989).

### VIII.4. Exigences nutritives

De nombreuses expériences ont montré que la germination de *B. cinerea* dans l'eau était significativement plus faible que dans une solution nutritive (KOSUGE and HEWITT, 1964). La germination des spores de *B. cinerea* dans l'eau (absence de nutriments) a cependant été observée pour certaines souches (DOEHLEMANN et *al.*, 2006). La présence de nutriments tels que le glucose et le fructose favorise la germination et l'élongation du filament germinatif (CLARK and LORBEER, 1977; KOSUGE and HEWITT, 1964) et permettent à des conidies âgées de retrouver leur pouvoir germinatif (SHIRAISHI et *al.*, 1970b).

## IX. La lutte contre *Botrytis cinerea*

### IX.1. Lutte culturaux

#### IX.1.1. Choix du site et type de plantation

Le site et la méthode de plantation doivent faire en sorte d'assurer un séchage rapide du feuillage et des fleurs afin de limiter le développement du champignon. Ainsi, il faut choisir un site où l'air circule facilement, avec une bonne exposition au soleil, sur un sol qui se draine bien. Il est préférable d'orienter les rangs dans le sens des vents prédominants, toujours pour assurer un séchage rapide du feuillage (WILCOX, 1993).

#### IX.1.2. Irrigation

Les conditions environnementales, en particulier l'humidité relative, joue un rôle clef pour l'infection de la plante par *B. cinerea* et le développement de la maladie. L'idée générale encore une fois est d'éviter que le feuillage reste humide longtemps. Ainsi, le CPVQ (1985) recommande d'irriguer de préférence le jour et lorsque la température

## Chapitre II : L'agent pathogène : *Botrytis cinerea* Pers. (anamorphe)

---

dépasse 20°C. HOFSTETTER (1990) recommande quant à lui d'irriguer tôt le matin par journée ensoleillée de façon à accélérer le séchage de la surface du sol et donc réduire la sporulation du champignon. L'irrigation goutte-à-goutte permet de réduire les risques de maladie en gardant le feuillage sec.

### IX.1.3. Fertilisation

La fertilisation azotée a un rôle important à jouer dans le contrôle de la pourriture grise. Ainsi, WILCOX (1993) a trouvé que l'incidence de la pourriture grise est accrue grandement lorsque 34 ou 67 kg/ha d'un engrais azoté soluble sont appliqués au printemps. L'effet de la fertilisation azotée serait en fait indirect: elle provoque une croissance de feuilles abondantes, ce qui fait que l'humidité reste plus longtemps, soit 50% plus longtemps, favorisant ainsi le développement de la pourriture grise (WILCOX, 1993).

### IX.1.4. Rotation

Une façon simple d'éviter les problèmes de pourriture grise est de faire une rotation courte, c'est-à-dire de ne faire la récolte qu'une année (SCHMID et HENGGELER, 1988).

### IX.1.5. Variétés résistantes

*Botrytis cinerea* est un champignon très adaptable comme en témoigne la résistance qu'il a développée à beaucoup de fongicides chimiques depuis les années '50. Même si on ne peut considérer l'utilisation de variétés à proprement parler résistantes, on peut toutefois éviter la culture des variétés très susceptibles à la pourriture grise. En général, les variétés à fruits fermes et dont les achènes sont près de la surface sont moins susceptibles que celles à chaire molle et à graines profondes. (CPVQ, 1985).

## IX.2. Lutte biologiques

La lutte biologique a pour principe d'utiliser des micro-organismes antagonistes afin de réduire la densité de l'inoculum de l'agent pathogène ou d'altérer son activité pathogène. La protection conférée par un agent biologique peut être basée sur un ou plusieurs mécanismes d'action : la compétition pour les éléments nutritifs ou l'espace, le parasitisme, la production de substances toxiques pour le pathogène (antibiose) et/ou la stimulation des défenses de la plante (THOMASHOW & WELLER, 1996 ; YEDIDA et al., 1999 ; HAAS et al., 2000). Le champignon le plus largement étudié est le

## Chapitre II : L'agent pathogène : *Botrytis cinerea* Pers. (anamorphe)

---

*Trichoderma* spp. Les travaux sur le biocontrôle de *B. cinerea* à l'aide de ce champignon ont débuté il y a 30 ans (DUBOS et al., 1978, 1982). Des produits à base de *T. harzianum* et *T. viride* ont été formulés afin d'être commercialisés en tant qu'anti-Botrytis. De plus, des rhizobactéries appelées PGPR pour « plant growth-promoting rhizobacteria » ont montré une efficacité dans la lutte contre *B. cinerea*.

### IX.3. Lutte chimique

Différents types de fongicides ont été utilisés pour combattre la pourriture grise ; les fongicides de contact, les fongicides translaminaires et les fongicides systémiques.

L'action multisite et multicible de fongicides de contact perturbe de nombreux mécanismes cellulaires chez le champignon. De ce fait, l'efficacité de ces produits est potentiellement peu sujette à des résistances (POMMER et LORENZ, 1987). En revanche, les fongicides de surface ont parfois des effets indésirables (CARLILE, 1988 ; HASSALL, 1990). De ce fait, l'usage de ces molécules dans la pratique est souvent restreint. De plus, étant donné l'absence d'effet curatif, ils ont été rapidement détrônés par les fongicides systémiques.

Plusieurs familles de fongicides de synthèse sont disponibles pour lutter contre *B. cinerea*. Elles sont classées en 5 catégories, selon leurs modes d'action biochimique sur le pathogène : les fongicides affectant la respiration, le fonctionnement des microtubules, l'osmorégulation, la biosynthèse de méthionine ou des stérols (LEROUX et al., 2002).

Actuellement, les fongicides restent des outils indispensables pour lutter contre *B. cinerea* en pré- et post-récolte et assurer une production suffisante (LEROUX, 2004). L'utilisation de produits phytopharmaceutiques peut, cependant, entraîner le développement de souches résistantes à ces fongicides (LATORRE et al., 2002 ; LEROUX, 2004 ; SERGEEVA et al., 2002).

**Introduction**

Plusieurs contraintes environnementales sont limitantes pour la croissance et le développement des plantes ainsi que la productivité végétale. La salinité est considérée comme un facteur majeur influe l'agriculture. En Algérie, près de 25% des terres irriguées sont confrontées au problème de la salinité qui affecte particulièrement les zones arides et semi-arides (LEVIGNERON *et al.*, 1995).

**I. Définitions du stress**

On appelle stress toute pression dominante exercée par un paramètre, perturbant le fonctionnement habituel de la plante. Par ailleurs, la réponse du végétal dépend, entre autres, de ces paramètres environnementaux, (le type de contrainte, son intensité et sa durée) et génétiques (espèce et génotype) (HOPKINS., 2003).

Selon DUTUIT *et al* (1994), le stress est le dysfonctionnement (rupture d'un équilibre fonctionnel) produit dans un organisme ou dans un système vivant, par exemple par une carence.

Les organismes sont généralement soumis à deux types de stress : les stress biotiques (dus à une agression par un autre organisme) et les stress abiotiques (qui sont dus principalement à des facteurs environnementaux) (Zhu, 2002 ; VINCENT, 2006).

Le stress abiotique est une contrainte environnementale qui provoque une tension interne dans l'organisme végétal exposé, ces facteurs abiotiques (sécheresse, salinité, température) affectent les conditions de développement et peuvent même provoquer la mort du végétal (HOPKING, 2003 ; GREGORY, 2005).

**II. Le stress salin**

La salinité peut être défini comme un processus d'accumulation des sels solubles, qui sont représentés en grande partie par des cations ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ , et le  $\text{K}^+$ ), et des anions ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{-2}$  et  $\text{NO}_3^-$ ).D'autres sels moins courants et plus toxiques à faibles concentrations sont également à considérer ; ces éléments traces sont le bore, le sélénium, l'arsenic et le molybdène (KENFAOUI, 1997 ; GREGORY, 2005).

La définition la plus courante, adoptée par la FAO (1997), considère qu'un sol salin est un sol dont l'activité électrique de la pâte du sol (ECe) est de 4 dS/m ou plus, cependant

le  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  sont considérés les plus importants : le  $\text{Na}^+$  a comme effet la détérioration de la structure physique des sols et le  $\text{Cl}^-$  et  $\text{Na}^+$  entraînent la toxicité des végétaux (OMAMI, 2005).

Elle constitue l'un des facteurs abiotiques les plus répandus au niveau de la planète et qui limite fortement les rendements agricoles, notamment dans les régions arides et de semi arides, où les précipitations sont limitées et ne sont pas suffisantes pour transporter les sels du profil racinaire des plantes (KHALES et BAAZIZ, 2006 et SCHULZE *et al.*, 2005).

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) par contre les halophytes ont développé des réponses physiologiques vis-à-vis de ce problème (HELLER *et al.*, 2004).

### **III. La répartition de la salinité dans le monde et en Algérie**

La salinité est un problème écologique majeur qui touche un nombre important de régions à l'échelle mondiale (LIVEGERON *et al.*, 1995). Un problème mondial que l'on rencontre dans les régions arides et semi-arides (OMRANI, 1993) par contre, dans les régions humides la présence des sels n'atteint pas des proportions élevées car ils sont vite lessivés par les eaux de pluies et de ruissellements (AMOKRANE, 2004).

Les sols salés occupent une superficie de 950 millions d'hectares (ZID et GRIGNON., 1991; HASAN., 1995). Il a été estimé que 20% des 275 millions d'hectares des terres irriguées (FLOWERS et FLOWERS., 2005) et 15% (227 millions d'hectares) des terres cultivables sont affectés par la salinité (MUNNS., 2002).

En Afrique du nord et au Moyen-Orient, elle couvre près de 15 millions d'hectares, dont 15% sont dépourvus de toute végétation (LE HOUEROU., 1986).

Tableau 07: Superficie affectée par la salinité dans le monde (LASRAM, 1995).

Régions	Superficie en million d'hectares
Afrique	80.5
Europe	50.8
Amérique du Nord	15.7
Amérique du Sud	129.2
Asie du Sud	87.6
Australie	357.5
Mexique et Amérique centrale	2
Asie centrale et du Nord	211.7
Asie du Sud .Est	20
<b>Total</b>	<b>955</b>

En Algérie les zones semi-arides et arides couvrent près de 95% du territoire (BENKHELIFA et *al.*, 1999). Les sols salés sont très répandus dans les régions arides, représentant environ 25% de la surface (HALITIM., 1988) soit 3,2 millions d'hectares (HAMDY., 1999). D'après OMRANI en 1993, les sols salins se situent dans des régions différentes en Algérie au Nord et au Sud parallèlement à la cote de manière discontinue. Au Sud ils se situent dans les chotts Echergui et EL Gharbi ainsi qu'au niveau de la steppe et à Biskra et Oum Bouaghi. Au Nord, les régions Oranaises (Messerghine, Sig, Mohammedia, Relizane et Oued Rhiou) ainsi qu'à l'Est, Sétif, Constantine et Annaba.

#### IV. Origines et causes de la salinité des sols

EILERS,1995 montre qu'il y a des signes et des indices pour déterminer la salinité; la croissance irrégulière des cultures avec un manque de vigueur des plants, présence de sels en forme d'anneau brisé près des plans d'eau, baisse du rendement, une croissance des espèces tolérantes aux sels et la formation d'une croûte blanche en surface. Il existe deux sortes de processus fondamentaux de salinisation d'après l'origine des sols salés.

**IV.1. Origine primaire**

C'est un phénomène naturel (SCHWARTZ, 2007). 80% des terres salinisées ont une origine naturelle. On parle aussi de salinisation "primaire" dû aux sels se formant lors de l'altération des roches ou à des apports naturels externes (MASHALI et *al.*, 2005) :

- Dans les régions côtières, intrusion de l'eau salée ou submersion des terres basses.
- Inondation périodique par de l'eau de mauvaise qualité.
- Remontée d'une nappe phréatique salée près de la zone racinaire (Mermoud, 2006).

Dans les régions arides et semi arides, l'évapotranspiration joue un rôle important dans la pédogenèse des sols salins ; ce processus dépend essentiellement du régime hydrique du sol et des sources de sel. Lorsque le climat est chaud et sec, entraînés par les eaux capillaires suivant le flux d'évaporation, les sels sont accumulés en surface (OMAMI, 2005 ; GREGORY, 2005).

**IV.2. Origine secondaire**

20% des terres salinisées, soit près de 15 millions ha sur le continent Africain, ont une origine « anthropique ». On parle alors de salinisation "secondaire", induite par l'activité humaine, liée aux pratiques agricoles et en particulier à l'irrigation (MASHALI et *al.*, 2005).

➤ **Les causes réelles de la salinisation des terres irriguées**

Elles sont due, à l'absence de drainage qui mène à l'accumulation des sels en surface et à la recharge des nappes phréatiques par une eau salée, ainsi que la déforestation qui induit la remontée des nappes phréatiques engendrant des affleurements salés dans les points bas du paysage (ex : Thaïlande) (SCHWARTZ, 2007).

De même, l'accumulation des sels portés par l'air, ou par l'eau à la surface des sols et la contamination de ces surfaces et leurs nappes phréatiques par des produits chimiques, notamment les engrais utilisés dans l'agriculture et un pâturage intense qui mène à une diminution progressive des végétaux qui se termine par une désertification, sont parmi es causes de la salinisation des sols (OMAMI, 2005).

L'agriculture réalise à elle seule 69% de tous les prélèvements d'eau par an. 20 à 30 millions d'ha des 260 millions des terres irriguées, sont affectées par la salinisation dans les pays du Maghreb et du Proche et Moyen Orient ; le taux des surfaces irriguées affectées par la salinisation atteint 30% à 40 % (SCHWARTZ, 2007).

## **V. Effet de la salinité sur les plantes**

La salinité du sol ou de l'eau est causée par la présence d'une quantité excessive de sels. Généralement un taux élevé de  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  cause le stress salin. Le stress salin a un triple effet: il réduit le potentiel hydrique, cause un déséquilibre ionique ou des perturbations en homéostasie ionique et provoque une toxicité ionique. Cet état hydrique altéré conduit à une croissance réduite et limitation de la productivité végétale. Depuis que le stress salin implique aussi bien le stress osmotique qu'ionique (HAYASHI et MURATA, 1998 in PARIDA et DAS, 2005), l'arrêt de la croissance est directement relié à la concentration des sels solubles ou au potentiel osmotique de l'eau du sol (GREENWAY ET MUNNS, 1980 in PARIDA et DAS, 2005).

La salinité est un facteur environnemental très important qui limite la croissance et la productivité (ALLAKHVERDIEV et *al.*, 2000b in PARIDA et Das, 2005). Durant le début et le développement du stress salin à l'intérieur de la plante, tous les processus majeurs tels que : la photosynthèse, la synthèse des protéines, le métabolisme énergétiques... sont affectés. La première réponse est la réduction de la vitesse d'extension de la surface foliaire, suivi par l'arrêt de l'extension avec l'intensification du stress. (PARIDA et DAS, 2005).

### **V.1. Effet de la salinité sur la croissance et le développement**

Le stress salin entraîne des modifications morphologiques, mais c'est le poids de la matière végétale sèche et la longueur des tiges qui rendent compte du milieu de la tolérance ou de sensibilité des plantes au sel (BEKHOUCHE, 1992).

La plante lutte contre le stress salin par la mobilisation des réserves énergétiques ce qui ralenti la croissance des plantes (ZHU, 2001), la réponse immédiate du stress salin est la réduction de la vitesse de l'expansion de la surface foliaire (WANG ET NIL, 2000).

Le stress salin résulte aussi dans la diminution de la biomasse sèche et fraîche des feuilles, tiges et racines (CHARTZOULAKIS ET KLAPAKII, 2000).

La salinité influence également la croissance et la qualité des fruits dont l'aspect (fruits plus petites et nécrosés) et la qualité organoleptique sont modifiés, et dont la valeur marchande devient médiocre (LEVIGNERON et al, 1995).

Selon MOHAMMAD et al, (1998), la salinité accrue est accompagnée par une réduction significative dans la biomasse racinaire, la hauteur de la plante, le nombre de feuilles par plante, la longueur des racines et la surface racinaire chez la tomate.

Le ralentissement de la croissance peut résulter de plusieurs facteurs, à savoir :

- la perte de turgescence des cellules, due au stress osmotique, induit par les solutés externes (SERRANO et GAXIOLA., 1994),
- l'utilisation des composés carbonés et azotés à des fins de protection et d'osmorégulation, aux dépens de leur implication dans la production de biomasse (ALARCON et al., 1994),
- l'accumulation excessive d'électrolytes dans les tissus de la plante, entraînant un effet de toxicité (GROUZIS et al., 1976),
- le déséquilibre nutritionnel causé par l'absorption réduite des ions essentiels comme  $K^+$ ,  $Ca^{++}$  ou  $NO_3^-$  en liaison avec cette accumulation excessive (GROUZIS et al., 1976 ; HAOUALA et al., 2007).

## **V.2. L'effet de la salinité sur les pigments photosynthétiques**

L'effet de la salinité sur la photosynthèse, dépend de la concentration des sels de l'espèce et de la plante; ce qui est évident qu'une concentration basse de sels peut stimuler la photosynthèse (OMAMI., 2005).

Selon MUNNS (2008), la réduction de la photosynthèse est liée à la diminution du potentiel hydrique foliaire, qui est à l'origine de la fermeture des stomates (PRICE et HENDRY, 1991 ; ALLEN, 1995), qui cause la réduction de la conductance stomatique (ORCUTT et NILSEN, 2000). La diffusion du  $CO_2$  à l'intérieur des stomates devient alors limitée et sa fixation au niveau des chloroplastes diminue par conséquence la régénération du RuBP (Ribulose Biphosphate) devient limitée (HU et al., 2005).

A des concentrations en NaCl inférieures à 300 mEq/l, la photosynthèse par unité de surface foliaire n'est pas affectée, par contre la production totale de matière sèche et la surface foliaire totale sont réduites mêmes à des niveaux de 25meq/l de NaCl (TERRY et WALDROW ,1984).

### **V.3. L'effet de la salinité sur le taux des ions**

L'absorption des hautes concentrations de NaCl engendre une compétition avec l'absorption d'autres ions, spécialement le  $K^+$ , ce qui conduit à une déficience en  $K^+$ . Le traitement accru de NaCl induit une augmentation dans le taux du  $Na^+$  et Cl et une diminution dans le taux du  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$  et le  $Mg^{2+}$  chez de nombreuses plantes (KHAN, 2001 in HAOUALA et al., 2007). La salinité fait augmenter le contenu de  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$  et Cl chez *Vicia faba* et le rapport  $K^+/Na^+$  diminue (GADALLAH, 1999 in HAOUALA et al., 2007).

Les effets nutritionnels de la salinité incluent les deux actions primaires du sel sur les plantes: la toxicité directe due à l'accumulation excessive des ions dans les tissus et un déséquilibre nutritionnel provoqué par l'excès de certains ions. L'accumulation des ions  $Na^+$  dans la plante limite l'absorption des cations indispensables tels que  $K^+$  et  $Ca^{2+}$ . Il y aurait une compétition entre  $Na^+$  et  $Ca^{2+}$  pour les mêmes sites de fixation apoplasmique (LEVITT, 1980 in HAOUALA et al., 2007) .

### **V.4. Effet de la salinité sur la germination et la levée**

La germination est régulée par des caractéristiques génotypiques mais aussi par les conditions environnementales et, en particulier, par la disponibilité de l'eau dans le sol (SHARMA, 1973, GUTTERMAN, 1993 ) (in NDOUR et DANTHU, 2000), Selon MAILLARD (2001) , et ABDELLY (2006), la plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée dont l'effet nocif est de nature osmotique ou bien toxique. Selon KARMOUS (2007), elle agit également sur la germination en ralentissant sa vitesse, ce qui expose plus les semences aux risques. il a été démontré que la salinité inhibe la germination par son effet osmotique où elle affecte tous les processus de germination suite à la baisse du potentiel hydrique autour des graines, ce qui rend l'eau inaccessible à cette dernière pour la réhydratation et la reprise de la vie active de l'embryon (MAAS et POSS, 1989).

La réduction du potentiel osmotique de la solution du sol empêche l'imbibition de la graine suite à une diminution des activités enzymatiques et une forte absorption de Na<sup>+</sup> par rapport à K<sup>+</sup>, ce qui conduit à une toxicité embryonnaire et un retard dans les processus métaboliques (HSIAO et *al.*, 1976 ; OERTLI, 1976) ( in ADEL et BADER, 2002).

#### **V.5. Effet sur la respiration et la balance énergétique**

La plante utilise de l'énergie pour pouvoir se maintenir, afin de lutter contre le stress salin ou autre. Cette énergie est utilisée dans le processus d'osmorégulation pour maintenir sa turgescence, auquel cas elle se déshydrate et meurt (BERNSTEIN, 1963).

En condition de stress salin la respiration accroît permettant de fournir l'énergie nécessaire à l'absorption ionique pour la plante (DELLAL, 1993).

#### **V.6. Effet du sel sur la stabilité des membranes cellulaires**

La composition protéique et lipidique de la membrane cellulaire est perturbée dans les conditions de stress salin et ce qui déstabilise sa structure (CHAKIB et AMRI, 2005).

#### **V.7. Effet de la salinité sur le comportement biochimique de la plante**

##### **V.7.1. Effets sur les taux de sucres solubles totaux**

Le stress salin induit chez plusieurs espèces de plantes des modifications dans les teneurs relatives des hydrates de carbone avec une accumulation plus ou moins importante des sucres solubles totaux (saccharose, glucose et fructose). Ces derniers semblent jouer un rôle important dans l'ajustement osmotique (RHODES, 1987). En effet, pour ajuster le potentiel osmotique interne perturbé par l'absorption excessive des ions sodium, la plante accumule dans son cytoplasme des solutés organiques principalement les sucres solubles (RHODES, 1987). Ces derniers protègent également les membranes contre la déshydratation (SCHWAB et GAFF, 1986). Leurs teneurs ont été utilisées comme indicateurs du degré de tolérance à la salinité chez plusieurs espèces (RATHERT, 1984).

L'augmentation des teneurs en sucres solubles en conditions de stress salin a été mise en évidence chez la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (PEREZ-ALFOCEA et

*al.*, 1996). MITCHELL *et al.*, (1991) ont également mis en évidence une augmentation des teneurs en glucose et en fructose dans les fruits immatures de tomate (*L. esculentum* Mill.) après l'arrosage des plantes par des solutions enrichies en sel.

#### **V.7.2. Effets sur l'accumulation de la proline**

L'accumulation de la proline dans le système racinaire et foliaire est parmi les plus remarquables manifestations du stress salin et hydrique. Cette accumulation serait le signe d'une perturbation du métabolisme ou /et d'un processus de stockage de l'azote nécessaire à la survie de la cellule (HANSON *et al.*, 1977, SIVARANAKRISHNAN & *al.*, 1988). En outre, la proline pourrait contribuer à l'ajustement du potentiel osmotique interne de la plante (VOETBERG & SHARP., 1991). L'augmentation de la proline est souvent corrélée avec la capacité des plantes à survivre en condition de stress.

QADER (1997), en étudiant les conséquences métaboliques de la salinité chez trois cultivars de blé tendre, a mis en évidence l'existence d'une corrélation positive entre la teneur en proline et la concentration de NaCl dans le milieu. Le même auteur a montré que l'accumulation de la proline causée par le stress salin dépend de l'organe considéré ; elle est plus importante dans les feuilles que dans les racines.

#### **V.7.3. Effets sur la teneur en protéines**

Les protéines qui s'accumulent dans les plantes dans des conditions de stress salin peuvent fournir une forme de stockage de l'azote qui sera utilisé plus tard (SINGH *et al.* 1987) et peuvent également jouer un rôle dans l'ajustement osmotique. Elles peuvent être soit synthétisées de novo en réponse au stress salin soit présentes de façon constitutive à de faibles concentrations (PAREEK-SINGLA & GROVER, 1997). Des teneurs élevées en protéines solubles ont été observées chez des cultivars d'orge, de tournesol, de mil et de riz tolérants à la salinité (ASHRAF & HARRIS, 2004). AGASTIAN *et al.* (2000) ont noté que les teneurs en protéines chez les cultivars de mûrier augmentent à faibles doses de NaCl et diminuent à fortes doses de NaCl. Bien que ASHRAF & FATIMA (1995) aient démontré que les accessions de tournesol tolérantes et sensibles au sel ne diffèrent pas significativement par rapport à leurs teneurs en protéines foliaires, plusieurs auteurs s'accordent sur la diminution de la teneur en protéines solubles, en réponse à la salinité.

**V.7.4. Effets sur l'activité nitrate réductase**

La nitrate réductase, enzyme catalysant la réaction des nitrates en nitrites est l'enzyme limitante du processus d'assimilation de l'azote (BEEVERS & HAGEMAN, 1969) par comparaison aux autres enzymes situées en aval telles que la nitrite réductase, la glutamine synthétase et la glutamate synthase. De nombreux travaux ont rapporté l'impact de la salinité sur les enzymes impliquées dans les voies de l'assimilation de l'azote. La nitrate réductase, principalement, a été largement évoquée (MISRA & DWIVEDI, 1990 ; BOTELLA et *al.*, 1993 a). L'altération du métabolisme azoté par le sel serait attribuée à une inhibition de l'absorption de  $\text{NO}_3^-$  et de son accumulation dans les tissus foliaires et racinaires (SOLTANI et *al.*, 1990 ).

**V.7.5. Effets sur l'activité peroxydasique**

Les peroxydases sont des oxydoréductases qui catalysent l'oxydation de divers groupes de composés organiques en utilisant le peroxyde d'hydrogène ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) comme accepteurs d'électrons (DAWSON, 1988). Elles sont présentes dans tous les tissus des végétaux et se présentent sous plusieurs formes isoenzymes ; les isoperoxydases. On distingue deux groupes d'isoperoxydases ; les isoperoxydases basiques localisées normalement dans la vacuole et les isoperoxydases acides liées à la paroi cellulaire. Les isoperoxydases vacuolaires semblent être impliquées dans plusieurs voies métaboliques comme le catabolisme auxinique. Les autres seraient impliquées dans la biosynthèse de la lignine et de la subérine (NORMANLY et *al.*, 1995, ROBERT et *al.*, 1988, WETTEN et *al.*, 1998).

Les peroxydases jouent un rôle important dans le métabolisme et la physiologie de la plante et sont impliquées dans les réponses des plantes aux infections et aux stress abiotiques.

Le stress salin a été rapporté comme facteur stimulant l'activité des peroxydases et induisant la synthèse de la lignine et/ou la subérine. Il produit par conséquent une altération du transport d'eau (CRUZ et *al.*, 1992). D'autres travaux (QUIRAGO et *al.*, 2000) ont montré que le traitement par le sel entraîne une augmentation des peroxydases des racines de tomates.

**V.7.6. L'effet de la salinité sur les lipides**

Les lipides sont la source la plus efficace du stockage de l'énergie, ils fonctionnent comme des isolateurs des hormones et organes délicats, et jouent un rôle important comme des constituants des structures de la plupart des cellules membranaires (SINGH et *al.*, 2002).

L'insaturation des acides gras contrecarre le stress salin ou hydrique. WU et *al.* (1998) ont analysé le changement de la composition des lipides soumis à un stress salin dans la membrane plasmique des racines chez *Spartina patens* et ont rapporté que les pourcentages molaires des stérols et les phospholipides diminuent avec l'augmentation de la salinité, mais le ratio stérols/phospholipides n'est pas affecté par le NaCl.

**VI. Les mécanismes d'adaptation des plantes**

La résistance d'une plante à la salinité s'exprime par sa capacité à survivre et à produire dans des conditions de stress salin (PIRI et *al.*, 1994). Les plantes développent plusieurs stratégies pour limiter le stress salin (fig. 12), qui diffèrent selon la catégorie de la plante (BERTHOMIEU et *al.*, 2003).

Chez les plantes sensibles au NaCl, le Na<sup>+</sup> s'accumule dans les racines, puis exclu des feuilles, ces plantes sont dites « excluser ». A l'inverse, les plantes tolérant le NaCl, sont dites « incluser » car elles ont en général des feuilles plus chargées en Na<sup>+</sup> que les racines lorsqu'elles sont cultivées en présence de sel (HAOUALA et *al.*, 2007).

**VI.1. Exclusion**

La plante empêche le sel de remonter dans la sève jusqu'aux feuilles. La présence de l'endoderme dans les racines ainsi que le transport sélectif, leur permet d'absorber les ions nutritifs utiles et de réexcréter les ions Na<sup>+</sup> (GENOUX et *al.*, 1991).

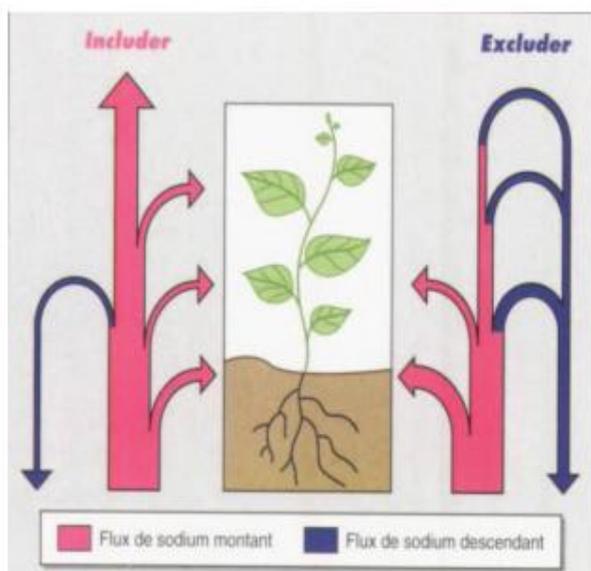
Quelques halophytes peuvent empêcher l'absorption excessive de sel par exclusion du sel au niveau des racines et de la partie inférieure de la tige. Dans ce cadre, la sortie de Na<sup>+</sup> des vaisseaux du xylème en échange d'une entrée de K<sup>+</sup> venant des cellules parenchymateuses du xylème et du parenchyme avoisinant, joue un rôle important dans la tige et les racines (LUTTGE et *al.*, 2002).

### VI.2. Inclusion

La plante retient le sel qui parvient aux feuilles au même titre que l'eau, par le mouvement ascendant de la sève dans les vaisseaux. A l'intérieur des cellules, le sel est alors stocké dans les vacuoles grâce à des systèmes de pompes moléculaires. Les vacuoles sont des compartiments fermés au sein de la cellule, le sel est ainsi isolé des constituants cellulaires vitaux (BERTHOMIEU et *al.*, 2003), ou excrété par des glandes vers l'extérieur (ALEM et AMRI., 2005). L'excrétion dans les glandes à sel est très spécifique ; d'abord  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  et  $\text{HCO}_3^-$  sont excrétés contre le gradient de concentration, alors que des ions comme  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{-2}$  et  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  sont maintenus contre leur gradient (HOPKINS., 2003).

### VI.3. La réexcrétion

La plante a la capacité de réexpédier aussitôt l'excès de sel parvenu jusqu'au feuilles vers ses racines, par l'intermédiaire de sa sève descendante par le phloème. Les racines peuvent ensuite réexcréter le sel à l'extérieur et l'éliminer vers le sol (BERTHOMIEU et *al.*, 2003).



*Chez les plantes de types incluser, les flux de sodium sont essentiellement ascendants (en rose) et le sel est accumulé dans les parties aériennes. Chez celles de type excluser, la plus grande partie du sodium véhiculé vers les feuilles est réexporté vers les racines via le phloème (en bleu). Les intensités relatives des flux sont symbolisées par la largeur des traits.*

**Figure 12 :** Schématisation du bilan de la circulation du sodium dans les plantes incluser ou excluser (LEVIGNERON et *al.*, 1995).

**VI.4. La synthèse des solutés compatibles**

En présence de stress salin, il y a synthèse des osmoprotecteurs qui sont de petits composés organiques compatibles avec les fonctions métaboliques des cellules, très solubles, neutres et non toxiques ; ils permettent ainsi l'ajustement osmotique entre le cytosol et la vacuole d'une part et la stabilisation des protéines et des membranes contre la dénaturation causée par le stress salin d'autre part (MELONI et al., 2004 ; GREGORY., 2005).

Les halophytes mais aussi occasionnellement les glycophytes, sont capables de lutter contre le stress salin en produisant ces composés dits aussi solutés compatibles (CALU, 2006 ; OMAMI, 2005).

Il existe trois catégories d'osmoprotecteurs. (fig.4)

- **Les acides aminés** : comme la proline, l'alanine la  $\beta$ - alanine la taurine et ectoine (1, 4, 5,6-tetrahydro-2-methyl-4-pyrimidinecarboxylic acide)
- **Les ammonium quaternaires** : comme la glycine bétaine,  $\beta$ - alanine bétaine, la choline-O-sulfate, la glycerophosphorylcholine et les sulphonium comme 3-dimethylsulfoniopropionate.
- **Les carbohydrates** : incluent les polyols comme le glycérol, l'inositol, le mannitol, le sorbitol le pinitol et le D-ononitol ; les sucres simples comme le fructose, le glucose, le saccharose , le tréhalose,le raffinose et le fructan (CALU, 2006 ; GREGORY, 2005 ; HASEGAWA et al., 2000).

**VI.5. Changement du cheminement photosynthétique**

Pour tolérer le stress salin, les plantes doivent diminuer l'usage d'eau ; à cet effet, il y a des plantes comme les halophytes facultatives qui changent leur mode photosynthétique de C3 au CAM. Ce changement permet aux plantes de réduire l'eau perdue par l'ouverture nocturne des stomates, ce qui aide à diminuer l'eau perdue par transpiration (OMAMI, 2005).

**VI.6. Induction des enzymes anti-oxydatives**

Les enzymes anti-oxydatives, sont des éléments clef contre les réactions oxydatives destructives des cellules végétales. Parmi eux on trouve la catalase (CAT), la glutathione réductase (GR), la superoxide dismutase (SOD) et glutathion -S-transférase (GST) (OMAMI, 2005). Chez *Vigna radiata* L., la carbonique anhydrase (CA), la catalase (CAT) et la ACC oxydase, sont des enzymes anti -oxydatives reliées respectivement aux processus de photosynthèse, de détoxification des espèces actives d'oxygène et de formation d'éthylène (SYEED, 2004).

**VI.7. Induction des hormones**

Les niveaux hormonaux de l'ABA augmentent en cas de stress salin, jouant ainsi plusieurs rôles. Il est responsable de l'activation des gènes qui jouent un rôle important dans les mécanismes de la tolérance au sel chez le riz, comme il a un rôle dominant dans les réactions réversibles de la phosphorylation des protéines. Il accroît le niveau du  $Ca^{2+}$  cytosolique et donc son pH, permettant ainsi de réguler l'absorption et le transport à travers les membranes ; contrairement, il réduit le niveau d'éthylène et l'abscission des feuilles, probablement par la décroissance de l'accumulation des ions toxiques de  $Cl^-$  dans les feuilles. En outre, c'est un inhibiteur du NaCl dans les réactions de la photosynthèse et la croissance (OMAMI, 2005). Une augmentation de l'ABA dans la partie aérienne ou une réduction des concentrations en cytokinine, donne naissance à une croissance et une transpiration réduites (GREGORY, 2005). D'après OMAMI (2005), un haut niveau de jasmonate, médiateur de signalisation qui soutient les réactions de floraison et sénescence dans les conditions de stress salin.

**VI.8. Les protéines LEA (late-embryogenesis-abundant)**

Le stress osmotique, induit la synthèse des protéines (LEA) dans les tissus végétatifs, ce qui a pour effet la tolérance à la déshydratation des tissus végétatifs. Elles ont un rôle dans la détoxification et l'élévation des dommages causés par le stress salin (ZHU et al. ,2005 ; SEAMEN, 2004). L'accumulation du niveau de ces protéines, est corrélée avec la tolérance au stress chez plusieurs espèces de végétaux. On pense que ces protéines ont un rôle protecteur sous stress osmotique (SEAMEN, 2004).

**VI.9. Réduction de la croissance**

En effet, la croissance des végétaux est perturbée par de trop forte concentration de sel ; la plante montre alors des signes de stress par la production d'anthocyane ou la destruction de la chlorophylle. Des stress extrêmes conduisent au nanisme et à l'inhibition de la croissance racinaire ; les feuilles deviennent sclérosées avant même d'avoir fini leur croissance et l'organisme tout entier risque de dépérir assez vite (CALU, 2006).



***DEUXIEME PARTIE***  
***PARTIE EXPERRIMENTALE***

## I. Protocole expérimental

Le but de cette étude est l'évaluation « in vivo » de la réponse biochimique de la variété de tomate AXIOM F1 à l'action combinée de stress salin et de *botrytis cinerea*.

### I.1. Description et présentation du site expérimental

#### I.1.1 Localisation du site

Notre expérimentation s'est déroulée dans l'établissement de formation agricole du Ministère de L'Agriculture et du Développement Rural, l'ITMAS (Institut de Technologie Moyen Agricole Spécialisé Guelma). Ce dernier est situé au niveau du chef lieu de la wilaya de Guelma dans la région « EST » du pays à vocation polyculture-élevage dominée par la plaine de la Seybouse. Sa position obtenue de la base de données de GOOGLE HEARTH® est la suivante : 36°27'34.05''N, longitude 7°26'24.48'' E, altitude 827 m, élév 268 m (Fig. 13).



**Figure 13 :** Localisation de l'Institut de Technologie Moyen Agricole Spécialisé (ITMAS), Guelma.

L'essai a été mené dans des conditions semi contrôlées (sous serre en plastique).

## I.2. Le matériel végétal utilisé

L'effet combiné du stress salin et de champignon *botrytis cinerea* sur le comportement biochimique a été étudié sur la variété de tomate AXIOM F1.

### I.2.1. Le semis

Le semis est effectué en pépinière le 23 Décembre 2014 dans des plateaux alvéolaires remplis de tourbe sous serre à raison d'une graine par mini-motte à une profondeur de 1 cm. Les plants sont arrosés avec l'eau de robinet jusqu'au stade trois à quatre feuilles où le repiquage a été réalisé.

### I.2.2. Préparation des pots

Des pots en plastiques sont remplis d'une quantité donnée de tourbe. Cette valeur de poids est retenue pour déterminer la capacité de rétention de cette tourbe (Annexe 01). Cette caractéristique hydrique est nécessaire car, elle permet le calcul de la quantité de solution nutritive à apporter lors des arrosages. La capacité de rétention est en fonction de la nature du substrat, de son poids dans le pot et de l'âge de la plante.

Les pots en plastiques de 16 cm de diamètre et de 13.8 cm de hauteur sont remplis par une quantité de 220 g de tourbe. Afin d'éviter l'asphyxie des plantules et laisser drainer l'eau en excès, les pots ont été percés à la base.

### I.2.3. Repiquage

Après un mois (le 22 Janvier 2015) au stade 3 feuilles, la transplantation a été faite dans des pots en plastique de 16 cm de diamètre et 13,6 cm de hauteur, les plantules sont repiquées soigneusement à raison d'une plantule par pot, puis déposés sous serre (fig. 14).



(A)

(B)

**Figure 14:** Transplantation des plantules de tomate dans les pots, **(A)** : Plantules de *AXIOM F1* âgées un mois ; plantées dans des alvéoles, **(B)** : Repiquage des plantules de *AXIOM F1* dans des pots en plastique (Originale, 2015).

### I.3. Matériel fongique

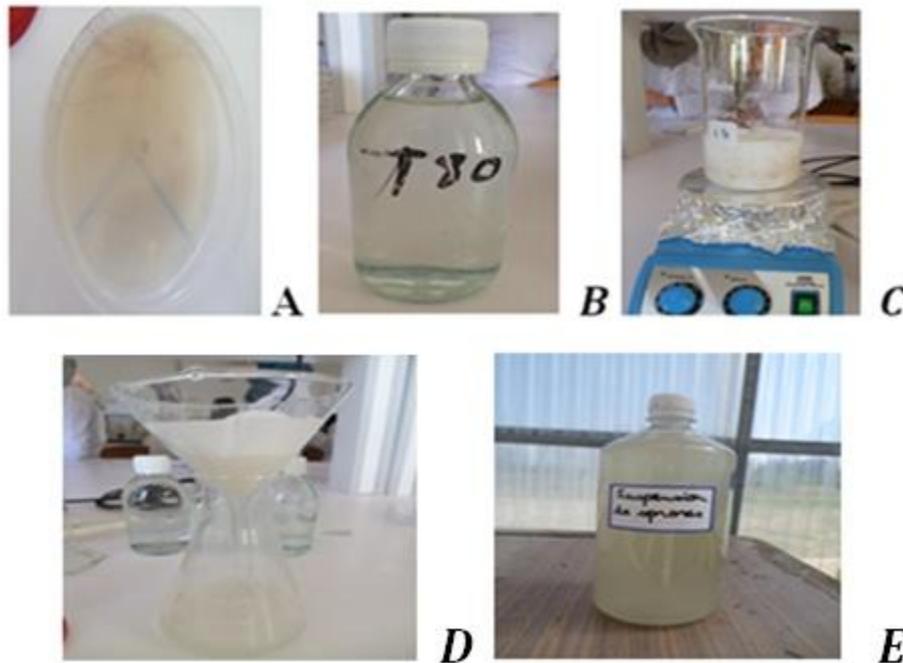
#### I.3.1. Origine de l'agent pathogène

La souche de l'agent pathogène *B. cinerea* utilisée dans cette étude a été échantillonnée en 2012 à partir de feuilles et tiges de pieds de tomate présentant des symptômes de pourriture grise. La souche provenant de serres localisées dans la plaine du Nord-Ouest algérien « Mostaganem ». Cette souche a été monosporee et est conservée sous forme de suspensions de spores concentrées ( $>10^7$  spores/ml) dans 20% de glycérol.

#### I.3.2. Production de suspensions de spores

Le repiquage de la souche de la collection s'effectue par répartition des rondelles de 4 mm de diamètre préalablement découpées à l'emporte pièce dans la zone de croissance active sur une boîte de Pétri contenant du milieu PDA (Annexe 01). Les boîtes sont fermées avec un ruban de parafilm pour éviter tout changement dans la pression osmotique du milieu par une éventuelle perte d'eau. Après incubation des boîtes pendant 15 jours à 25 °C en 12 h de lumière et 12 heures d'obscurité, les spores produites sont récupérées des plaques de culture de 2 semaines par ajout de 0.05 ml de tween 80 stérile et 10 ml d'eau distillée stérile par boîte de Pétri. Un barreau magnétique stérile est déposé sur la gélose et mise en agitation pendant 5 minutes afin de détacher les spores

asexuées des conidiophores puis la suspension enrichie en spores est filtrée à travers d'un filtre de verre pour éliminer les débris de mycélium et les conidiophores (Fig. 15). Enfin la concentration conidienne est déterminée au moyen d'une cellule de Malassez, puis la suspension est ajustée à une concentration de  $5 \times 10^5$  spores.  $\text{ml}^{-1}$  (x40).



**Figure 15:** Culture de *B. cinerea* âgée de 2 semaines (A), Solution de Tween 80 stérile (B), Agitation pendant 5 minutes de mélange de Tween 80 ; Culture âgée de deux semaines et d'eau distillée stérile (C), Filtration de la suspension enrichie en spores (D), Suspension des spores de *Botrytis cinerea* à  $5 \cdot 10^5$  spores/ml (E) (Originale, 2015).

#### 1.4. Préparation des solutions d'arrosage

##### 1.4.1. La solution nutritive

Dès le repiquage jusqu'à l'application du stress salin et du stress biotique, l'irrigation est assurée tous les trois jours avec une solution nutritive de HOAGLAND (1938) (Annexe 01), diluée dans l'eau distillée au 1/1000ème (photo 01) et ramenée à 30% de la capacité de rétention du substrat durant le premier mois, ensuite à 60% de la CR le 2<sup>ème</sup> mois. Cette solution contient des éléments nutritifs équilibrés permettant de renforcer la vigueur des plantes, de stimuler l'enracinement, d'améliorer la qualité des cultures et aide la plante à se rétablir rapidement en cas d'accident climatique. Elle se compose d'un ensemble de solutions mères de microéléments et de macroéléments.

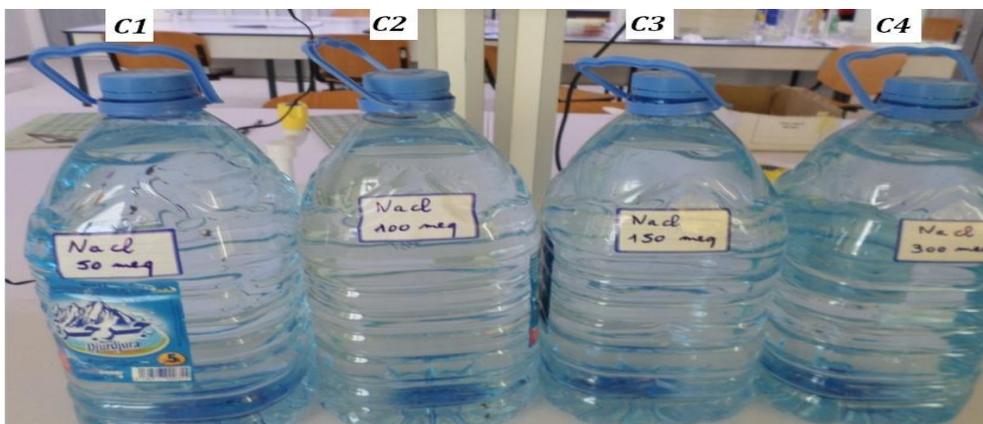
La capacité de rétention est de 666 ml par pot ce qui permet de prévoir les quantités de solutions nutritive et saline à apporter soit durant la culture des plantes ou le jour du stress.

#### I.4.2. Préparation de la solution saline

Afin d'appliquer différents niveaux de stress salin, quatre solutions à différentes concentrations en NaCl sont préparées (Fig. 16). Ces concentrations sont  $C_0$  (Traitement témoin sans sel) sous forme d'une solution nutritive,  $C_1$  : 50 meq de NaCl/l d'eau,  $C_2$  : 100 meq de NaCl/l d'eau,  $C_3$  : 150 meq de NaCl/l d'eau,  $C_4$  : 300 meq de NaCl/l d'eau (Tableau 08).

**Tableau 08:** Composition de la solution saline.

		50 meq/l	100 meq/l	150 meq/l	300 meq/l	Témoin
NaCl	Mm/l	50	100	150	300	Solution nutritive
	g/l	2,92	5,84	8,76	17,52	Solution nutritive



**Figure 16:** Solutions à différentes concentrations en NaCl,  $C_1$  : 50 meq de NaCl/l d'eau,  $C_2$  : 100 meq de NaCl/l d'eau,  $C_3$  : 150 meq de NaCl/l d'eau,  $C_4$  : 300 meq de NaCl/l d'eau (Originale, 2015).

**I.5. Application de stress**

Au 57<sup>ème</sup> jour après le repiquage (stade floraison), le stress salin et le stress biotique sont appliqués aux plantes. Le dispositif expérimental adopté comprend:

- 12 plantes traitées au NaCl et à des concentrations salines de 50 meq .l<sup>-1</sup>, 100 meq. l<sup>-1</sup>, 150 meq. l<sup>-1</sup> et 300 meq. l<sup>-1</sup> à raison de 3 répétitions par traitement salin.
- 03 plantes traitées par une suspension de spores de *Botrytis cinerea* à 5. 10<sup>5</sup> spores/ml. Ces plantes reçoivent la solution nutritive une fois par semaine.
- Traitement combiné de 12 plantes par une suspension de spores de *botrytis cinerea* et des solutions salines à différentes concentrations (50 meq. l<sup>-1</sup>, 100 meq. l<sup>-1</sup>, 150 meq. l<sup>-1</sup> et 300 meq. l<sup>-1</sup>) à raison de 3 répétitions par traitement.

A ces plantes stressées s'ajoutent les 3 répétitions des plantes témoins. Ces plantes témoins sont arrosées à la solution nutritive. Il est nécessaire de séparer les plantes saines des plantes infectées pour éviter leurs contaminations. Le dispositif expérimental est représenté dans la figure 17.

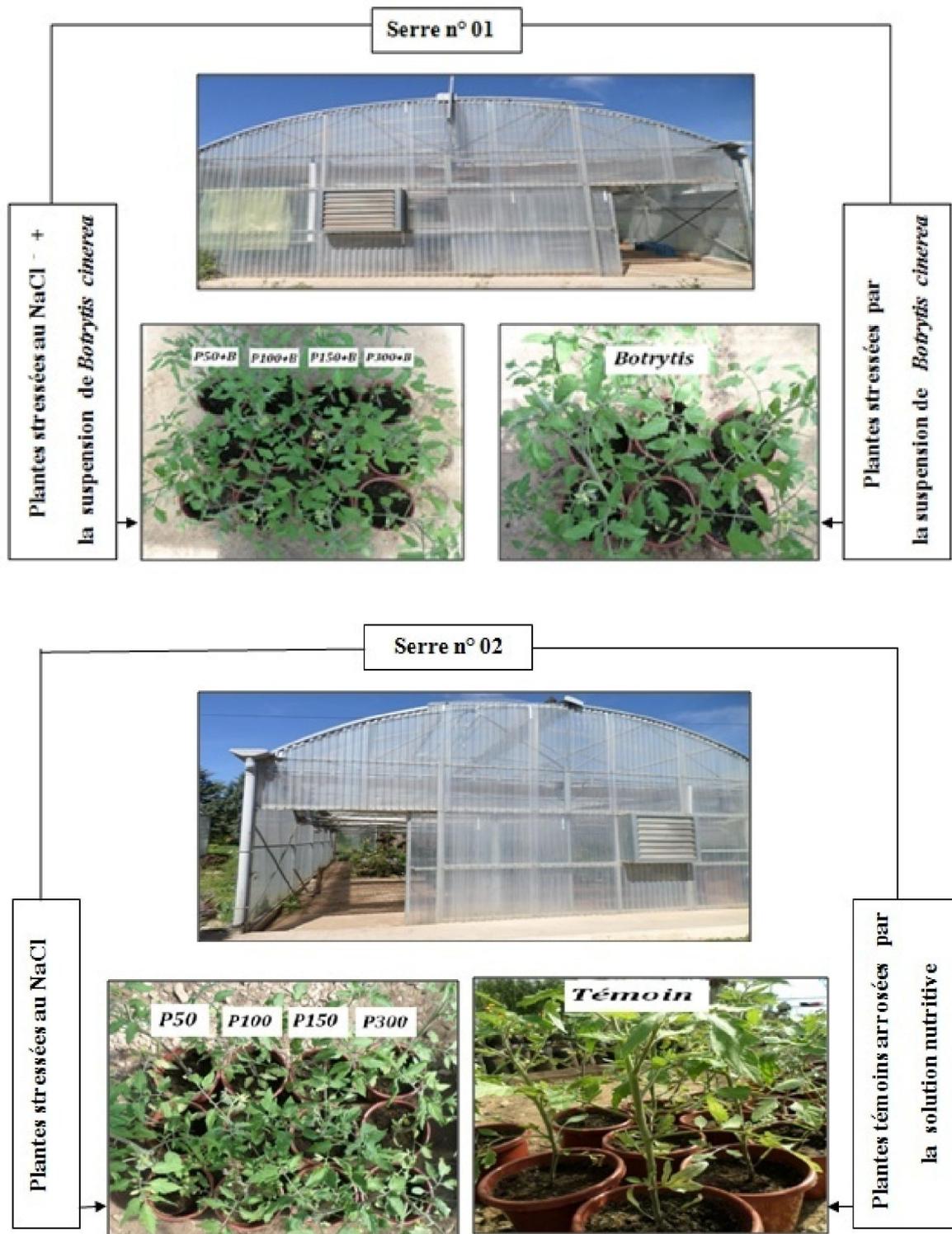


Figure 17: Dispositif expérimental (Originale, 2015).

**I.6. Prélèvement matériel végétal**

Après avoir déterré les plantes, les tiges, les feuilles ainsi que les racines sont soigneusement séparées. Les feuilles sont récupérées dans des sachets noirs afin d'éviter leur oxydation.

**II. Les paramètres étudiés**

Plusieurs paramètres ont été évalués au cours de cette étude.

**II.1. Dosage des pigments**

Les teneurs en chlorophylles a et b et caroténoïdes sont déterminées selon le protocole de Lichtenthaler (1987). L'extraction est réalisée à froid par 25 ml d'acétone pour environ 1 g de matière fraîche foliaire. Après 10 min de centrifugation à 5000 g, à 4°C, une mesure de l'absorbance A est effectuée à 470, 662 et 645 nm à l'aide d'un spectrophotomètre Shimadzu (UV-1605).

Les teneurs en pigments, exprimées en  $\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$ , sont calculées à partir des équations suivantes :

$$Ca = 11,24 A_{662} - 2,04 A_{645}$$

$$Cb = 20,13 A_{645} - 4,19 A_{662}$$

$$Cx + c = 1000 A_{470} - 1,90 Ca - 63,14 Cb$$

(Ca et Cb : Concentration en chlorophylles (a) et (b) ; Cx + c : Concentration en caroténoïdes).

**II.2. Détermination de la teneur en acides aminés libres totaux****II.2.1. Principe**

Tous les acides aminés réagissent avec la ninhydrine à 100°C pour former le pourpre de Ruheman (Yemm et Cocking, 1955).

**II.2.2. Extraction**

Environ 1 g de matière fraîche foliaire est mélangé à 7 ml d'eau distillée dans un tube en verre. Les tubes, bouchés par une bille d'agate, sont placés dans un bain-marie

bouillant (100°C) pendant 1 h. Après refroidissement dans de la glace, le mélange est broyé au Potter. Puis centrifugé à 5000 g pendant 10 min, à 4°C. Le culot subit une deuxième extraction avec 7 ml d'eau distillée (1 h au bain-marie à 100°C) puis le mélange est centrifugé à 5000 g pendant 10 min et à 4°C. Les deux surnageants sont récupérés et filtrés sur un papier filtre.

### **II.2.3. Dosage**

Une partie aliquote de l'extrait (200 µl) est mélangée à 500 µl de tampon citrate (160 mM, pH 4,6 ajusté avec HCl 25 %) (Annexe 01). Après homogénéisation au vortex, 1 ml du mélange réactionnel ninhydrine-acide ascorbique est ajouté au broyat. Les tubes sont agités vigoureusement, bouchés par une bille d'agate et placés au bain-marie bouillant à 100°C pendant 20 min. Après refroidissement dans de la glace pilée, 3 ml d'éthanol à 70 % sont ajoutés et l'ensemble est agité vigoureusement. L'absorbance du chromogène est mesurée à 570 nm.

La solution de ninhydrine (54 mM : 0,575 g de ninhydrine dans 60 ml d'éthanol à 70 %) est préparée extemporanément et additionnée de 2 ml d'acide ascorbique (1%, p/v). La réaction se déroule dans un milieu tamponné à pH 4,6.

Une courbe d'étalonnage est réalisée à partir d'une solution mère de leucine à 5 mM préparée dans l'eau distillée pour des valeurs comprises entre 0 et 200 nmoles de leucine. Les résultats seront exprimés en µmoles d'équivalents leucine.g<sup>-1</sup> M.F.

## **II.3. Extraction et dosage des sucres solubles totaux**

### **II.3.1. Principe**

En milieu acide et à chaud, les glucides solubles sont dégradés en furfural qui forme avec l'antrone un composé bleu dont l'absorbance est mesurée au spectrophotomètre à 625 nm (Cerning-Beroard, 1975).

### **II.3.2. Extraction**

Environ 1 g de matière fraîche foliaire est mélangé avec 7 ml d'eau distillée dans un tube en verre. Les tubes sont bouchés par une bille d'agate puis placés dans un bain-marie bouillant (100°C) pendant 1 h. Après refroidissement des tubes dans de la glace, le mélange est broyé au Potter et centrifugé à 5000 g pendant 10 min, à 4°C. Le culot subit

une deuxième extraction avec 7 ml d'eau distillée (1 h au bain-marie à 100°C) puis le mélange est centrifugé à 5000 g pendant 10 min et à 4°C. Les deux surnageants sont mélangés et filtrés sur un papier filtre.

### **II.3.3. Dosage**

A une partie aliquote de l'extrait (500 µl) sont ajoutés 5 ml de réactif à l'anthrone préparé extemporanément (92 mg d'anthrone et 92 mg de thiourée sont dissous dans 100 ml d'acide sulfurique à 70 %). Après agitation au vortex, les tubes bouchés par des billes d'agate sont placés dans un bain-marie bouillant pendant 10 min. Après refroidissement dans de la glace pilée, l'absorbance est mesurée à 625 nm. Une gamme d'étalonnage est réalisée à partir d'une solution mère de **glucose**, avec des teneurs comprises entre 0 et 400 nmoles. Les résultats sont exprimés en µmoles d'équivalent glucose. g<sup>-1</sup> M.F.

## **II.4. Teneur en protéines totales**

### **II.4.1. Extraction**

Environ 1 g de matière fraîche est mélangé à 10 ml de tampon d'extraction (tampon phosphate 0.06M pH 7) (Annexe 01). L'extraction se fait à froid (mortier dans un glace pilée). Puis centrifugé à 5000 g pendant 15 min, à 4°C.

### **II.4.2. Dosage des protéines**

Prendre 1 ml d'échantillon à doser et ajouter 2 ml de réactif de Bradford, après 2 min du développement de la réaction, la densité optique est lu à 595 nm. Un courbe étalon est réalisé à partir d'une solution mère de sérum albumine préparée dans l'eau distillée pour des valeurs comprises entre 10 à 100 µg.ml<sup>-1</sup>. Les résultats sont exprimés en µg protéine. ml<sup>-1</sup>.

## **III. Analyse statistique**

Les données obtenues sont soumises à une analyse de la variance à un et à deux facteurs fixes de classification, les moyennes sont comparées selon la méthode de Newmanet Keuls (DAGNELIE, 1999), basée sur la plus petite valeur significative, réalisés par Statbox version 6.01.4. On considère que les résultats sont significatifs quand  $P \leq 0,05$  (Annexe 3).

## I. Les pigments chlorophylliens

### I.1. Chlorophylle a

#### a) Sous stress salin

L'analyse de la variance (tableau 09) montre que la teneur en Chlorophylle (a) chez la variété étudiée AXIOM F1 est conditionnée par les variations de la solution saline ( $p < 0,05$ ).

Les variations des teneurs en chlorophylle (a) chez les plantes de tomate AXIOM F1, en fonction de la salinité des eaux d'arrosage sont reportées sur le Tableau 09.

**Tableau 09** : Teneur en chlorophylle (a) en fonction de la concentration saline en NaCl chez la variété étudiée AXIOM F1 de *Lycopersicon esculentum* Miller.

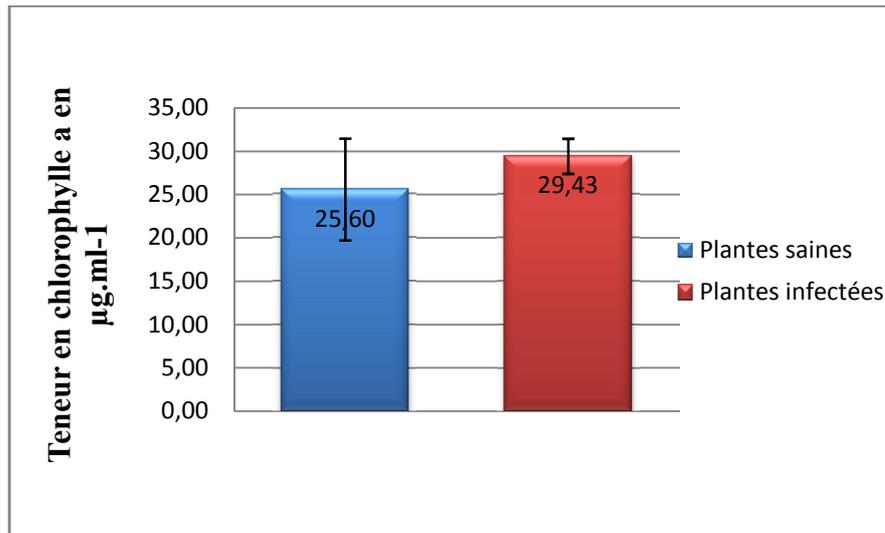
	Sans sel	50 meq/l	100 meq/l	150 meq/l	300 meq/l
<b>Moyenne ± SE</b> ( $\mu\text{g}.\text{ml}^{-1}$ )	25,597±5,877	36,599±10,944	32,813±15,85	33,393±0,916	20,946±4,054
<b>Prob</b>	P= 0.033				

Les résultats de tableau 09 montrent qu'à l'exception de fort concentration (300 meq.l<sup>-1</sup>), les concentrations croissantes en NaCl provoquent une augmentation significative des teneurs en chlorophylle (a) par rapport aux témoins sans sel.

L'augmentation des teneurs en chlorophylle a relevées à 50 meq. l<sup>-1</sup>, 100 meq. l<sup>-1</sup> et 150 meq. l<sup>-1</sup> est de l'ordre de 42,98%, 28,19% et 30,46% respectivement. En effet, à la concentration de 300 meq. l<sup>-1</sup>, on note une diminution de 18,17%.

#### b) Sous stress de *Botrytis cinerea*

En absence de sel, les résultats obtenus (Figure 18), montrent que les plantes inoculées par la suspension des spores de *Botrytis cinerea* ont réagis par une augmentation très significative de la teneur en chlorophylle à ( $p < 0.01$ ). L'infection par *Botrytis cinerea* entraîne une augmentation significative des teneurs en chlorophylle (a) par rapport aux plantes saines de 25,597  $\mu\text{g}.\text{ml}^{-1}$  à 29,426  $\mu\text{g}.\text{ml}^{-1}$ , soit un accroissement de 14,96%.



**Figure 18 :** Teneur en chlorophylle (a) chez la variété de tomate inoculée par *Botrytis cinerea* en absence de sel.

**c) Interaction "salinité – Botrytis"**

D’après l’étude statistique des résultats obtenus (Tableau 10), l’interaction entre les deux facteurs « salinité-*Botrytis* » reste sans effet notable sur l’expression de ce paramètre ( $p > 0,05$ ).

**Tableau 10 :** Analyse de la variance des teneurs moyennes en chlorophylle (a) ( $\mu\text{g.ml}^{-1}$ ) de culture de tomate saines et infectées ; âgées de 103 jours stressés en NaCl.

Effet salinité (F1)		Effet Botrytis (F2)		Interaction (F1*F2)	
F	P	F	P	F	P
3,246	0,033	8,567	0,0081	1,337	0,290

Chez les plantes infectées et cultivées en présence de sel, on remarque une différence non significatives dans la teneur en chlorophylle (a) par rapport des plantes saines cultivées sans sel quelque soit la concentration saline imposée aux plantes (tableau 10).

Les résultats démontrent que la teneur en chlorophylle (a) diminué de 25,597  $\mu\text{g.ml}^{-1}$  chez le témoin à 24,276  $\mu\text{g.ml}^{-1}$ , 24,47  $\mu\text{g.ml}^{-1}$ , 19,519  $\mu\text{g.ml}^{-1}$  et 12,272  $\mu\text{g.ml}^{-1}$ , pour les plantes inoculées et traitées avec 50 meq. l<sup>-1</sup> 100 meq. l<sup>-1</sup>, 150 meq. l<sup>-1</sup> et 300

meq. l<sup>-1</sup> (tableau 10), avec une réduction de 5,16%, 4,39%, 23,74% et 52,06 % respectivement.

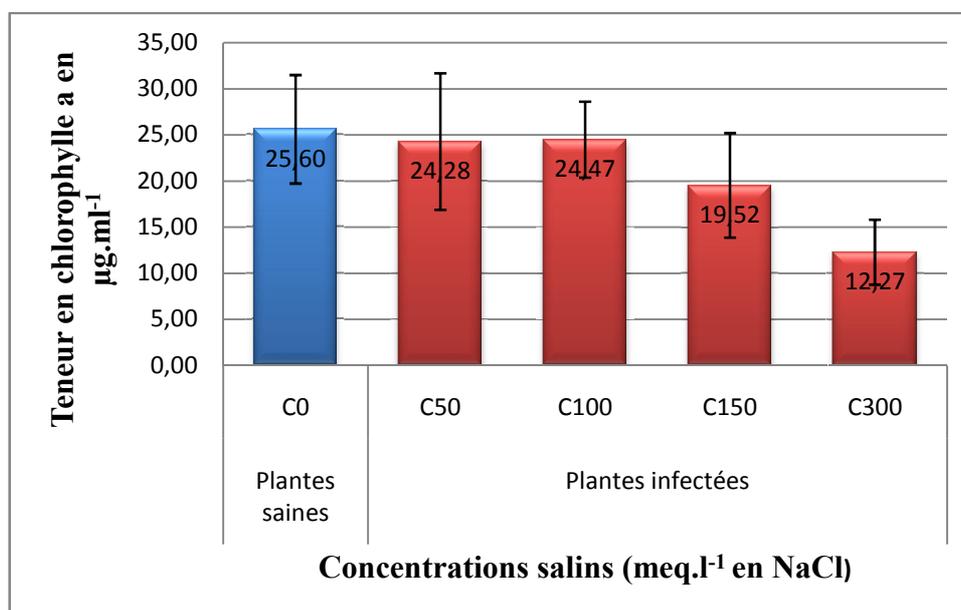


Figure 19 : Teneur en chlorophylle (a) chez la variété de AXIOM F1 inoculée par *Botrytis cinerea* en présence de la salinité.

## I.2. chlorophylle b

### a) Sous stress salin

Tableau 11 : Teneur en chlorophylle (b) en fonction de la concentration saline chez la variété étudié AXIOM F1 de *Lycopersicon esculentum* Miller.

	Sans sel	50 meq/l	100 meq/l	150 meq/l	300 meq/l
<b>Moyenne ± SE</b> (µg.ml <sup>-1</sup> )	8,663± 2,065	12,738± 4,134	10,427± 3,95	11,988± 1,307	7,479± 1,258
<b>Prob</b>	P= 0,029				

L'étude des résultats obtenus (tableau 11) démontre que le régime de salinité imposé provoque par conséquent des fluctuations de manière significative sur le taux de chlorophylle (b) (p=0,029).

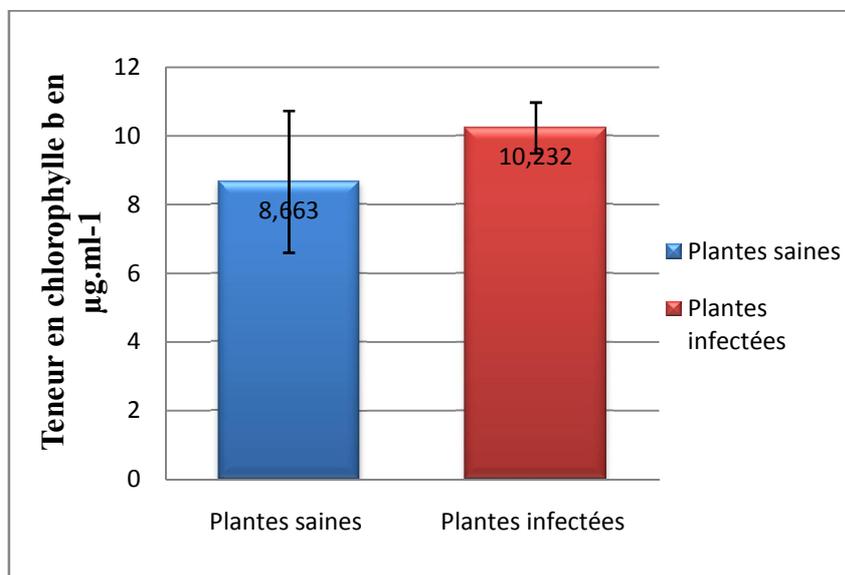
En effet, au niveau des feuilles, la teneur de chlorophylle (b) s'élève de  $8,663\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$  chez les plantes témoins non traités à  $12,738$  ;  $10,427$  et  $11,988\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$  sous les traitements salins à  $50\text{ meq}\cdot\text{l}^{-1}$ ,  $100\text{ meq}\cdot\text{l}^{-1}$  et  $150\text{ meq}\cdot\text{l}^{-1}$  respectivement (tableau 11).

L'augmentation de ces teneurs est de l'ordre de  $47,03\%$ ,  $20,36\%$  et  $38,37\%$  respectivement. Cependant, nous remarquons une diminution de  $13,67\%$  de la teneur en chlorophylle (b) suite à l'accroissement de la concentration saline et c'est la dose de  $300\text{ meq}\cdot\text{l}^{-1}$  par rapport aux témoins non traités par le sel.

#### b) Sous stress de *Botrytis cinerea*

L'analyse de la variance montre qu'il y a une différence hautement significative révèle que la teneur en chlorophylle (b) dépend fortement de l'effet de l'agent pathogène *Botrytis cinerea* ( $p=0,005$ ).

Les résultats de la figure 20 montrent que la teneur en chlorophylle (b) chez la variété testée a évolué de  $8,663\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$  au niveau des plantes témoins saines à  $10,232\mu\text{g}\cdot\text{ml}^{-1}$  pour les plantes soumises à l'action de *Botrytis cinerea*, avec une augmentation significative de l'ordre de  $18,10\%$ .



**Figure 20 :** Teneur en chlorophylle (b) chez la variété de AXIOM F1 traitées par *Botrytis cinerea* en absence de sel.

c) Interaction "salinité – *Botrytis*"

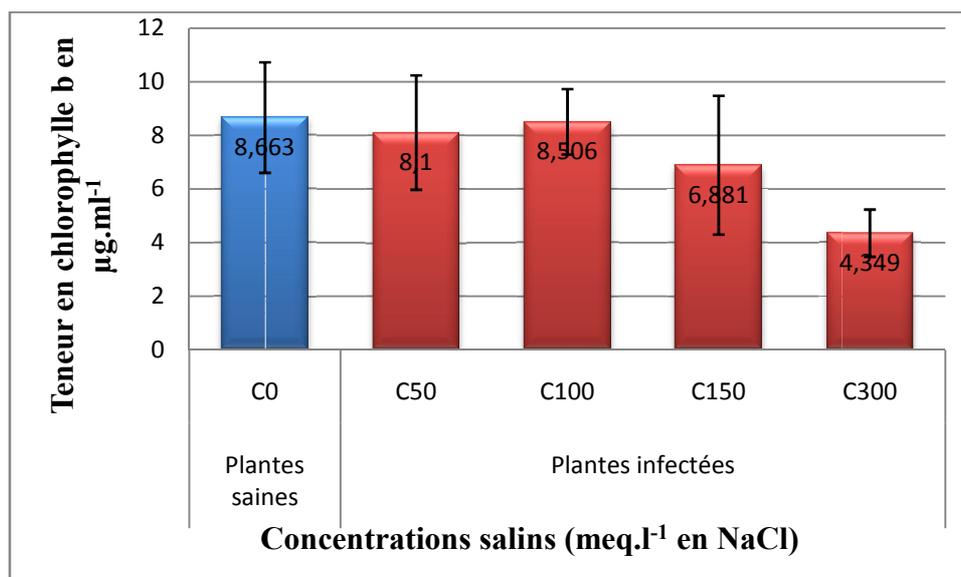
L'analyse des résultats (Tableau 12) montre que l'interaction "salinité – *Botrytis*" ne présente pas d'effet significatif sur la teneur en chlorophylle (b) ( $P = 0,137$ ).

**Tableau 12** : Analyse de la variance de la teneur en chlorophylle (b) des plantes de tomate inoculées par *Botrytis cinerea* en présence de différentes concentrations en NaCl.

Effet salinité (F1)		Effet <i>Botrytis</i> (F2)		Interaction (F1*F2)	
F	P	F	P	F	P
3,346	0,029	9,658	0,0054	1,971	0,137

Les résultats illustrés par la figure 21 montrent que chez les plantes témoins non traitées, les teneurs en chlorophylle (b) sont restées plus importantes, comparativement aux teneurs en chlorophylle (b) chez les plantes inoculées ayant été arrosées par différentes concentrations en NaCl.

Les diminutions de teneurs les plus importantes ont été notées en présence de 300 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl, avec une réduction de 49,80%. Cependant dans les traitements conduits à 50, 100 et 150 meq. l<sup>-1</sup>, les diminutions sont de l'ordre de 6,50%, 1,82% et 20,57% respectivement.



**Figure 21 :** Teneur en chlorophylle (b) chez la variété de AXIOM F1 inoculées par *Botrytis cinerea* en présence de différentes concentrations de sel.

### I.3. Chlorophylle totale (a+b)

#### a) Sous stress salin

L'analyse des résultats obtenus (tableau 13) indique que la teneur en chlorophylle totale est conditionnée de manière significative par le stress salin appliqué ( $p=0,030$ ).

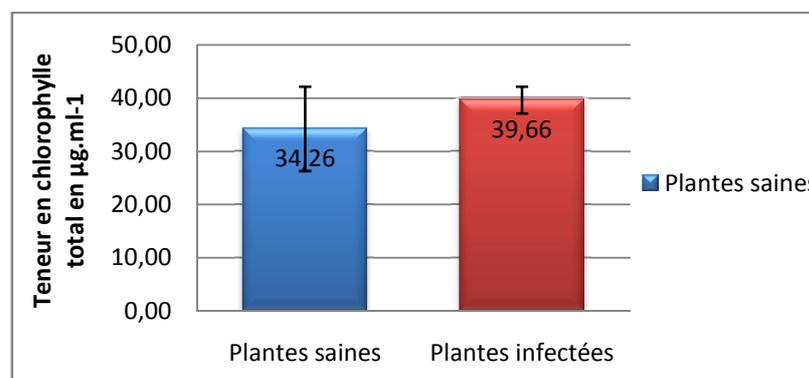
**Tableau 13 :** Teneur en chlorophylle totale (a+b) en fonction de la concentration saline chez la variété étudié AXIOM F1 de *Lycopersicon esculentum* Miller.

	Sans sel	50 meq/l	100 meq/l	150 meq/l	300 meq/l
<b>Moyenne ± SE</b> (µg.ml <sup>-1</sup> )	34,26±7,922	49,337±15,07	43,241±19,8	45,381±0,533	28,425±5,299
<b>Prob</b>	P= 0,0301				

Les résultats sont traduits dans le tableau 13. Ils montrent que chez les plantes saines cultivées sur milieu enrichi en sel, les teneurs en chlorophylle totale augmentent de manière significative par rapport aux témoins cultivés sans sel pour les concentrations inférieurs à 300 meq. l<sup>-1</sup>. L'augmentation de ces teneurs est respectivement de l'ordre de 44,01%, 26,21% et 32,46%. Lorsque les plantes de tomate sont exposées à 300 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl, on note une diminution de 17,03%.

**b) Sous stress de *Botrytis cinerea***

Les résultats obtenus, montrent que les plantes stressées par cet agent pathogène ont réagi par une augmentation hautement significative de la teneur en chlorophylle totale dans les feuilles (P=0,006).



**Figure 22 :** Teneur en chlorophylle totale (a+b) chez la variété de AXIOM F1 inoculée par *Botrytis cinerea* en absence de salinité.

En effet, les résultats dégagés de ce paramètre (figure 22) démontrent que cette teneur a augmenté car elle est de 34,26 µg.ml<sup>-1</sup> chez les plants témoins et de 39,658µg.ml<sup>-1</sup> pour les plants inoculés et arrosés en eau déminéralisée, avec un accroissement de 22,26%.

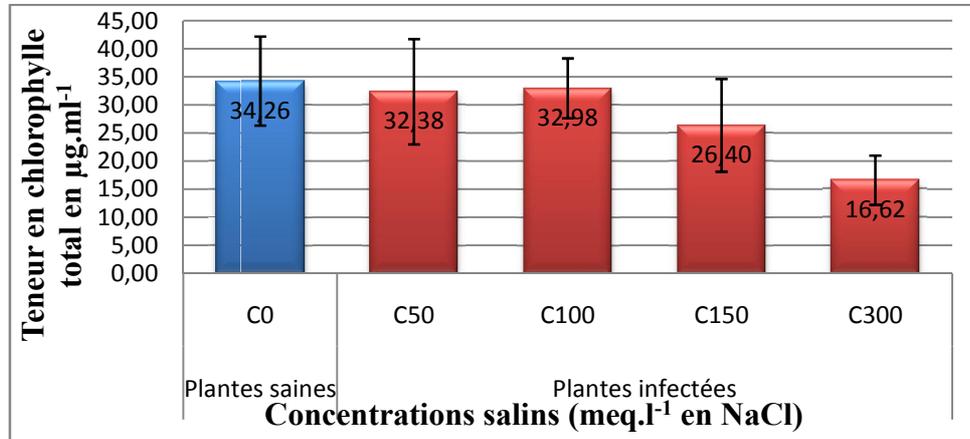
**c) Interaction "salinité – *Botrytis*"**

L'analyse des résultats (tableau 14) montrent, une légère diminution non significative (P=0,238) de la teneur en chlorophylle totale, au niveau des plantes inoculées et traitées par la salinité, à différentes concentrations par rapport aux plantes saines.

**Tableau 14 :** Analyse de la variance de la teneur en chlorophylle (a+b) des plantes de tomate inoculées par *Botrytis cinerea* en présence de différentes concentrations en NaCl.

Effet salinité (F1)		Effet Botrytis (F2)		Interaction (F1*F2)	
F	P	F	P	F	P
3,33	0,0301	9,027	0,00687	1,501	0,238

En effet, au niveau des feuilles des plantes témoin la teneur en chlorophylle totale semble se maintenir à un niveau élevé comparativement des plantes infectées ayant été développées en présence de différentes concentrations en NaCl.



**Figure 23 :** Teneur en chlorophylle totale (a+b) chez la variété de AXIOM F1 inoculées par *Botrytis cinerea* en présence de différentes concentrations en NaCl.

La teneur en chlorophylle totale subit une réduction de 5,50%, 3,74% et 22,94% pour le traitement combiné "salinité – *Botrytis*" en présence de traitement à 50, 100 et 150 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl respectivement. Cependant, une diminution plus importante a été notée en présence de 300 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl, soit une réduction de 51,48%.

**I.4. Les pigments caroténoïdes (xanthophylles et carotènes)**

**a) Sous stress salin**

Selon les résultats obtenus de l’analyse statistique lors de cet essai (tableau 15), il apparaît que les pigments caroténoïdes ne sont pas dépendants au traitement salin.

**Tableau 15 :** Teneur en pigments caroténoïdes en fonction de la concentration saline en NaCl chez la variété étudié AXIOM F1 de *Lycopersicon esculentum* Miller.

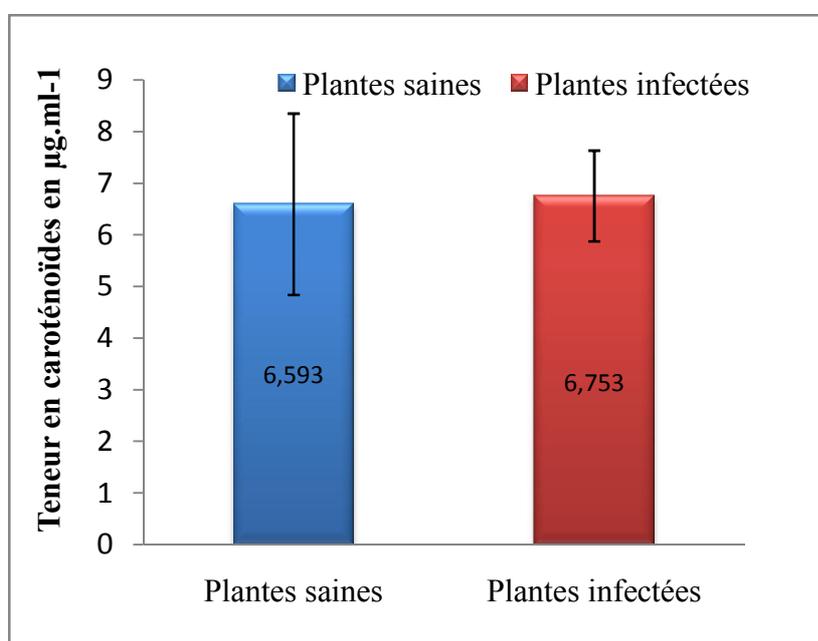
	Sans sel	50 meq/l	100 meq/l	150 meq/l	300 meq/l
<b>Moyenne ± SE (µg.ml<sup>-1</sup>)</b>	6,593± 1,755	8,86± 2,799	8,65± 3,764	8,502± 0,734	8,49± 0,899
<b>Prob</b>	P= 0,713				

En effet, aucune distinction n'est notée pour les variétés testées en présence du stress salin pour l'élaboration des pigments caroténoïdes ( $p=0,713$ ). Cependant, le stress appliqué s'est traduit par un accroissement non significatif de la teneur en caroténoïdes. Selon la figure 10 cette teneur affiche  $6,593 \mu\text{g.ml}^{-1}$  en absence de stress et  $8,86 \mu\text{g.ml}^{-1}$ ,  $8,65 \mu\text{g.ml}^{-1}$ ,  $8,502 \mu\text{g.ml}^{-1}$  et  $8,49 \mu\text{g.ml}^{-1}$  pour les traitements salins à  $50 \text{ meq.l}^{-1}$ ,  $100 \text{ meq.l}^{-1}$ ,  $150 \text{ meq.l}^{-1}$  et  $300 \text{ meq.l}^{-1}$  (Tableau 15), soit une augmentation de 34,39%, 31,20%, 28,96% et 28,77% respectivement.

### b) Sous stress de *Botrytis cinerea*

Les résultats obtenus (Figure 24), montrent que les plantes inoculées par la suspension des spores de *Botrytis cinerea* ont réagi par une augmentation significative de la teneur en pigments caroténoïdes ( $p < 0.05$ ).

En absence de sel, l'infection avec *Botrytis cinerea* entraîne une augmentation des teneurs en pigments caroténoïdes par rapport aux plantes saines de  $6,593 \mu\text{g.ml}^{-1}$  à  $6,753 \mu\text{g.ml}^{-1}$ , soit un accroissement de 2,43%.



**Figure 24 :** Teneur en pigments caroténoïdes chez la variété de AXIOM F1 inoculée par *Botrytis cinerea* en absence de sel.

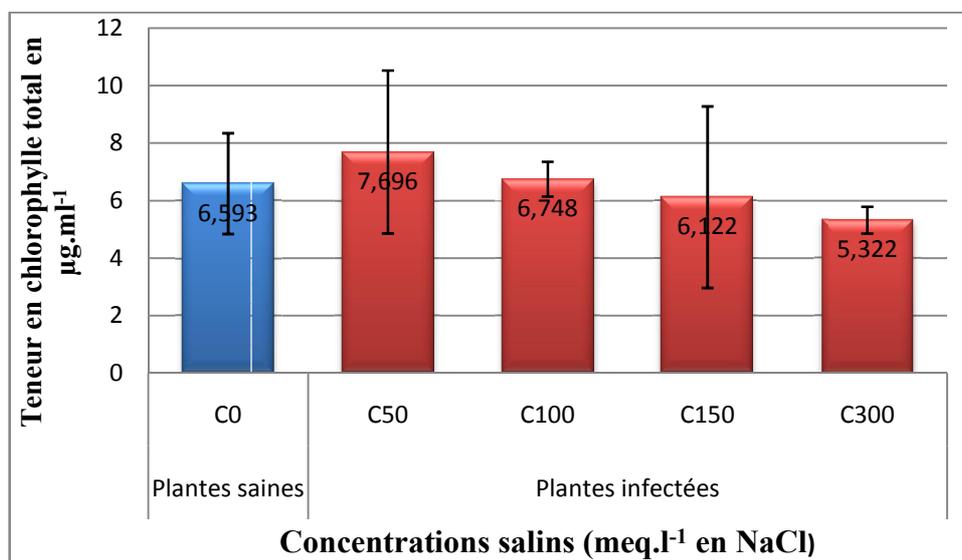
c) Interaction "salinité – *Botrytis*"

D'après l'étude statistique des résultats obtenus (Tableau 16), l'interaction entre les deux facteurs d'étude « salinité-*Botrytis* » reste sans effet notable sur l'expression de ce paramètre ( $p=0,721$ ).

**Tableau 16** : Analyse de la variance de la teneur en pigments caroténoïdes des plantes de tomate inoculées par *Botrytis cinerea* en présence de différentes concentrations en NaCl.

Effet salinité (F1)		Effet Botrytis (F2)		Interaction (F1*F2)	
F	P	F	P	F	P
0,536	0,713	4,681	0,0408	0,524	0,7213

En effet, la teneur en pigments caroténoïdes a connu des augmentations non significatives de 16,73 et 2,35% chez les plantes traitées par les deux concentrations salines (50 et 100 meq. l<sup>-1</sup>). En revanche, des réductions non significatives de 7,14 et 19,28% sont notées chez les plantes traitées par les deux autres concentrations salines (150 et 300 meq. l<sup>-1</sup>).



**Figure 25** : Teneur en pigments caroténoïdes chez la variété de AXIOM F1 inoculée par *Botrytis cinerea* en présence de différentes concentrations de sel.

## II. Sucres solubles totaux

### a) Sous stress salin

L'analyse statistique de résultats (tableau 17) révèle que le stress salin n'exerce aucun effet significatif sur la teneur en sucres solubles totaux chez la variété étudié AXIOM F1 de *Lycopersicon esculentum* Miller ( $p=0,980$ ).

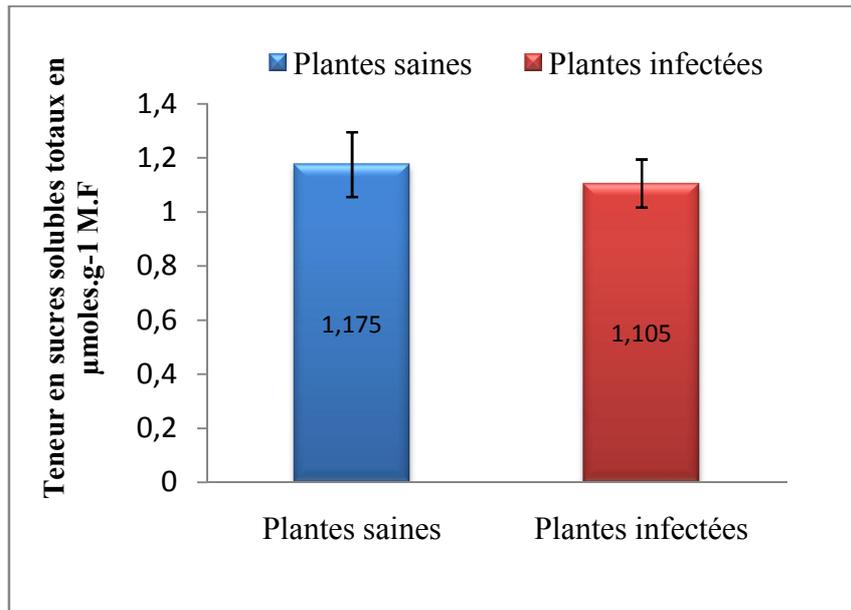
**Tableau 17:** Teneur en sucres solubles totaux en fonction de la concentration saline en NaCl chez la variété étudié AXIOM F1 de *Lycopersicon esculentum* Miller.

	Sans sel	50 meq/l	100 meq/l	150 meq/l	300 meq/l
Moyenne $\pm$ SE ( $\mu\text{moles.g}^{-1}$ )	1,175 $\pm$ 0,12	1,175 $\pm$ 0,04	1,137 $\pm$ 0,098	1,151 $\pm$ 0,088	1,126 $\pm$ 0,052
<b>Prob</b>	P= 0,97956				

Les résultats du tableau 17 montrent que cette variété réagit à l'égard de la salinité du milieu par une légère réduction non significative des teneurs en sucres pour les concentrations supérieures à 50 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl. En effet, à la concentration de 50 meq. l<sup>-1</sup>, on n'observe pas de changement dans les teneurs en sucres solubles par rapport aux témoins sans sel. La baisse des teneurs en sucres solubles relevées à 100, 150 et 300 meq. l<sup>-1</sup> est de l'ordre de 3,29%, 2,10% et 4,17% respectivement.

### b) Sous stress de *Botrytis cinerea*

L'analyse des résultats obtenus Figure 26 montre que l'influence de l'agent pathogène *Botrytis cinerea* sur la teneur en sucres solubles totaux ne diffère pas statistiquement ( $p=0,443$ ).



**Figure 26 :** Teneur en sucres solubles totaux chez la variété de AXIOM F1 inoculées par *Botrytis cinerea* en absence de sel.

En absence de NaCl, l’infection avec *Botrytis cinerea* provoque, une modification dans la teneur en sucres solubles totaux dans les feuilles (Figure 26). En effet, une réduction de l’ordre de 5,95% des teneurs en sucres solubles totaux a été détectée dans les feuilles des tomates infectées en comparaison à celles des témoins sains.

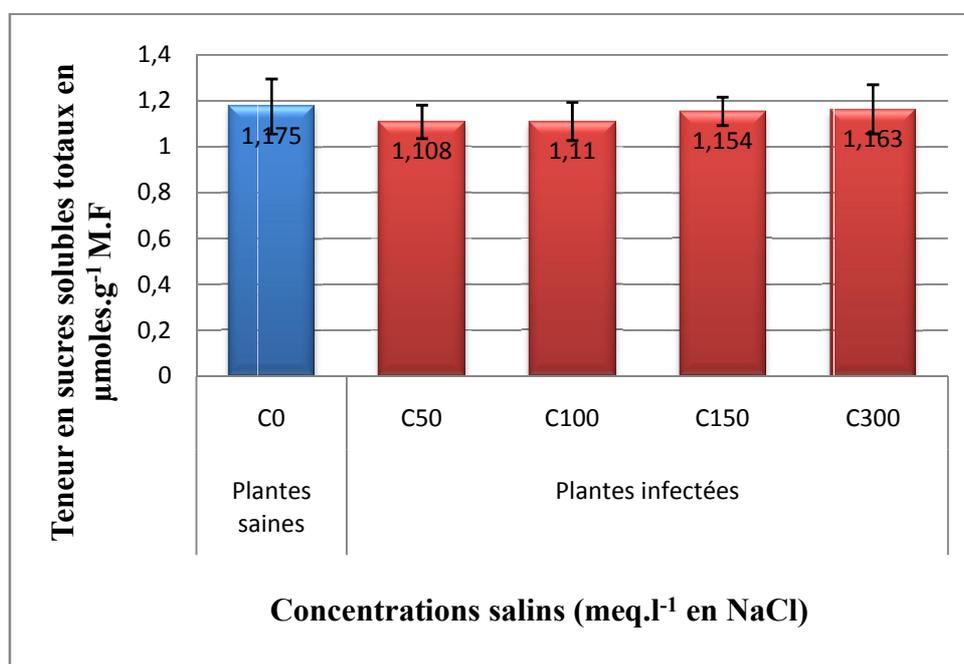
**c) Interaction "salinité – *Botrytis*"**

L’analyse des résultats (Tableau 18) indique que l’interaction entre les deux facteurs d’étude s’avère sans effet marquant sur les teneurs de sucres solubles totaux au niveau des feuilles (p=0,779).

**Tableau 18 :** Analyse de la variance de la teneur en sucres solubles totaux des plantes de tomate inoculées par *Botrytis cinerea* en présence de différentes concentrations en NaCl.

Effet salinité (F1)		Effet Botrytis (F2)		Interaction (F1*F2)	
F	P	F	P	F	P
0,096	0,979	0,628	0,442	0,44	0,779

L'analyse des résultats de Figure 27 montre une légère diminution en sucres solubles totaux non significative, au niveau des organes des plantes infectées et recevant une solution d'arrosage à différentes concentrations salins par rapport aux plantes témoins. En effet, à 100 meq. l<sup>-1</sup>, les plantes inoculées par *B. cinerea* s'exprime avec la même importance que pour 50 meq. l<sup>-1</sup>. Les pourcentages de la diminution de teneurs en sucres solubles totaux enregistrées par rapport au témoin ont été de l'ordre de 5,73%, 5,56%, 1,79% et 1,02% respectivement à des concentrations de 50, 100, 150 et 300 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl.



**Figure 27 :** Teneur en sucres solubles totaux chez la variété de AXIOM F1 inoculée par *Botrytis cinerea* en présence de différentes concentrations de sel.

### III. Protéines totales

#### a) Sous stress salin

L'analyse des résultats (Tableau 19) indique que les concentrations salines des solutions d'arrosage n'exerce aucune action significative sur la teneur en protéines totales ( $p=0,115$ ).

**Tableau 19:** Teneur en sucres solubles totaux en fonction de la concentration saline en NaCl chez la variété étudié AXIOM F1 de *Lycopersicon esculentum* Miller.

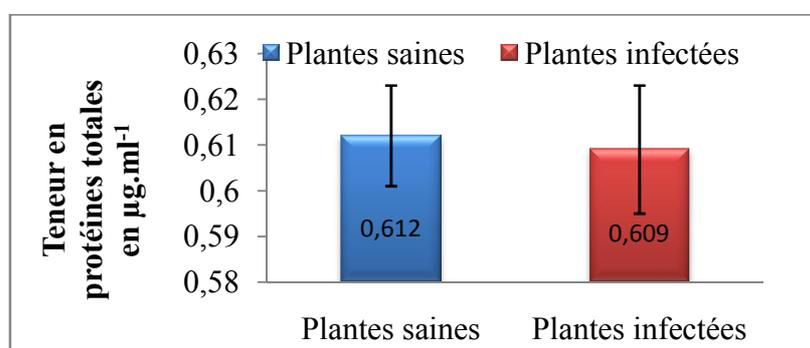
	Sans sel	50 meq/l	100 meq/l	150 meq/l	300 meq/l
Moyenne $\pm$ SE $\mu\text{g.ml}^{-1}$	0,612 $\pm$ 0,011	0,607 $\pm$ 0,012	0,595 $\pm$ 0,004	0,597 $\pm$ 0,009	0,615 $\pm$ 0,003
<b>Prob</b>	P= 0,1153				

Les résultats (Tableau 19) montrent que la teneur en protéines totales diminue avec la salinité à des concentrations inférieures à 300 meq. l<sup>-1</sup>. Les pourcentages de la diminution de la teneur en protéines totales enregistrées par rapport au témoin ont été de l'ordre de 0,82%, 2,83% et 2,45% respectivement à des concentrations de 50, 100 et 150 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl. Par contre, une sensible d'accumulation des protéines totales s'exprime sous le traitement à 300 meq. l<sup>-1</sup>, soit une augmentation de 0,38%.

#### b) Sous stress de *Botrytis cinerea*

Les résultats obtenus pour la teneur en protéines totales sont représentés dans la figure 28 qui montre que l'agent pathogène reste sans effet notable sur l'expression de ce paramètre ( $p=0,074$ ).

En effet, chez les plantes stressées les protéines totales diminuent sensiblement dans les feuilles, soit une réduction de 0,60%.



**Figure 28 :** Teneur en protéines totales chez la Variété de AXIOM F1 inoculée par *Botrytis cinerea* en absence de sel.

c) Interaction "salinité – *Botrytis*"

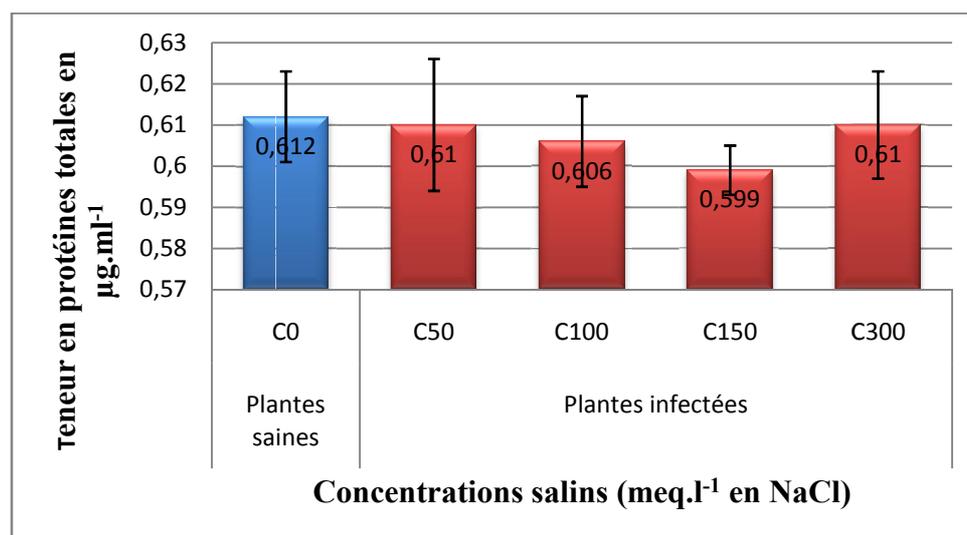
D'après l'étude statistique des résultats obtenus (Tableau 20), l'interaction entre les deux facteurs d'étude « salinité-*Botrytis* » reste sans effet notable sur l'expression de ce paramètre ( $p=0,742$ ).

**Tableau 20** : Analyse de la variance de la teneur en protéines totales des plantes de tomate inoculées par *Botrytis cinerea* en présence de différentes concentrations en NaCl.

Effet salinité (F1)		Effet Botrytis (F2)		Interaction (F1*F2)	
F	P	F	P	F	P
2,12	0,1153	0,128	0,723	0,494	0,742

Chez les plantes inoculées et cultivées en présence de sel, on remarque une diminution non significative dans la teneur en protéines totales par rapport des plantes saines cultivées sans sel quelque soit la concentration saline imposée aux plantes (Figure 29).

La diminution de la teneur la plus importante est été notée en présence de 150 meq. l<sup>-1</sup> de NaCl, avec une réduction de 2,18%.



**Figure 29** : Teneur en protéines totales chez la variété de AXIOM F1 inoculée par *Botrytis cinerea* en présence de différentes concentrations de sel.

#### IV. Acides aminés totaux libres

##### a) Sous stress salin

L'analyse des résultats obtenus (Tableau 21) révèle que l'application des différents stress salins ne semble provoquer que de faibles variations non significatives dans l'expression de ce paramètre ( $p=0,543$ ).

**Tableau 21:** Teneur en Acides aminés totaux libres en fonction de la concentration saline en NaCl chez la variété étudié AXIOM F1 de *Lycopersicon esculentum* Miller.

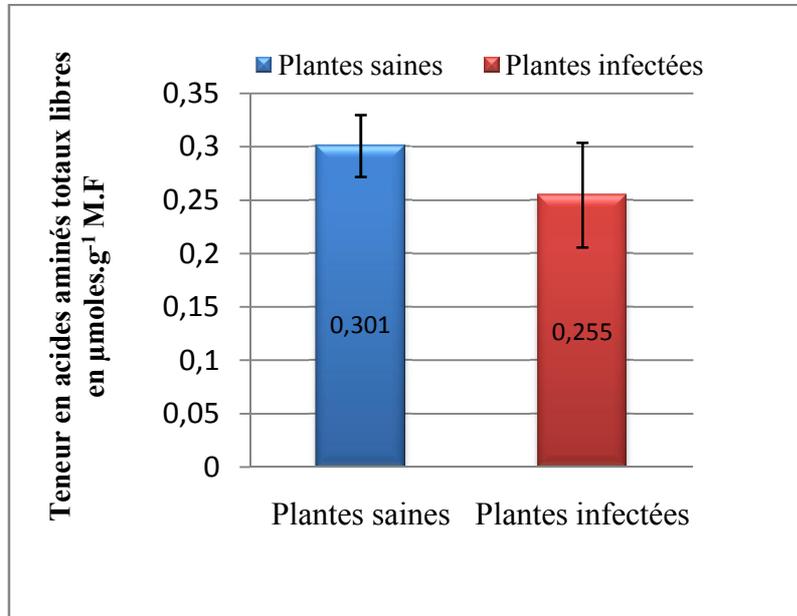
	Sans sel	50 meq/l	100 meq/l	150 meq/l	300 meq/l
Moyenne $\pm$ SE ( $\mu\text{moles.g M.F}$ )	0,301 $\pm$ 0,029	0,383 $\pm$ 0,157	0,292 $\pm$ 0,018	0,279 $\pm$ 0,072	0,311 $\pm$ 0,051
<b>Prob</b>	P= 0,54265				

L'exposé des résultats obtenus (tableau 21) indique que chez la variété étudié, la teneur en acides aminés totaux libres fluctue de 0,301 $\mu\text{moles. g}^{-1}$  M.F chez les plantes témoins à 0,383  $\mu\text{moles. g}^{-1}$  M.F chez les plantes stressées au 50 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl, soit une augmentation de 27,49 % puis elle régresse jusqu'à 0,292 et 0,279  $\mu\text{moles. g}^{-1}$  M.F pour le traitement conduit à 100 et 150 meq. l<sup>-1</sup> respectivement, soit une légère réduction de 2,77% et 7,32%. Cependant, un accroissement de la teneur en acides aminés totaux libres reste plus faible pour le traitement salin à 300 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl, soit une augmentation de 3,55%.

##### b) Sous stress de *Botrytis cinerea*

Les résultats obtenus Figure 30, montrent que les plantes inoculées par la suspension des spores de *Botrytis cinerea* ont réagis par une diminution significative de la teneur en acides aminés totaux libres ( $p=0,05$ ).

En absence de sel, l'infection avec *Botrytis cinerea* entraîne une diminution significative des teneurs en acides aminés totaux libres par rapport aux plantes saines de 0,301  $\mu\text{moles. g}^{-1}$  M.F à 0,255  $\mu\text{moles. g}^{-1}$  M.F, soit une diminution de 15,08%.



**Figure 30 :** Teneur en acides aminés totaux libres chez la variété de AXIOM F1 inoculée par *Botrytis cinerea* en absence de sel.

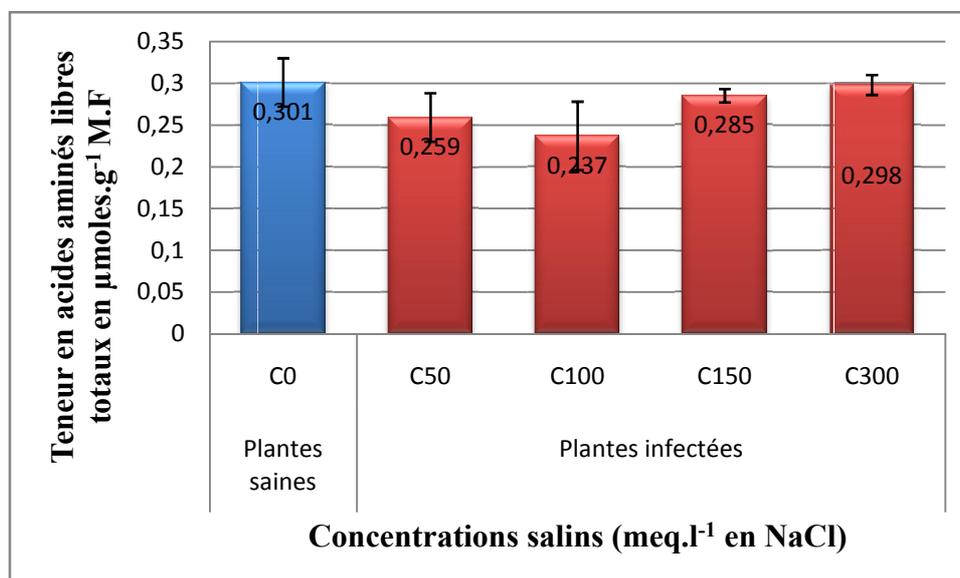
**c) Interaction "salinité – *Botrytis*"**

Les résultats dégagés de cette analyse (tableau 22) révèlent que l'interaction des deux facteurs d'étude ne provoquent aucune action notable sur la teneur en acides aminés totaux libres ( $p=0,451$ ).

**Tableau 22 :** Analyse de la variance de la teneur en protéines totales des plantes de tomate inoculées par *Botrytis cinerea* en présence de différentes concentrations en NaCl.

Effet salinité (F1)		Effet Botrytis (F2)		Interaction (F1*F2)	
F	P	F	P	F	P
0,798	0,54265	4,157	0,05245	0,962	0,45111

Les résultats dégagés (tableau 22 et figure 31) montrent que chez la variété étudié , la teneur en acides aminés totaux libres varie de 0,301  $\mu\text{moles. g}^{-1}$  M.F (témoin) à 0,237  $\mu\text{moles. g}^{-1}$  M.F (100 meq.  $\text{l}^{-1}$  en NaCl).



**Figure 31 :** Teneur en acides aminés totaux libres chez la variété de AXIOM F1 inoculée par *Botrytis cinerea* en présence de différentes concentrations de sel.

Les pourcentages de la diminution de la teneur en acides aminés totaux libres enregistrées par rapport au témoin ont été de l'ordre de 13,75%, 21,29% 5,32% et 0,78% respectivement à des concentrations de 50, 100, 150 et 300 meq.  $\text{l}^{-1}$  en NaCl.

## **DISCUSSION**

### **I. Pigments chlorophylliens**

L'effet de la salinité sur la photosynthèse, dépend de la concentration des sels et l'espèce de la plante; ce qui est évident qu'une concentration basse de sels peut stimuler la photosynthèse (OMAMI, 2005).

Les résultats démontrent que la variété AXIOM F1 réagit à l'égard de la salinité du milieu par une augmentation des teneurs en pigments chlorophylliens (chlorophylle a, b et chlorophylle totale) par rapport aux témoins sans sel pour les concentrations inférieures à 300 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl.

Ces résultats sont en accord avec les observations de TERRY et WALDROW, (1984) qui ont montré que des concentrations en NaCl inférieures à 200 et à 300 meq/l, la photosynthèse par unité de surface foliaire n'est pas affectée.

La solution d'irrigation à 300 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl a provoqué des diminutions des concentrations des pigments chlorophylliens (chlorophylle (a), (b) et chlorophylle totale) chez la variété étudiées, ce qui montre une sensibilité des pigments chlorophylliens vis-à-vis du stress salin.

Cependant, le stress appliqué s'est traduit par un accroissement non significatif de la teneur en caroténoïdes.

Un environnement stressant qui affecte la croissance, affecte évidemment la photosynthèse; de nombreux auteurs montrent que la capacité de la photosynthèse est étouffée par la salinité et cela chez différentes espèces de plantes (OMAMI, 2005).

Le taux de la chlorophylle et des caroténoïdes des feuilles diminue en général sous les conditions de stress salin. Les feuilles les plus âgées commencent à développer une chlorose et finissent par tomber pendant une période prolongée de stress salin (AGASTIAN et *al.*, 2000). Par contre, WANG et NIL (2000) ont rapporté que le contenu de la chlorophylle augmente sous les conditions de salinité chez *Amaranthus*. Chez *Grevilea*, la protochlorophylle, la chlorophylle et les caroténoïdes diminuent

significativement sous le stress salin, mais la vitesse du déclin de la protochlorophylle, la chlorophylle est plus importante que celle de la chlorophylle a et les caroténoïdes. Les pigments anthocyanines augmentent significativement dans ce cas de stress salin (KENNEDY et DE FILLIPPIS, 1999 in PARIDA et DAS, 2005).

LEVITT (1980), attribue la dégradation de chlorophylles foliaires sous l'effet du stress salin, à la destruction des pigments chlorophylliens et à l'instabilité du complexe pigmentaire protéique perturbé par l'excès des ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$ .

La réduction de la concentration des chlorophylles des plantes sous stress pourrait être attribuée à une activation de la dégradation enzymatique par des chlorophyllases (RAO et RAO, 1981). Ainsi, ALBERTE et THOMBER en 1977 et BHARDWAJ et SINGHAL en 1981 montrent que cette réduction est concomitante d'une diminution de la teneur des protéines thylacoïdales associées aux chlorophylles (a) et (b). Ces auteurs considèrent que la réduction de la teneur en pigments chlorophylliens est peut être due soit à une diminution de la synthèse de ces protéines, soit à une activation de leur dégradation.

De même, l'augmentation de la teneur en MDA foliaire, indicateur d'une dégradation oxydative des lipides membranaires, pourrait aussi expliquer cette diminution de l'activité photosynthétique. En effet, une dégradation lipidique entraînerait une perturbation des membranes thylacoïdales, une perte de l'intégrité des chloroplastes et par suite une diminution de l'activité photosynthétique (BENHASSAINE-KESRI et al, 2002). L'augmentation de la teneur en MDA observée dans une autre étude de stress salin (ZHENG et al, 2009) serait aussi due à une réduction de l'activité de différentes enzymes du système antioxydant des feuilles, notamment de la SOD et de la catalase. Cela entraînerait une accumulation des espèces réactives à l'oxygène ou ROS (Reactive Oxygen Species), telles que l'ion superoxyde  $\text{O}_2^-$ , le peroxyde d'hydrogène  $\text{H}_2\text{O}_2$ , le radical hydroxyle  $\text{OH}$ , dans les tissus et favoriserait donc l'oxydation des lipides membranaires.

En cas de stress, les caroténoïdes sont d'excellents antioxydants qui joueraient le rôle de piège à radicaux libres et donc diminueraient la dégradation membranaire. Ainsi, la

réduction de leur teneur chez la variété favoriserait les effets négatifs des réactions de peroxydation lipidique (ZHENG et *al*, 2009).

Des résultats rapportés par SEEMAN et CRITCHLEY (1985) ont souligné une diminution de la concentration des chlorophylles foliaires et une baisse de l'activité de la ribulose 1,5 bisphosphate carboxylase/oxygénase (rubisco) chez l'haricot irrigué par une solution enrichie en NaCl.

Les teneurs en pigments chlorophylliens (chlorophylle (a), chlorophylle (b), pigments caroténoïdes et chlorophylle totale) ont évolué également chez la tomate après l'infection avec *Botrytis cinerea*. En effet, des teneurs élevées en pigments chlorophylliens ont été détectées dans les feuilles des tomates AXIOM F1 en comparaison à celles des témoins sains. Ces résultats traduisent la capacité de la de tomate à s'adapter à un stress biotique.

Les parasites peuvent soit désintégrer les pigments chlorophylliens soit empêcher leur formation. Le *Sclerospora maydis* attaque la chlorophylle et l'extrait de feuilles de Maïs infectées décolore les solutions de chlorophylle (SARAN, 1953).

Lorsque les plantes sont soumises à 300 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl et à l'infection par le champignon, les teneurs en chlorophylle (a), chlorophylle (b) et chlorophylle totale sont encore plus faibles que celles des plantes saines soumises au même traitement salin.

Cependant, chez les plantes développées sous des concentrations faibles, modérées et moyennement modérées (50, 100 et 150 meq. l<sup>-1</sup>), le stress salin semble induire une baisse de la teneur en chlorophylle a, chlorophylle b, chlorophylle totale et pigments caroténoïdes par l'agent pathogène puisque les teneurs des plantes infectées et cultivées en présence de sel atteignent des valeurs plus basses que celles des plantes infectées cultivées sans sel.

Il est connu que le comportement des plantes envers les agents pathogènes est conditionné par certains facteurs de l'environnement. AYRES, (1984) a rapporté que les stress abiotiques comme la sécheresse, la pollution, la chaleur ou la salinité peuvent augmenter les symptômes des maladies par un effet direct sur la plante ou sur le pathogène.

Quelques travaux ont montré l'influence de la salinité du milieu sur l'augmentation de la sensibilité de la tomate à la fusariose (STANDAERT, 1975) et à la verticilliose (BESRI & AFAÏLAL, 1993). Selon ces auteurs, cette plus grande sensibilité est en relation avec une colonisation plus intense des tiges par le parasite.

Le sel semble avoir une action néfaste aussi bien sur la plante hôte que sur l'agent pathogène. Quelques rares hypothèses ont été avancées pour expliquer les mécanismes par lesquels agit le chlorure de sodium pour accentuer la sévérité de ces maladies. MESSIAEN & LAFON (1971) ont émis l'hypothèse que l'ion sodium augmente la sensibilité de la tomate à la fusariose vasculaire par suite d'une insuffisance en calcium provenant d'une interférence ionique entre ces deux cations. Sur d'autres pathosystèmes, MAC DONALD, (1984) et SULISTYOWATI & KEANE, (1992), estiment que la salinité prédispose les plantes aux attaques de *Phytophthora* en inhibant la synthèse de phytoalexines, substances intervenant dans la protection des plantes contre l'invasion par les agents pathogènes.

## **II. Sucres solubles totaux**

Les résultats démontrent que le stress salin appliqué aux plantes de tomate modifie le métabolisme des glucides de variété de tomate utilisées en diminuant l'accumulation des sucres solubles totaux particulièrement pour les concentrations supérieures à 50 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl.

Ces résultats traduisent d'une part, la capacité de la de tomate à s'adapter à un stress salin faible (50 meq. l<sup>-1</sup>) en utilisant les sucres solubles pour ajuster le potentiel osmotique perturbé par la salinité et d'autre part, la sensibilité de cette variété aux salinités modérées et élevées (100, 150 et 300 meq. l<sup>-1</sup>) comme en témoignent les faibles teneurs en sucres solubles accumulés dans les feuilles. En effet, les teneurs en sucres sont utilisées comme critères de tolérance à la salinité chez plusieurs espèces (RATHERT, 1984 ; MISRA & DWIVEDI, 1995).

Nombreux travaux avaient déjà mentionné le rôle prépondérant de l'accumulation des osmotocums et notamment des sucres solubles dans le cas de stress osmotique (SIVARAMAKRISHNAN *et al.*, 1988). Ces mécanismes d'adaptation permettent aux

plantules de maintenir la turgescence foliaire en diminuant le potentiel hydrique favorisant ainsi l'absorption d'eau malgré la présence du sel dans le sol.

L'accumulation des sucres solubles totaux chez les plantes a été largement reportée comme une réponse à la salinité et à la sécheresse, souvent accompagnée par une décroissance significative concernant la vitesse d'assimilation de CO<sub>2</sub> (ASHRAF, 2004). Ils ont une importance particulière à cause de leur relation directe avec des processus physiologiques comme la photosynthèse, la translocation et la respiration ; en plus, ils ont un rôle potentiel dans l'adaptation des stress (ILDIKO et GABOR., 2000). Parmi les rôles attribués aux sucres est la vitrification du cytoplasme, protection des protéines et protection des membranes (WINGLER, 2002).

Cette augmentation serait due, selon certains auteurs, à une modification d'activités enzymatiques liées au métabolisme glucidique. Ainsi, UDOMCHALOTHORN et al. (2009) observent chez les plantes de riz soumises à un stress salin une diminution de l'activité du fructose 2-6- biphosphatase (F26BP), conduisant à une accumulation du saccharose et contribuant ainsi à l'augmentation de la tolérance au sel chez certaines variétés en augmentant l'osmolarité interne des cellules et les réserves disponibles en carbone.

Chez la variété AXIOM F1, l'infection par *Botrytis cinerea* entraîne une baisse des teneurs en sucres solubles totaux en absence de sel. Ainsi, l'action de *Botrytis cinerea* sur les teneurs en sucres solubles totaux dépend du traitement par le sel.

Les parasites peuvent induire des modifications qualitatives des hydrates de carbone. Leurs enzymes peuvent hydrolyser les polysaccharides et les amener sous une forme assimilable : les Maïs charbonnés renferment moins de saccharose mais plus de sucres simples. Le métabolisme des plantules de Riz est modifié par la gibbérelline : la teneur en saccharose et en amidon décroît (TAKIJIMA et MURAKAMI, 1953). De même le métabolisme des feuilles de Betterave à Sucre est modifié par l'*Uromyces Betae* au lieu d'amidon, c'est un acide qui est produit (GÄUMANN, 1950).

Toutefois, l'accumulation de sucres solubles totaux ne semble pas être affectée par le traitement à 50 meq de NaCl chez la variété étudiée. Chez cette dernière, une diminution de ces composés organiques a été observée lorsque l'infection a été ajoutée à la salinité.

Cependant, les plantes développées sous des concentrations modérées (100 meq. l<sup>-1</sup>), *Botrytis cinerea* semble accentuer l'effet néfaste de la salinité sur ces composés organiques puisque les teneurs en sucres solubles totaux des plantes infectées atteignent des valeurs plus basses que celles des témoins sains de même salinité. A l'inverse, l'effet néfaste de la salinité à 150 et 300 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl sur ces composés organiques est diminué en présence de *Botrytis cinerea*.

La baisse des teneurs en sucres solubles induite par la salinité et accentuée par l'infection, ne permet plus à ces composés de jouer leur rôle dans l'ajustement osmotique (MUNNS & WEIR, 1981). Elle reflète une sensibilité des tomates à la salinité et à la maladie dans les conditions salines ce qui peut expliquer, en partie, l'augmentation de l'effet néfaste du stress salin en présence de l'infection par *Botrytis cinerea*.

La diminution des taux de sucres solubles pourrait favoriser la synthèse d'enzymes fongiques impliquées dans l'apparition des symptômes de la maladie. Cette hypothèse pourrait être étayée par les travaux de STANDAERT, (1975) qui a montré que les faibles concentrations en glucose dans les filtrats de culture de *Fusarium oxysporum*, favorisent la synthèse des endopectinases fongiques. On peut supposer que la salinité agirait de manière indirecte sur l'aptitude du *Botrytis cinerea* à produire les enzymes impliquées dans la pathogénèse du champignon en diminuant les teneurs en sucres solubles.

Chez les plantes infectées et développées sous des différentes concentrations de NaCl, le stress salin semble diminuer l'effet néfaste de l'agent pathogène sur ces sucres solubles totaux puisque les teneurs de ces plantes infectées atteignent des valeurs plus élevées que celles des plantes infectées cultivées en absence de sel, ce qui peut expliquer la diminution de la sévérité de la pourriture grise des tomates. Les diminutions de teneurs les plus importantes ont été notées en présence de 300 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl, avec une réduction de 5.24%.

**III. Protéines totales**

Nos résultats, montrent une diminution des protéines totales, dans les feuilles des plantes sous stress salin à 50, 100, 150 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl. Cependant, dans le milieu salé enrichi à 300 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl les résultats montrent une augmentation sensible des protéines totales dans les feuilles. Toutefois, la différence est non significative à différentes concentrations salines au NaCl comparé aux plantes témoins.

Ces résultats traduisent d'une part, la capacité de la tomate à s'adapter à un stress salin élevé (300 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl) en utilisant les protéines totales pour ajuster le potentiel osmotique perturbé par la salinité et d'autre part, la sensibilité de cette variété aux salinités faibles, modérées et moyennement modérées (50, 100 et 150 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl) comme en témoignent les faibles teneurs en protéines totales accumulés dans les feuilles. En effet, l'accumulation des composants contenant de l'azote dont les protéines font partie, fréquemment corrélées avec la tolérance végétale à la salinité (CORDOVILLA et al., 1995; OMAMI, 2005; NEELAM et al, 2006).

Dans notre cas, la diminution des protéines totales, dans les feuilles des plantes sous stress salin à 50, 100, 150 meq de NaCl pourrait s'expliquer par le fait que les doses de NaCl appliquées sur les variétés testées (à un stade phénologique tardif : cinq à six feuilles) n'ont pas atteint un seuil permettant l'induction de la synthèse des protéines spécifiques au stress salin.

Selon PARIDA et al., 2002, la salinité peut même affecter la vie microbienne du sol et donc la minéralisation de l'azote, le contenu des protéines solubles des feuilles diminue en réponse à la salinité. Cette contrainte provoque aussi la diminution de l'activité de la nitrogénase et d'autres enzymes impliquées dans l'assimilation de l'azote (DELDADO et al.,1993).

HAMDIA et al., 2004 et FARIBA et ALI AKBAR., 2005 rapportent chez deux cultivars de *Lycopersicon esculentum* Mill., que l'accroissement de la salinité augmente la teneur en protéines totales solubles dans les tiges et les feuilles de cv. *Isfahani*, mais elle décroît cette teneur chez cv. *Shirazy*. Toutefois, chez *Datura stramonium*, la concentration des protéines totales solubles décroît avec l'augmentation des

concentrations salines, cependant la fraction des protéines insolubles est significativement élevée (ALI, 1991).

Les résultats de ABDEL HALEEM., 2007 sur *Vigna radiata*L. Wilczek montrent une décroissance significative dans la teneur en protéines totales solubles sous stress salin, par contre l'addition de l'acide gibbéréllique en phase pré-germinative accroît cette teneur et élimine l'effet négatif du stress. En effet, chez *Nicotiana rustica* et *Anacardium occidentale* et le *Sorghum bicolor*, il y a accumulation des protéines totales solubles (CUSIDO et al., 1986; VIEGAS et al., 2004 ; OLIVEIRA et al., 2006).

Toutefois, les effets du stress sur le métabolisme azoté ont été fréquemment étudiés chez les plantes à métabolisme azoté, montrant ainsi un accroissement de la dégradation protéique, une inhibition de la synthèse protéique et une accumulation et/ou une diminution des protéines et des acides aminés non protéiques chez plusieurs plantes monocotylédones et dicotylédones (GILBERT et al., 1997).

L'accumulation des protéines totales solubles semble être due à l'accumulation des protéines déhydrines en réponse à un stress particulier, en jouant un rôle important dans la stabilité des protéines membranaires et dans l'ajustement osmotique (SVENSSON, 2001; MOHAMMADKHANI et HEIDARI., 2007).

AGASTIAN et al., (2000) ont noté que les teneurs en protéines chez les cultivars de mûrier augmentent à faibles doses de NaCl et diminuent à fortes doses de NaCl. Bien que ASHRAF & FATIMA (1995) aient démontré que les accessions de tournesol tolérantes et sensibles au sel ne diffèrent pas significativement par rapport à leurs teneurs en protéines foliaires, plusieurs auteurs s'accordent sur la diminution de la teneur en protéines solubles, en réponse à la salinité.

Les résultats démontrent que chez la variété AXIOM F1, l'infection par *Botrytis cinerea* entraîne une baisse des teneurs en protéines totales en absence de sel.

Dans le cas des affections cryptogamiques, les observations sont infiniment plus rares. GÄUMANN (GÄUMANN, 1950) fait mention d'une modification qualitative dans les feuilles de Céleri attaquées par les *Cercospora Apii* et *Septorio Apii*. Certains

Polypores sont connus (BOSE et SARKAR, 1937 ; DAVIS et *al.*, 1952) pour posséder un équipement diastasique qui leur permet d'hydrolyser les protéines de leur hôte. Dans la cellule vivante, protides et lipides sont en partie engagés dans des complexes lipoprotidiques très fragiles et qui sont souvent désintégrés sous l'action des parasites, Leurs constituants se séparent: il apparaît d'une part des corps azotés solubles ou dispersables et d'autre part des gouttelettes graisseuses. Ce phénomène de lipophanèrèse est bien visible dans les plastes ; l'amorce de leur destruction condamne la cellule (LEE, 1929).

Les résultats démontrent également, dans nos conditions expérimentales, que la salinité et l'infection par *Botrytis cinerea* sont associées à une diminution des teneurs en protéines totales dans les feuilles des tomates stressées par rapport aux plantes témoins.

Chez les plantes infectées et développées sous des concentrations modérées et moyennement modérées (100 et 150 meq. l<sup>-1</sup>) en NaCl, le stress salin semble accentuer l'effet néfaste de l'agent pathogène sur ces protéines totales puisque les teneurs de ces plantes infectées atteignent des valeurs plus basses que celles des plantes infectées cultivées en absence de sel, ce qui peut expliquer l'augmentation de la sévérité de la pourriture grise des tomates.

Cependant, les plantes infectées et développées sous des concentrations faibles et élevées (50 et 300 meq. l<sup>-1</sup>) en NaCl, le stress salin semble diminuer l'effet néfaste de *Botrytis cinerea* sur ces protéines totales puisque les teneurs de ces plantes infectées atteignent des valeurs plus élevées que celles des plantes infectées cultivées en absence de sel, ce qui peut expliquer la diminution de la sévérité de la pourriture grise des tomates.

#### **IV. Acides aminés libres totaux**

Les résultats démontrent que le stress salin appliqué aux plantes de tomate modifie le métabolisme des acides aminés libres totaux de variété de tomate utilisée.

Nos résultats, montrent une augmentation des acides aminés libres totaux dans les feuilles des plantes sous stress salin à 50 et 300 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl. Cependant, dans le milieu salé à 100 et 150 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl les résultats montrent une diminution sensible

des acides aminés libres totaux. Toutefois, la différence est non significative à différentes concentrations salines au NaCl comparé aux plantes témoins.

Ces résultats traduisent d'une part, la capacité de la tomate à s'adapter à un stress salin faible (50 meq. l<sup>-1</sup>) et élevé (300 meq. l<sup>-1</sup>) en utilisant les acides aminés libres totaux pour ajuster le potentiel osmotique perturbé par la salinité et d'autre part, la sensibilité de cette variété aux salinités modérées (100 meq. l<sup>-1</sup>) et moyennement modérées (150 meq. l<sup>-1</sup>) comme en témoignent les faibles teneurs en acides aminés libres totaux accumulés dans les feuilles.

Les plantes supérieures accumulent des acides aminés en s'opposant au stress salin, cependant, la proline reste l'acide aminé le plus important (ASHRAF, 2004). Elle s'accumule chez plusieurs espèces végétales, face au stress comme la sécheresse, la salinité et la température extrême, bien que son rôle dans l'osmotolérance de la plante reste controversée, elle contribue à l'ajustement osmotique, la détoxification des espèces actives d'oxygène (ROS) et la protection de l'intégrité membranaire (VERBRUGGEN et al., 1993; JITHESH et al., 2006; MOLINARI et al., 2007). Elle sert également comme un réservoir de carbone et d'azote, protège le potentiel tampon redox cellulaire et les protéines contre la dénaturation ; elle a également la capacité de préserver l'activité des enzymes en solution saline (SHUJI et al., 2002 ; ZHU et al., 2005 ; JITHESH et al., 2006).

En effet, l'accumulation de la proline invoque deux voies métaboliques chez les jeunes plantes : la voie de la glutamate ou de l'ornithine, et une seule voie chez les plantes adultes : la voie de la glutamate (ROOSENS et al., 1998). Cette accumulation peut être expliquée, par l'induction des gènes qui codent pour la biosynthèse de la proline, ainsi par la répression des gènes qui codent pour son catabolisme. Cela peut être traduit par une expression intense de la  $\Delta$ 1-pyrroline-5-carboxylate synthétase (P5CS) et par une haute régulation de la proline déshydrogénase, s'ajoutent des stimulateurs positifs de la biosynthèse, comme l'acide abscissique et des régulateurs négatifs comme la phospholipase D (ABRAHAM et al., 2003; THIERY et al., 2004 ; BASIA et ARIE., 2005 ; JITHESH et al., 2006).

Deux espèces légumineuses, *Phaseolus vulgaris* et *Sesbania aculeata*, montrent également une accumulation de proline; celle-ci s'accumule également dans tous les tissus

analysés de deux variétés de *Phaseolus vulgaris* L., Canario 60 et *Pinto Villa* (ASHRAF et BASHIR., 2004; JIMENEZ-BREMONT et al., 2006).

Une accumulation d'acides aminés libres notamment la proline a été observée chez la pomme de terre, le tabac et le blé (PEDRIZAT, 1974). Selon HADJ KHELIL AMINATA (2001), quelques aspects de la tolérance de la tomate à la salinité ont été étudiés; les jeunes feuilles bénéficient d'une protection accrue, celles-ci en contre partie accumulent des sucres solubles et de la proline qui contribuent à leur ajustement osmotique. La proline a un rôle osmotique dans le cytoplasme (BATAMONY, 1993). La quantité de proline augmente suite à l'hydrolyse de protéines stockées sous l'effet du sel (LEVIT, 1972).

MATTIONI (1997, in PARIDA et DAS, 2005) a rapporté que chez le blé dur (*Triticum durum*) la plupart des acides aminés montrent une augmentation avec l'induction du stress salin ou hydrique. Mais la proline augmente nettement plus que les autres acides aminés et l'activité de l'enzyme D delta (1)-pyrroline-5 carboxylate réductase, impliquée dans la biosynthèse de la proline, augmente durant le stress hydrique et salin, alors que l'activité de la proline déshydrogénase impliquée dans le catabolisme de la proline est inhibée seulement durant le stress salin.

Toutefois, les effets du stress sur le métabolisme azoté ont été fréquemment étudiés chez les plantes à métabolisme azoté, montrant une accumulation et/ou une diminution des protéines et des acides aminés non protéiques chez plusieurs plantes monocotylédones et dicotylédones (GILBERT et al., 1997).

Les résultats démontrent que chez la variété AXIOM F1, l'infection par *Botrytis cinerea* entraîne une diminution des teneurs en acides aminés libres totaux en absence de sel. Ces résultats traduisent la sensibilité de cette variété au stress biotique.

Les résultats démontrent également, dans nos conditions expérimentales, que la salinité et l'infection par *Botrytis cinerea* sont associées à une diminution des teneurs en acides aminés libres totaux dans les feuilles des tomates stressées par rapport aux plantes témoins.

En présence d'infection, la capacité de la tomate à s'adapter à un stress salin à 50 et 300 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl est perdue. L'infection ne permet plus aux acides aminés libres totaux de jouer leur rôle dans l'ajustement osmotique. Elle reflète une sensibilité des tomates à la maladie dans ces conditions salines.

Cependant, les plantes infectées et développées sous des concentrations moyennement modérées (150 meq. l<sup>-1</sup>) en NaCl, le stress salin semble diminuer l'effet néfaste de l'agent pathogène sur les acides aminés libres totaux puisque les teneurs de ces plantes infectées atteignent des valeurs plus élevées que celles des plantes infectées cultivées en absence de sel, ce qui peut expliquer la diminution de la sévérité de la pourriture grise des tomates.

Alors que les plantes infectées et développées sous des concentrations modérées (100 meq/l) en NaCl, le stress salin semble augmenter l'effet néfaste de l'agent pathogène sur les acides aminés libres totaux puisque les teneurs de ces plantes infectées atteignent des valeurs plus basses que celles des plantes infectées cultivées en absence de sel, ce qui peut expliquer l'augmentation de la sévérité de la pourriture grise des tomates.

### 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 et les acides aminés libres totaux. 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.

L'addition de l'infection au facteur salinité perturbe les caractéristiques biochimiques liées au stress salin. Ces perturbations sont :

Une variation de la teneur en chlorophylle (a), (b) et totale en augmentant pour les concentrations inférieures à 300 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl. Ces résultats traduisent d'une part, la capacité de la tomate à s'adapter à un stress salin faible, modéré et moyennement modéré (50, 100 et 150 meq. l<sup>-1</sup>) et d'autre part, la sensibilité de cette variété aux salinités élevées (300 meq. l<sup>-1</sup>). A l'exception le stress appliqué s'est traduit par d'une hausse de la teneur en caroténoïdes sous différentes concentrations salines.

Associée à l'infection, le stress salin semble induire une baisse de la teneur en chlorophylle (a), chlorophylle (b), chlorophylle totale et pigments caroténoïdes par l'agent pathogène puisque les teneurs des plantes infectées et cultivées en présence de sel atteignent des valeurs plus basses que celles des plantes infectées cultivées sans sel. A l'exception le stress appliqué semble induire une baisse de la teneur en caroténoïdes uniquement chez les plantes infectées et cultivées sous stress salins à 150 et 300 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl. Ces résultats traduisent une stimulation de l'agressivité de *Botrytis cinerea* par la salinité.

Une baisse des teneurs en sucres solubles foliaires induit par la salinité particulièrement pour les concentrations supérieures à 50 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl. Ces résultats traduisent d'une part, la capacité de la tomate à s'adapter à un stress salin faible (50 meq. l<sup>-1</sup>) en utilisant les sucres solubles pour ajuster le potentiel osmotique perturbé par la salinité et d'autre part, la sensibilité de cette variété aux salinités modérées, moyennement modérées et élevées (100, 150 et 300 meq. l<sup>-1</sup>).

Associée à l'infection, le stress salin semble diminuer l'effet néfaste de l'agent pathogène sur ces sucres solubles totaux, ce qui peut expliquer la diminution de la sévérité de la pourriture grise des tomates. Les diminutions de teneurs les plus importantes ont été

notées en présence de 150 et 300 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl. Ces résultats traduisent une moindre tolérance des tomates à l'infection par *Botrytis cinerea* dans les conditions salines par rapport aux plantes infectées et cultivées sans sel.

En présence de sel, l'infection semble empêcher les sucres solubles totaux de jouer leur rôle dans l'ajustement osmotique pour les traitements faibles à 50 meq. l<sup>-1</sup> de NaCl. *Botrytis cinerea* semble accentuer l'effet néfaste de la salinité sur ces composés organiques dans les feuilles des plantes développées sous des concentrations modérées (100 meq. l<sup>-1</sup>). A l'inverse, l'effet néfaste de la salinité à 150 et 300 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl sur ces composés organiques est diminué en présence de *Botrytis cinerea*. Ces résultats traduisent une sensibilité des tomates au stress salin faibles (50 meq. l<sup>-1</sup>) et une augmentation de la sensibilité de ces plantes au stress modérée (100 meq. l<sup>-1</sup>) en présence d'infection par rapport aux plantes saines du même traitement salin suite à la désintégration de la paroi cellulaire des plantes par *Botrytis cinerea* qui favorise l'effet néfaste de stress salin. Cependant, ces résultats traduisent une moindre tolérance des tomates infectées au stress salins moyennement modérés et élevés (150 et 300 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl) par rapport aux plantes saines du même traitement salin suite à la tolérance à l'agent pathogène *Botrytis cinerea*.

Notre étude a également montré chez les variétés testées une diminution des protéines totales, dans les feuilles des plantes sous stress salin inférieur à 300 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl. Cependant, dans le milieu salé enrichi à 300 meq. l<sup>-1</sup> les résultats montrent une augmentation sensible des protéines totales dans les feuilles. Ces résultats traduisent d'une part, la capacité de la tomate à s'adapter à un stress salin élevé (300 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl) en utilisant les protéines totales pour ajuster le potentiel osmotique perturbé par la salinité et d'autre part, la sensibilité de cette variété aux salinités faibles, modérées et moyennement modérées (50, 100 et 150 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl).

Associée à l'infection, la salinité semble accentuer l'effet néfaste de l'agent pathogène sur ces protéines totales pour les concentrations modérées et moyennement modérées (100 et 150 meq. l<sup>-1</sup>) en NaCl, ce qui peut expliquer une stimulation l'agressivité de *Botrytis cinerea* par la salinité. Cependant, le stress salin semble diminuer l'effet néfaste de l'agent pathogène sur ces composés chez les plantes infectées et développées sous des concentrations faibles et élevées (50 et 300 meq. l<sup>-1</sup>) en NaCl, ce qui peut expliquer la diminution de la sévérité de la pourriture grise des tomates. Ces résultats traduisent d'une part une moindre tolérance des tomates à l'infection par *Botrytis cinerea* dans les conditions salines faibles et élevés et

d'autre part une augmentation de la sensibilité des tomates à l'infection dans les conditions salines modérés et moyennement modérés par rapport aux plantes infectées et cultivées sans sel.

Les acides aminés libres totaux augmentent dans les feuilles des plantes sous stress salin à 50 et 300 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl. Cependant, dans le milieu salé à 100 et 150 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl les résultats montrent une diminution sensible des acides aminés libres totaux. Ces résultats traduisent d'une part, la capacité de la de tomate à s'adapter à un stress salin faible (50 meq. l<sup>-1</sup>) et élevé (300 meq. l<sup>-1</sup>) en utilisant les acides aminés libres totaux pour ajuster le potentiel osmotique perturbé par la salinité et d'autre part, la sensibilité de cette variété aux salinités modérées (100 meq. l<sup>-1</sup>) et moyennement modérées (150 meq. l<sup>-1</sup>).

En présence d'infection, la capacité de la de tomate à s'adapter à un stress salin à 50 et 300 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl est perdue. L'infection ne permet plus aux acides aminés libres totaux de jouer leur rôle dans l'ajustement osmotique. Elle reflète une sensibilité des tomates à la maladie dans ces conditions salines.

Cependant, les plantes infectées et développées sous des concentrations moyennement modérées (150 meq. l<sup>-1</sup>) en NaCl, le stress salin semble diminuer l'effet néfaste de l'agent pathogène sur les acides aminés libres totaux, ce qui peut expliquer la diminution de la sévérité de la pourriture grise des tomates. Alors que les plantes infectées et développées sous des concentrations modérées (100 meq. l<sup>-1</sup>) en NaCl, le stress salin semble augmenter l'effet néfaste de l'agent pathogène sur les acides aminés libres totaux, ce qui peut expliquer l'augmentation de la sévérité de la pourriture grise des tomates. Ces résultats traduisent d'une part une moindre tolérance des tomates à l'infection par *Botrytis cinerea* dans les conditions salines moyennement modérées et d'autre part une augmentation de la sensibilité des tomates à l'infection dans les conditions salines modérés par rapport aux plantes infectées et cultivées sans sel.

### REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

**ABDEL HALEEM.M.A.MOHAMED., 2007.** Physiological aspects of Mung bean plant in response of salt stress and gibberellic acid treatment. Research Journal Of Agriculture And Biological Science.3 (4): 200-213.

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

**ABRAHAM. E., RIGO. G., SZEKELY. G., NAGY. R., KONCS .C., SZABADOS.L., 2003.** Light-dependent induction of proline biosynthesis by abscisic acid and salt stress inhibited by brassinosteroid in arabidopsis. Plant. Mol. Biol. 51(3): 363-372.

**ADEL J et BADER J., 2002.** Studies of some traits related to salinity tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Proceeding of the International Symposium on optimum resources utilization in salt-affected Ecosystems in arid and semi-arid regions, Cairo, Egypt, p.102.

**AGASTIAN P., KINGSLEY S.J., VIVEKANANDAN M., 2000.** Effect of salinity on photosynthesis and biochemical characteristics in mulberry genotypes. Photosynthetica 38, 287–290.

**AGRIOS, G.N., 2005.** Plant Pathology (Burlington, MA: Elsevier Academic Press).

**AJOUZ, S. 2009.** Estimation du potentiel de résistance de *Botrytis cinerea* à des biofongicides. Ph. D. thèse de doctorat, Université d'Avignon et des pays de Vaucluse, Avignon.

**ALARCON J J., SANCHEZ-BLANCO M J., BOLARIN M J., TORRECILLAS A., 1994:** Growth and osmotic adjustment of two tomato cultivars during and after saline stress. Plant Soil, Vol. 66: 75- 82.

---

## Références bibliographiques

---

**ALEM C., AMRI A., 2005:** Importance de la stabilité des membranes cellulaires dans la tolérance à la salinité chez l'orge. *Reviews in Biology and Biotechnology*, Vol. 4, No. 1: 20-31.

**ALI.R.M., 1991.**Changes in chemical composition of fruits of salinized *Datura stamonium*. *Journal Of Islamic Academy Of Sciences* .V 4(4), p 289-292.

**AL-KARAKI G N., 2000:** Growth, water use efficiency, and sodium and potassium acquisition by tomato cultivars grown under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*. Vol. 23, No. 1: 1- 8.

**ALLEN R.D., 1995:** Dissection of oxidative stress tolerance using transgenic plants. *Plant Physiol.* pp 1049-1054.

**AMOKRANE.M.S, 2004 :** Etude de la variabilité de la germination sous stress salin chez quelques populations d'espèce de *medicago.L*, Thèse Ing Agro INA El Harrach.

**AMRANI B : 2010.** La filière de tomate en Algérie. Des résultats probants en attendant une meilleure organisation. Ed. La tribune.10p.

**AMSELEM, J., C. A. CUOMO, J. A. L. VAN KAN, M. VIAUD, E. P. BENITO, A. COULOUX, P. M. COUTINHO, R. P. DE VRIES, P. S. DYER, S. FILLINGER, E. FOURNIER, L. GOUT, M. HAHN, L. KOHN, N. LAPALU, K. M. PLUMMER, J. M. PRADIER, E. QUEVILLON, A. SHARON, A. SIMON, A. TEN HAVE, B. TUDZYNSKI, P. TUDZYNSKI, P. WINCKER, M. ANDREW, V. ANTHOUARD, R. E. BEEVER, R. BEFFA, I. BENOIT, O. BOUZID, B. BRAULT, Z. H. CHEN, M. CHOQUER, J. COLLEMARE, P. COTTON, E. G. DANCHIN, C. DA SILVA, A. GAUTIER, C. GIRAUD, T. GIRAUD, C. GONZALEZ, S. GROSSETETE, U. GULDENER, B. HENRISSAT, B. J. HOWLETT, C. KODIRA, M. KRETSCHMER, A. LAPPARTIENT, M. LEROCH, C. LEVIS, E. MAUCELI, C. NEUVEGLISE, B. OESER, M. PEARSON, J. POULAIN, N. POUSSEREAU, H. QUESNEVILLE, C. RASCLE, J. SCHUMACHER, B. SEGURENS, A. SEXTON, E. SILVA, C. SIRVEN, D. M. SOANES, N. J. TALBOT, M. TEMPLETON, C. YANDAVA, O. YARDEN, Q. D. ZENG, J. A. ROLLINS, M. H. LEBRUN, AND M. DICKMAN. 2011.** Genomic analysis of the necrotrophic fungal pathogens *Sclerotinia sclerotiorum* and *Botrytis cinerea*. *Plos Genetics* 7 (8).

---

## Références bibliographiques

---

**ANONYME. (2009).** Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Direction des statistiques.

**ANONYME. (2010).** Association Méditerranéenne Internationale de la Tomate. La tomate d'industrie en Algérie [archive]. 2P. Site officiel : <http://www.amitom.org>.

**ANONYME2, 2009.** Cultures maraîchères. Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales. ONTARIO. 10p.

**ASHRAF. M et BASHER. A., 2004.** Salt stress induced changes in some organic metabolites and ionic relations in nodules and plant parts of two crop legumes differing in salt tolerance .Flora-Morphology, Distribution , Functional , Ecology Of Plants. V198, issue 6, p 486-498.

**AUBERT .G, 1975.** Les sols sodiques en Afrique du Nord annexes Agro vol XI, N°1, INA Alger ,PP186-196.

**AYRES G.P., 1984.** The interaction between environmental stress injury and biotic disease physiology. Annu. Rev. Phytopathol. 22: 53-57.

**BAATOUR O., M'RAH S., BEN BRAHIM N., BOULESNEM F., LACHAAL M., 2004 :** Réponse physiologique de la gesse (*Lathyrus sativus*) à la salinité du milieu. Revue des Régions Arides, Tome 1, No. spécial : 346- 358.

**BASIA. V et ARIE.A. 2005.** Recent advances in engineering plant tolerance to abiotic stress: achievement and limitations. Review Of Current Opinion In Biotechnology. V16, p 123-132.

**BATAMONY .K; 1993;** Adaptation of plants in to saline condition in arid region, Faculty of science Cairo. University, Egypt .acad publisher in Netherlands pp 13-20.

**BEEVERS L. and HAGEMAN R.H., 1969.** Nitrate reduction in high plants. Ann. Rev. Pl. Phy., 20: 495-522.

**BELKHODJA M., BIDAI Y., 2004:** Réponse des graines d'*Atriplex halimus* L. à la salinité au stade de la germination. Sécheresse n°4, vol 15, pp 331-334.

---

## Références bibliographiques

---

**BEN NACEUR M., RAHMONE C., SDIRI H., MEDDAHI M.L., SELMI M., 2001:** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. *Secheresse*. Vol. 3, 167-174.

**BENHASSAINE-KESRI, G., F. AID, C. DEMANDRE, J.C. KADER ET P. MAZLIAK. 2002.** Drought stress affects chloroplast lipid metabolism in rape (*Brassica napus*) leaves. *Physiol Plantarum* 115: 221-227.

**BENKHELIF M., ARBAOUI M., BELKHODJA M., 1999:** Effets combinés de la salinité et de la bentonite sur la densité racinaire d'une culture de tomate cultivée sur un substrat sableux. Séminaire National sur la Salinisation des terres Agricoles en Algérie, Chlef: 101- 108.

**BERNSTEIN. L, FRANCOIS. L, CLARCK. 1993;** Interactive effects of salinity and fertility on yields of grains and vegetable .*Agro*; Vol 66 .Pp412- 422.*Biol.* 53: 247–273.

**BERTHOMIEU P., CONEJERO G., NUBLAT A., BRACHENBURY W.J., LAMBERT C., SAVIO C., UOZUMI N., OIKI S., YAMADA K., CELLIER F.,GOSTI F., SIMONNEAU T., ESSAH P.A. , TESTER M.,VERY A.A., SENTENAC H., CASSE F., 2003:** Functional analysis of AtHKT1 in Arabidopsis shows that Na<sup>+</sup> recirculation by the phloem is crucial for salt tolerance. *EMBO Journal*, Vol. 22: 2004- 2014.

**BESRI, M. and AFAILAL, A., 1993.** Effect of water salt content on the development of Verticillium wilt on resistant tomato cultivars. *Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Congress of Plant Pathology*, July 28-August 6, Montréal, Canada.

**BESSIS, R. 1972.** Etude en microscopie électronique à balayage des rapports entre l'hôte et le parasite dans le cas de la pourriture grise. *Centre de Recherches Académiques des Sciences de Paris* 274. 2991-4.

**BLAKEMAN, J.P. 1980.** Behaviour of conidia on aerial plant surfaces, p. 115-151, in: *The Biology of Botrytis*. J. R. Coley-smith, K. Verhoeff and W. R. Jarvis, eds. Academic Press, London.

**BLANCARD D., 2009.** Les maladies de la tomate: identifier, connaitre, maitriser. Édit. Quae, France. 679 p.

---

## Références bibliographiques

---

**BLANCARD D., 2001.** Maladies de tomate identifier, connaitre, maitriser. Ed. Quae. 690p.

**BLANCARD D., LATERROT H., MARCHOUX G. ET CANDRESSE T. (2009).** Les maladies de la tomate. ed. INRA.

**Bondoux, P. (1992).** Maladies de conservation des fruits à pépins: pommes et poires. INRA. Paris, France. 173 p.

**BOSE (S .R.) et SARKAR (S. N.), 1937.** Enzymes of some wood-rotting Polypores. Proc. Roy. Soc. Lond., Series B, Biol. Sc., 123, 193-213.

**BOTELLA M.A., CRUZ C., MARTINS-LOUCCAO M. A. and CERDA A., 1993 a.** Nitrate reductase activity in weat seedling as affected by NO<sub>3</sub>/NH<sub>4</sub> ratio and salinity. Plant Physiol., 142: 531-536.

**BOUMENDJEL, MAHIEDDINE :** "Effet de la stérilisation sur la qualité biochimique, technologique et nutritionnelle des conserves de tomate". Mémoire de Magistère, Université d'Annaba, 2001, 120 p.

**BRENT, K.J., HOLLOMON, D.W., (2007).** Fungicide Resistance: The Assessment of Risk (Brussels, Belgium: CROPLIFE INTERNATIONAL).

**BRUGNOLI E., LAUTERI M., 1991.** Effects of salinity on stomatal conductance, photosynthetic capacity and carbon isotope discrimination of salt tolerant (*Gossypium birsutum* L) and salt sensitive (*Phaseolus vulgaris* L) C3 non halophytes. Plant physiol. 95: 628-635.

**CAL. G, 2006.** L'étude des mécanismes physiologiques et génétiques à l'origine du stress salin chez les plante supérieures a mené les biologistes à choisir deux plantes modules : *Aeabidopsis thaliana* et *Theeungella halophila*.

**CALU. G., 2006.** Effet du stress salin sur les plantes : comparaison entre deux plantes modèles *Arabidopsis thaliana* et *Theellungiella halophila* .Thèse Master 1.P 3-10.

**CARLILE, WR., 1988.** Environmental and toxicological considerations. In control of crop deseases. 78-79. Carlile WR. (Eds). Edward Arnold.

**CERNING-BEROARD J., 1975:** A note on sugar determination by anthrone method. Cereal Chem. 52: 857-860.

---

## Références bibliographiques

---

**CHAFFEI C., PAGEAU K., SUZUKI A., GOUIA H., GHORBEL MH., MASCLAUX-DAUBRESSE C., 2004:** Cadmium toxicity induced changes in nitrogen management in *Lycopersicon esculentum* leading to a metabolic safeguard through an amino acid storage strategy. *Plant Cell Physiol.* 45:1681–1693.

**CHAUX C.L. et FOURY C.L., 1994.** Cultures légumières et maraichères. Tome III : légumineuses potagères, légumes fruit .Tec et Doc Lavoisier, Paris. 563p.

**CHEVERRY C., 1995:** Comportement des plantes en milieu salé compte rendu de l'ACAD d'AGRIC De France. Action n° 04. Revu. Bimestrielle. Vol.81 (2) : 42-46.

**CHIBANE A., 1999-** Tomate sous serre. Fiche Technique. Bulletin mensuel d'information et de liaison du P.N.T.T.A. N° 57, juin 1999, Edit. M.A.D.R.P.M/D.E.R.D. Maroc, 4 p.

**CLARK, C.A., AND LORBEER, J.W. 1977.** Comparative nutrient dependency of *Botrytis squamosa* and *Botrytis cinerea* for germination of conidia and pathogenicity on onion leaves. *Phytopathology* 67: 212-218.

**COLEY- SMITH. J. R., VERHOEFF. K AND JARVIS. W. R., (1980).** The Biology of *Botrytis*, Academic Press, London.

**CORDOVILLA. M.P., LIGERO. F., LLUCH. C., 1996.** Growth and nitrogen assimilation in nodules in response to nitrate levels in *Vicia faba* under salt stress. *Journal Of Experimental Botany.* V 47, n° 295, p. 203-210, February 1996.

**CPVQ (CONSEIL DES PRODUCTIONS VEGETALES DU QUEBEC). 1985.** Petits fruits. Culture. Agdex 230/20. Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec, Québec. Pages 35.

**CRUZ R.T., JORDAN W.R. and DREW M.C., 1992.** Structural changes and associated reduction of hydraulic conductance in root of *Sorghum bicolor* L. following exposure to water deficit. *Plant Physiol* 99: 203-212.

**CUARTERO J, FERNANDEZ-MUNEZ R. 1999.** Tomato and salinity. *Scientia. Hort.*, 78: 83-125.

---

## Références bibliographiques

---

- CUSIDO.R.M., PALAZON.J., ALTABELLA.T., MORALES.C.,1986.** Effect of salinity on soluble protein , free amino acids and nicotine contents in *Nicotiana rustica* L. Plant And Soil .V102,n° 01, p 55-60.
- DAVIDSON, J.A., AND KRYSINSKA-KACZMAREK, M. 2007.** Effects of inoculum concentration, temperature, plant age and interrupted wetness on infection of lentil (*Lens culinaris*) by *Botrytis* spp. conidia. Australasian Plant Pathology 36: 389-396.
- DAVIES JN, HOBSON GE. 1981.** The constituents of tomato fruit - the influence of environment, nutrition, and genotype. CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition 15, 205-280.
- DAVIS MJ, GILLASPIE AG JR., VIDAVER AK. ET HARRIS RW. (1984).** *Clavibacter*: A new genus containing some phytopathogenic coryneform bacteria, including *Clavibacter xyli subsp. Xyli sp. nov., subsp. nov.* and *Clavibacter xyli subsp. Cynodontis subsp. nov.*, pathogens that cause ratoon stunting disease of sugarcane and bermudagrass stunting disease. International Journal of Systematic Bacteriology.34: 107–117.
- DAWSON JH., 1988.** Probing structure-fonction relations in heme-containing oxygenases and peroxidases. Science 240: 433-439.
- DE BARY, A. (1866).** Morphologie und Physiologie der Pilze, Flechten, und Myxomyceten. Hofmeister's Handbook of physiological Botany, Vol. 2, Leipzig.
- DE MICCOLIS ANGELINI RM, HABIB W, ROTOLO C, POLLASTRO S AND FARETRA F,** Selection, characterization and genetic analysis of laboratory mutants of *Botryotinia fuckeliana* 58 (*Botrytis cinerea*) resistant to the fungicide boscalid. *Eur J Plant Pathol*128:185–199 (2010).
- DELLAL.A; 1993,** Réactivité physico-chimique .Fonctionnement physiologique et microbiologique en conditions saline ; Thèse Doct ,EnSA Rennes.
- DIK A. J. ET ELAD Y. 1999.** Comparison of antagonists of *Botrytis cinerea* in greenhouse-grown cucumber and tomato under different climatic conditions. *Eur. J. Plant Pathol.*, 105, 123-127.
-

## Références bibliographiques

---

**DOEHLEMANN, G., BERNDT, P., and HAHN, M. 2006.** Trehalose metabolism is important for heat stress tolerance and spore germination of *Botrytis cinerea*. Microbiology 152: 2625-2634.

**DUBOS B, BULIT J, BUGARET Y & VERDU D (1978).** The possibilities of using *Trichoderma viride* for the biological control of *Botrytis cinerea* and *Phomopsis viticola* on grapevines. Comptes Rendus des Séances de l'Académie d'Agriculture de France 14 : 1159-1168.

**DUBOS B, JAILLOUX F & BULIT J (1982).** Microbial antagonism in the control of grey mould of grapevine. EPPO Bulletin 12: 171-175.

**DUMORTIER P., EVRAD M., MAICHE M., NICOLAS A., DE RIDDER C. et COSTA SANTOS BALTAZAR 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.

**DUPONT F. et GUIGNARD J. L. 2012.** Botanique les familles de plante. Edition Elsevier Masson. France, 300 p.

**DUTUIT P., POURRAT Y., DUTUIT J M., 1994:** La notion de stress de la cellule à l'écosystème. Sécheresse, Vol. 5, N°. 1: 23- 31.

**DYE D.W., BRADBURY J.F., GOTO M., HAYWARD A. C., LELLIOTT R. A. et SCHORTH M. N. (1980).** International standards for naming pathovars of phytopathogenic bacteria and a list of pathovar names and pathotype strains. Rev. Plant disease. 66:993-994.

**EILERS .R.G ; EILERS .W ; D et BRIELERY; 1995.** Santé des sols .Ed .John libbey. La qualité de sol, agriculture et agroalimentaire Canada pp 104-106.

**ELAD, Y. 1997.** Effect of filtration of solar light on the production of conidia by field isolates of *Botrytis cinerea* and on several diseases of greenhouse-grown vegetables. Crop Protection 16: 635-642.

**ELAD, Y., AND STEWART, A. 2004.** Microbial control of *Botrytis* spp, p. 223–41, in: *Botrytis: Biology, Pathology and Control*. Y. Elad, B. Williamson, P. Tudzynski and N. Delen, eds. Kluwer Academic Press, Dordrecht, The Netherlands.

---

## Références bibliographiques

---

**ELMER, P. A. G. AND T. J. MICHAILEDIS. (2004).** Epidemiology in *Botrytis cinerea* in orchard and vine crops. In *Botrytis: Biology, Pathology and Control*, edited by Y. Elad, B. Williamson, P. Tudzynski and N. Delen. (Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers) 243-272.

**EL-SHINTINAWY F., HASSANEIN RA., 2001:** Changenes in growth, protein patterns and DNA fingerprints of NaCl stressed treated with arginine, putrescine or phenylenediamine. *Egyptian J. Biotechnol.* 10: 405-415.

**ESTRAN, SIMONE, (2005)** (Page consulte le 06/06/2006). La tomate et ses 650 variétés, [Enligne]. Adresse URL : <http://www.pyepimanla.com/profile.php?5,9>.

**FARIBA.A., ALI AKBAR.E., 2005.** Soluble proteins, proline, carbohydrates and Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> changes in two tomato (*Lycopersicon esculentum Mill*) cultivars under in vitro salt stress .*American Journal Of Biochemistry And Biotechnology.* 1(4): 212-216.

**FERNÁNDEZ-ORTUÑO D, CHEN F AND SCHNABEL G (2012).** Resistance to pyraclostrobin and boscalid in *Botrytis cinerea* isolates from strawberry fields in the Carolinas. *Plant Dis* 96:1198–1203.

**FERRERO M., 2009.** Etude de la variabilité des comportements alimentaires du prédateur et conséquences pour la lutte biologique. Thèse doctorat. Montpellier SupAgro., 228 p.

**FLOWERS T J., FLOWERS S A., 2005:** Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders? *Agricultural Water Management.* Vol. 78, N°. 1-2: 15- 24.

**GALLAIS A. et BANNEROT H., 1992.** Amélioration des espèces végétales cultivés objectif et critères de sélection. INRA, Paris. 765p.

**GÄUMANN (E.), 1950.** Principles of Plant Infection, trad. Brierley, 543 pp., Hafner Publ. Co., N.-Y.

**GENOUX C., PUTZOLA F., MAURIN G., 1991:** Thème général: la lagune méditerranéenne, TPE: Les plantes halophytes.

**GILBERT. G., GADUSH. M., WILSON. C., MADORE. M., 1997.** Amino acid accumulation in sink and source tissues of coleus blumei benth during salinity stress. *Oxford Journal Of Experimental Botany .V 49, n° 318, p 107-114.*

---

## Références bibliographiques

---

**GILLAPSY G, BEN-DAVID H, GRUISSEM W. 1993.** Fruits: a developmental perspective. *Plant Cell* 5, 1439-1451.

**GINDRO. K., (2000).** Etudes de la sporulation de *Botrytis cinerea* Pers.:Fr.:purification, caractérisation et rôle d'une cutinase constitutive des conidies non germées. Thèse de la Faculté des Sciences de l'Université de Lausanne.

**GIOVE et ABIS., 2007.** Place de la méditerranée dans la production mondiale de fruits et légumes. Ed. Institut Agronomique Méditerranéen de Bari, 22p.

**GREGORY.B., 2005.** Écophysiologie de semis de conifères ectomycorhizés en milieu salin et sodique .Thèse de mémoire. Université Lava Canada .Chapitre 1.

**GROUZIS M., BERGER A., HEIM G., 1976:** Polymorphisme et germination des grains chez trois espèces annuelles du genre *Salicornia*. *Oecol. Plant.*11 (1): 41-52.

**GUDELJ I., FITT B. D. L. et VAN DEN BOSCH F. 2004.** Evolution of sibling fungal plant pathogens in relation to host specialization, *Phytopathol.*, 94, 789-795.

**GULLINO, M. L. 1992.** Chemical control of *Botrytis spp*, p. 217-222, in: Recent advances in *Botrytis* research. K. Verhoeff, N. E. Malathrakis and B. Williamson, eds. Pudoc Scientific Publishers, Wageningen, The Netherlands.

**HAAS D, BLUMER C & KEEL C (2000).** Biocontrol ability of fluorescent *Pseudomonas* genetically dissected: importance of positive feedback regulation. *Current Opinion in Biotechnology* 11: 290-297.

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

**HAMDIA.M., SHADDAD.M.A.K., DOAA.M.M., 2004-**Mechanisms of salt tolerance and interactive effects of azospirillum brasiliense inoculation on maize cultivars grown under salt stress conditions. *Plant Growth Regulation*. V 44, n° 02, p 165-174. (10).

**HAMDY A., 1999:** Saline irrigation and management for a sustainable use. In: Advanced Short Course on Saline Irrigation Proceeding, Agadir: 152- 227.

---

## Références bibliographiques

---

**HANDA S., HANDA A.K., HASEGAWA P.M. and BRESSAN R.A., 1986.** Proline accumulation and the adaptation of cultured plant cells to water stress. *Plant Physiol.* 80:938-945.

**HANSON A.D., NELSON C.E. and EVERSON E.H., 1977.** Evaluation of free proline accumulation as an index of drought resistance using two contrasting barley cultivars. *Crop Sci.*, 17: 720-726.

**HAOUALA F., FERJANI H., BEN EL-HADJ S., 2007:** Effet de la salinité sur la répartition des cations ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  et  $\text{Ca}^{++}$ ) et du chlore ( $\text{Cl}^-$ ) dans les parties aériennes et les racines du ray-grass anglais et du chiendent. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, Vol. 11, N°3 : 235- 244.

**HASEGAWA.PAUL. M., BRESSAN.RAY.A., ZHU. JIAN-KANG., BOHNERT.HANS.J., 2000-**Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annu. Rev. Plant. Physiol. Plant Mol.Biol.*51:463-499.

**HASSALL, KA., 1990.** Toxicological considerations. In: *The biochemistry and uses of pesticides.* 10-17. Hassal, KA. (Eds). Macmillan.

**HELLER. R, ESNAUL. R, et LANCE .C, 2004, Physiologie végétale tome1 – nutrition** Paris, DUNOD, 323 p ISBN : 2-10,48-70.

**HELLER. R, ESNAULT. R, et LANCE. C, 1998,** Physiologie végétale 1-nutrition, edit édition Edit Dunod.366 p.

**HILL, G., STELLWAAG-KITTLER, F., HUTH, G., and SCHLOESSER, E., (1981).** Resistance of grapes in different developmental stages to *Botrytis cinerea*. *Phytopathology* 102. 328-38.

**HMOUNI A., 2000.** Recherches sur *Botrytis cinerea*, agent causal de la pourriture grise de la tomate : résistance aux fongicides et alternatives de la lutte biologique. Thèse de Doctorat. Université Ibn Tofail, Faculté des Sciences, Kénitra, Maroc, 112 pages.

**HMOUNI A., MASSOUI M. et DOUIRA A., 1999.** Étude de l'activité antagoniste de *Trichoderma spp.* et de *Gliocladium spp.* A l'égard de *Botrytis cinerea*, agent causal de la pourriture grise de la tomate. *Al Awamia* 99 : 75-92.

---

## Références bibliographiques

---

**HOAGLAND DR, ARNON DI, (1938).** The water-culture method for growing plants without soil, Calif. Agric. Exp. Sta. Cir., 347, 1- 39.

**HOFSTETTER, B. 1990.** Nature's fungicides may banish *Botrytis*. New Farm, mai-juin 1990: 31-32, 41.

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

**HU Y et al., 2005:** Salinity and the growth of non-halophytic grass leaves: the role of mineral nutrient distribution. Plant Biol. pp973- 985.

**HUANG J., HIRJI R., ADAM L., ROZWADOWSKI K L., HAMMERLINDL J K, KELLER WA., SELVARAJ G., 2000:** Genetic engineering of glycine betaine production toward enhancing stress tolerance in plants: metabolic limitations. Plant Physiol. 122: 747-756.

**HUAT J., 2008-** Diagnostic sur la variabilité des modes de conduite d'une culture et de leurs conséquences agronomiques dans une agriculture fortement soumise aux incertitudes : cas de la tomate de plein champ à Mayotte. Thèse doctorat. L'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement, Agro Paris Tech., 264 p.

**HUBERT J., STEJSKAL V., MUNZBERGOVA Z., KUBATOVA A., VANOVA M. ET ZDARKOVA E. 2005.** Mites and fungi in heavily infested stores in the Czech Republic, J. Econ. Entomol., 97, 2144-2153.

**IDRENMOUCHE S., 2011.** Biologie et écologie de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera : *Gelechiidae*) dans la région de Boumerdes. Mémoire Magistère en Sciences Agronomiques. E.N.S.A. El Harrach, 103p.

**ILDIKO. K ., GABOR.G., 2000.** Osmotic and salt stress induced alteration in soluble carbohydrate content in wheat seedlings. Crop Sciences .V40, p 482-487.

**ITCMI 1994;** Guide pratique ; la culture de la tomate industrielle S.ACHABANE ; Imp Elouafak.

**ITHESH .M.N., PRASHANTH S.R., SIVAPRAKAS K.R., PARIDA AJAY.K., 2006.** Antioxidative response mechanisms in halophytes: their role in stress defense. Journal Of Genetics.V85, n°3, p 237-254.

---

## Références bibliographiques

---

**JARVIS W. R. 1980.** Epidemiology. Pages: 219-250 In: Coley-Smith J. R. et al.(eds.). The biology of Botrytis, Academic Press, New York.

**JARVIS, W.R. (1977).** Botryotinia and Botrytis species-Taxonomy, physiology and pathogenicity. A guide to the literature, Monograph no. 14, Ottawa, Research Branch, Canada Department of Agriculture p. 195.

**JIMÉNEZ-BREMONT.J.,BACCERA-FLORA.A.,HERMANDEZ-LUCERO.E., RODRIGUEZ-PIMENTEL.J., 2006.** Proline accumulation in two bean cultivars under salt stress and the effect of polyamines and ornithine .Biologia Plantarum. V 50, n° 4, p 763-766 (4).

**JITHESH .M.N., PRASHANTH S.R., SIVAPRAKAS K.R., PARIDA AJAY.K., 2006-**Antioxidative response mechanisms in halophytes: their role in stress defense. Journal Of Genetics.V85, n°3, p 237-254.

**KARMOUS C., 2007 :** Contribution à l'étude des mécanismes de tolérance à la salinité au stade juvénile chez le blé dur (*Triticum durum Desf.*) : aspects physiologique, biochimique et moléculaire. Thèse de doctorat en agronomie et science de la production végétale. INAT, Tunis: 211p.

**KENFAOUIA., 1997-**La salinité des eaux d'irrigation .Synthèse bibliographique réalisé par les élèves ingénieurs de l'école nationale du génie rural des eaux et des forets de Montpellier.

**KHALES A et BAAZIZ M., 2006 :** Etude des peroxydases d'écotypes d'*Opuntia Ficus indica* L en relation avec le développement dans les conditions de stress salin. Congrès international de Biochimie, Agadir: pp. 133-136.

**KIM, Y.K., AND XIAO, C.L., (2011).** Stability and fitness of pyraclostrobin and boscalid resistant phenotypes in field isolates of *Botrytis cinerea* from apple. Phytopathology 101, 1385-1391.

**KOCHENKO, 1972.** Features of sclerotial germination of *Botrytis cinerea* Fr. Mykologia Fitopatologia 6: 256-258.

**KOSUGE, T., and HEWITT, W.B. 1964.** Exudates of grape berries and their effect on germination of conidia of *Botrytis cinerea*. Phytopathology 54: 167-172.

---

## Références bibliographiques

---

**KRETSCHMER, M., and HAHN, M., (2008).** Fungicide resistance and genetic diversity of *Botrytis cinerea* isolates from a vineyard in Germany. *J. Plant Dis. Prot.* 115, 214–219.

**KYLIN A., QUATRANO R S., 1975:** Metabolic and biochemical aspects of salt tolerance. In: Poljakoff-mayber and J. Gale, Eds. *Palnts in saline environments*. Springer-verlag, New York: 147-167.

**LASRAM. M, 1995;** Salinity problems in the Mediterranean's area, Ed academie de Paris N°2, séances spécialisée du 22 mar 1995.

**LATIGUI A., 1984.** Effets des différents niveaux de fertilisation potassique sur la fructification de la tomate cultivée en hiver sous serre non chauffée. Thèse Magister. INA El-Harrach.

**LATORRE, BA., SPADARO, I., RIOJA, ME., 2002.** Occurrence of resistant strains of *Botrytis cinerea* to anilinopyrimidine fungicides in table grapes in Chile. *Crop Protection.* 21, 957-961.

**LE HOUEROU H N., PONTANIER R., 1987:** Les plantations sylvopastorales dans la zone aride de la Tunisie. Notes Techniques du MAB 18-UNESCO, Paris: 79.

**LEE (A.), 1929.** The toxic substance produced by the eye-spot fungus of sugar cane, *Helminthosporium Sacchari* Butl. *Plant Physiology*, 4, 193-212.

**LEPOIVRE, P. 2007.** *Phytopathologie: Les presses agronomiques de Gembloux.*

**LEROUX, P. (2004).** Chemical control of *Botrytis* and its resistance to chemical fungicides. In: *Botrytis: Biology, Pathology and Control*, Elad, Y., Williamson, B., Tudzynski, P. and Delen, N, eds. (Dordrecht The Netherlands: Springer) pp. 195–222.

**LEROUX, P., R. FRITZ, D. DEBIEU, C. ALBERTINI, C. LANEN, J. BACH, M. GREDT, AND F. CHAPELAND. 2002.** Mechanisms of resistance to fungicides in field strains of *Botrytis cinerea*. *Pest Management Science* 58 (9):876-888.

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

---

## Références bibliographiques

---

**LEVIT J. 1980.** Responses of Plants to Environmental Stresses (Vol. II). Academic Press: New York.

**LEVIT, 1972,** Responses of plants to environmental stresses, Academic press New York.

**LICHTENTHALER H.K., 1987:** Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology* 148 : 351-382.

**LIVEGNERON .A, LOPEZ et VASUT .G, 1995 ;** Les plantes face au stress salin .Cahier d'agriculture ; pp 263-73.

**LUTTGE U., KLUGE M., BAUER G., 2002:** Botanique. 3<sup>ème</sup> édition, Tec et Doc-Lavoisier, Paris: 439- 450.

**MAAS E. V et POSS J.A., 1989:** Salt sensitivity of wheat at different growth stages. *Irrig. Sci.* pp29-40.

**MAC DONALD, J.D., 1984.** Salinity effects on the susceptibility of *Chrysanthemum* roots to *Phytophthora Cryptogea*. *Phytopathology* 74: 621-624

**MAILLARD J., 2001 :** Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. Risques et recommandations. *Handicap International*. Novembre 2001, 34 p.

**MANAA A , BEN AHMED H, VALOT B, BOUCHET JP, ASCHI-SMITI S, CAUSSE M, FAUROBERT M. 2011 :** Salt and genotype impact on plant physiology and root proteome variations in tomato. *J. Exp. Bot.*, 17: 1 -17.

**MARTINEZ, F., DUBOS, B., AND FERMAUD, M., (2005).** The role of saprotrophy and virulence in the population dynamics of *Botrytis cinerea* in vineyards. *Phytopathology* 95, 692-700.

**MASHALIA, SUAREZ.D, L.NABHAN.H, RABINDRA.R., 2005.** Integrated management for sustainable use of salt –affected soils .Rome: FAO Soils Bulletin, now printing.

**MAZLIAK. P., 2000.** Physiologie végétale.TomeI. Edition Heremann. ISBN : 2705659439 .p 521.

**MCCUE KF., HANSON AD., 1990:** Drought and salt tolerance: towards Understanding and application *TIBTECH*. 8: 358-362.

---

## Références bibliographiques

---

**MELONI. D. A., GULUTA .M. R., MARTINEZ.C.A. , OLIVA. M.A., 2004**-The effects of salt stress on growth nitrate reduction and proline and glycinebetaine accumulation in *Prosopis alba*. *Brazilian Journal Of Plant Physiology* .16(1):39-46.

**MERMOUD A ., 2006** : Cours de physique du sol : Maîtrise de la salinité des sols. Ecole polytechnique fédérale de lausanne, 23p.

**MESSIAEN C.M., BLANCARD D., ROUXEL F. ET LFON R. (1993)**. Les maladies des plantes maraichères. 3ème ed. INRA, Paris.

**MEZNI M., ALBOUCHI A., BIZID E., HAMZA M., 2002**: Effet de la salinité des eaux d'irrigation sur la nutrition minérale chez trois variétés de luzerne pérenne (*Medicago sativa*) .*Agronomie*. 22: 283-291.

**MISRA N. and DWIVEDI U.N., 1990**.Nitrogen assimilation in germinating phaseolus aureus seeds under saline stress. *J. Plant Physiol.*, 135: 719-724.

**MISRA N. and DWIVEDI U.N., 1995**. Carbohydrate metabolism during seed germination and growth in green gram under saline stress. *J. Plant Physiol.*, 33(1): 33-38.

**MITCHELL J.P., SHENNAN C. and GRATTAN S.R., 1991**. Development changes in tomato fruit composition in response to water deficit and salinity. *Physiologia Plantarum* 83: 177-185.

**MOHAMMADKHANI. N., HEIDARI. R., 2007**- Effect of drought stress on soluble proteins in two Maize varieties .*Turk Journal Of Biology*. V 32, p 32-30.

**MOLINARI. H. B., CORREA. M., CELSO. J., DAROS. E., DE CAMPOS M. K ., DE CARVALHO.F., JANE FIUZA .R., PORTELA.F. J., BESPALHOK.C., PEREIRA. L. F., VIEIRA. L. G. E., 2007**-Evaluation of the stress-inducible production of proline in transgenic sugarcane (*Saccharum spp.*): osmotic adjustment, chlorophyll fluorescence and oxidative stress. *Physiologia Plantarum*. V 130, n° 2, p 218-229.

**MUNNS R., 2008**: Sodium excluding genes from durum wheat and sea barleygrass improves sodium exclusion of bread wheat. 2nd International Salinity Forum Salinity, water and society-global issues, local action.

---

## Références bibliographiques

---

**MUNNS R. and WEIR R., 1981.** Contribution of sugars to osmotic adjustment in elongating and expanded zones of wheat leaves during moderate water deficits at low light levels. *Aust. J. Plant Physiol.*, 8: 93-105.

**MUNNS R., JAMES R A., LAUCHLI R., 2005:** Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*. Vol. 57, N°. 5: 1025-1043.

**MUNNS. R., 2002-** Comparative physiology of salt and water stress .*Plant Cell Environ.*25:239-250.

**NAIKA S., DE JEUD J.V.L., DE JEFFAU M., HILMI M. et VANDAM B., 2005.** La culture de tomate, production, transformation et commercialisation. Ed. Wageningen, Pays-Bas. 105p.

**NDOUR P et DANTHU P., 2000 :** Effet des contraintes hydrique et saline sur la germination de quelques acacias africain. *Projet National de Semences Forestières du Sénégal*. 11 p.

**NEELAM. M., AJAY. K., GUPTA D.U.N., 2006-** Changes in free amino acids and stress proteins synthesis in two genotypes of green gram under salt stress. *Journal Of Plant Science*.1 (1):56-66.

**NEUMANN. P., 1997** -Salinity resistance and plant growth revisited .*Plant Cell Environ.*20:1193-1198.

**NORMANLY J., SLOVIN J.P. and COHEN J.D., 1995.** Rethinking auxin biosynthesis and metabolism. *Plant Physiol*. 107:323-329.

**OLIVEIRA. L.P. B., LUCIMAURO. A. A., EGIDIO B. N., MERCIA. V., DOS SANTOS.F., DE CASSIA. J., 2006-**Organic solutes in forage sorghum genotypes under saline stress. *Presq.Agropec,Bras, Brasilia*.V 41, n° 01, p 31-35.

**OMAMIE.N.2005.** Response of Amaranth to salinity stress. These of Ph. D .Horticulture. University of Pretoria. Chapter 1, p 5-20, chapter 6, P1.

**OMRANI. A, 1993,** Evolution spatiale de la salinité et du CaCO<sub>3</sub> total et actif de l'horizon de surface dans les sols salés de H'MADNA (Relizane) .Thèse Ing ISA de Tiaret.

---

## Références bibliographiques

---

**O'NEILL, T.M., SHTIENBERG, D., and ELAD, Y. 1997.** Effect of some host and microclimate factors on infection of tomato stems by *Botrytis cinerea*. Plant Disease 81: 36-40.

**ORCUTTD.M. et NILSENE.T. , 2000:** Physiology of plants under stress. John Wiley & Sons Inc., New York, NY, USA.

**PARIDA A., 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 arviiflora*, in hydroponic cultures. J. Plant Biol. 45, 28–36.

**PARIDA A.K., DAS A.B. (2005):** Salt tolerance and salinity effect on plants: review. Ecotoxicology and Environmental Safety. Vol.60, pp. 324-349.

**PEDRIZA.T, 1974.** Effect of chlorophyll deficiency on praline metabolism in higher plants *Fiziologica rostania pp 21, 47-53.*

**PEREZ-ALFOCEA F., BALIBREA M.E., CRUZ A.S. and ESTAN M.T., 1996.** Agronomical and physiological characterization of salinity tolerance in commercial tomato hybrid. Plant & Soil. 180 (2): 251-257.

**PEZET, R. and PONT, V., (1986).** Infection florale et latence de *Botrytis cinerea* dans les grappes de *Vitis vinifera* (var. Gamay). Revue Suisse de Viticulture, d'Arboriculture et d'Horticulture 18 (5). 317-22.

**PIRI K., ANCEAU C., EL JAAFARI S., LEPOIVRE P., SEMAL J., 1994:** Sélection in vitro de plantes androgénétiques de blé tendre résistantes à la salinité. L'amélioration des Plantes. Ed. AUPELF-UREF, Paris: 311- 320.

**POLESE J.M., 2007.** La culture des tomates. Amazon France paris. Edit.n°1, volartemis. 95p.

**POMMER, EH., LORENZ, G., 1987.** Dicarboximide fungicides. In: Modern selective fungicides: Properties, application and mechanisms of action. 91-106. Lyr, H. (Eds). L. S.T.

**PRICE A.H. et HENDRY G.A.F., 1991:** Iron-catalysed oxygen radical formation and its possible contribution to drought damage in nine native grasses and three cereals. Plant Cell Environ.14:477-484.

---

## Références bibliographiques

---

**QADER F., 1997.** Contribution à l'étude de quelques effets physiologiques et biochimiques à la salinité du milieu en relation avec le pouvoir pathogène de *Septoria tritici* chez des cultivars de blé tendre. D.E.S., Université Mohamed Premier, Oujda, 142p.

**QUIROGA M. GUERRERO C. BOTELLA M.A. and VALPUESTA V., 2000.** A tomato Peroxidase Involved in the Synthesis of Lignin and Suberin. *Plant Physiol.* 122(4): 1119-1128.

**RAO, G.G. et G.R. RAO. 1981.** Pigment composition and chlorophyllase activity in pigeon pea (*Cajanus indicus* Spreng) and Gingelly (*Sesamum indicum* L.) under NaCl salinity. *Indian J. Exp. Biol.* 19: 768-770.

**RATHERT G., 1984.** Sucrose and starch content of plant parts as possible indicators for salt tolerance. *Aust. J. Plant Physiol.* 5: 491-495.

**RATHINASABAPATHI B., SIGUA C., HO J., GAGE DA., 2000:** Osmoprotectant  $\beta$ -alanine betaine synthesis in the Plumbaginaceae: S-adenosyl-L-methionine dependent N-methylation of b-alanine to its betaine is via N-methyl and N,N-diemethyl b-alanines. *Physiologia Plantarum* 109: 225-231.

**REGAL (1995).** (Page consulte le 07/08/2006) : "Répertoire général des aliments", "Composition des aliments", [En ligne].

**RHODES D., 1987.** Metabolic responses to stress. In: *The biochemistry of plants*, 12, Physiology of metabolism, Davis D.D, ed., Acad. Press., pp: 201-241.

**ROBERTS E., KUTCHAN T., KALLATTUKUDY P.E., 1988.** Cloning and sequencing of cDNA for highly anionic peroxidase from potato: the induction of its mRNA in suberizing potato tubers and tomato fruits. *Plant Mol Biol*, 11: 15-26.

**RONCHY, 1999,** Un événement exceptionnel, la crise de la salinité messirienne de méditerranée. Ed, les ages de la terre .Paris ,104p.

**ROOSENS. N.H., THU. T.T., ISKANDAR. H.M., JACOB. M., 1998.** Isolation of ornithine-delta-aminotransferase cDNA and effect of salt stress on its expression in *Arabidopsis thaliana* .*Plant Physiology.* 117(1): 263-271.

---

## Références bibliographiques

---

**ROSENBERGER, D.A. (1990).** Postharvest diseases (Blue mold-Gray mold), in: Compendium of Apple and Pear Diseases, A.L. Jones and H.S. Aldwinkle, eds., APS Press The American Phytopathological Society, USA pp.53-58.

**ROSSLENBROICH H. J. et STUEBLER D. 2000.** *Botrytis cinerea* – history of chemical control and novel fungicides for its management. Crop Prot., 19, 557-561.

**ROTEM, J., and AUST, H.J. 1991.** The effect of ultraviolet and solar radiation and temperature on survival of fungal propagules. Journal of Phytopathology 133: 76-84.

**ROUX J.L. ; 1995 :** Conserver les aliments. Comparaison des méthodes et de technologies. Edition Lavoisier, Tec et Doc Paris : 706PP.

**RUOCCO M. L., MASSIMO G., OSCAR A., BERNARD B. et JURGEN K. (2010).** Food quality safety. Lutte biologique . Tome2. CNR, Italie, UE.104p.

**SALINAS, J., GLANDORF, D.C.M., PICAUVET, F.D., and VERHOEFF, K. 1989.** Effects of temperature, relative humidity and age of conidia on the incidence of spotting on gerbera flowers caused by *Botrytis cinerea*. Netherlands Journal of Plant Pathology 95: 51-64.

**SANNADA Y., UEDA H., KURIBAYASHI K., ANDOH T., HAYASHI F., TAMAI N., WADA K., 1995:** Novel light-dark change of proline levels in halophyte (*Mesembryanthemum crystallinum* L.) and glycophytes (*Hordeum vulgare* L. and *Triticum aestivum* L.) leaves and roots under salt stress. Plant cell physiol. 36 (6): 965-970.

**SARAN (D. V.), 1953.** Studies in *Sclerospora madyis* : Physiology of parasitism , J. se. 'Res. Indonesia, 2, 1, 1-9.

**SCHMID, O. et S. HENGGELER. 1988.** Ravageurs et maladies au jardin. Terre Vivante, Paris. 243 pages.

**SCHWAB K.B. and GAFF D.F., 1986.** Sugar and ion content in leaf tissue of several drought tolerant plants under water stress. J. Plant Physiol., 125: 257-265.

**SCHWARTZ. C., 2007-**Salinisation des sols : processus, causes, effets et gestions des sols salés .Diapositif.

---

## Références bibliographiques

---

**SCOTT, J.W., SOMODI, G.C. et JONES, J.B. (1989).**Resistance to bacterial spot fruit infection in tomato. Hort Science. 24: 825–827.

**SEAMAN. J., 2004.** Mechanisms of salt tolerance in halophytes: can crop plants resistance to salinity be improved .APS 402. Dissertation. P2-7.

**SEEMAN, J.R. and C. CRITEHEEY, 1985.** Effect of salt stress on the growth, ion content, *Phaseolus vulgaris L.* Planta. 164: 151-162.

**SERGEEVA, V., NAIR, NG., VERDANEGA, JR., SHEN, C., BARCHIA, I., SPOONER-HART, R., 2002.** First report of aniline pyrimidine-resistant phenotypes in *Botrytis cinerea* on grapevines in Australia. Australasian Plant Pathology. 31, 299-300.

**SERRANO R., GAXIOLA R., 1994:** Microbial models and salt stress tolerance in plants. Crit. Rev. Plant Sci. Vol. 13: 121- 138.

**SHABALA S , SHABALA L, VOLKENBURGH E, NEWMAN I. 2005.** Effect of divalent cations on ion fluxes and leaf photochemistry in salinized barley leaves. J. Exp. Bot., 56(415): 1369-1378.

**SHANKARA N., VAN LIDT DE JEUD J., DE GOFFAU M., HILMI M., VAN DAM B. ET FLORIJIN. A. (2005).** La culture de la tomate : production, transformation et commercialisation. 5eme (ed). foundation agromisa et CTA, Wageningen.

**SHERF, A.F. et MACNAB A.A. (1986).**Vegetable Diseases and Their Control.Wiley, New York. Singleton P. (2005). Bactériologie pour la médecine, la biologie et les biotechnologies. 6th ed. DUNOD. Paris.

**SHIRAISHI, M., FUKUTOMI, M., and AKAI, S. 1970a.** Effects of temperature on the conidium germination and appressorium formation of *Botrytis cinerea* Pers. Annals of the Phytopathological Society of Japan 36: 234-236.

**SHIRAISHI, M., FUKUTOMI, M., and AKAI, S. 1970b.** Recovery of germinability of aged conidia of *Botrytis cinerea* Pers. By several saccharides. Annals of the Phytopathological Society of Japan 36: 297-303.

**SHUJI. Y., BRESSAN. A., HASEGAWA. P.M., 2002-**Salt stress tolerance of plants. Jircas Working Report.25-33.

---

## Références bibliographiques

---

**SIRRY, A. E. R. 1957.** The effect of relative humidity on the germination of *Botrytis* spores and on the severity of *Botrytis cinerea* Pers on lettuce. *Annals of Agricultural Science (Cairo)* 2: 247-250.

**SIVARAMAKRISHNAN S., PATELL V.Z., FLOWERS T.J. and PEACOCK J.M., 1988.** Proline accumulation and nitrate reductase activity in contrasting sorghum lines during mid-season drought stress. *Plant Physiol.*, 74: 418-426.

**SIVARAMAKRISHNAN, S., V. PATEL, G. FLOWER et L.G. PALEG. 1988.** Proline accumulation and nitrate reductase activity in contrasting sorghum lines during mid season drought stress. *Plant Physiol.* 74: 418-426.

**SNOUSSI SID AHMED; 2010,** The integrated pest management in the near East étude de base sur la tomate en Algérie, nation unies pour l'alimentation et l'agriculture ; Rome 2010, 52 p.

**SNOW, D. 1949.** The germination of mould spores at controlled humidities. *Annals of Applied Biology* 36: 1-13.

**SOLTANI A., HAJJI M. et GRIGNON C., 1990.** Recherche des facteurs limitant la nutrition minérale de l'orge en milieu salé. *Agronomie*, 10: 857-866.

**SPICHTER R. E., VINCENT V., FIGEAT S. M. et JEANMONOD D., 2004.** Botanique systématique des plantes à fleurs : une approche phylogénétique nouvelle des angiospermes des régions tempérées et tropicales. 3ème édition. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, Français, 413 p.

**STAATS, M., P. VAN BAARLEN, and J. A. L. VAN KAN. 2005.** Molecular phylogeny of the plant pathogenic genus *Botrytis* and the evolution of host specificity. *Molecular Biology and Evolution* 22 (2): 333-346.

**STEPHANOPOULOS G., 1999:** Metabolic fluxes and metabolic engineering. *Metabolic Studies. Analysis and Synthesis* (Poljakoff-Mayber, A. and Gale, J., eds), Vol. 15: 147-167. Springer, Berlin.

**SULISTYOWATI L. and KEANE P.J., 1992.** Effect of soil salinity and water content on stem rot caused by *Phytophthora citrophthora* and accumulation of phytoalexin in citrus rootstocks. *Phytopathology* 82: 771-777.

---

## Références bibliographiques

---

**SVENSSON.,2001**-Functional studies of the role of plant dehydrins in tolerance to salinity dessication .Epsilon dissertation and graduate theses archive dep of plant. Biology acta. Universities Agricultural Sueciae Agraria.V 259.

**SYEED. K., 2004**-Activities of carbonic anhydrase, catalase and acc oxidase of mung bean (*vigna radiata*) are differentially affected by salinity stress. Journal : Food, Agriculture Et Environnement (JFAE).V 2, issue 2, ISSN : 1459-0263.

**SYNGENTA, 2009**, World tomato export have increased by 30 per cent over the last 5years.

**SZABOLCS I., 1994**: Soils and salinization. In: Pessaraki, M. (Ed.), Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker, New York: 3-11.

**TAKIJIMA (Y.) et MURAKAMI (Y.), 1953**. The biochemistry of *bakanae fungus*. Part 28. The physiological action, of gibberellin, IV, J. agric. Chem. Soc. Japan.

**TERRY.L et WALDROM .A; 1984**, Salinity, phoyotosynthesis, and leaf grout .J .AME.Soc.Sug.Tech , 595P. University of Pretoria. Chapter 1, p 5-20, chapter 6, P1.

**TERRY.L et WALDROM .A; 1984**, Salinity, phoyotosynthesis, and leaf grout .J .AME. Soc. Sug. Tech , 595P.

**THIERY. L., LEPRINCE.A.S.,LEFEBRE.D.,GHARS.M.A.,DEBABARIEUX.E., SAVOURE.A., 2004**-Phospholipase D is a negative regulator of proline biosynthesis in *Arabidopsis thaliana*.J.Bio.Chem.279(15):14812-8.

**THOMAS, C.S., AND MAROIS, J.J. 1986**. Effect of windand relative humidity on sporulation and external mycelium formation of *Botrytis* on grape. *Phytopathology* 76: 1114.

**THOMASHOW L.S & WELLER D.M, (1996)**. Current concepts in the use of introduced bacteria for biological control: mechanisms and antifungal metabolites. In Stacey G & Keen NT (Eds), *Plant-microbe interactions*: Chapman & Hall, London, Royaume-Uni, pp 187-235.

**UDOMCHALOTHORN, T., S. MANEEPRASOBSUK, E. BANGYEEKHUN, P. BOON-LONG et S. CHADCHAWAN. 2009**. The role of the bifunctional enzyme, fructose-6-phosphate-2-kinase/fructose-2, 6-bisphosphatase, in carbon partitioning during salt stress and salt tolerance in Rice (*Oryza sativa*L.). *Plant Sci.* 176: 334-341.

---

## Références bibliographiques

---

**VAUGHN, C.P., ZOBELL, S.D., FURTADO, L.V., BAKER, C.L., and SAMOWITZ, W.S., (2011).** Frequency of KRAS, BRAF, and NRAS mutations in colorectal cancer. *GENE CHROMOSOME CANC.* 50, 307-312.

**VERBUGGEN. N., VILLARROEL. R., VANMONTAGN., 1993.** Osmoregulation of a pyrroline-5-carboxylate reductase gene in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Physiology* .103(3):771-781.

**VIEGAS. R. A., SILVEIRA JOAQUIM .A.G., SILVA. M ., 2004.** Assimilatory reduction in cashew plants grown in salinized medium .*Revue: Bras. Eng. Agric. Ambient.* V 8,n° 2-3, p 189-195.

**VOETBERG G.S. and SHARP R.E., 1991.** Growth of the maize primary root at low water potentials. III. Role of increased proline deposition in osmotic adjustment. *Plant physiol.*, 96: 1125-1130.

**WACQUANT C., 2000.** La construction des serres et abris. Edit. Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes. Ctifl. Rue bergère, Paris, 208 p.

**WANG Y., NIL N. (2000):** Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase–oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 75, 623–627.

**WEST, J.S., PEARSON, S., HADLEY, P., WHELDON, A.E., DAVIS, F.J., GILBERT, A., and HENBEST, R.G.C. 2000.** Spectral filters for the control of *Botrytis cinerea*. *Annals of Applied Biology* 136: 115-120.

**WETTEN R.W., MAC KAY J.J. and SEDEROFF R.R., 1998.** Recent advances understanding lignin biosynthesis. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Boil.* 49:585-609 (abstract).

**WILCOX, W.F. 1993.** Control of gray mold of strawberry through cultural manipulations of fruiting-zone microclimate. Reports pertinent to the IPM effort at Cornell University, New York State IPM Publication #208: 83-85.

**WILLIAMSON B., TUDZYNSKI B., TUDZYNSKI P. ET VAN KAN JAL. ( 2007).** *Botrytis cinerea* : the cause of grey mould disease. *Molecular Plant Pathology.* 8: 561–580.

---

## Références bibliographiques

---

**WILLIAMSON, B., TUDZYNSKI, B., TUDZYNSKI, P., and VAN KAN, J.A.L., (2007).** *Botrytis cinerea*: the cause of grey mould disease. *Mol. Plant Pathol.* 8, 561–580.

**WILLIAMSON, B., DUNCAN, G.H., HARRISON, J.G., HARDING, L.A., ELAD, Y., and ZIMAND, G. 1995.** Effect of humidity on infection of rose petals by dry-inoculated conidia of *Botrytis cinerea*. *Mycological Research* 99: 1303-1310.

**WINGLER. A., 2002.** The function of trehalose biosynthesis in plants; *photochemistry* 60: 437-440.

**YEDIDA I, BENHAMOU N & CHET I (1999).** Induction of defense responses in cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) by the biocontrol agent *Trichoderma harzianum*. *Applied and Environmental Microbiology* 65 : 1061-1070.

**YEMM E.W. ET COOKING E.C., 1955:** The determination of amino acids with ninhydrin. *Analyst* 80: 209-213.

**YEO.A. R., 1998.** Molecular biology of salt tolerance in the context of whole. *Plant Physiology.J.Exp.Bot.*49:915-929.

**YIN, Y.N., KIM, Y.K., and XIAO, C.L., (2011).** Molecular characterization of boscalid resistance in field isolates of *Botrytis cinerea* from apple. *Phytopathology* 101, 986-995.

**YUNIS, H., ELAD, Y., and MAHRER, Y. 1990.** Effects of air temperature, relative humidity and canopy wetness on gray mold of cucumbers in unheated greenhouses. *Phytoparasitica* 18: 203-215.

**ZHANG Z., 2006.** *Flora Fungorum Sinicorum. Botrytis, Ramularia.* Science Press, Beijing, Vol. 26: 277 pages.

**ZHENG, C, D. JIANG, F. LIU, T. DAI, Q. JING et W. CAO. 2009.** Effects of salt and waterlogging stresses and their combination on leaf photosynthesis, chloroplast ATP synthesis and antioxidant capacity in wheat. *Plant Sci.* 176: 575–82.

**ZHU .J-K., JAGENDORF A., CHINNUSAMY V., 2005.** Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop Science Society Of America* .V 45, p 437-448.

**ZHU J.K., 2001.** Plant salt tolerance. *Trends in plant Sci.* 6: 66-71.

**ZHU, J. K. 2002.** Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annu. Rev. Plant*.

---

## Références bibliographiques

---

**ZID E., GRIGNON C., 1991.** Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes aux stress. Cas des stress salin et hydrique. L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides, AUPELF-UREF. Jon Libbey Eurotext, Paris: 91- 108.

**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,

74 p.

---

## *Annexe 01*

### **1. Tampon citrate à 160 mM (pH à 4,6)**

Le tampon citrate à 160 mM est préparé comme suite :

1. Préparer la solution 1 de phosphate disodium à 160 mM : dissoudre 22,71 g de phosphate disodium ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) dans l'eau distillée puis compléter le volume par l'eau distillée à 1000 ml.
2. Préparer la solution 2 de l'acide citrique à 160 mM : dissoudre 33,63 g de l'acide citrique ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7, \text{H}_2\text{O}$ ) dans l'eau distillée puis compléter le volume par l'eau distillée à 1000 ml.
3. Prendre un grand bécher (1000 ml) puis verser environ 500 ml de la solution de l'acide citrique (solution2).
4. Mettre le bécher sur un agitateur magnétique.
5. Ajouter goutte à goutte la solution de phosphate disodium (solution 1) jusqu'à l'obtention du pH désiré (pH=4,6) à l'aide d'un pH mètre.

### **2. Tampon phosphate 0.06M (pH 7)**

Le tampon phosphate à 0,06 M est préparé comme suite :

1. Préparer la solution 1 de phosphate disodium à 0,06 M : dissoudre 8,518 g de phosphate disodium ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) dans l'eau distillée puis compléter le volume par l'eau distillée à 1000 ml.
  2. Préparer la solution 2 de phosphate sodium monobasique à 0,06 M : dissoudre 9,36 g de phosphate sodium monobasique ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4, 2\text{H}_2\text{O}$ ) dans l'eau distillée puis compléter le volume par l'eau distillée à 1000 ml.
  3. Prendre un grand bécher (1000 ml) puis verser environ 500 ml de la solution de phosphate sodium monobasique (solution2).
  4. Mettre le bécher sur un agitateur magnétique.
  5. Ajouter goutte à goutte la solution de phosphate disodium (solution 1) jusqu'à l'obtention du pH désiré (pH=7) à l'aide d'un pH mètre.
-

### 3. Préparation du réactif de Bradford

Le réactif de Bradford est préparé comme suite :

1. Dissoudre 100 mg de Bleu de coomassie (coomassie brillant bleu G-250) dans 50 ml d'éthanol à 95%.
2. Ajouter 100 ml de la solution de l'acide phosphorique à 85% (p/v).
3. Agiter la solution obtenue pendant 2 heures.
4. Diluer la solution obtenue par l'eau distillée à un litre.

Il est nécessaire de conserver le réactif de Bradford à 4°C à l'abri de la lumière (ne se conserve pas plus de 21 jours).

**Tableau 01 : Composition de la solution nutritive de HOAGLAND (1938).**

Composants	Nomenclature	Poids en g/l
Nitrate de potassium	KNO <sub>3</sub>	191,90
Nitrate de calcium	(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> Ca 4H <sub>2</sub> O	129,80
Nitrate d'ammonium	NO <sub>3</sub> NH <sub>4</sub>	210
Sulfate de magnésium	SO <sub>4</sub> Mg 7H <sub>2</sub> O	61.5
Phosphate monopotassique	PO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> K	54.40
Di-potassium hydrogénophosphate	PO <sub>4</sub> K <sub>2</sub> H <sub>3</sub> H <sub>2</sub> O	34.23
Chlorure de manganèse	Cl <sub>2</sub> Mn 4H <sub>2</sub> O	1.80
Sulfate de cuivre	Cu SO <sub>4</sub> 5H <sub>2</sub> O	0.176
Sulfate de zinc	Zn SO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O	0.219
Acide borique	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	2.861
Molybdate d'ammonium	Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> (NH <sub>4</sub> ) 7H <sub>2</sub> O	0.285
Complexe ferrique	EDTA ferrique (C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> FeN <sub>2</sub> NaO <sub>8</sub> )	0.050

### 4. Composition de milieu PDA

- 200 g de pomme de terre, 20 g de glucose, 15 g d'Agar-agar, 1000 ml d'eau distillée.

**5. Méthode de calcul de la capacité de rétention**

Dans un Goblet perforé à sa base (P0), on met 100 g de tourbe servant à notre expérimentation (P1), puis on verse l'eau distillée dans ce Goblet jusqu'à saturation. Ce pot est ensuite couvert avec un papier aluminium pour éviter l'évaporation de l'eau et mis sur la paillasse pendant 48 heures. Après cette durée de temps, le pot est repesé (P2).

- **Calcul de la capacité de rétention CR pour 100 g de tourbe**

$$P0 = 4,075 \text{ g}$$

$$P1 = 100 \text{ g}$$

$$P2 = 134,075 \text{ g}$$

$$CR = (P2 - P1) - P0 = (134,075 - 100) - 4,075 = 30 \text{ g.}$$

La capacité de rétention pour 100 g de sable est égale 30 ml.

- **Calcul de la capacité de rétention CR pour la tourbe/ pot (2200 g)**

$$30 \text{ ml} \rightarrow 100 \text{ g}$$

$$CR \text{ ml} \rightarrow 2200 \text{ g}$$

$$CR = (2200 \times 30) / 100 = 666 \text{ ml.}$$

- **Calcul de la capacité de rétention à 30 % et 60 %**

- **Pour 30%**

$$666 \text{ ml} \rightarrow 100 \%$$

$$CR_{30\%} \text{ ml} \rightarrow 30 \%$$

$$CR_{30\%} = (666 \times 30) / 100 = 199,8 \text{ ml.}$$

---

➤ **Pour 60%**

666 ml →100%

CR90 % ml →60%

CR60 % =  $(666 \times 60) / 100 = 399,6$  ml

La capacité de rétention à 30 % et 60 % est égale 199,8 et 399,6 ml respectivement pour 2200 g de tourbe.

---

## Annexe 2: Photothèques



Photo 01 : Vu externe de la serre 02.



Photo 2 et 3 : Plantes de la variété AXIOM F1 âgées un mois.



Photo 4 et 5 : Plantes de la variété de AXIOM F1 âgées 38 jours



Photo 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 et 13 : Plantes de la variété de AXIOM F1 âgées 86 jours.



Photo14 : Plantes stressées au 50 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl.



Photo15 : Plantes stressées au 100 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl.



Photo16 : Plantes stressées au 150 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl.



Photo17 : Plantes stressées au 300 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl.



Photo18 : Plantes témoins saines.



Photo19 : Plantes infectées par *Botrytis cinerea*.



Photo 20 : Plantes saines stressées au 50, 100, 150 et 300 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl.



**Photo21:** Plantes infectées et stressées au 50 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl.



**Photo22:** Plantes infectées et stressées au 100 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl.



**Photo22:** Plantes infectées et stressées au 150 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl.



**Photo23:** Plantes infectées et stressées au 300 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl.



**Photo 24:** Plantes infectées stressées au 50, 100, 150 et 300 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl.



**Photo 25 :** Plantes infectées après 15 jours d'application de stress.



**Photo 26 :** Plantes infectées et stressées au NaCl après 15 jours d'application de stress.



**Photo 27, 28 et 29 :** Chlorose des feuilles des plantes infectées et stressées au 300 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl.



**Photo 30 :** Chancre beige d'aspect sec sur tige de plante infectée et stressée au 300 meq.l<sup>-1</sup> en NaCl.



**Photo 31 :** Plantes saines âgées 103 jours.



**Photo 32:** Plantes saines et stressées au NaCl après 15 jours.



**Photo 33 :** Chlorose des feuilles des plantes saines et stressées au 300 meq.l<sup>-1</sup> en NaCl.



**Photo 34 :** Vu général de la serre 01.



**Photo 35 :** Vu général de la serre 02.



**Photo 36:** Vu externe de la serre 01.

- **Extraction de sucres solubles totaux et acides aminés libres totaux**



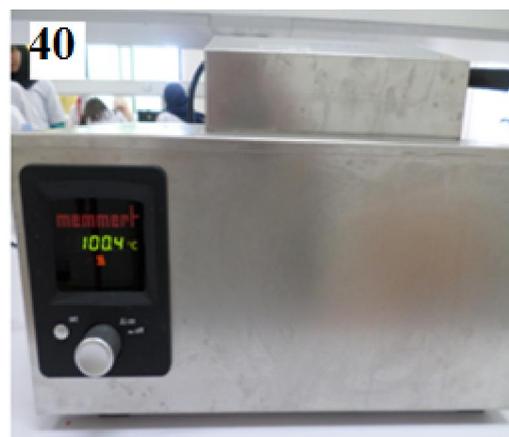
**Photo 37** : Pesage d'1 g de matière fraîche.



**Photo 38** : Addition de 7 ml d'eau distillée à 1 g de matière fraîche.



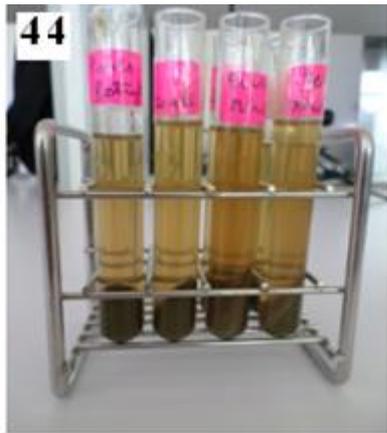
**Photo 39 et 40** : Placement des tubes dans un bain-marie bouillant (100°C) pendant 1 h.



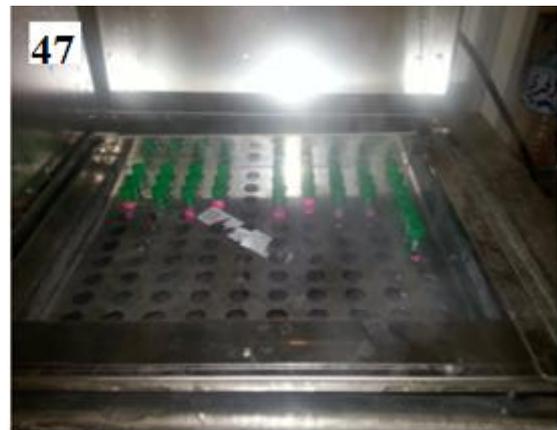
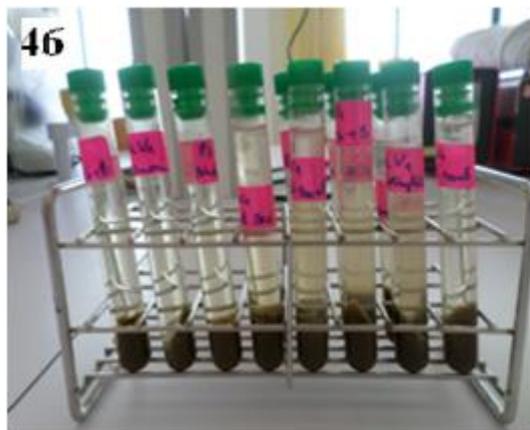
**Photo 41** : Refroidissement à 4°C.



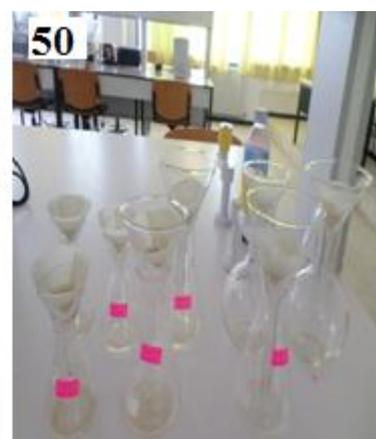
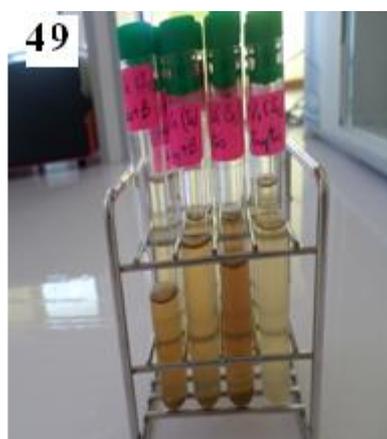
**Photo 42** : Broyage de mélange au mortier.



**Photo 43 et 44 :** centrifugation à 5000 g pendant 10 min, à 4°C. **Photo 45 :** Récupération de surnageant 01.



**Photo 46 :** Addition de 7ml d'eau distillée au culot. **Photo 47 :** Placement des tubes dans un bain- marie bouillant (100°C) pendant 1 h.



**Photo 48 :** Centrifugation à 5000 g pendant 10 min, à 4°C. **Photo 49 :** Récupération de surnageant 2. **Photo 50 :** Filtration de surnageant 1 et 2.

- Dosage des sucres solubles totaux



Photo 51 : Prélèvement de 500 µl de l'extrait.



Photo 52 : Addition de 5 ml de réactif à l'anthrone.



Photo 53 : Agitation au vortex .



Photo 54: Changement de couleur en vert.



Photo 55 et 56: Placement des tubes dans le bain marie à 100°C pendant 10 min.



Photo 57 : Refroidissement à 4°C.



Photo 58 : Mesure de l'absorbance à 625.

- Dosage des acides aminés libres totaux



Photo 59 : Mélange de l'extrait et de tampon citrate.



Photo 60 : Agitation au vortex.



Photo 61 : Addition de mélange réactionnel  
ninhydrine-acide ascorbique.



Photo 62 : Agitation au vortex.



Photo 63 et 64: Placement des tubes dans le bain marie à 100°C pendant 20 min.



Photo 65 : Changement de couleur en pourpre.



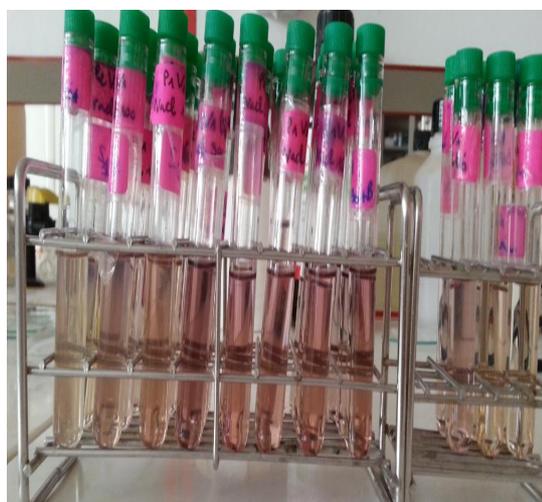
Photo 66 : Refroidissement à 4°C.



**Photo 67 :** Addition de 3 ml d'éthanol à 70 %.



**Photo 68 :** Agitation au vortex.



**Photo 69 :** Changement de la couleur en pourpre.



**Photo 70 :** Mesure de l'absorbance par spectrophotomètre Thermo Scientifica à 570 nm.

- Extraction des protéines totales



Photo 71 : Pesage d'1 g de matière fraîche.



Photo 72 : Extraction à froid dans un mortier.



Photo 73 : Broyat de l'extraction.



Photo 74 : centrifugé à 5000 g pendant 15 min.



Photo 75 : Culot et surnageant après centrifugation.



Photo 76 : Récupération de surnageant.



**Photo 77 :** Echantillon à doser (1 ml).



**Photo 78 :** Addition de 2 ml réactif de Bradford.



**Photo 79 :** Mélange de surnageant et réactif de Bradford.



**Photo 80 :** Echantillon à doser et le blanc.



**Photo 81 :** Lecture de l'absorbance par le spectrophotomètre NV202 à 595 nm.

## Annexe 3

### Statistiques descriptives des paramètres biochimiques

#### 1. Chlorophylle (a)

Tableau 01 : Analyse de variance.

	VAR. Totale	VAR.F 1	VAR.F 2	VAR.INTER F1*F2	VAR.RESIDUELLE 1
<b>S.C.E</b>	2546,369	704,273	465,316	290,502	1086,279
<b>DDL</b>	29	4	1	4	20
<b>C.M.</b>	87,806	176,068	465,316	72,626	54,314
<b>TEST F</b>		3,242	8,567	1,337	
<b>PROBA</b>		0,03314	0,00813	0,29052	
<b>E.T.</b>					7,37
<b>C.V.</b>					28,43%

F1 : facteur1 "salinité", F2 : facteur 2 "Botrytis", F1\*F2 : interaction de deux facteurs.

Tableau 02 : Valeurs moyennes de chlorophylle (a).

	C0	C50	C100	C150	C300
<b>Absence de B</b>	25,60	36,60	32,81	33,39	20,95
<b>Présence de B</b>	29,43	24,28	24,47	19,52	12,27

C0 : témoin, C50 : 50 meq.l<sup>-1</sup> en NaCl, C100 : 100 meq.l<sup>-1</sup> en NaCl, C150 : 150 meq.l<sup>-1</sup> en NaCl, C300 : 300 meq.l<sup>-1</sup> en NaCl, B : *Botrytis*.

Tableau 03 : Les ECARTS-TYPES.

	C0	C50	C100	C150	C300
<b>Absence de B</b>	5,877	10,944	15,85	0,916	4,054
<b>Présence de B</b>	2,028	7,4	4,12	5,669	3,513

**2. Chlorophylle (b)**

**Tableau 04 : Analyse de variances.**

	<b>VAR. Totale</b>	<b>VAR.F 1</b>	<b>VAR.F 2</b>	<b>VAR.INTER F1*F2</b>	<b>VAR.RESIDUELLE 1</b>
<b>S.C.E</b>	276,759	72,741	52,483	42,85	108,685
<b>DDL</b>	29	4	1	4	20
<b>C.M.</b>	9,543	18,185	52,483	10,713	10,713
<b>TEST F</b>		3,346	9,658	1,971	
<b>PROBA</b>		0,02968	0,00548	0,13709	
<b>E.T.</b>					2,331
<b>C.V.</b>					26,10%

**F1** : facteur1 "salinité", **F2** : facteur 2 "Botrytis", **F1\*F2** : interaction de deux facteurs.

**Tableau 05 : Valeurs moyennes de chlorophylle (b).**

	<b>C0</b>	<b>C50</b>	<b>C100</b>	<b>C150</b>	<b>C300</b>
<b>Absence de B</b>	8,663	12,738	10,427	11,988	7,479
<b>Présence de B</b>	10,232	8,1	8,506	6,881	4,349

**C0** : témoin, **C50** : 50 meq.l<sup>-1</sup> en NaCl, **C100** : 100 meq.l<sup>-1</sup> en NaCl, **C150** : 150 meq.l<sup>-1</sup> en NaCl, **C300** : 300 meq.l<sup>-1</sup> en NaCl, **B** : *Botrytis*.

**Tableau 06 : Les ECARTS-TYPES.**

	<b>C0</b>	<b>C50</b>	<b>C100</b>	<b>C150</b>	<b>C300</b>
<b>Absence de B</b>	2,065	4,134	3,953	1,307	1,258
<b>Présence de B</b>	0,739	2,133	1,222	2,59	0,882

## 3. Chlorophylles totales (a+b)

Tableau 07 : Analyse de variances.

	VAR. Totale	VAR.F 1	VAR.F 2	VAR.INTER F1*F2	VAR.RESIDUELLE 1
<b>S.C.E</b>	4447,969	1225,425	830,344	552,459	1839,741
<b>DDL</b>	29	4	1	4	20
<b>C.M.</b>	153,378	306,356	830,344	138,115	91,987
<b>TEST F</b>		3,33	9,027	1,501	
<b>PROBA</b>		0,03018	0,00687	0,23897	
<b>E.T.</b>					9,591
<b>C.V.</b>					27,51%

F1 : facteur1 "salinité", F2 : facteur 2 "Botrytis", F1\*F2 : interaction de deux facteurs.

Tableau 08 : Valeurs moyennes de chlorophylles totales (a+b).

	C0	C50	C100	C150	C300
<b>Absence de B</b>	34,26	49,34	43,24	45,38	28,43
<b>Présence de B</b>	39,66	32,38	32,98	26,40	16,62

C0 : témoin, C50 : 50 meq.l<sup>-1</sup> en NaCl, C100 : 100 meq.l<sup>-1</sup> en NaCl, C150 : 150 meq.l<sup>-1</sup> en NaCl, C300 : 300 meq.l<sup>-1</sup> en NaCl, B : *Botrytis*.

Tableau 09 : Les ECARTS-TYPES.

	C0	C50	C100	C150	C300
<b>Absence de B</b>	7,922	15,07	19,8	0,533	5,299
<b>Présence de B</b>	2,513	9,357	5,326	8,253	4,385

**4. Pigments caroténoïdes (xanthophylles et carotènes)**

**Tableau 10 : Analyse de variances.**

	<b>VAR. Totale</b>	<b>VAR.F 1</b>	<b>VAR.F 2</b>	<b>VAR.INTER F1*F2</b>	<b>VAR.RESIDUELLE 1</b>
<b>S.C.E</b>	132,449	9,822	21,436	9,605	91,586
<b>DDL</b>	29	4	1	4	20
<b>C.M.</b>	4,567	2,455	21,436	2,401	4,579
<b>TEST F</b>		0,536	4,681	0,524	
<b>PROBA</b>		0,7131	0,04081	0,7213	
<b>E.T.</b>					2,14
<b>C.V.</b>					29,02%

**F1** : facteur1 "salinité", **F2** : facteur 2 "Botrytis", **F1\*F2** : interaction de deux facteurs.

**Tableau 11 : Valeurs moyennes de pigments caroténoïdes.**

	<b>C0</b>	<b>C50</b>	<b>C100</b>	<b>C150</b>	<b>C300</b>
<b>Absence de B</b>	6,593	8,86	8,65	8,502	8,49
<b>Présence de B</b>	6,753	7,696	6,748	6,122	5,322

**C0** : témoin, **C50** : 50 meq.l<sup>-1</sup> en NaCl, **C100** : 100 meq.l<sup>-1</sup> en NaCl, **C150** : 150 meq.l<sup>-1</sup> en NaCl, **C300** : 300 meq.l<sup>-1</sup> en NaCl, **B** : *Botrytis*.

**Tableau 12 : Les ECARTS-TYPES.**

	<b>C0</b>	<b>C50</b>	<b>C100</b>	<b>C150</b>	<b>C300</b>
<b>Absence de B</b>	1,755	2,799	3,764	0,734	0,899
<b>Présence de B</b>	0,878	2,834	0,608	3,159	0,465

## 5. Sucres solubles totaux

Tableau 13 : Analyse de variances.

	VAR. Totale	VAR.F 1	VAR.F 2	VAR.INTER F1*F2	VAR.RESIDUELLE 1
<b>S.C.E</b>	0,164	0,003	0,005	0,013	0,144
<b>DDL</b>	29	4	1	4	20
<b>C.M.</b>	0,006	0,001	0,005	0,003	0,007
<b>TEST F</b>		0,096	0,628	0,44	
<b>PROBA</b>		0,97956	0,4427	0,77998	
<b>E.T.</b>					0,085
<b>C.V.</b>					7,43%

F1 : facteur1 "salinité", F2 : facteur 2 "Botrytis", F1\*F2 : interaction de deux facteurs.

Tableau 14 : Valeurs moyennes de sucres solubles totaux.

	C0	C50	C100	C150	C300
<b>Absence de B</b>	1,175	1,175	1,137	1,151	1,126
<b>Présence de B</b>	1,105	1,108	1,11	1,154	1,163

C0 : témoin, C50 : 50 meq.l<sup>-1</sup> en NaCl, C100 : 100 meq.l<sup>-1</sup> en NaCl, C150 : 150 meq.l<sup>-1</sup> en NaCl, C300 : 300 meq.l<sup>-1</sup> en NaCl, B : *Botrytis*.

Tableau 15 : Les ECARTS-TYPES.

	C0	C50	C100	C150	C300
<b>Absence de B</b>	0,12	0,043	0,098	0,088	0,052
<b>Présence de B</b>	0,089	0,073	0,083	0,062	0,107

**6. Protéines totales**

**Tableau 16 : Analyse de variances.**

	VAR. Totale	VAR.F 1	VAR.F 2	VAR.INTER F1*F2	VAR.RESIDUELLE 1
S.C.E	0,004	0,001	0	0	0,002
DDL	29	4	1	4	20
C.M.	0	0	0	0	0
TEST F		2,12	0,128	0,494	
PROBA		0,1153	0,72356	0,74221	
E.T.					0,011
C.V.					1,77%

**F1** : facteur1 "salinité", **F2** : facteur 2 "Botrytis", **F1\*F2** : interaction de deux facteurs.

**Tableau 17 : Valeurs moyennes de protéines totales.**

	C0	C50	C100	C150	C300
Absence de B	0,612	0,607	0,595	0,597	0,615
Présence de B	0,609	0,61	0,606	0,599	0,61

**C0** : témoin, **C50** : 50 meq.l<sup>-1</sup> en NaCl, **C100** : 100 meq.l<sup>-1</sup> en NaCl, **C150** : 150 meq.l<sup>-1</sup> en NaCl, **C300** : 300 meq.l<sup>-1</sup> en NaCl, **B** : *Botrytis*.

**Tableau 18 : Les ECARTS-TYPES.**

	C0	C50	C100	C150	C300
Absence de B	0,011	0,012	0,004	0,009	0,003
Présence de B	0,014	0,016	0,011	0,006	0,013

**7. Acides aminés totaux libres**

**Tableau 19 : Analyse de variances.**

	VAR. Totale	VAR.F 1	VAR.F 2	VAR.INTER F1*F2	VAR.RESIDUELLE 1
S.C.E	0,121	0,012	0,016	0,015	0,078
DDL	29	4	1	4	20
C.M.	0,004	0,003	0,016	0,004	0,004
TEST F		0,798	4,157	0,962	
PROBA		0,54265	0,05245	0,45111	
E.T.					0,062
C.V.					21,49%

**F1** : facteur1 "salinité", **F2** : facteur 2 "Botrytis", **F1\*F2** : interaction de deux facteurs.

**Tableau 20 : Valeurs moyennes des acides aminés totaux libres.**

	C0	C50	C100	C150	C300
Absence de B	0,301	0,383	0,292	0,279	0,311
Présence de B	0,255	0,259	0,237	0,285	0,298

**C0** : témoin, **C50** : 50 meq.l<sup>-1</sup> en NaCl, **C100** : 100 meq.l<sup>-1</sup> en NaCl, **C150** : 150 meq.l<sup>-1</sup> en NaCl, **C300** : 300 meq.l<sup>-1</sup> en NaCl, **B** : *Botrytis*.

**Tableau 21 : Les ECARTS-TYPES.**

	C0	C50	C100	C150	C300
Absence de B	0,029	0,157	0,018	0,072	0,051
Présence de B	0,049	0,029	0,041	0,008	0,012

# Résumé

La salinité des sols constitue un problème majeur dans les zones où les cultures irriguées sont pratiquées. Elle est souvent associée à l'augmentation de la sévérité des maladies causées par les champignons phytopathogènes. Pour évaluer cette interaction notre étude est réalisée sur les propriétés biochimique de la variété AXIOM F1 de la tomate soumise à un stress combiné de la salinité et l'infection par *Botrytis cinerea*.

Les résultats montrent qu'en présence d'infection, le stress salin semble induire une baisse de la teneur en pigments chlorophylliens (chlorophylle a, chlorophylle b, chlorophylle totale et pigments caroténoïdes) à l'exception de la teneur en pigments caroténoïdes, le stress ne semble induire qu'une baisse uniquement chez les plantes infectées et cultivées sous stress salins à 150 et 300 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl.

En présence d'infection, le stress salin semble diminuer l'effet néfaste de l'agent pathogène sur ces sucres solubles totaux. Les diminutions de teneurs les plus importantes ont été notées en présence de 150 et 300 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl. Cependant, sur les protéines totales l'effet néfaste de l'agent pathogène est accentué sous stress salin à 100 et 150 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl et diminué chez les plantes infectées et développées sous des concentrations à 50 et 300 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl. Ainsi, la capacité de la de tomate à s'adapter à un stress salin à 300 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl est perdue. Par rapport des plantes saines cultivées en absence de sel, l'effet néfaste de l'agent pathogène sur les acides aminés libres totaux est accentué sous stress salin à 100 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl et diminué chez les plantes infectées et développées sous des concentrations à 50, 150 et 300 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl. Ainsi, la capacité de la de tomate à s'adapter à un stress salin à 50 et 300 meq. l<sup>-1</sup> en NaCl est perdue.

**Mots clés :** Tomate, Mécanismes d'adaptation, Pourriture grise, Salinité, comportement biochimique, *Botrytis cinerea*.