

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة 8 ماي 1945 قالمة
Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Science de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences agronomiques
Spécialité/Option: Phytopathologie et phytopharmacie
Département: Ecologie et Génie de l'Environnement

Thème : Variabilité pathogénique de *Botrytis cinerea* en
condition saline

Présenté par:
Bousselba Aldja
Hezili Safia

Devant le jury composé de :

Président: Laouar.H	MAA	Université de Guelma
Examineur : Boudalia.S	MAA	Université de Guelma
Encadreur: Boumaaza.B	MAA	Université de Guelma

Juin 2016

REMERCIEMENTS

Avant tout, nous tenons à remercier DIEU tout puissant, De nous avoir accordé la force, le courage, la Volonté et la patience pour achever ce modeste travail de fin d'études de master.

*Nous remercions vivement notre encadreur : **Mr Boumaaza Boualem** pour son Aide, sa compréhension et ses Conseils et ses corrections sérieuses pour ce travail.*

*Nos sincères remerciements vont également aux Enseignants de spécialité Phytopathologie et Phytopharmacie: Mr **BENAADA M**, Mr **KHALADI O**. Mdm **Aliouin**, Mdm **LAOUAR**... Et tous les Enseignants à la Faculté des sciences de la Nature et La Vie, Université **8mai 1945 GUELMA**.*

*Nos remerciements les plus sincères aussi à **Hakima** technicienne de laboratoire et à mdm Houria responsable des laboratoires de la faculté.*

*Nous remercions aussi à Mr **Zitouni Salim** pour son aide et conseil*

Nous remercions également toutes les Personnes qui Nous ont aidées, de près ou de Loin pour la réalisation de ce travail en Particulier.

*Nous remercions tous la promotion de biologie et en précise les **étudiants de phytopathologie et phytopharmacie**.*

*Nous tenons à remercier aussi les Membres du jury **Mr Benaada et Mdm Laouar** Pour l'honneur qu'ils nous ont fait en Acceptant de juger notre travail.*

Dédicaces

A Dieu, source de toute connaissance ;

A mon père qui était pour moi un symbole de courage et de fierté merci
pour ton soutien ;

A la plus belle perle dans le mondema chère mère.que Dieu te garde et te
protège ;

A mes frères, mes sœurs ;

A toute Ma famille : **HEZILI, GRABSI** ;

A mon Encadreur Mr Boumaaza Boualem ;

A mes enseignants ;

A tous mes amis ;

A toute la promotion Phytopharmacie et Phytopathologie;

A toute personne m'ayant aidé à franchir un horizon dans Ma vie.

HEZILI Safia

Dédicaces

*C'est très agréable de sentir que j'ai bien et pu faire un travail modeste
mais le plus agréable c'est de le dédier à :*

*A ceux qui n'ont jamais cessé de m'aimer et me soutenir dans la vie avec
sagesse et affection*

*A ceux qui ont partagé mes joies et mes stress durant la réalisation de ce
mémoire.*

A ma chère mère que dieu la Protège.

*A mon mari, mes enfants, **Abdeerrahmene, chahed, haïder** que dieu les
Protèges.*

A mon frère et mes sœurs, A toute ma famille, mes amies.

TABLE DES MATIERES

Résumé

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Chapitre I2

Plante Hôte : la tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller).....2

I.1. Introduction.....2

I.2. Historique de la tomate.....2

I.3. Classification botanique de la tomate.....2

I.4. Diversité génétique.....3

I.5. Classification culturelle.....3

I.5.1-Croissance indéterminée.....4

I.5.2-Croissance déterminée.....4

I.6. Description botanique du plant de la tomate.....4

I.7. Cycle biologique de la tomate.....5

I.8. Culture.....6

I.8.1- Cultures de plein champ tuteurées.....6

I.8.2- Cultures de plein champ sur grilles.....6

I.8.3- Cultures de plein champ d'industrie.....7

I.8.4- Cultures sous abris.....7

I.9. Production nationale et mondiale de la tomate.....7

I.9.1- Production mondiale.....7

I.9.2- Production nationale.....8

I.10. Contraintes de la production de tomate.....8

I.10.1-Principales maladies de la tomate.....9

I.10.1.1-Maladies cryptogamiques.....9

I.10.1.2-Maladies bactériennes.....10

I.10.1.3-Maladies virales.....11

Chapitre II :.....25

Stress salin.....25

II.1. Introduction.....12

II.2. Le stress salin.....12

II.3. La répartition de la salinité dans le monde et en Algérie.....12

II.4. Origines et causes de la salinité des sols.....13

II.4.1- Origine primaire.....13

II.4.2- Origine secondaire.....14

II.5. Effet de la salinité sur les plantes.....14

II.5.1- Effet de la salinité sur la croissance et le développement.....14

II.5.2- Effet de la salinité sur la germination et la levée.....14

II.5.3-L'effet de la salinité sur les pigments photosynthétiques.....15

II.5.4-L'effet de la salinité sur le taux des ions.....15

II.5.5-L'effet de la salinité sur l'anatomie de la feuille.....15

II.6. Stratégies d'adaptation et mécanismes de tolérance au stress salin.....15

II.6.1-Homéostasie ionique.....	15
II.6.1.1-La compartimentation vacuolaire.....	15
II.6.1.2-Exclusion et inclusion des ions toxiques.....	16
II.6.1.3-Ajustement ionique.....	17
II.6.2-Stratégie osmotique.....	17
II.6.2.1-La proline.....	17
II.6.2.2-Les sucres.....	17
II.6.3-Les anti-oxydants et protéines de détoxification.....	18
II.6.4-Induction des hormones.....	18
Chapitre III :.....	21
<i>Botrytis cinerea</i>, agent causal de la pourriture grise.....	21
III.1. Généralités sur le <i>B. cinerea</i>	19
III.2. Description de l'agent pathogène.....	19
III.4. Cycle infectieux de <i>B. cinerea</i>	22
III.5.Symptôme et dégâts.....	23
III.6. Gamme d'hôte de <i>B. cinerea</i> et cycle épidémiologique.....	24
III.7. Les facteurs de développement.....	24
III.7.1- La température.....	24
III.7.2- L'humidité.....	24
III.7.3- La lumière.....	25
III.7.4- Exigences nutritives.....	25
III.8. La lutte contre <i>Botrytis cinerea</i>	25
III. 8.1- Lutte culturaux.....	25
III. 8.2- Lutte chimique.....	26
III. 8.3- Lutte biologique.....	26
Partie expérimental.....	29
I- Matériels.....	28
1.Le site expérimental.....	28
2-Le matériel végétal.....	28
Le matériel végétal utilisé concerne une variété 532 F1 de l'espèce <i>Lycopersicon esculentum</i>	28
3. Matériel fongique.....	29
II- Méthodes.....	29
1.Préparation de l'inoculum.....	29
2. Inoculation.....	29
3. Notation des symptômes.....	29
3.1. Indice de sévérité.....	30
Chapitre II :.....	31
Résultats et discussion.....	31
I- Résultats.....	31
I.1. Indice de sévérité.....	31
I.1.1. Effet de <i>Botrytis cinerea</i>	31
I.1.2. Effet de la salinité.....	31
I.1.3. Effet combiné de la salinité et <i>Botrytis cinerea</i>	32
I.2. La taille.....	33
I.2.1. Effet de <i>Botrytis cinerea</i> sur la taille de la plante.....	33
I.2.2. Effet de la salinité sur la taille de la plante.....	34
I.2.3. Effet combiné de la salinité et <i>Botrytis cinerea</i> sur la taille de la plante.....	34
I.3. La biomasse fraîche.....	35
I.3.1. Effet de la salinité sur la biomasse fraîche de la plante.....	35
I.3.2. Effet de <i>Botrytis cinerea</i> sur la biomasse fraîche de la plante.....	36

I.3.3. Effet combiné de la salinité et <i>Botrytis cinerea</i> sur la biomasse fraîche de la tomate.....	36
I.4. Biomasse sèche.....	37
1.4.1. Effet de <i>Botrytis cinerea</i> sur la biomasse sèche de la plante.....	37
1.4.2-Effet de la salinité sur la biomasse sèche de la plante.....	37
1.4.3- Effet combiné de la salinité et <i>Botrytis cinerea</i> sur la biomasse sèche.....	38
I.5. La teneur en eau.....	39
1.5.1. Effet de <i>Botrytis cinerea</i> sur la teneur en eau de la plante.....	39
1.5.2. Effet de la salinité sur la teneur en eau de la plante.....	39
1.5.3. Effet combiné de la salinité et <i>Botrytis cinerea</i> sur la teneur en eau de la plante.....	40
Discussion.....	41
Conclusion générale.....	44

Références bibliographiques

ANNEXE

Résumé

L'objectif du présent travail est l'étude la tolérance de la tomate au stress salin, à l'infection par *Botrytis cinerea* et à leurs actions combinées. Dans ce cas, l'interaction salinité-*Botrytis* est abordée pour la pourriture grise de la tomate. L'étude *in vivo* d'un isolat de *B. cinerea* montre que l'évolution de l'agent pathogène sur les feuilles de la tomate en fonction du temps a montré que la maladie de pourriture grise persiste encore sur les feuilles 23 jours après l'inoculation. L'influence de la salinité dans l'eau d'irrigation s'est manifestée par une augmentation de la sévérité de la maladie. En outre, la tomate répond au stress salin ou à l'infection de *Botrytis cinerea* par un déficit de sa croissance en taille et en poids sec et frais

Mots clés : *Botrytis cinerea*, salinité, tomate, indice de sévérité, pouvoir pathogène

Abstract

The objective of this work is to study the tolerance of tomato salt stress, infection by *Botrytis cinerea* and their combined actions. In this case, the salinity-Botrytis interaction is addressed to gray mold of tomato. The *in vivo* study of an isolate of *B. cinerea* shows that the evolution of the pathogen on the leaves of the tomato over time showed that gray mold disease still persists on leaves 23 days after the inoculation. The influence of salinity in irrigation water is manifested by an increase in the severity of the disease. In addition, tomato responds to salt stress or infection of *Botrytis cinerea* by a deficiency of growth in size, fresh and dry weight.

Keywords: *Botrytis cinerea*, salinity, tomato, severity index, pathogenicity.

ملخص

الهدف من هذا العمل هو دراسة تحمل الطماطم للإجهاد الملحي ، والعدوى عن طريق السنجابية المعنقدة وأعمالهم جنباً إلى جنب. في هذه الحالة، يتم تناول التفاعل الملوحة المعنقدة على العفن الرمادي للطماطم. وتبين الدراسة المجراة لعزل من هذا الفطر أن تطور المرض على أوراق الطماطم مع مرور الوقت أظهر أن العفن الرمادي على الأوراق ظهر 23 يوم بعد الإصابة. ويتجلى تأثير ملوحة الري في زيادة شدة المرض. وبالإضافة إلى ذلك تستجيب الطماطم إلى الإجهاد الملحي أو الإصابة السنجابية المعنقدة بنقص النمو في الحجم والوزن الجاف والطازج

كلمات البحث: عفن رمادي، الملوحة، الطماطم، مؤشر الخطورة، القدرة الإراضية

Liste des figure

Fig. 1- Histoire hypothétique de la domestication de la tomate. Les fonds de carte proviennent du DEMIS -WorldMapp Server (In Nicolas, 2010).....	3
Fig.2 - Figure 1-8. Coupe longitudinale d'une fleur de tomate.....	5
Fig.3 - Différentes formes de tomates utilisées pour décrire une variété (descripteur IPGRI) (In Nicolas, 2010).....	5
Fig.4 - Productions des 13 premiers pays producteurs de tomate en Million de tonnes (FAO, 2010).	8
Fig.5- Superficiés et production de tomate de 1999 à 2009 en Algérie(FAOSTAT, 2010).....	9
Fig.6-Les maladies cryptogamiques de la tomate.A:Brûlures alternariennes sur fruits de tomates ;B:Alternariose sur feuille de tomate;C: Mildiou sur feuilles:Mildiou sur fruits; E :Fusariose des racines et du collet ;F:Oïdium sur feuille de tomate. G: Anthracnose sur fruits;H:Symptômes du Botrytis sur le fruit de tomate.....	10
Fig.7 - Schématisation du bilan de la circulation du sodium dans les plantes inclure ou exclure (Levigneron et <i>al.</i> , 1995).....	16
Fig.8 - Homéostasie cellulaire établie après l'adaptation au sel (NaCl). Présentation des osmolytes et des ions compartimentés dans la vacuole, des canaux aqueux, et des potentiels électrochimiques à travers la membrane plasmique et le tonoplaste. Chloroplaste (cp), mitochondrie (mt) et peroxisome (perox), organites dans lesquels impliqué (Hasegawa et <i>al.</i> , 2000).	17
Fig.9 -Conidies observés en utilisant un microscope électronique à balayage (A). Conidiophores observés en utilisant un microscope électronique (B). Apothécie produisant des ascospores sur une 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).....	21
Fig.10 - Cycle de développement (production asexuée) de <i>Botrytis cinerea</i> sur différentes cultures (d'après Agrios, 2005).....	21
Fig.11 -Symptomatologie et morphologie de <i>Botrytis cinerea</i> . 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. <i>B. cinerea</i> 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 <i>Pelargonium</i> , après contact d'une fleur infectée. J.	23
Fig.12-vue générale de la serre de la pépinière (Univ de 8 mai 1945 Guelma).....	28
Fig.13 : L'indice de la sévérité sur la tomate inoculée par <i>Botrytis cinerea</i>	31
Fig.14 : effet de la salinité (Indice de sévérité) sur la tomate.....	32

Fig.15- Indice de sévérité sur la tomate soumise à l'effet combiné de la salinité et <i>Botrytis cinerea</i>	33
Fig.16 : Effet de <i>Botrytis cinerea</i> sur la taille de la plante.....	33
Fig.17 : Effet de la salinité sur la taille de la plante.....	34
Fig.18 : Effet combiné de la salinité et <i>Botrytis cinerea</i> sur la taille de la plante.....	35
Fig.19 : Effet de la salinité sur la biomasse fraîche des plantes de tomate.....	35
Fig.20 : Effet de <i>Botrytis cinerea</i> sur la biomasse fraîche des plantes de tomate.....	36
Fig. 21 : Effet combiné de la salinité et <i>B. cinerea</i> sur la biomasse fraîche de la tomate.....	36
Fig.22 : Effet de <i>Botrytis cinerea</i> sur la biomasse sèche de la plante.....	37
Fig.23- Effet de la salinité sur la biomasse sèche de la plante.....	38
Fig. 24 : Effet combiné de la salinité et <i>Botrytis cinerea</i> sur la biomasse sèche.....	38
Fig.25 : Effet de <i>Botrytis cinerea</i> sur la teneur en eau de la plante.....	39
Fig.26 : Effet de la salinité sur la teneur en eau de la plante.....	39
Fig.27 : Effet combiné de la salinité et <i>Botrytis cinerea</i> sur la teneur en eau de la plante.....	40

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les maladies cryptogamiques de la tomate (Snoussi, 2010).....	9
Tableau 2 - Les maladies bactériennes de la tomate (Snoussi, 2010).....	10
Tableau 3 - Les maladies virales de la tomate (Idrenmouche, 2011).....	11
Tableau 4: Superficie affectée par la salinité dans le monde(Lasram, 1995).....	13
Tableau 5 - Exemple de produits de lutte biologique commercialisés dans le monde pour la lutte contre Botrytis cinerea (d'après Elad and Stewart, 2004 ; Fravel, 2005).....	27
Tableau 6 : Composition de la solution saline.....	29

Liste des abréviations

- ❖ % : pourcentage
- ❖ °C : degré celsius
- ❖ μm : micromètre
- ❖ ABA : abscisic acid
- ❖ ATPases : adénosine triphosphatases
- ❖ Ca^{+2} : calcium
- ❖ Cl: chlore
- ❖ Cm : centimètre
- ❖ CO_3^{-2} :carbonate
- ❖ CPVQ : conseil des productions végétales du Québec
- ❖ CR : capacité de rétention
- ❖ dS/m : decisiemens par metre
- ❖ ECe
- ❖ FAO : Food and agriculture organization(Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture)
- ❖ g : gram
- ❖ ha : hectare
- ❖ Is : Indice de sévérité de la maladie
- ❖ K^+ : potassium
- ❖ meq. : milliéquivalent
- ❖ mg : milligramme
- ❖ Mg^{+2} : magnesium
- ❖ ml : millilitre
- ❖ mm : millimètre.
- ❖ Na^+ :sodium
- ❖ NO_3^- :nitrate
- ❖ O_2^- : superoxydes
- ❖ OH: hydroxyl
- ❖ PDA : patato-dextrose-agar
- ❖ peroxyde d'oxygène : H_2O_2
- ❖ Ph : potentiel d hydrogène
- ❖ PPases : pyrophosphatases
- ❖ Qx : quintaux
- ❖ SO_4^{-2} : sulfate
- ❖ SOS :salt overly sensitive
- ❖ Stat : statistique
- ❖ tomate.
- ❖ UV : ultra-violet
- ❖ ΨH : potentiel hydrique

Introduction

La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) compte parmi les cultures légumières les plus cultivées du monde, elle occupe la deuxième place dans la production maraîchère après la pomme de terre (ShankaraNaika, 2005). La production globale de tomates est de 130 millions de tonnes en 2016. [1]

En Algérie, la culture de la tomate occupe une place célèbre dans l'économie agricole. La superficie consacrée annuellement à cette culture était de 33 000 ha soit une production moyenne de 11 millions de quintaux et des rendements moyens d'environ 311 Qx/ha (MADR 2009).

Cette culture a connu depuis quelques années un problème phytosanitaire majeur liées à des changements dans l'environnement comme la température, la sécheresse, la salinisation et au développement des maladies, telles que celles causées par *Botrytis cinerea*, conduisant non seulement à une diminution de rendement, mais aussi à d'importantes altérations qualitative du produit.

La salinité est considérée comme un facteur majeur influe l'agriculture. 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 (Khales et Baaziz, 2006). En effet, elle semble avoir une action néfaste qui peut augmenter les symptômes des maladies par un effet direct sur la plante ou sur le pathogène principalement du genre *Verticillium*, Regragui (2005), Besri & Afaïlal (1993); fusariose, Standaert (1975).

Dans ce cas de figure, l'étude de la réaction des cultures s'avère très complexe étant que non seulement la plante est affectée par la salinité des sols et des eaux d'irrigation mais aussi par l'agressivité des agents pathogènes d'origine fongique elle-même stimuler par la salinité.

Botrytis cinerea est le principal agent de pourriture grise qui est responsable d'importante perte de récolte. Néanmoins, le comportement de cet agent pathogène est conditionné par certains facteurs environnementaux tels que l'humidité relative, la température, le rayonnement et la pollution atmosphérique (Elad and Yunis, 1993). Certains travaux montrent que la salinité constitue un facteur environnemental qui augmente la sensibilité des tomates aux maladies fongiques principalement la pourriture grise (Boumaaza et al., 2015a). Ayres (1984) rapporte 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.

A la lumière de ces données, il apparaît donc nécessaire d'examiner l'impact de la salinité sur le développement de *Botrytis cinerea*. Pour cela, nous abordons dans l'essai suivant, l'étude in vivo de l'effet de la salinité sur le développement de *Botrytis cinerea* en vue d'une meilleure compréhension du comportement du champignon dans des sols salés.

Chapitre I -
Plante Hôte : la
tomate (*Lycopersicon*
***esculentum* Miller)**

I.1. Introduction

La tomate (*Lycopersicon esculentum Miller*) est après la pomme de terre, le légume le plus consommé dans le monde, avec une production mondiale de 159 millions de tonnes en 2011 (FAOSTAT, 2013). Elle constitue une source non négligeable de minéraux, vitamines et certains composés naturels secondaires ayant un potentiel antioxydant important (Zidani, 2009).

I.2. Historique de la tomate

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

En Algérie, ce sont les cultivateurs du Sud de l'Espagne (Tomateros), qui l'ont introduite étant donné 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).

I.3. Classification botanique de la tomate

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

Tournefort est le premier à distinguer la tomate cultivée et à créer un nouveau genre pour classer cette espèce : le genre *Lycopersicum*, (Peralta And Spooner, 2007). Linné, en 1753, revoie la taxonomie de la tomate et l'intègre à nouveau dans le genre *Solanum* sous le nom spécifique de *Solanum lycopersicum*. Un an après, Miller reconsidère la classification évoquée par Tournefort et réactualise le genre *Lycopersicon* dans la quatrième édition de *The Gardener's Dictionary*.

I.4. Diversité génétique

La domestication de la tomate s'est réalisée à partir d'accessions sauvages *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* (*S. l. cerasiforme*), qui aurait évolué directement à partir des espèces sauvages auto-incompatibles RICK (1976) (**Figure 1**).

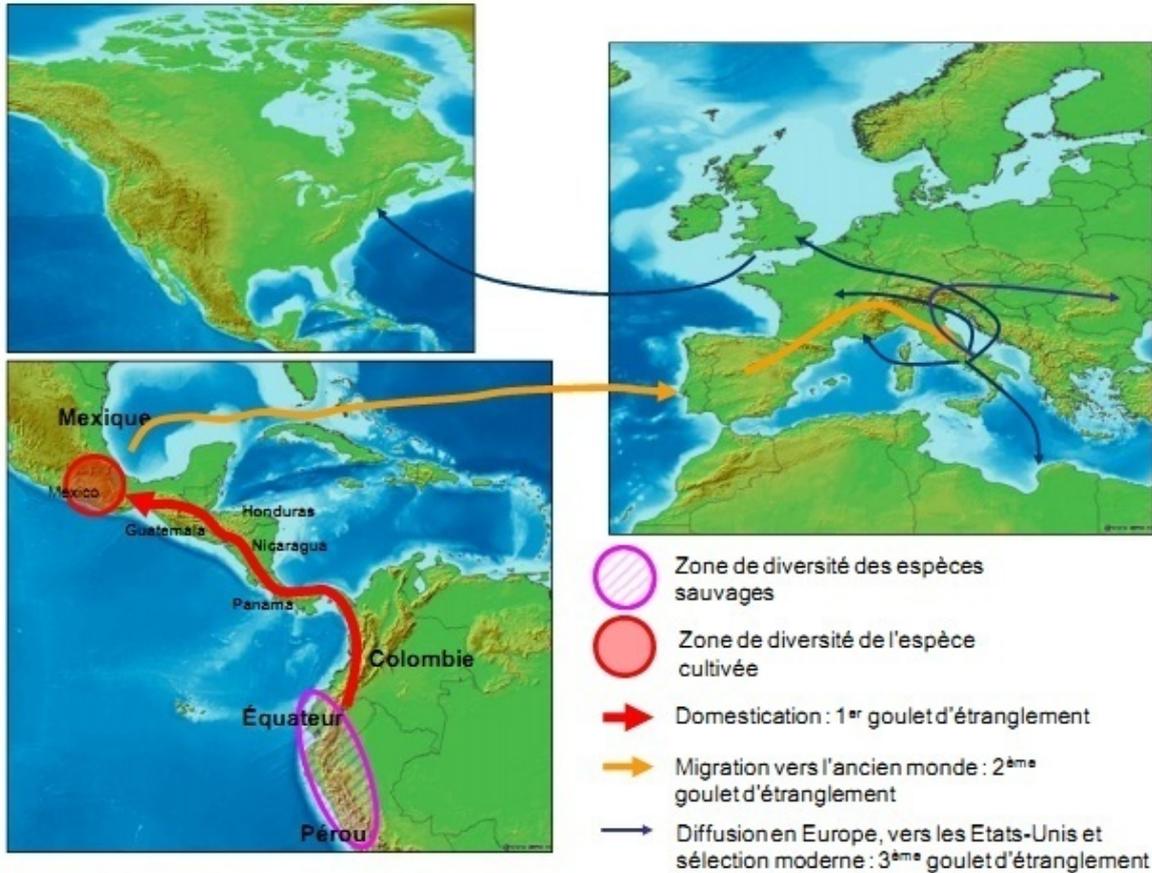


Fig. 1- Histoire hypothétique de la domestication de la tomate. Les fonds de carte proviennent du DEMIS -WorldMapp Server (In Nicolas, 2010).

L'auteur suggère même que l'espèce *S. pimpinellifolium* serait issue d'une branche parallèle lors de l'évolution de la tomate. Cependant, les travaux de phylogénie sur des caractères morphologiques et sur les marqueurs moléculaires montrent une affiliation directe entre *S. pimpinellifolium*, et *L. esculentum*. Aujourd'hui, l'espèce *L. cerasiforme* est considérée comme un type primitif de tomate cultivée ou comme une forme transitoire entre *L. cerasiforme* sauvage et *L. esculentum* cultivé. Il semblerait aussi que de nombreuses accessions soient d'origine férale (Rick And Holle, 1990 ; Peralta And Spooner, 2007).

I.5. Classification culturelle

Il existe deux types de croissance chez la tomate :

I.5.1-Croissance indéterminée: La plante produit 7 à 10 feuilles et une inflorescence, puis 3 feuilles et une seconde inflorescence et ceci indéfiniment. En générale, les tomates à croissance

indéterminée ont un feuillage plus important. Il en découle que la température au sein de la culture est relativement basse. Les fruits ne souffrent pas du soleil et mûrissent plus lentement. Les variétés à croissance indéterminée nécessitent des tuteurs, des cages ou des treillis pour les appuyer.

I.5.2-Croissance déterminée : Les variétés à croissance déterminée se supportent elles-mêmes et n'ont généralement pas besoin de tuteur. La tige émet un nombre donné de bouquets de fleurs. Les feuilles sont alternes, composées, imparipennées (nombre impair de foliole) et comprennent 5 à 7 folioles aux lobes découpés. L'appareil reproducteur est formé par des inflorescences de type déterminé. Les plantes arrêtent leur croissance après la floraison. (Blancard, 2009). Le type de croissance déterminée a permis le développement de la récolte mécanisée, impossible sur les autres variétés qui doivent être tuteurées.

I.6. 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 5 mètres selon les variétés et le mode de culture (Dumortier et *al.*, 2010). La racine de la tomate pivotante, pousse jusqu'à une profondeur de 50 cm ou plus. La racine principale produit une haute densité de racines latérales 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. Des feuilles sont disposées en spirale, 15 à 50 cm de long et 10 à 30 cm de large. Les folioles sont ovées à oblongues, couvertes de poils glandulaires. 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 (fig02).

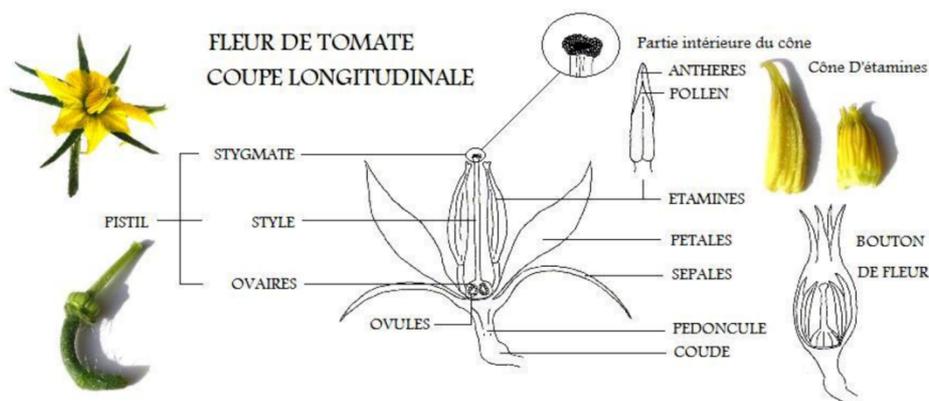


Fig.2 - Figure 1-8. Coupe longitudinale d'une fleur de tomate

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. 03). 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)

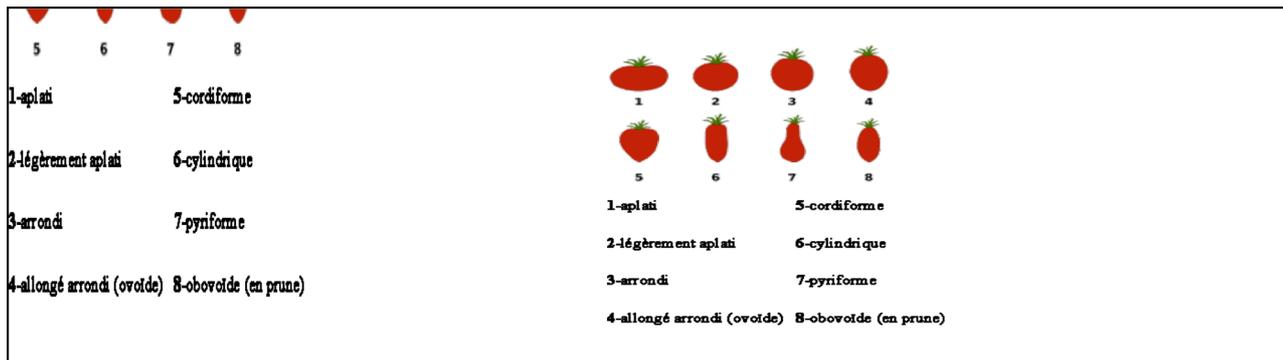


Fig.3 - Différentes formes de tomates utilisées pour décrire une variété (descripteur IPGRI) (In Nicolas, 2010).

I.7. 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, et les conditions de culture; 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 :

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
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
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 (Dumas, 1992 in Huat, 2008).

I.8. 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 tuteur, 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).

I.8.1- Cultures de plein champ tuteurées

Les plantes sont conduites sur une seule tige ; elles sont arrêtées à des hauteurs variables après 4 à 6 bouquets de fruits. Il en est de même pour les plantes menées sur 2 ou 3 tiges palissées généralement sur des fils horizontaux en tenant les tiges à la verticale, ou l'égerment inclinées, et en les limitant chacune à un maximum de 1.5m.

I.8.2- Cultures de plein champ sur grilles

Les plantes sont conduites en conservant toutes les ramifications des plantes à croissance déterminée. Celles-ci retombent sur un grillage à large maille formant un mini tunnel haut de 0.40m et de 0.60m. Les tiges de plantes non taillées traversent le grillage et s'appuient dessus ; leur fruits sont maintenus au dessus du sol et ne sont pas en contact avec celui-ci, ce qui permet de limiter bon nombre de pourritures

I.8.3- Cultures de plein champ d'industrie

Les plantes sont cultivées à plat sans aucun soutien, quelque fois sur des buttes. La culture de la tomate industrielle dans le monde a dépassé les 3 millions d'hectares, pour la compagnie Agricole 2004-2005 avec une production de plus de 115 millions de tonnes (F.A.O (a), 2005).

En Algérie, la culture de la tomate industrielle constitue l'espèce la plus importante parmi celles cultivées comme le tabac, l'arachide et autres. Elle présente une superficie de 12173ha représentée par 57,36% par rapport à la superficie globale réservée aux cultures industrielles .Sa production est de 3.822731Qx équivalent à 95,57% de la production totale des cultures industrielles. Elle représente un intérêt indéniable pour l'économie nationale agricole par son poids dans la PIB du pays.

I.8.4- Cultures sous abris

Les tomates cultivées sous tunnels à couverture plastique, sont plantées en sol. Elles sont conduites en rangs simples ou jumelées, avec une tige par plante érigée verticalement par une ficelle. Les serre est une enceinte destinée à la culture ou a la protection des plantes en exploitant le rayonnement solaire. 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. 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).

I.9. Production nationale et mondiale de la tomate

I.9.1- Production mondiale

Selon la FAO stat (2010) (figure 04), la Chine se trouve au premier rang avec une production qui dépasse les 34 millions de tonnes en 2009 avec une superficie d'environ 1,5 millions d'hectares soit l'équivalent d'un rendement de 22,67 t/ha

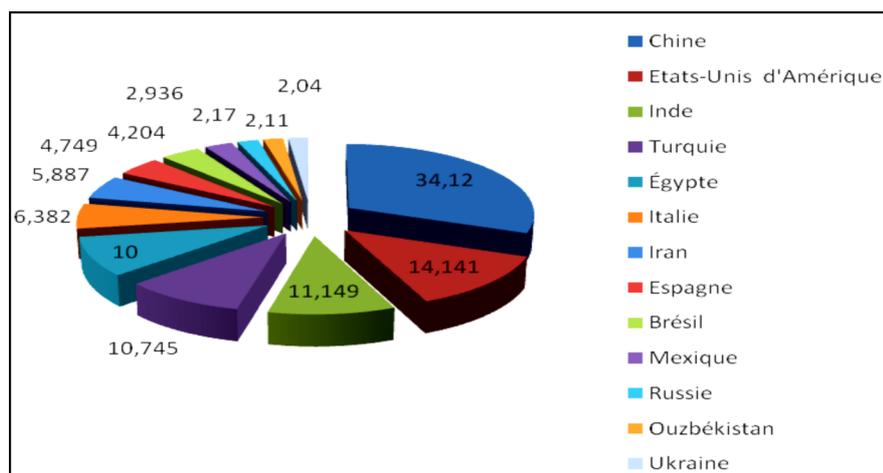


Fig.4 - Productions des 13 premiers pays producteurs de tomate en Million de tonnes (FAO, 2010).

I.9.2- Production nationale

En Algérie, la superficie cultivée en tomate en 1999 était de 55 210 ha et la production de 954 804 tonnes soit un rendement de 17,29 t/ha. (Fig05). En 2009, près de 33 000 ha sont consacrés annuellement à la culture de tomate (maraîchère et industrielle), donnant une production moyenne de 11 millions de quintaux et des rendements moyens d'environ 311 Qx/ha (Madr, 2009).

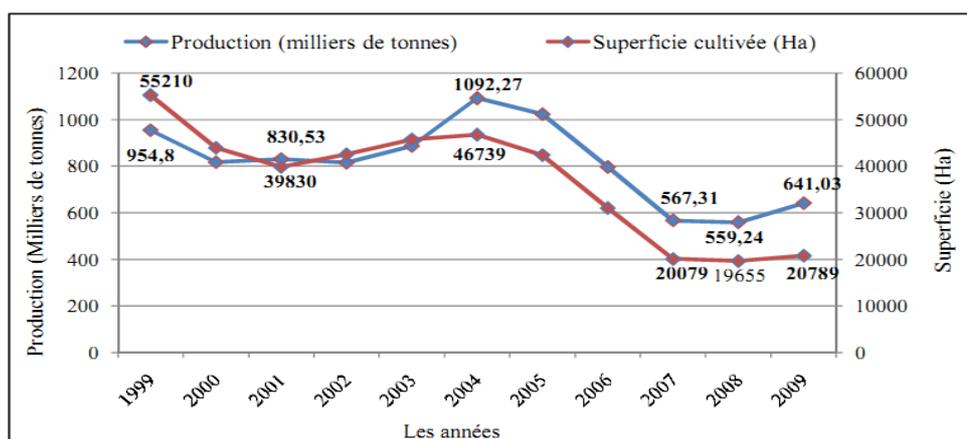


Fig.5- Superficies et production de tomate de 1999 à 2009 en Algérie (FAOSTAT, 2010).

I.10. Contraintes de la production de tomate

En Algérie, comme dans la plupart des pays méditerranéen, la culture de la tomate est soumise à plusieurs contraintes biotiques et abiotiques. Ces contraintes sont liés à des changements de l'environnement, notamment les mauvaises conditions de température, l'humidité de l'air ou du sol, les déséquilibres de la nutrition, la carence ou l'excès de substances minérales, l'acidité ou l'alcalinité du sol, un mauvais drainage et au développement des maladies.

I.10.1-Principales maladies de la tomate

Comme toutes les plantes, la tomate est soumise à l'attaque de nombreux agents pathogènes qui sont responsables de diverses maladies. Elle peut ainsi être attaquée par des virus (CMV, TMV, TSWV ...) (tableau 04), des mycoplasmes (transmis par des insectes vecteurs comme la cicadelle), des bactéries (*Pseudomonas syringae*, *Xanthomonas. Spp*, *Clavibacter michiganensis*...) (tableau 03), des champignons (*Botrytis cinerea*, *Phytophthora infestans*, *fusarium oxysporum* ...). (Tableau 2).

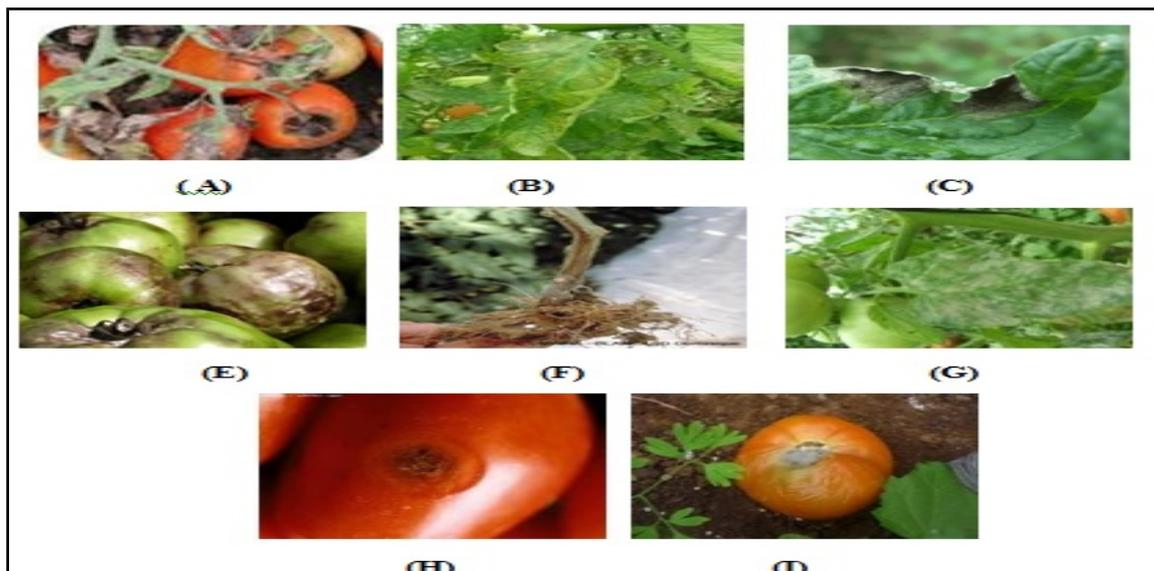
I.10.1.1-Maladies cryptogamiques

La tomate est sujette à de nombreuses maladies cryptogamiques conduisant non seulement à une diminution du rendement, mais aussi à d'importantes altérations de la qualité de fruits (Tableau01). Certains agents phytopathogènes sont responsables d'importantes pertes de récoltes en causant diverses maladies dont : 1) pourriture des semences (*Fusarium spp.*, *Pythium spp.*, etc.), 2) fonte des semis (*Pythium spp.*, *Sclerotinia spp.*, etc.), 3) pourriture racinaire (*Fusarium spp.*, *Phytophthora spp.*, *Rhizoctonia spp.*, etc.) et 4) flétrissement des plantes (*Fusariumspp.*, *Verticillium spp.*, etc.) (Agrios, 1988).

Tableau 1 : Les maladies cryptogamiques de la tomate (Snoussi, 2010)

Maladies	Agents causals	Symptôme et dégâts
Mildiou	- <i>Phytophthora infestans</i>	Grandes tâches brunes sur les feuilles et les tiges.
Alternariose	<i>Alternaria solani</i>	Tâches noires de taille variables sur les feuilles.
Fusariose	- <i>fusarium oxysporum f.sp lycopersici</i> . - <i>fusarium oxysporum f.sp radidis lycopersici</i>	Flétrissement des feuilles avec brunissement des vaisseaux et pourriture des racines.
Verticilliose	- <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.
Anthraxose	- <i>Collectotrichum coccodes</i>	Tâches circulaires de 05 à 10 mm sur les fruits rouges.
Oïdium	- <i>Oïdium neolycopersici</i>	Feutrage blanc sur feuilles
Pourriture grise	- <i>Botrytis cinerea</i>	Feutrage gris sur les feuilles et sur les fruits.

Fig
Les
ma
s
cry
am
del
to
.A:
ure
rna
es
fru
de
to



.6-
ladie
ptog
iques
a
mate
Brûl
salte
rienn
sur
its
mate

s ;B:Alternariose sur feuille de tomate;C: Mildiousurfeuilles:Mildiousur fruits; E :Fusariose des racines et du collet ;F:Oïdium sur feuille de tomate. G: Anthracnose sur fruits;H:Symptômes du Botrytis sur le fruitde tomate.

I.10.1.2-Maladies bactériennes

Dans les régions humides, nombreuses maladies s'attaquent la tomate. Parmi celles-ci, la moucheture bactérienne, le flétrissement bactérien, la gale bactérienne et le chancre bactérien, causent de sérieux problèmes aux cultures de tomates en champs. Ces maladies bactériennes peuvent affecter gravement le rendement des tomates et, par conséquent, entraîner des pertes importantes pour le producteur.

Tableau 2 - Les maladies bactériennes de la tomate (Snoussi, 2010).

Maladies	Agents causals	Symptômes et dégâts
Moucheture bactérienne	<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).
Gale bactérienne	<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).
Chancre bactérien	<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).
Le flétrissement bactérien	<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.

Les maladies d'origine virale se traduisent chez les plantes malades des symptômes externes multiples et variés : altération des fleurs ou des feuillages, dérèglement de croissance. La tomate est toujours exposée à l'attaque d'une grande variété de virus. Les symptômes se manifestent le plus souvent par des altérations de la pigmentation (panachures) mais aussi par des nécroses et des déformations Tableau 3.

Tableau 3 - Les maladies virales de la tomate (Idrenmouche, 2011).

Maladies	Symptômes et dégâts
CMV Cucumber Mosaic Virus	Lorsque l'infection est précoce, on peut observer une stérilité des plantes ou une mal formation des fruits.
TICV: Tomato Infectious Chlorosis Virus	une jaunisse généralisée et un retard du développement de la plante. Apparition de nécroses ce qui entraine de grandes pertes de rendement.
TMV : Tobacco Mosaic Virus	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.

<p>ToCV Tomato Chorusis Virus</p>	<p>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.</p>
<p>TSWV : Tomato Spotted Wilt Virus ou virus de la maladie bronzée de la tomate.</p>	<p>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.</p>
<p>TYLCV Tomato Yellow Leaf Curl Virus ou maladie des feuilles jaunes en cuillères de la tomate.</p>	<p>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.</p>

Chapitre II :

Stress salin

II.1. Introduction

Le stress abiotique est défini comme une contrainte qui limite la vitesse de production de la matière sèche sans provoquer la destruction de biomasse. Les stress tels que le déficit hydrique, les hautes températures ou salinité ont un impact négatif sur la croissance et le développement végétal et constituent un défi agronomique majeur. Selon Grime (1979), le stress correspond aux « mécanismes qui limitent la biomasse végétale en causant sa destruction partielle ou totale ». Ces stress abiotiques entraînent une diminution de 70% du rendement des plantes de grandes cultures via des altérations morphologiques et physiologiques (Boyer 1982). 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.

La salinité est considérée comme un facteur majeur influe l'agriculture. 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). 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).

II.2. 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 (Na^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , et le K^+), et des anions (Cl^- , SO_4^{-2} , CO_3^{-2} et 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 Na^+ et Cl^- sont considérés les plus important : le Na^+ a comme effet la détérioration de la structure physique des sols et le Cl^- et Na^+ entraînent la toxicité des végétaux (Ommamie, 2005).

II.3. La répartition de la salinité dans le monde et en Algérie

La salinité est un problème écologique majeur qui touche un nombre important de région 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). Il a été estimé que 20% des 275 millions d'hectares des terres irriguées 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 4: 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 central	2
Asie centrale et du Nord	211.7
Asie du Sud .Est	20
Total	955

Dans les régions arides et semi arides, près de 25% des terres sont confrontées au problème du sel (Levigneron et *al.*, 1995). En région méditerranéenne, la superficie des sols salés est estimée à 16 millions d'hectares (Hamdy, 1999).

En Algérie, 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 (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.

II.4. Origines et causes de la salinité des sols

II.4.1- Origine primaire

La salinisation primaire se produit naturellement là où la roche mère du sol est riche en sels solubles ou bien en présence d'une nappe phréatique proche de la surface. 80% des terres salinisées ont une origine naturelle, on qualifie alors la salinisation de « primaire ». Dans ce cas, elle est entraînée par la formation des sels pendant l'altération des roches ou par des apports naturels externes (Mashali et *al.*, 2005) .

II.4.2- Origine secondaire

La salinisation secondaire se produit lorsque des quantités significatives d'eau chargée de sels sont apportées par irrigation, ainsi que la déforestation qui induit la remontée des nappes phréatiques engendrant des apparitions salées dans les points bas du paysage (ex : Thaïlande) (Schwartz, 2007). De même, l'accumulation des sels 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 les causes de la salinisation des sols (Ommami, 2005).

II.5. Effet de la salinité sur les plantes

La salinité est un facteur environnemental très important qui limite la croissance et la productivité (Allakhverdiev et *al.*, 2000b in Parida et Das, 2005). Les effets néfastes de la salinité sur la croissance des plantes sont généralement associés au faible potentiel osmotique de la solution du sol et au niveau élevé de toxicité du sodium (et du chlore pour certaines espèces) qui provoquent des perturbations multiples sur le métabolisme, la croissance et le développement des plantes aux niveaux moléculaire, biochimique et physiologique (Winicov, 1998; Munns, 2002; Tester et Davenport, 2003).

II.5.1- Effet de la salinité sur la croissance et le développement

La salinité est un facteur environnemental très important qui limite la croissance et la productivité (Allakhverdiev et *al.*, 2000b in Parida et Das, 2005). 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). Le stress salin résulte aussi dans la diminution de la biomasse sèche et fraîche des feuilles, tiges et racines (Chartzoulakis et Klapakii, 2000).

II.5.2- Effet de la salinité sur la germination et la levée

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. Berstein, (1975) et Bozouk, (1981) qui ont montré que chez la tomate cultivée (*Lycopersicon esculentum*), la germination est inhibée par les conditions salines. Selon Maas et Poss, 1989 ; 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.

II.5.3-L'effet de la salinité sur les pigments photosynthétiques

Le stress salin induit pour la très grande majorité des plantes une réduction de la production de biomasse correspondant essentiellement à une baisse des processus non-mésophylliens de la photosynthèse (Pettigrew et Meredith, 1994 ; Sudhir et Murthy, 2004). A l'échelle du chloroplaste, Sudhir et Murthy (2004) ont montré que ce sont les processus de carboxylation, et non la photophosphorylation, qui sont les plus affectés par le stress salin. 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).

II.5.4-L'effet de la salinité sur le taux des ions

Les effets toxiques des ions Na^+ , son absorption massive peut induire des carences potassiques. Le K^+ est un ion essentiel, activement transporté dans les cellules. En raison de la similarité chimique (degré de solvatation, et rayon ionique) des cations K^+ et Na^+ , les transporteurs du K^+ comme les NHXs et les NSCCs ne font pas la différence entre les 2 cations et les transportent indifféremment, ce qui entraîne une accumulation de Na^+ au dépend du K^+ (Pardo et Quintero, 2002).

II.5.5-L'effet de la salinité sur l'anatomie de la feuille

La salinité cause une modification de l'épaisseur épidermique, l'épaisseur du mésophylle, la longueur et le diamètre des cellules palissadiques. C'est ce qui a été observé sur les feuilles de l'haricot, du coton et de l'Atriplex soumis au stress salin (Longstreth et Nobel, 1979 in Parida et Das, 2005). La salinité réduit aussi l'espace intercellulaire dans les feuilles (Delphine et *al.*, 1998 in Parida et Das, 2005).

II.6. Stratégies d'adaptation et mécanismes de tolérance au stress salin

II.6.1-Homéostasie ionique

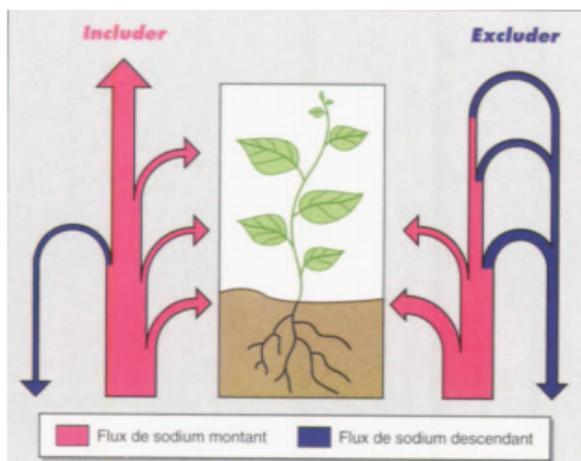
II.6.1.1-La compartimentation vacuolaire

Celle-ci consiste à évacuer du cytoplasme les ions Na^+ en excès vers la vacuole afin d'éviter leur effet toxique et inhibiteur à l'encontre des processus enzymatiques (Flowers et *al.*, 1977). Ce mécanisme de compartimentation vacuolaire est assuré par l'action d'un antiport vacuolaire sodium/proton (Na^+/H^+) dont l'énergie est fournie par les pompes à protons ATPases (H^+ -adénosine triphosphatases) et PPases (H^+ -pyrophosphatases) vacuolaires (Apse et *al.*, 1999; Blumwald et *al.*, 2000 ; Gaxiola et *al.*, 2002 ; Horie et Schroeder, 2004). Ainsi, grâce à ce processus de compartimentation de sodium au sein de la vacuole, la cellule parvient à maintenir une faible

concentration de sodium dans le cytoplasme, minimisant ainsi son effet toxique; et d'autre part, l'augmentation concomitante de la concentration de sodium dans la vacuole va engendrer une forte pression osmotique qui va favoriser l'absorption d'eau et donc améliorer la turgescence des cellules (Glenn *et al.*, 1999 ; Apse et Blumwald., 2007).

II.6.1.2-Exclusion et inclusion des ions toxiques

La capacité d'une plante à compartimenter Na^+ au niveau cellulaire entraîne une différence de gestion du Na^+ au niveau de la plante entière. On peut distinguer deux comportements des plantes vis-à-vis de sel, les comportements dit « inclure et exclure ». Les plantes exclure sont généralement sensibles à la salinité et sont incapables de contrôler le niveau de Na^+ cytoplasmiques. Cet ion est transporté dans le xylème, véhiculé vers les feuilles par le courant de transpiration, puis en partie re-circulé par le phloème pour être ramené vers les racines. Ces espèces sensibles contiennent donc peu de Na dans les feuilles et un excès dans les racines. L'exclusion du sodium est réalisée par l'action combinée d'une série de protéines de type SOS (« salt overly sensitive ») (Zhu 2003). SOS1, qui est également un antiport Na^+/H^+ mais localisé au niveau de la membrane plasmique, joue un rôle primordial dans ce mécanisme d'exclusion de sodium vers le milieu extérieur (Shi *et al.*, 2000 ; Zhu 2003 ; Mahajan *et al.*, 2008). SOS2 et SOS3 assurent conjointement la régulation de l'activité de SOS1 mais également celle de l'antiport vacuolaire NHX1 (Liu *et al.*, 2000 ; Zhu 2002). Au contraire, les plantes « inclure » résistantes au NaCl, accumulent le Na dans les feuilles ou il séquestré (dans la vacuole, l'épiderme foliaire, les limbes âgés...)



Chez les plantes de types inclure, les flux de sodium sont essentiellement ascendants (en rose) et le sel est accumulé dans les parties aériennes. Chez celles de type exclure, 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.

Fig.7 - Schématisation du bilan de la circulation du sodium dans les plantes inclure ou exclure (Levigneron *et al.*, 1995).

II.6.1.3-Ajustement ionique

L'augmentation des concentrations vacuolaires de sodium induit la nécessité et le besoin d'élever la pression osmotique des autres compartiments cellulaires afin d'ajuster leur osmolarité intracellulaire afin de limiter les pertes de turgescence due à l'abaissement du potentiel hydrique (Ψ_H) de la solution du sol (Amtmann et Leigh, 2010).

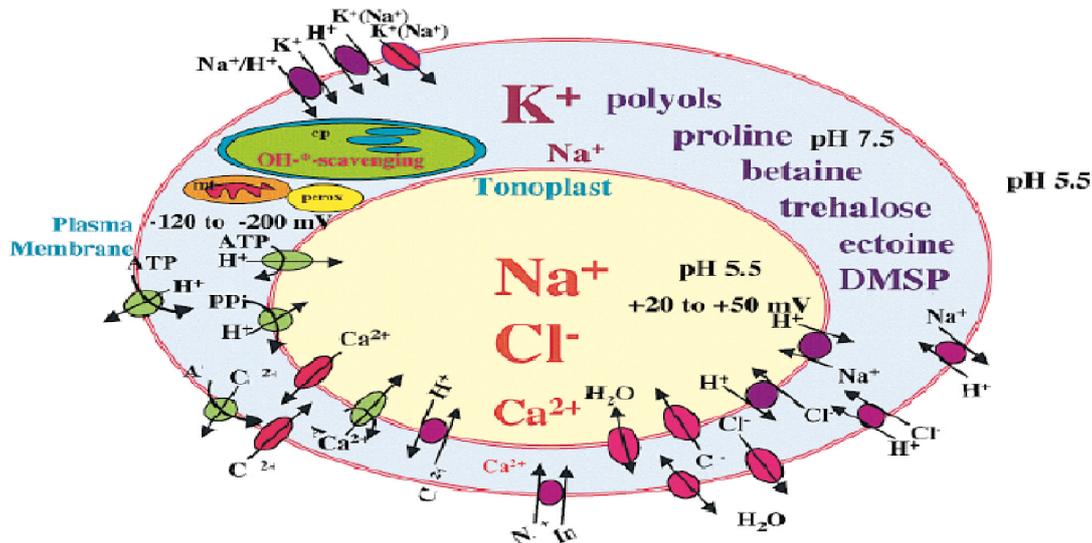


Fig.8 - Homéostasie cellulaire établie après l'adaptation au sel (NaCl). Présentation des osmolytes et des ions compartimentés dans la vacuole, des canaux aqueux, et des potentiels électrochimiques à travers la membrane plasmique et le tonoplaste. Chloroplaste (cp), mitochondrion (mt) et peroxisome (perox), organites dans lesquels impliqués (Hasegawa et *al.*, 2000).

II.6.2-Stratégie osmotique

II.6.2.1-La proline

Les teneurs en proline s'accroissent rapidement chez de nombreuses mono- ou dicotylédones soumises à un stress salin (Yoshida et *al.*, 1999 ; Rhodes et *al.*, 2002). Cette augmentation de la concentration de proline cytoplasmique est consécutive à la stimulation de sa synthèse, résultant d'une élévation des quantités des messagers codant pour l'enzyme qui convertit le glutamate semi-aldéhyde en proline. La proline agit en tant que composé soluble compatible dans l'ajustement osmotique pouvant atteindre de fortes concentrations sans exercer d'effet toxique comme le cas des ions (Yancey et *al.*, 1982).

II.6.2.2-Les sucres

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). Plusieurs études physiologiques ont démontré que l'accumulation des sucres et des polyols, principalement suite à l'hydrolyse de l'amidon (Hoekstra et *al.*, 2001; Phillips et *al.*, 2002), était stimulée par un stress salin chez différentes espèces végétales (Gilmour et *al.*, 2000; Streeter et *al.*, 2001; Taji et *al.*, 2002; Bartels et Sunkar, 2005 ; Majumder et *al.*, 2010).

II.6.3-Les anti-oxydants et protéines de détoxification

Les formes actives d'oxygène, telles que le peroxyde d'oxygène (H_2O_2), les radicaux superoxydes (O_2^-) et hydroxyles(OH), sont produites au cours des processus cellulaires aérobie et de façon plus accrue suite aux stress abiotiques, notamment la salinité (Apel et Hirt, 2004 ; Tausz et *al.*, 2004 ; Logan, 2005; Brosche et *al.*, 2010). Ces composés, lorsqu'ils sont accumulés en faible quantité, peuvent servir de signal pour induire l'expression de gènes de réponse et de défense cellulaires (Parent et *al.*, 2008).

II.6.4-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.

Chapitre III :

***Botrytis cinerea*, agent
causal de la pourriture
grise**

III.1. Généralités sur le *B. cinerea*

À la frontière du saprophytisme et du parasitisme, *Botrytis cinerea* Pers., [forme imparfaite du *Botryotinia fuckeliana* (de Bary) Whetzel.] est le champignon Ascomycète responsable de la pourriture grise (moisissure grise, pourriture de la grappe) chez des centaines de plantes hôtes au niveau mondial.

L'étymologie de son nom fait référence directement à sa morphologie : « Botrytis » signifie « en forme de grappe », indiquant ainsi la morphologie des conidiophores, et « cinerea » renvoie à la couleur gris-cendrée de la sporulation. Le genre *Botrytis* a été décrit pour la première fois en 1729 par Pier Antonio Micheli qui la répertorié dans le « Nova Plantarum Genera » puis de manière définitive par Hennebert, comme la majorité des espèces du genre (Groves et al., 1953 ; Hennebert 1973). Le nom *Botrytis cinerea* a été proposé par Elias Magnus Fries, le botaniste suédois qui, à la suite de Linné, fut le fondateur de la systématique des champignons.

La maladie causée par cet agent pathogène engendre des pertes économiques importantes dans plusieurs types de culture (Veloukas et al., 2011) , ce qui engendre des pertes pouvant atteindre 20% des récoltes mondiales (Elad et al., 2004). Sur cultures maraîchères, viticoles et horticoles, en pré- ou en post-récolte, cette maladie conduit à des pertes importantes de rendement (Fernandez-Ortuno et al., 2012). 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). En plus d'être considéré comme un champignon nécrotrophe, *B. cinerea* se caractérise principalement par son cosmopolitisme, sa polyphagie, sa 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).

III.2. 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 µm. 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). La sporulation est provoquée par l'exposition à la lumière (Rosenberger, 1990). *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. Le mycélium se présente sous forme d'une toile blanchâtre et grisâtre ou olivâtre comprenant des filaments articulés, cylindriques vésiculeux au niveau de la cloison médiane, dont le diamètre varie en fonction des conditions de développement des hyphes. (Ajouz, 2009). Quand ce mycélium devient fructifère (au bout d'un certain temps d'incubation (>7j) sur milieu nutritif, il développe des touffes de conidiophores dressés grisâtres (gris brunâtre ou gris cendré) et présentant des ramifications à leur sommet.

➤ **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 (1-5 mm de diamètre), entouré d'un cortex rigide contenant des pigments de mélanine. Ces caractéristiques le protègent de la dessiccation, des rayons ultraviolets et des attaques de microorganismes sur de longues périodes (Williamson *et al.*, 2007).

➤ **Les macroconidies**

Les macroconidies sont ovoïdes contrairement aux microconidies (encore appelées spermaties) qui, elles, se présentent sous forme sphérique et de plus petite taille (2 à 4µm). 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.

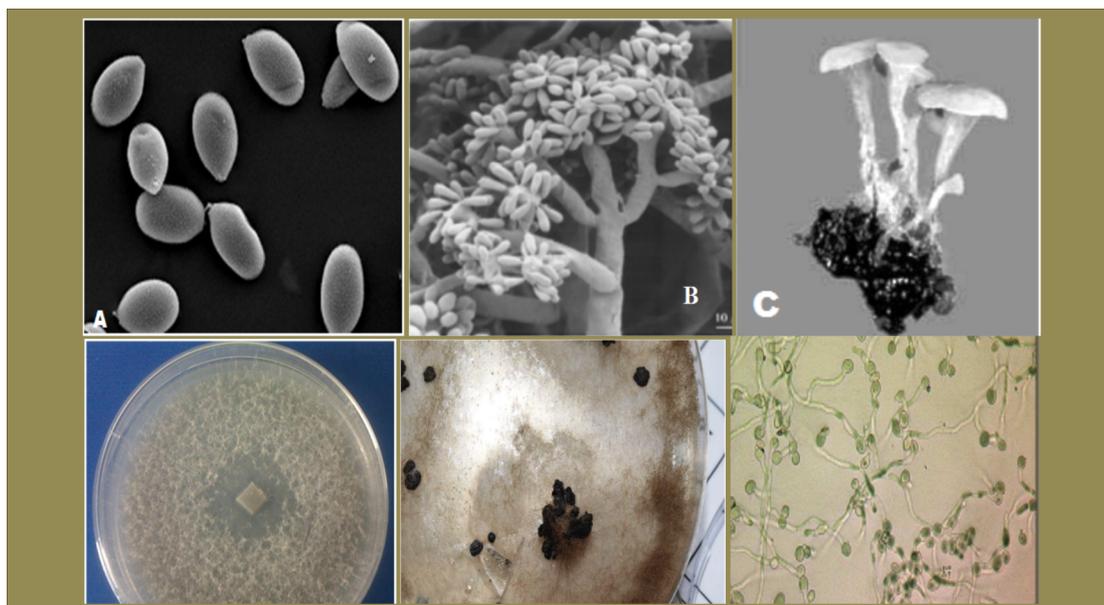


Fig.9 -Conidies observés en utilisant un microscope électronique à balayage (A). Conidiphores observés en utilisant un microscope électronique (B). Apothécie produisant des ascospores sur une sclérote (C). *Botrytis cinerea* sur milieu de culture PDA à 25°C (D). Sclérote de *Botrytis cinerea* produites 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).

➤ Les ascospores

Au nombre de huit par asque, elles sont oblongues à elliptiques. Un asque contient huit ascospores binuclées 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).

III.3. 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) Wetzl. 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.

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.4. Cycle infectieux de *B. 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 forme de sclérotés dans les débris morts de l'hôte, la plupart du temps les feuilles tombées au sol. Les sclérotés, dans des conditions particulières, développent des apothécies qui donnent des ascospores. Ces apothécies sont rarement observables mais constituent aussi une forme de dissémination du champignon. Les sclérotés 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 (Figure 1). 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 sénescents 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.

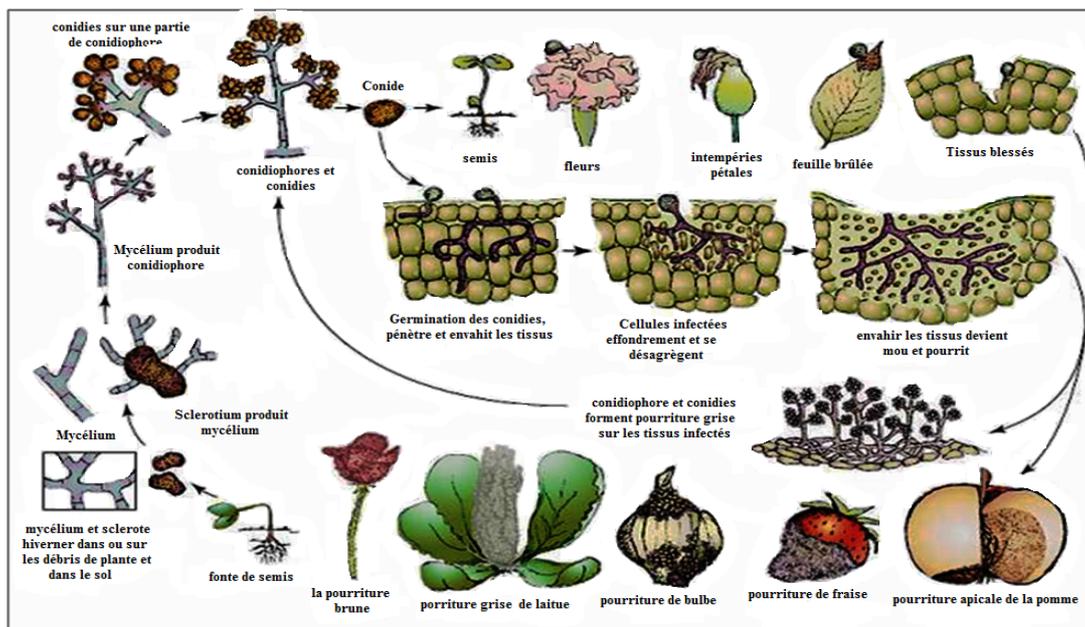


Fig.10 - Cycle de développement (production asexuée) de *Botrytis cinerea* sur différentes culture (d’après Agrios, 2005).

III.5.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). Les symptômes qui sont les plus typiques pour les feuilles et les petits fruits sont l’apparition de taches brunes, suivis par l’apparition de feutrage grisâtre, qui sont en fait les conidies (Williamson et *al.*, 2007).

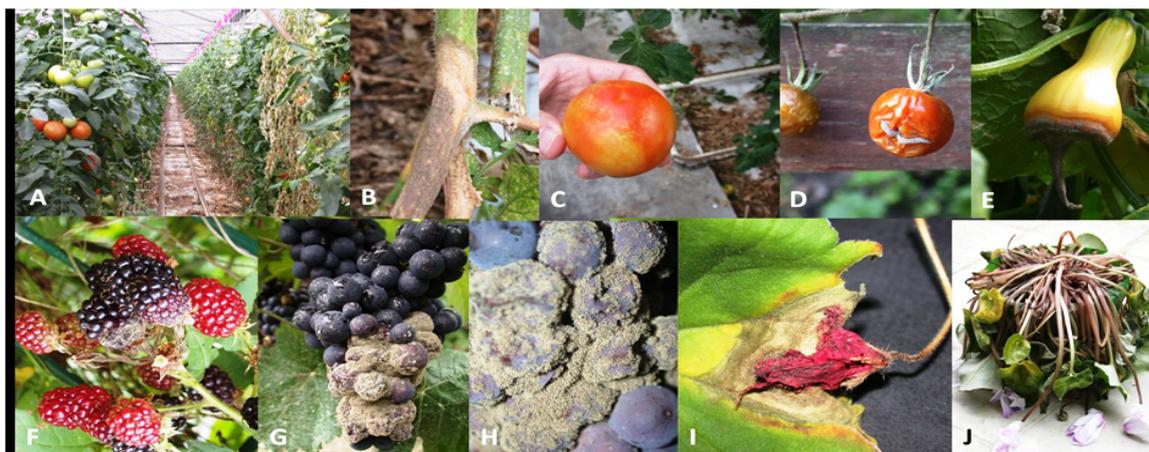


Fig.11 -Symptomatologie et morphologie de *Botrytis cinerea*. A : Attaque en serre de tomate. La proximité des plantes et la litière infectée au sol favorisent les épidémies. B : Chancre sur tige de tomate. C : Tâches fantôme sur tomate, correspondant à des infections avortées. D : Surinfection sur tomate 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.

III.6. 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 (Rosslénbroich et Stuebler, 2000 ; Gudelj et al., 2004 ; Hubert et al., 2005). Il affecte de nombreuses productions végétales d'importance économique en culture sous serre ou en plein champ, comme par exemple: le raisin, la pomme, la poire, la cerise, la fraise et le kiwi en production fruitière, l'aubergine, la carotte, la laitue, le concombre, le poivron, la tomate, la courgette en production légumière ou des plantes ornementales comme la rose, le gerbera ou le cyclamen. 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).

III.7. Les facteurs de développement

III.7.1- 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 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. (Shiraishi et al., 1970a) . Le mycélium aérien et la sporulation se développent d'une manière plus rapide à 21°C. (Thomas and Marois, 1986).

III.7.2- 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* (Blakman, 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. 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). Le mycélium aérien et la sporulation se développent d'une manière plus rapide à 21°C et 94% d'humidité relative (Thomas and Marois, 1986). 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).

III.7.3- 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 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 contre 14 mois pour les conidies sèches incubées à température ambiante (Salinas et al., 1989).

III.7.4- 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).

III.8. La lutte contre *Botrytis cinerea*

III. 8.1- Lutte culturaux

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).

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 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.

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.

Variétés résistantes

Pour l'ensemble des cultures attaquées par le champignon, il n'existe aucune variété commerciale résistante à la pourriture grise (Dik and Wubben, 2004). Cependant, il existe une différence importante dans la sensibilité à la pourriture grise pour certaines plantes.

III. 8.2- Lutte chimique

Les fongicides anti-Botrytis utilisés en végétation ont largement évolué depuis le début des années 1970, où les premières matières actives apparues sur le marché français pour lutter contre la pourriture grise furent le folpel, le captafol, l'euparène (dichlofluanide) et le thirame. Des progrès ont été réalisés dans les années 1970 avec la commercialisation des benzimidazoles, des thiophanates, et des dicarboximides à partir de 1976 (Leroux et *al.*, 1999). La plupart des fongicides affectent directement des fonctions essentielles, comme par exemple la respiration, la biosynthèse des stérols ou la division cellulaire (Leroux, 2004). La plupart des fongicides anti-Botrytis utilisés ont une action directe sur le champignon. Les substances actives comme le folpel, le thirame, le fluazinam et le dichlofluanide inhibent la respiration mitochondriale. En altérant la synthèse de l'acide désoxyribonucléique (ou ADN), l'iprodione, le procymidone, le vinchlozoline et le fludioxonil entraînent une instabilité mitotique qui conduit à une perturbation de la croissance des hyphes mycéliens. Le carbendazime, le benomyl et le thiophanate de méthyle sont également capables d'inhiber la synthèse d'ADN et perturbent la répllication et la formation de microtubules. La biosynthèse des stérols est affectée chez le champignon soumis au fenhexamide, quand celle de la méthionine est perturbée suite à l'application du pyriméthanil, du cyprodinil et du mépanipyrim (Elad et *al.*, 1992 ; Rosslénbroich et Stuebler, 2000).

III. 8.3- Lutte biologique

La lutte biologique a pour principe d'utiliser des micro-organismes antagonistes, champignons filamenteux, levures et bactéries, 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 *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 (Tableaux 5).

Tableau 5 - Exemple de produits de lutte biologique commercialisés dans le monde pour la lutte contre *Botrytis cinerea* (d'après Elad and Stewart, 2004 ; Fravel, 2005)

Nom de produit	Antagoniste	Utilisation
Trichodex	<i>Trichoderma harzianum</i>	En vignes et cultures sous serre
Binab	<i>Trichoderma. h</i> et <i>Trichoderma polysporum</i>	Culture de fraise
Mycostop	<i>Streptomyces griseoviridis</i>	En serre sur concombre, tomate, poivron, laitue et plantes ornementales
Plantshield	<i>Trichoderma harzianum</i>	Culture sous serre
Botry-Zen	<i>Ulocladium oudemansii</i>	Vignes
Aspire	<i>Candida oleophila</i>	Fruits après récolte
Yield Plus	<i>Cryptococcus albidus</i>	Fruits après récolte
Bio-save	<i>Pseudomonas syringae</i>	Fruits après récolte
Serenade	<i>Bacillus subtilis</i>	Cultures sous serre et de plein champ

Partie expérimental

Chapitre I :

Matériels et méthodes

I- Matériels

1. Le site expérimental

Notre expérimentation s'est déroulée dans la serre de l'université 8 mai 1945 dans des conditions contrôlées, avec une température comprise entre de 25 à 26 C°, humidité de 80% et éclairage naturel complété d'un apport artificiel durant la journée.



Fig.12-vue générale de la serre de la pépinière (Univ de 8 mai 1945 Guelma).

2-Le matériel végétal

Le matériel végétal utilisé concerne une variété 532 F1 de l'espèce *Lycopersicon esculentum*.

Le semis est effectué en pépinière 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 jusqu'au stade 3/4 feuilles où le repiquage est effectué. Après un mois 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. Tous les trois jours, les plantes sont arrosées, au début par de l'eau distillée, puis avec la solution nutritive de Hoagland diluée au 1/1000^{ème} et ramenée à 30% de la capacité de rétention (annexe II) du substrat durant le premier mois, ensuite à 60% de la CR le 2^{ème} mois. Elle se compose d'un ensemble de solutions mères de microéléments et de macroéléments, rapportées dans l'annexe 1. Au bout de 60 jours suivant la transplantation, les plantes sont soumises aux traitements : salinité-Botrytis.

Afin de provoquer un stress salin, nous avons choisi le NaCl comme sel soluble. Nous avons utilisé pour nos tests des concentrations qui peuvent aller jusqu'à une salinité de 17g NaCl/l (300

meq.l⁻¹). Les concentrations en NaCl de l'eau d'irrigation sont préparées à partir des résultats de conversion du meq.l⁻¹ vers le g.l⁻¹. Le témoin correspond à 0 g.l⁻¹ et le 300meq.l⁻¹ à 17g.l⁻¹ de NaCl. (annexe VI)

Tableau 6 : Composition de la solution saline.

	meq.l ⁻¹	50	100	150	300
NaCl	g/l	2,92	5,84	8,76	17,52

3. Matériel fongique

L'isolat de *B. cinerea* utilisé dans cette étude a été échantillonné en 2016 à partir de feuilles de tomate présentant des symptômes de pourriture grise (annexe IV). L'isolat provenant de serres localisées dans la plaine du Nord-Ouest algérien « Mostaganem ». Cet isolat a été monosporee et est conservée sous forme de suspensions de spores concentrées (>10⁹ spores/ml) dans le glycérol.

II- Méthodes

1. Préparation de l'inoculum

L'isolat *B. cinerea* est cultivé sur le milieu PDA (annexe III) quinze jours à l'obscurité et à 25°C afin de favoriser la croissance mycélienne. La surface chargée de spores est alors raclée stérilement à l'aide d'une spatule métallique, le mycélium et les spores sont mises en suspension dans l'eau distillée stérile, puis agités pendant 5min. La suspension est filtrée pour séparer les spores des fragments mycéliens.

Enfin la concentration conidienne est déterminée au moyen d'une cellule de Malassez. Après le comptage, la suspension sporale est ajustée avec de l'eau distillée stérile de façon à avoir une concentration finale de 10⁹ spores par mL.

2. Inoculation

Deux types de traitement ont été réalisés: un traitement salin (3 jours avant l'inoculation) et un traitement par l'inoculation avec une suspension de 10⁹ spores/ml sur la surface foliaire des plants à raison de 40 ml par pot. Les témoins sont traités avec de l'eau distillée stérile.

3. Notation des symptômes

Les symptômes caractéristiques « pourriture grise » sont visibles sur la face supérieure des feuilles après l'inoculation par le *B. cinerea*.

3.1. Indice de sévérité

Après l'inoculation, les indices de sévérité de la maladie sont déterminés chaque trois jour à partir des pourcentages de surface foliaire malade selon l'échelle de Notteghem et *al.*, (1980) :

Note Xi	Surface foliaire malade (%)
0	0
1	0,05
2	0,5
3	1,5
4	3,5
5	7,5
6	17,5
7	37,5
8	62,5
9	87,5

$$Is (\%) = \frac{\sum XI \cdot \frac{i}{9Nt}}{i}$$

Is : Indice de sévérité de la maladie

Xi: Sévérité de la maladie

ni: Nombre de plantes de sévérité i

Nt: Nombre total de plantes observées

3.2. Paramètres agronomiques

Cette étude a été menée pour évaluer l'influence de la salinité et *Botrytis cinerea* sur la croissance Végétative de la plante.

- ✓ **La longueur** : on enlève la plante du pot et on procède à la mesure de la longueur de la partie aérienne avec un mètre ruban
- ✓ **Biomasse fraîche** les plantes ont été prélevées puis une séparation des parties aériennes a été effectuée, et son masse de matière fraîche a été déterminée à l'aide d'une balance de précision.
 - ✓ **Biomasse sèche** : les parties aériennes des plantes ont été placés dans l'étuve à 105°C pendant 24h pour déterminer le pois sec à l'aide d'une balance de précision.
- ✓ **Teneur en eau** : La teneur en eau de toute la plante est la différence entre le poids frais et le poids sec. Cette différence est exprimée en pourcentage par rapport à la matière fraîche selon la formule suivante

$$TE = (PF - PS) \times 100 / PF$$

TE: teneur en eau des plants (en %)

PF : poids frais juste après récolte (en g)

PS: poids sec après séchage à l'étuve (en g)

3.3. Traitement statistique des résultats

Afin de déterminer la significativité des traitements appliqués sur les différents paramètres étudiés, nous avons procédé à une analyse de la variance et à la comparaison des moyennes pour déduire la différence entre le témoin et les différentes concentrations en utilisant le logiciel : SPSS _ Test Post Hoc_ (annexe V)

Chapitre II :

Résultats et discussion

I- Résultats

I.1. Indice de sévérité

I.1.1. Effet de *Botrytis cinerea*

Les résultats de la figure 13 montrent que cet isolat fongique est capable de provoquer la pourriture grise lorsqu'elle est inoculée aux feuilles de tomate 23 jours après l'infection. C'est à cette période que nous considérons que le pathogène est sorti de son période de latence.

L'indice de sévérité de la pourriture grise calculé a été enregistré 17.94% après 23 jours d'inoculation et 26.22% après 26 jours d'inoculation. Toutefois, au-delà de 29 jours, l'indice de sévérité est relativement faible (28.98%).

Au contraire, *Botrytis cinerea* peut subir des facteurs d'agressivité qui peuvent faire augmenter la maladie au cours du temps.

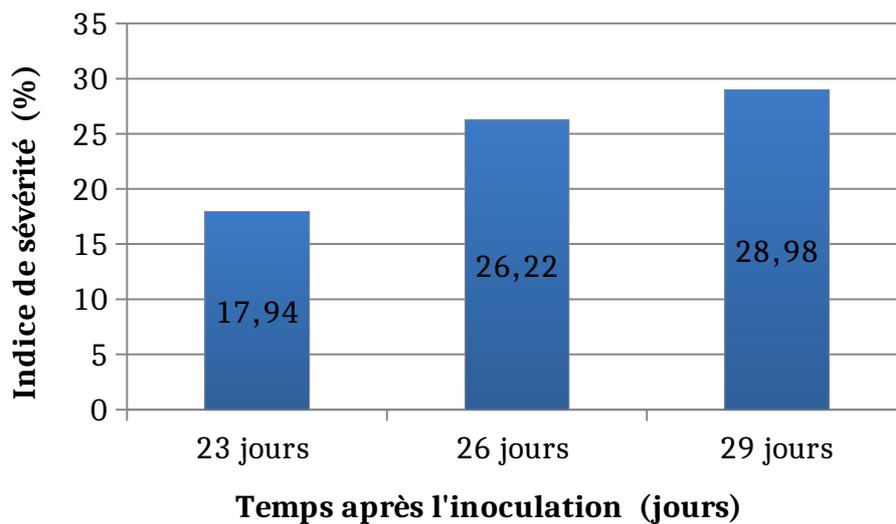


Fig.13 : L'indice de la sévérité sur la tomate inoculée par *Botrytis cinerea*

I.1.2. Effet de la salinité

Le résultat de la figure 14, montre qu'au bout de 23 jours de traitement salin, toutes les concentrations de NaCl testés montrent des effets comparables à celle de témoin non traité.

L'effet de NaCl sur le comportement de tomate se traduit par une augmentation de la maladie. Ainsi, pour la concentration de 50 meq.l⁻¹, la sévérité de la maladie de cette variété augmente par rapport aux concentrations 100 et 150 meq.l⁻¹. Pour la dose de 300meq.l⁻¹ de NaCl, la sévérité de la maladie de la plante augmente près de 30 % par rapport au témoin. Nous avons observé une variabilité relativement importante entre les quatre concentrations que nous avons

Étudiées pendant cette expérience. Il est à noter qu'au cours du temps, le NaCl induit une augmentation de l'indice du jaunissement par rapport au témoin.

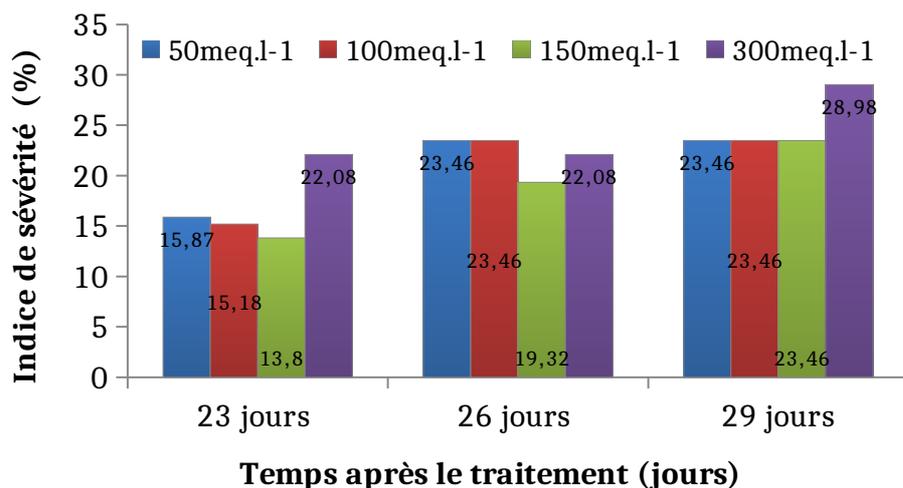


Fig.14 : effet de la salinité (Indice de sévérité) sur la tomate

I.1.3. Effet combiné de la salinité et *Botrytis cinerea*

L'effet du NaCl sur le développement de la pourriture grise sur les plants de tomate est variable et augmente en fonction de la dose évaluée. Elle varie également en fonction du temps d'incubation des tomates traitées et inoculées (Fig. 15).

Après 23 jours de traitement, l'évolution de la sévérité de la plante inoculée et soumise au NaCl 28.98% ,52.4% et 55.2%, respectivement pour 100, 150 et 300 meq.l⁻¹, montre que la salinité stimule l'effet du pathogène par rapport à celle liée à l'effet unique par *Botrytis cinerea*.

Après de 26 jours de traitement, les résultats obtenus, montrent que la variété 532F1 réagit à l'action combinée de la salinité et *Botrytis* par une augmentation de l'indice de sévérité par rapport au témoin. Le pourcentage d'augmentation est de 67.62%, 66.24%, 75.9% et 82.8%, respectivement pour les concentrations 50, 100, 150 et 300meq.l⁻¹. En effet et au bout de 29 jours, pour les concentrations comprises entre 50 et 300 meq.l⁻¹, les pourcentages de d'augmentation sont de 71.7, 70.3, 75.9 et 89.7 %.

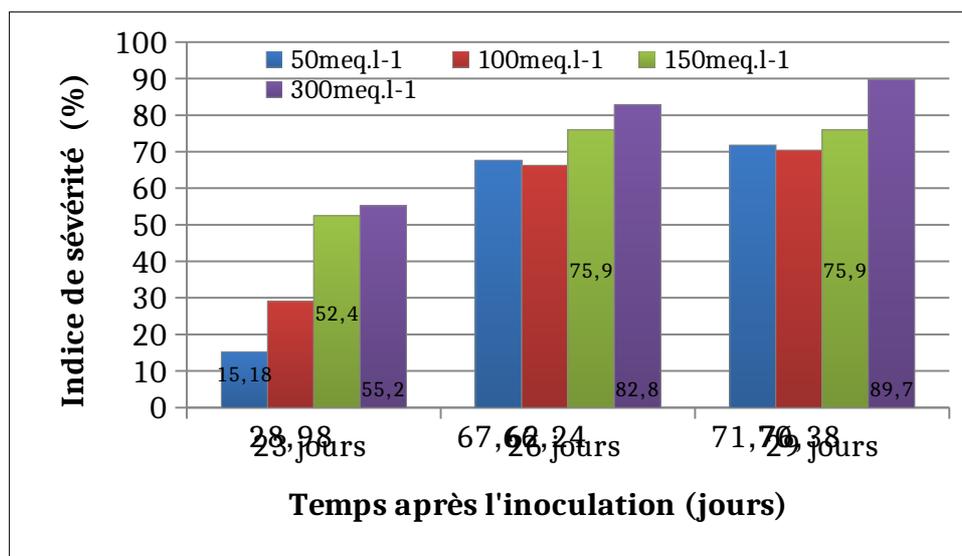


Fig.15- Indice de sévérité sur la tomate soumise à l'effet combiné de la salinité et *Botrytis cinerea*

I.2. La taille

I.2.1. Effet de *Botrytis cinerea* sur la taille de la plante

Après six semaines d'inoculation par *Botrytis cinerea*, les plantes du génotype 532F1, montrent une augmentation de la taille 49.8 % par rapport au témoin

Les résultats de cette étude suggèrent fortement une réponse active impliqués dans la stimulation de la résistance chez la tomate par *B. cinerea*. L'analyse montre une grande différence significative ($P = 0,004$).

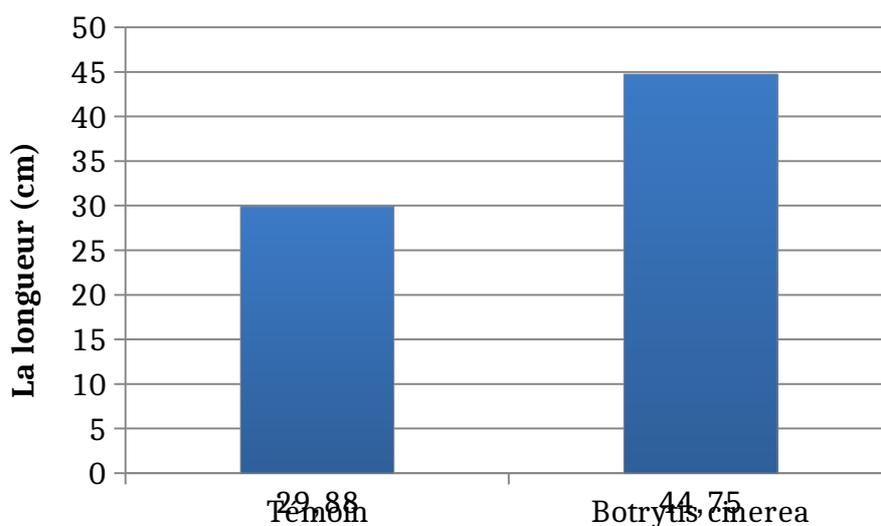


Fig.16 : Effet de *Botrytis cinerea* sur la taille de la plante

I.2.2. Effet de la salinité sur la taille de la plante

La taille de la plante croît avec un pourcentage de 0.56 et 10.62% respectivement pour les concentrations de 100 et 150 meq.l⁻¹ par rapport au témoin (fig.17). Aux concentrations salines de 50 et 300 meq.l⁻¹ de NaCl, la taille de la plante a diminué respectivement de 2.79 et 32.96 % par rapport au témoin. L'analyse montre une grande différence significative (P = 0,008).

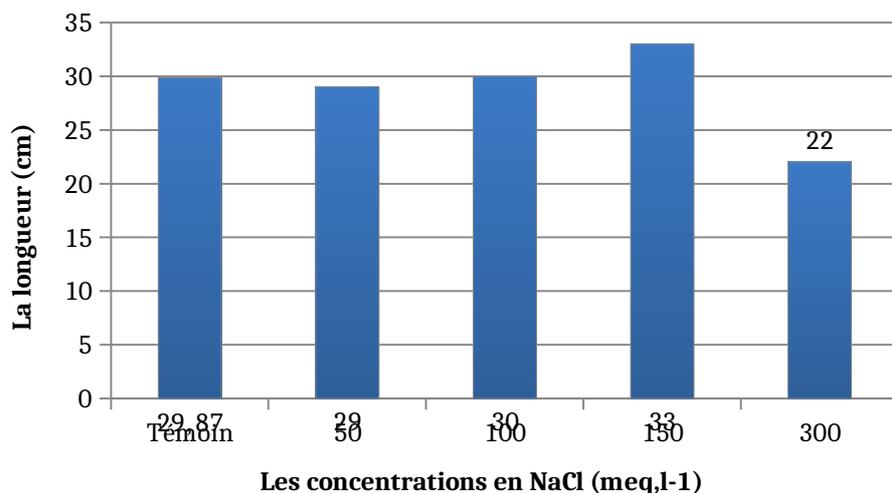


Fig.17 : Effet de la salinité sur la taille de la plante

I.2.3. Effet combiné de la salinité et *Botrytis cinerea* sur la taille de la plante

Les résultats de la Fig.18, montrent, que la taille des tiges sous l'effet unique de la salinité est de 29, 30, 33 et 22 cm/plant respectivement pour 50, 100, 150 et 300 meq.l⁻¹. Ce paramètre enregistre 31.5, 34.25, 38.87 et 27 cm/plant sous l'effet combiné de *Botrytis* avec la salinité.

Pour cette variété, l'évolution de la taille de la plante inoculée et soumise à NaCl, montre que *Botrytis cinerea* stimule la réaction de tomate comparativement au témoin.

L'analyse montre une grande différence significative (P = 0,0007).

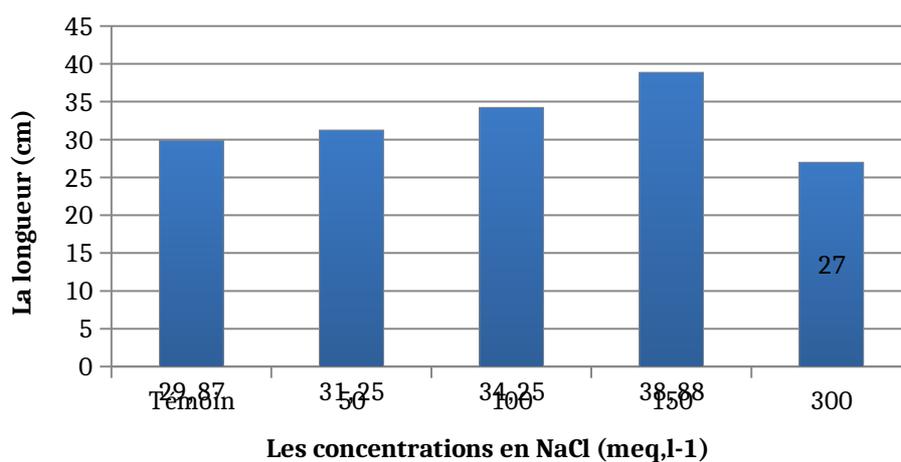


Fig.18 : Effet combiné de la salinité et *Botrytis cinerea* sur la taille de la plante

I.3. La biomasse fraîche

I.3.1. Effet de la salinité sur la biomasse fraîche de la plante

L'effet du NaCl entraîne une inhibition importante de la biomasse fraîche (Fig. 19). Pour 532 F1, cette inhibition est de l'ordre de 24.9, 13.85 et 14.75 % respectivement aux concentrations de 50, 100 et 300 meq.l⁻¹ en NaCl. En termes de concentration saline, c'est la dose de 300 meq.l⁻¹ qui correspond au plus grand pourcentage d'inhibition.

Néanmoins, il est important de noter que la dose 150 meq.l⁻¹ entraîne un accroissement significatif de la biomasse fraîche par rapport au témoin, accroissement est de 13.11%. Dans ce cas, il n'y a pas de différences significatives de la biomasse fraîche ($p > 0.05$).

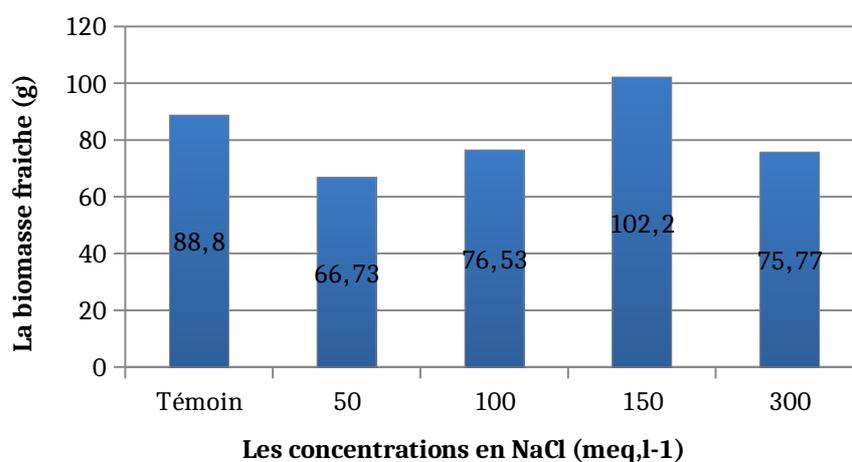


Fig.19 : Effet de la salinité sur la biomasse fraîche des plantes de tomate.

I.3.2. Effet de *Botrytis cinerea* sur la biomasse fraîche de la plante

Les résultats de la figure 20 montrent qu'en absence de sel, l'infection par *Botrytis cinerea* à 10^9 spores.ml⁻¹ permis d'accroître la biomasse fraîche de la plante. Cet accroissement est de l'ordre de 51.72 % par rapport au témoin. L'analyse montre une différence significative (P = 0,002).

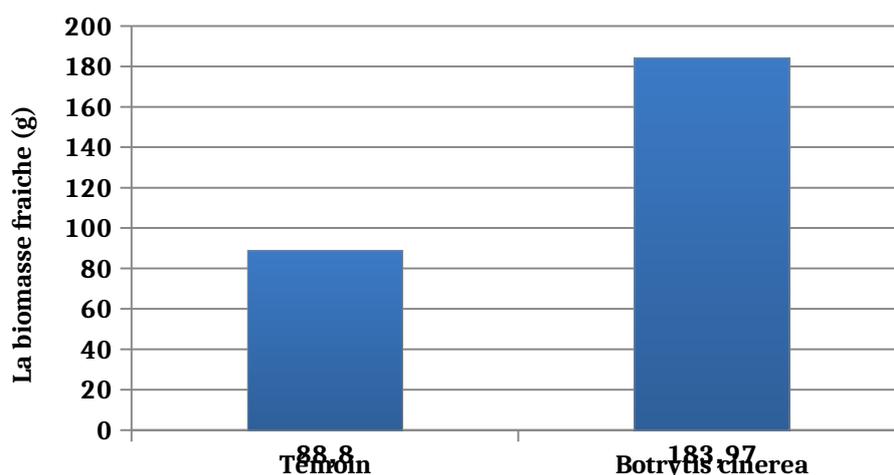


Fig.20 : Effet de *Botrytis cinerea* sur la biomasse fraîche des plantes de tomate

I.3.3. Effet combiné de la salinité et *Botrytis cinerea* sur la biomasse fraîche de la tomate

Les résultats de la Fig.21, montrent, que la biomasse fraîche sous l'effet unique de la salinité est de 66.7, 76.5, 102.2 et 75.7 g/plant respectivement pour 50, 100, 150 et 300 meq.l⁻¹. Ce paramètre enregistre 88.1, 101.8, 121.8 et 84.8 g/plant sous l'effet combiné de *Botrytis* avec la salinité.

Autrement dit, pour cette variété, *B.cinerea*, favorisa la stimulation de la réponse éco-physiologiques de la plante. L'analyse montre une différence significative (P = 0,05).

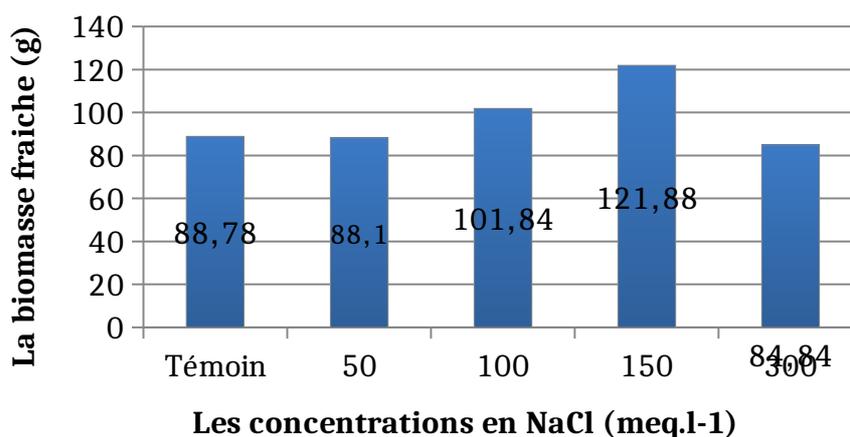


Fig. 21 : Effet combiné de la salinité et *B. cinerea* sur la biomasse fraîche de la tomate

I.4. Biomasse sèche

1.4.1. Effet de *Botrytis cinerea* sur la biomasse sèche de la plante

En absence de sel, les résultats de la figure 22, montrent que les plantes inoculées par la suspension de 10^9 spores.ml⁻¹ ont réagis par une augmentation significative de la biomasse sèche. Cet accroissement est de l'ordre de 49.83 % par rapport au témoin. L'analyse montre une grande différence significative ($P = 0,005$).

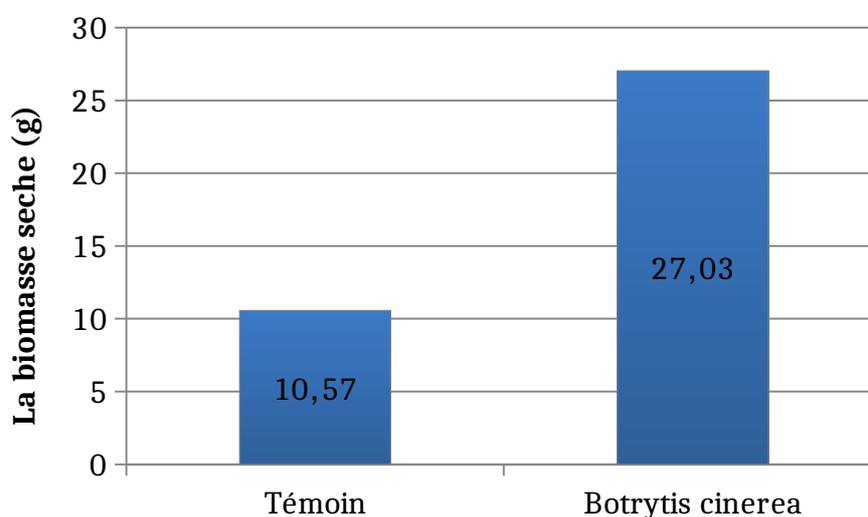


Fig.22 : Effet de *Botrytis cinerea* sur la biomasse sèche de la plante

1.4.2-Effet de la salinité sur la biomasse sèche de la plante

Les analyses des résultats (fig.23) montrent que le NaCl, provoque une réduction de la biomasse sèche au fur et à mesure que la concentration en sel est élevée. Le pourcentage

d'inhibition de la biomasse atteint 13.47, 12.64 et 20.88 % respectivement à 50, 100 et 300 meq.l⁻¹ de NaCl, à l'exception toutefois de la concentration 150 meq.l⁻¹ pour laquelle une augmentation de 6.17% est observée. Dans ce cas, aucune différence significative n'est observée par rapport à la biomasse sèche ($P \geq 0,05$).

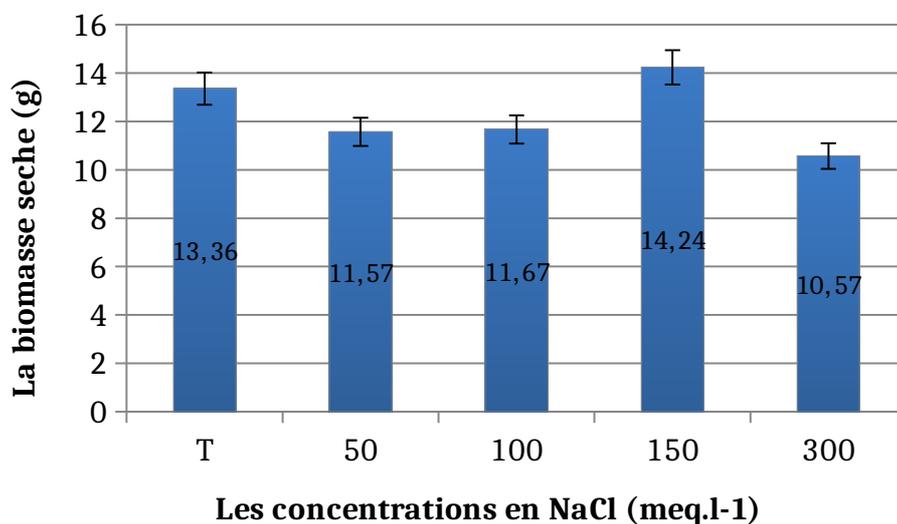


Fig.23- Effet de la salinité sur la biomasse sèche de la plante

1.4.3- Effet combiné de la salinité et *Botrytis cinerea* sur la biomasse sèche

Les analyses des résultats (fig.24) montre que l'effet combiné de la salinité et *Botrytis cinerea*, provoque une augmentation de la biomasse sèche atteint 16.87 et 24.84 % respectivement à 100 et 300 meq.l⁻¹ de NaCl. Au contraire, pour les concentrations de 50 et 300 meq.l⁻¹, la biomasse sèche racinaire diminue de 5.29, 21.05% par rapport au régime non salin. L'analyse montre une grande différence significative ($P = 0,001$).

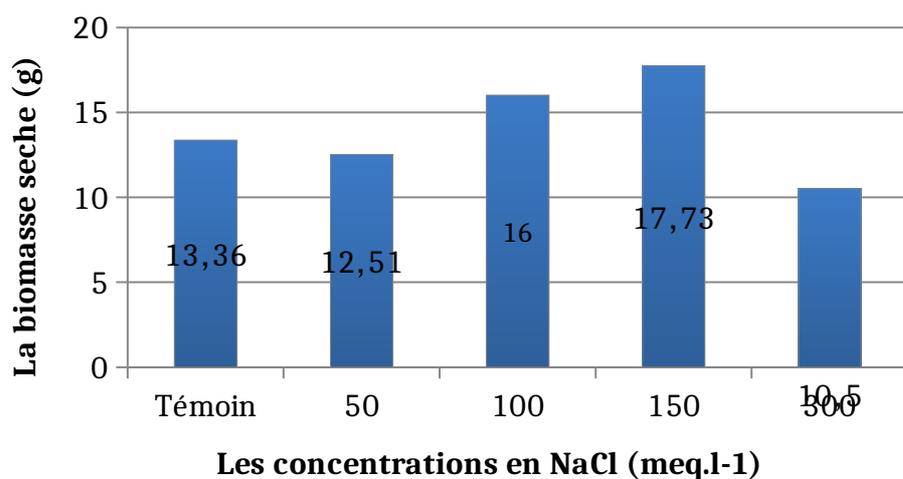


Fig. 24 : Effet combiné de la salinité et *Botrytis cinerea* sur la biomasse sèche

1.5. La teneur en eau

1.5.1. Effet de *Botrytis cinerea* sur la teneur en eau de la plante

Après six semaines d'inoculation par *Botrytis cinerea*, les plantes du génotype 532F1, montrent une diminution de la teneur en eau de la plante 1.45 % par rapport au témoin (fig.25). Dans ce cas, aucune différence significative n'est observée par rapport à la teneur en eau ($P \geq 0,05$).

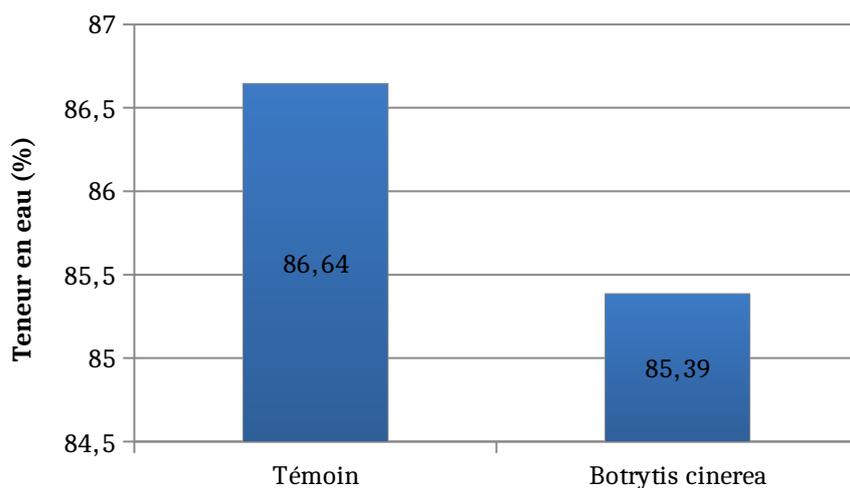


Fig.25 : Effet de *Botrytis cinerea* sur la teneur en eau de la plante

1.5.2. Effet de la salinité sur la teneur en eau de la plante

Les analyses des résultats (fig.26) montre que l'effet de la salinité provoque une diminution de la teneur en eau de la plante atteint 0.15, 1.85 et 4.17 % respectivement à 50, 100 et 150 meq.l⁻¹ de NaCl. Au contraire, pour les concentrations de 300 meq.l⁻¹, la teneur en eau de la plante augmente de 0.34% par rapport au régime non salin. L'analyse montre une grande différence significative (P = 0,002).

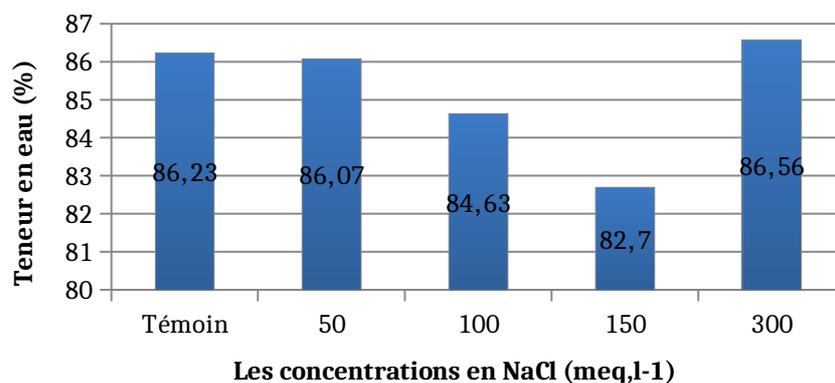


Fig.26 : Effet de la salinité sur la teneur en eau de la plante.

1.5.3. Effet combiné de la salinité et *Botrytis cinerea* sur la teneur en eau de la plante

Les analyses des résultats (fig.27), montre que l'effet de la salinité et *Botrytis cinerea*, provoque une augmentation de la teneur en eau de la plante atteint 0.93, 0.81 et 1.62 % respectivement à 50, 150 et 300 meq.l⁻¹ de NaCl. En effet, pour les concentrations de 100 meq.l⁻¹, la teneur en eau de la plante diminue de 0.58% par rapport au régime non salin. Effet de *Botrytis cinerea* sur la teneur en eau de la plante n'induit pas de changement significatif (P ≥ 0,05).

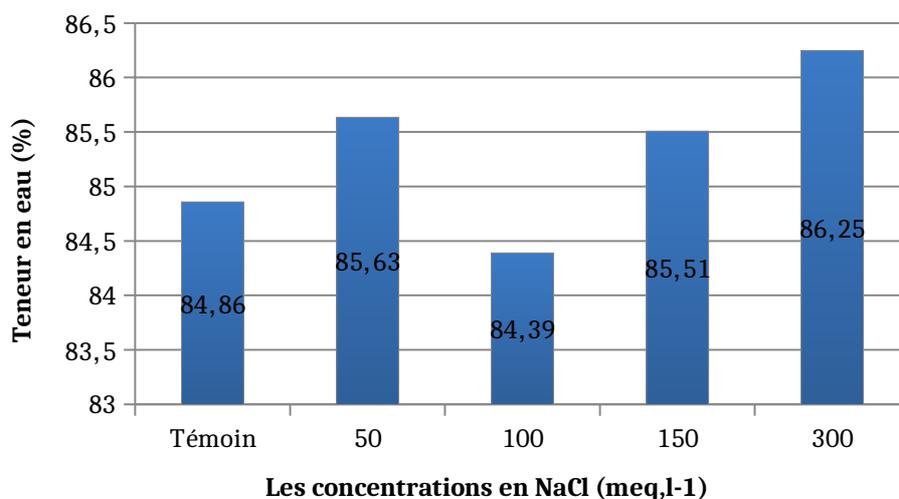


Fig.27 : Effet combiné de la salinité et *Botrytis cinerea* sur la teneur en eau de la plante

Discussion

Les cultures sont confrontées à de nombreuses contraintes qui affectent aussi bien le rendement que la qualité des fruits. Les stress abiotiques de sécheresse et de salinité qui caractérisent les régions arides et semi-arides sont des facteurs supplémentaires qui peuvent amplifier et/ou réduire les maladies fongiques par un effet direct sur la plante et/ou le pathogène (Ayres, 1984).

La culture de tomate représente le groupe de légume le plus important du marché national. Elle est cultivée aussi bien dans les zones littorales que les régions du sud de l'Algérie. En effet, cette culture est confrontée à des contraintes biotiques et abiotiques qui affectent aussi bien le rendement que le calibre des fruits. L'effet de la salinité peut également constituer un facteur d'amplification de la sensibilité des tomates aux maladies d'origine fongique principalement la fusariose (Standaert, 1978), la verticilliose (Afailal 1987, Besri, 1990) et la pourriture racinaire due à *Phytophthora parasitica* (Swiecki & Mac Donald, 1991).

L'étude *in vivo* d'un isolat de *B. cinerea* montre que l'évolution de l'agent pathogène sur les feuilles de la tomate en fonction du temps a montré que la maladie de pourriture grise persiste encore sur les feuilles 23 jours après l'inoculation, une durée qui s'avère plus ou moins longue pour que le champignon doive traverser la cuticule couvrant les parties aériennes herbacées de la plante, sur laquelle une couche supplémentaire de cires est déposée à l'extérieur. Après la pénétration et pendant l'invasion, le pathogène doit obtenir son nourriture à partir de la plante et neutraliser les réactions de défense de cette plante. Toutes ces activités sont accomplies par l'intermédiaire de forces mécaniques et/ou de sécrétions chimiques.

Le phénomène de latence, pendant lequel le champignon cesse son développement, peut être expliqué par l'accumulation rapide de composés antifongiques produit par la plante après infection par *Botrytis cinerea* (Nyerges, 1971; Blaich et al., 1982).

La sévérité de la maladie est faible après un mois d'inoculation 28.98%. Dans ce cas, une résistance peut être induite localement ou elle peut être systémique causée par cet agent pathogène. Cette résistance peut s'établir de différentes façons chez la plante: morphologiques physiologiques et biochimiques.

L'ensemble des isolats naturels de *B. cinerea* ne présentent pas le même niveau d'agressivité sur une même plante hôte. Decognet et al., (2009) ont également remarqué une variation d'agressivité de 17 souches de *B. cinerea* sur la tomate. Sur vigne, 9 isolats sur 44 testés ne sont pas capable d'attaquer des feuilles de vigne en conditions contrôlées de laboratoire (Mirzaei et al., 2009).

Au cours de leurs évolutions, les plantes ont toujours pu se protéger contre les agents pathogènes grâce à un système de défense complexe impliquant des défenses constitutives et/ou induites suite à leurs interactions avec les agents pathogènes (Jones et Dangl, 2006).

Le développement de *B. cinerea* est dépendant des conditions environnementales. De façon générale, les fortes humidités relatives, la présence d'eau à la surface des feuilles et des températures modérées la disponibilité en nutriments dans le milieu sont les principaux facteurs reconnus comme favorisant le développement de la pourriture grise (Blakeman, 1980 ; Jarvis, 1992).

Dans ce cas, la qualité de l'eau d'irrigation joue un rôle non négligeable par rapport à cette interaction qu'il faut prendre en compte. En effet, suite aux irrigations successives, une accumulation de sels dans la solution du sol accroît la croissance du mycélium du parasite dans les tissus de la plante via la circulation de la sève.

La colonisation des plantes par l'agent pathogène en présence de salinité est étudiée par plusieurs auteurs notamment : Mac Donald (1984) sur le couple *Phytophthora cryptogea*-*Chrysanthemum*, de Afailal (1987) sur le couple *Verticillium*-tomate et Benyahia (1998) sur le couple *Phytophthora parasitica*-agrumes. Ces auteurs montrent que l'augmentation de la salinité du milieu favorise une colonisation plus intense des plantes par l'agent pathogène. Dans ce cas, la salinité semble diminuer la tolérance des cultures pour un large éventail de champignons

Pour revenir à la sensibilité ou la tolérance de la tomate, il est important de noter qu'il existe une similitude entre les effets propres de la salinité, ceux propres de l'infection par *Botrytis* et ceux liés à l'interaction salinité-*Botrytis*.

Dans notre cas, la combinaison salinité-*Botrytis* se manifeste par une amplification de la maladie (sévérité de la maladie). Ces résultats concordent avec ceux de Benyahia (1998), qui a montré que la croissance et la production de sporanges chez *Phytophthora citrophthora* et *Phytophthora parasitica* sont exacerbées par la présence de NaCl dans le sol et dans les eaux d'irrigation. Dans ce cas, Regragui (2005), trouve les mêmes résultats pour la tomate infecté par le *Verticillium*.

L'influence de la salinité dans l'eau d'irrigation s'est manifestée par une augmentation de la sévérité de la maladie (jaunissement).

La salinité est un phénomène complexe comportant un stress osmotique due à la diminution des quantités d'eau dans la rhizosphère (Jagesh et *al.*, 2009), qui provoque une réduction de l'appétit des plantes à absorber l'eau (Khalova et *al.*, 2009).

L'accumulation du sodium se produit dans les plantes cultivées en conditions salines, et les feuilles sont plus vulnérables que les racines car ce dernier s'accumule d'avantage dans les feuilles, et entraîne un déséquilibre ionique, des symptômes de carence et perturbation de métabolites (Tester et Davenport, 2003)

Sur le plan morphologique, les résultats révèlent un effet dynamogène de *B.cinerea* sur la taille et sur la biomasse sèche de la tomate. Contrairement aux ces paramètres, *B.cinerea* provoque une diminution de la biomasse fraîche. En conséquence, la plante réagit par le biais d'une série de changements morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires en fonction de son espèce et de sa variété. Selon les variétés, cette réaction peut s'exprimer par un développement ou une régression de l'appareil foliaire (Beye et Lafay, 1985). Androusse (2006), a montré que la croissance racinaire des plantules est réduite en moyenne de plus de 50% par rapport au témoin sous l'effet de l'inoculation par *Pythium*.

Ceci concerne aussi bien la salinité, l'augmentation de NaCl affecte le poids frais que leurs poids sec. Les observations de Babas (1985), sur les variétés Vémone et Carmello ainsi que celles d'Amor (1991) sur trois autres variétés de tomate collectées dans les régions présahariennes marocaines, montrent une baisse de la croissance sous l'effet de la salinité du milieu. D'autres travaux (Ashraf et Rasul, 2006), indiquent que la salinité réduit la biomasse fraîche et sèche de la plante Cette réduction concerne aussi le développement des cosses, le rendement de la semence et les composantes du rendement. Il a été également remarqué une réduction de la densité des stomates (Omami, 2005). La réduction de la croissance de l'appareil végétatif aérien exprime la capacité d'adaptation nécessaire à la survie des plantes exposées à un stress abiotique (Zhu, 2001).

D'un point de vue physiologique, l'effet de la salinité et/ou *B.cinerea* sur la plante est essentiellement variable avec la concentration saline. Dans cette étude, nous avons constaté que l'effet du NaCl et *B.cinerea* entraîne une diminution de la teneur en eau de la plante. Ces résultats sont confirmés par plusieurs travaux. (Asegawa et al., 2010, Fricke et al., 2002 ; Albouchi et al., 2003). Ces manifestations peuvent être également liées au phénomène d'ajustement osmotique, caractérisé par la diminution du potentiel hydrique. Il s'ensuit qu'une augmentation brutale de la salinité se traduit par une réduction immédiate de la croissance foliaire. Celle-ci est associée à une baisse de la turgescence, elle-même liée à la diminution du gradient du potentiel hydrique entre les tissus de la plante et la solution du sol.

Conclusion

Conclusion générale

La production des cultures est souvent soumise à des attaques par plusieurs agents pathogènes provoquant des maladies qui affectent le développement et la croissance des plantes et se répercutent sur leurs rendements. La plupart de ces agents pathogènes développent des relations spécifiques avec les plantes hôtes en fonction des conditions environnementales.

Dans cette étude, nous avons abordé l'effet de la salinité sur la sensibilité de tomate à l'attaque de *Botrytis*. Dans ce cas, la tomate n'est pas seulement soumise aux effets isolés de la salinité et de *Botrytis* mais aussi à l'effet de leur combinaison.

Les résultats obtenus dans des conditions contrôlées a permis de conclure que l'irrigation des plants de tomate avec des eaux en concentration croissante de NaCl favorise en conséquence le développement de la maladie. Par la suite, l'étude de l'interaction entre la salinité et *B.cinerea* a montré des modifications liées au développement foliaire exprimées par des diminutions en taille et en biomasse. Ces perturbations pourraient être expliquées par une plus grande sensibilité de la plante à l'interaction qu'aux effets isolés.

À la lumière des données expérimentales obtenues, il apparaît important d'étendre les résultats au terrain par des mesures qui permettent d'assurer un milieu favorable au développement des cultures. Ces mesures doivent prendre en compte non seulement l'étude, comme pratiquée habituellement, de la tolérance des variétés à la salinité mais également l'effet de cette dernière sur le développement des principales maladies des cultures.

Références bibliographiques

- Abdelly C.**, 2006- Caractérisation des halophytes pour le dessalement des sols salins et le traitement des eaux salines. Rapport d'activités 2007. Centre de biotechnologie à la technopole de Borj-Cedria, Tunisie, pp. 28- 31.
- Agrios, G.N.**, 1988-Plant Pathology.3e éd.Academic Press, New-York.803 pp.
- Agrios, G.N.**, 2005-Plant Pathology. 5th ed. Elsevier Academic Press, USA UK.
- Ajouz, S.**, 2009-Estimation du potentiel de résistance de *Botrytis cinerea* à des biofongicides. PhD. Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, Avignon, France, 198 p.
- Allakhverdiev. S.I., A.Sakamoto,Y.Nishiyama, M.Inaba, and N. Murata.**,2000-Ionic and osmotic effects of NaCl-induced in activation of photosystems I and II in *Synechococcus* sp.,” Plant Physiology,vol.123,no.3,pp.1047–1056,.
- Allen G. J., Muir S. R. and Sander-, D.**, 1995 - Release of Ca² from individual plant
- 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.
- 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.**, 2011-Genomic analysis of the necrotrophic fungal pathogens *Sclerotinia sclerotiorum* and *Botrytis cinerea*.Plos Genetics 7 (8).
- Amtmann, A., et Leigh, R.**, 2010-Ion homeostasis.Chap. 12. Dans Abiotic stress adaptation in plants: Physiological, molecular and genomic foundation. Sous la direction de *A. Pareek*, S.K. Sopory, H.J. Bohnert et Govindjee. p. 245–262.antiporters in the salt stress response. Plant J. 30: 529–539p.York.
- Apel, K. and Hirt, H.** (2004) Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. Annual Review of Plant Biology Vol. 55, pp. 373-399.
- Apse, M.P., Aharon, G.S., Snedden, W.A., and Blumwald, E.**, 1999-Salt tolerance conferred by overexpression of a vacuolar Na⁺/H⁺-antiport in Arabidopsis. Science, 285(5431):1256–1258. doi:10.1126/science.285.5431.1256. PMID:10455050.
- Arora., Jayant S Bhat., Amish Kumar Sureja., 2009-** Effect of salt stress on cucumber: Na⁺/K⁺ ratio,osmolyte concentration, phenols and chlorophyll content Acta Physiol .Plant 32:103–114 DOI 10.1007/s11738-009-0385-1.
- Ayres PG. 1984.** The interaction between environmental stress, injury, and biotic disease physiology. Annual Review in Phytopathology 22: 53–75.
- Bartels, D., and Sunkar, R.**, 2005-Drought and salt tolerance in plants.Crit. Rev. Plant Sci. 24(1) : 23–58. doi:10.1080/ 07352680590910410.
- Bekhouche H.**, 1992-Etude de la germination de quelques lignées de pois chiche soumis à la salinité, croissance, anatomie des racines. Thèse D.E.S. Biol. Université d'Oran. 68 P.

- Bernstein, L.** 1975. Effects of salinity and sodicity on plant growth. *Ann. Rev. Phytopathol.*, 13 : 295-312.
- Besri, M. and Afailal, A.,** 1993. Effect of water salt content on the development of *Verticillium* wilt on resistant tomato cultivars. Proceedings of the 6th International Congress of Plant Pathology, July 28-August 6, Montréal, Canada.
- Blaich, R., Bachmann, O.,** and Stein, U. Causes biochimiques de la résistance de la vigne à *Botrytis cinerea*. *Bulletin de l'OEPP* 12(2), 1982. 167-70.
- 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, connaître, maîtriser. Quae éditions. pp. 679.
- Blumwald, E., Aharon, G.S., and Apse, M.P.,** 2000-Sodium transportin plant cells. *Biochim. Biophys. Acta*, 1465(1-2) : 140-151. doi:10.1016/S0005-2736(00)00135-8. PMID:10748251.
- Bondoux, P.,** 1992-Maladies de conservation des fruits à pépins: pommes et poires. INRA. Paris, France. 173 p.
- Boumaaza B, Benkhelifa M, and Belkhoudja M.,** 2015^a-Effects of Two Salts Compounds on Mycelial Growth, Sporulation, and Spore Germination of Six Isolates of *Botrytis cinerea* in the Western North of Algeria. Hindawi Publishing Corporation International Journal of Microbiology Volume 2015, Article ID 572626, 8 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2015/572626>.
- Boumendjel M. & Boutebba A.,** 2001-Effet des traitements thermiques sur les antioxydants de la tomate. *Synthèse (Annaba)* 11:78-85.
- Boyer, J.S.,** 1982-Plant productivity and environment. *Science*, 218: 443-448.
- Bozouk S.,** 1981-Effects of kinetine and salinity on germination of tomato barley and cotton seeds. *Annals of Botany* 48 : 81-84, in Abstract 8632, 51 (11).
- Brosché M., Merilo E., Mayer F., Pechter P., Puzõrjova I., Brader G., et al.,** (2010). Natural variation in ozone sensitivity among *Arabidopsis thaliana* accessions and its relation to stomatal conductance. *Plant Cell Environ.* 33 914-925 10.1111/j.1365-3040.2010.02116.
- Chartzoulakis K., Klapaki G.,** 2000- Response of two green house pepper hybridsto NaCl salinity during different growth stages. *Sci. Hortic.* 86, 247-260.
- 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.
- CPVQ (Conseil des Productions Végétales du Québec)1985-**Petits fruits. Culture. Agdex 230/20. Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec, Québec. 35 pages.

- D'Arcy W.G.**, 1991-The Solanaceae since 1976, with a review of its biogeography. In J.G. Hawkes, R.N. Lester, M. Nee, N. Estrada-R, Solanaceae. 111 Taxonomy. Chemirtry Evolution. Pub. Royal Botanic Gardens, pp. 75-137.
- De Bary, A.** (1866). Morphologie und Physiologie der Pilze, Flechten, und Myxomyceten.
- De Miccolis Angelini, R. M., Habia, W., Rotolo, C., Pollastro, S., and Faretra, F.**,2010- Selection, characterization and genetic analysis of laboratory mutants of *Botryotinia fuckeliana* (*Botrytis cinerea*) resistant to the fungicide boscalid.Eur. J. Plant Pathol. 128:185-199.
- Decognet, V., M. Bardin, Y. Trottin-Caudal, and P. C. Nicot.** 2009. Rapid change in the genetic diversity of *Botrytis cinerea* populations after the introduction of strains in a tomato glasshouse. Phytopathology 99 (2):185-193.
- Delphine et al.**, 1998-Salt tolerance and salinity effect on plants: review. Ecotoxicology and Environmental Safety.Vol. 60, 349 p.
- Dik, A.J., and Elad, Y.**, 1999-Comparison of antagonists of *Botrytis cinerea* in greenhouse-grown cucumber and tomato under different climatic conditions. European Journal of Plant Pathology 105: 123-137.
- Dik, A.J., and Wubben, J.P.**, 2004-Epidemiology of *Botrytis cinerea* diseases in greenhouses, p. 319-331, in: Botrytis: biology, pathology and control. Y. Elad, B. Williamson, P. Tudzynski and N. Delen, eds. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- 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 Seances de l'Academie d'Agriculture de France 14, 1159–68.
- Dubos B., Jailloux F. et Bulit J.**, 1982-Microbial antagonism in the control of grey mould of grapevine. EPPO Bulletin, 12, 171-175.
- Dumas, Y** 1992-Crop management for processing tomatoes in the year 2000.Acta Horticulturae 301: 117-134.
- 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.
- 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.
- Elad, Y. and Yunis, H.** (1993) Effect of microclimate and nutrients on development of cucumber gray mold (*Botrytis cinerea*). Phytoparasitica 21:257-268.

- 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. 223-241, in: *Botrytis: biology, pathology and control*. Y. Elad, B. Williamson, P. Tudzynski and N. Delen, eds. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Elad, Y., Yunis, H., and Katan, T.**, 1992-Multiple fungicide resistance to benzimidazoles, dicarboximides and diethofencarb in field isolates of *Botrytis cinerea* in Israel. *Plant Pathol.* 41:41-46.
- Elmer, P.A.G., and Michailides, T.J.**, 2004-Epidemiology of *Botrytis cinerea* in orchard and vine crops, p. 243-272, in: *Botrytis: biology, pathology and control*. Y. Elad, B. Williamson, P. Tudzynski and N. Delen, eds. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands.
- FAO** 1997, 2005, 2010, 2013-Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. Division statistique. Web. <http://faostat.fao.org/default.aspx>.
- Fernández-Ortuño, D. and G. Schnabel.**, 2012-First report of thiophanate-methyl resistance in *Botrytis cinerea* on strawberry from South Carolina. *Plant Dis.* 96:1700.
- 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.
- Flowers, T.J., Troke, P.F., and Yeo, A.R.**, 1977-The mechanisms of salt tolerance in halophytes. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 28(1) : 89–121. doi:10.1146/annurev.pp.28.060177.000513.
- Fravel, D.R** 2005-Commercialization and implementation of biocontrol. *Annual Review of Phytopathology* 43: 337-359.
- Gallais A., et Bannerot H.**, 1992-Amélioration des espèces végétales cultivées. Objectifs et critères de sélection. Ed. INRA. Paris.
- Gaxiola RA, Fink GR, Hirschi KD** (2002) Genetic manipulation of vacuolar proton pumps and transporters. *Plant Physiol* 129: 967–973.
- Gilmour SJ, Sebolt AM, Salazar MP, Everard JD, Thomashow MF** (2000) Overexpression of the *Arabidopsis* CBF3 transcriptional activator mimics multiple biochemical changes associated with cold acclimation. *Plant Physiol* 124: 1854–1865
- Glenn EP, Brown JJ, Blumwald E: Salt tolerance and crop potential of halophytes. Crit Rev Plant Sci.** 1999, **18**: 227–255.
- Gregory.B.**, 2005-Écophysiologie de semis de conifères ectomycorhizés en milieu salin et sodique .Thèse de mémoire .Université Lava Canada .Chapitre 1.

- Grime, J. P.**, 1979-Plant strategies and vegetation processes. John Wiley & Sons, Chichester.
- Groves, J. W., and Loveland, C. A.**, 1953-The connection between *Botryotinia fuckeliana* and *Botrytis cinerea*. Mycologia 45:415-425.
- 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.
- Haas D, Blumer C & Keel C.**, 2000-Biocontrol ability of fluorescent *Pseudomonas* genetically dissected: importance of positive feedback regulation. Current Opinion in [Biotechnology](#) 11:290-7.
- Hakim alilou.**, 2012- Etude phytochimique et antifongique de deux plantes du Sud du Maroc : *Asteriscus graveolens* subsp. odorus (Schousb.) Greuter et *Asteriscus imbricatus* (Cav.) DC. Thèse de doctorat es Sciences Biologiques de Université Ibn Zohr d'Agadir.215p.
- Halitim A.**, 1988-Sols des régions arides d'Algérie. Office de Publications Universitaires, Alger: 39- 40.
- Hamdy A.**, 1999-Saline irrigation and management for a sustainable use. In: Advanced Short Course on Saline Irrigation Proceeding, Agadir: 152- 227.
- Harlan J. R.**, 1987. Les plantes cultivées et l'homme, éd. ACCT/CILF/PUF, , p. 299-300.
- Hasegawa P.M et al.**, 2000:Plant cellular and molecular responses to high salinity. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 51, pp463-499.
- Hennebert GL.**, 1973-Botrytis and Botrytis-like genera. Persoonia 7: 183-204.
- Hoekstra FA, Golovina EA, Buitink J.** Mechanisms of plant desiccation tolerance. Trends in Plant Sciences.2001;6:431-438.
- Hofstetter, B.**, 1990-Nature's fungicides may banish Botrytis. New Farm, mai-juin 1990:31-32,41.
- Horie T et Schroeder JI.**, 2004 : Sodium transporters in plants. Diverse genes and physiological functions.PlantPhysiology pp2457-2462.
- 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.
- ITCMI.**, 1994-Guides pratiques. La culture de la tomate industrielle .A . Achabane, IMP Eloufak.
- Jarvis, W.R.** 1992. Managing diseases in greenhouse crops. American Phytopathological Society, St Paul, MN, 288 p.
- Jarvis, W.R.**, 1977-Botryotinia and Botrytis species: Taxonomy, Physiology, and Pathogenicity. Research Branch, Canada Department of Agriculture, Ottawa, Canada, p. 195.
- Jarvis, W.R.**, 1980-Epidemiology, p. 219-50, in: The biology of Botrytis. J. R. Coley-Smith, K. Verhoeff and W. R. Jarvis, eds. Academic Press, London, UK.

- Jones J.D. and Dangl J.L. (2006) The plant immune system. *Nature* 16: 323-329.
- Kenfaoui.A.**, 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.
- Khalova J , Sairam R.K, Meena R.C, and Srivastava G.C.**,2009- Response of maize genotypes to salinity stress in relation to osmolytes and metal-ion contents,oxidative
- 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.
- 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.
- Lasram.M.**, 1995-Salinity problems in the Mediterranean's area, Ed academie de Paris N°2, séances pecialisée du 22 mar 1995.
- Latigui A.**, 1984-Effects des différents niveaux de fertilisation potassique sur la fructification de la tomate cultivée en hiver sous serre non chauffée. Thèse de magister.INRA El-Harrach, Algérie.
- Le Houérou HN.**, 1986-Salt-tolerant plants of economic value in the Mediterranean basin. *Reclamation and Revegetation Research* 5, 319-341.
- Leroux P., D. Debieu, C. Albertini, A. Arnold, J. Bach, F. Chapeland, E. Fournier, R. Fritz, M. Gredt, T. Giraud, M. Hugon, C. Lanen, C. Malosse and G. Thebaud,** 2002. The hydroxyanilide botryticide fenhexamid/ mode of action and mechanism of resistance. In: *Modern Fungicides and Antifungal Compounds III.* (H-W. Dehne, U. Gisi, K. H. Kuck, P. E. Russel, H. Lyr, ed.), AgroConcept GmbH, Bonn, Germany 29–40.
- Leroux, P.**, 1999-Patterns of cross-resistance to fungicides in *Botryotinia fuckeliana* (*Botrytis cinerea*) isolates from French vineyards. *Crop Protection.* 18, 687-697.
- Leroux, P.**, 2004-Chemical control of *Botrytis* and its resistance to chemical fungicides, p. 195-222, in: *Botrytis: biology, pathology and control.* Y. Elad, B. Williamson, P. Tudzynski and N. Delen, eds. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Levigneron, A., Lopez, F., Vansuyt, G.**, 1995-Les plantes face au stress salin. *Cahiers Agricultures,* 4 : 263–273.

- Liu, J., Ishitani, M., Halfter, U., Kim, C.S., and Zhu, J.K., 2000**-The Arabidopsis thaliana SOS2 gene encodes a protein kinase that is required for salt tolerance. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 97(7) : 3730–3734. doi:10.1073/pnas.060034197. PMID:10725382.
- Longstreth DJ et Nobel PS., 1979**-salinity effects on leaf anatomy. plant Physical .,63(4) :700-703.
- Maas E. V et POSS J.A., 1989**-Salt sensitivity of wheat at different growth stages. Irrig.Sci. pp29-40.
- MADR., 2009**-Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural , Direction des Statistiques.62.
- Mahajan, S., Pandey, G.K., and Tuteja, N., 2008**-Calcium- and salt- stress signaling in plants: Shedding light on SOS pathway. Arch. Biochem. Biophys. 471(2) : 146–158. doi:10.1016/j.abb.2008.01. 010. PMID:18241665.
- Maillard J.,2001**- Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. Risqueset recommandations. Handicap International. Novembre 2001, 34 p.
- Majumder, A.L., Sengupta, S., et Goswami, L.,2010**-Osmolyte regulation in abiotic stress.Chap. 16. Dans Abiotic stress adaptation in plants: Physiological, molecular and genomic foundation. Sous la direction de A. Pareek, S.K. Sopory, H.J. Bohnert et Govindjee. p. 349–370.
- Martinez, F., Dubos, B. et Fermaud, M., 2005**-The role of saprotrophy and virulence in the population dynamics of *Botrytis cinerea* in vineyards. Phytopathology 95 : 692-700.
- Mashali.A, Suarez.D, L.Nabhan.H, Rabindra.R., 2005**-Integrated management for sustainable use of salt –affected soils .Rome: FAO Soils Bulletin, now printing.
- Mirzaei, S., E. M. Goltapeh, M. Shams-Bakhsh, N. Safaie, and M. Chaichi. 2009**. Genetic and phenotypic diversity among *Botrytis cinerea* isolates in Iran. Journal of Phytopathology 157 (7-8):474-482.
- 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.
- Munns, R., 2002**-Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environ.,25: 239-250.
- Naika S., Jeude J.V.L., Goffau M., Hilmi M., Dam B.V.,2005**- Agrodoc 17, la cultura de la tomate, production, transformation et commercialisation Editor: Barbara van Dam / la culture de la tomate. 105 pages.
- Nicolas R., 2010**-Analyse du polymorphisme moléculaire de gènes de composantes de la qualité des fruits dans les ressources génétiques sauvages et cultivées de tomate ; recherche d'associations gènes/QTL. Thèse de doctorat en Sciences de l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier.275p.

- Nicot, P.C., and Baille, A. 1996.** Integrated control of *Botrytis cinerea* on greenhouse tomatoes, p. 169-189, in: Aerial plant surface microbiology. C. E. Morris, P. C. Nicot and C. Nguyen-The, eds. Plenum Press, New York, USA.
- Nyerges, E. Vermehrung des *Botrytis cinerea* hemmenden sowie stimulierenden Substanzen im Rebholz. Wein-Wissenschaft 26, 1971. 349-59.
- Ommamie. 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 CaCO₃ total et actif de l'horizon de surface dans les sols salés de H'MADNA (Relizane) .Thèse Ing ISA de Tiaret.
- 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.
- Orcutt D.M. & Nilsen E.T.,2000-**Physiology of plants under stress. John Wiley & Sons
- Pardo JM., Quintero FJ.,- 2002-**Plants and sodium ions : Keeping company with the enemy. Genome Biol. 3: 1017.1-1017.4p.
- Parent C., 2008-** Formes réactives de l'oxygène, stress et mort cellulaire chez les plantes. C. R. Biologies pp 255-261.polytechnique fédérale de Lausanne, 23 p.
- Peralta, I. E. and D. Spooner., 2007-**History, origin and early cultivation of tomato (Solanaceae).Genetic improvement of Solanaceous crops.M. K. Razdan and A. K. Mattoo. Enfield (NH), Science Publisher. 2: 1-24.
- Pettigrew, W., Meredith, J.W. 1994-**Leaf gas exchange parameters vary among cotton genotypes. – Crop Sci. 34: 700-705.
- Phillips, J.R., Oliver, M.J., et Bartels, D.,2002-**Molecular genetics of desiccation and tolerant systems. Dans Desiccation and survival in plants: Drying without dying. Sous la direction de M. Black et H.Pritchard. CAB International, Mol. Gen. Genet. p. 319–341
- Pilkington LJ, Messelink G, van Lenteren JC & Le Mottee C., 2009-**Protected biological control".Biological pest management in the greenhouse industry.Biological Control (Online First). doi:10.1016/j.biocontrol.2009.05.022.
- 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.
- Regragui, A.,2005-**Contribution à l'étude de l'influence de la salinité sur le couple tomate – Verticillium : Conséquences physiologiques et impact sur la bioprotection des tomates contre la verticilliose. Thèse de doctorat es Sciences Biologiques de Université Mohammed V- Agdal.231p.
- 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.

- Rhodes, D., Nadloska-Orczyk, A., et Rich, P.J.,2002**-Salinity,osmolytes and compatible solutes. Dans Salinity: environment- plants-molecules. Sous la direction de A. Lauchli et U. Luttge. Kluwer, Boston. p. 181–204.
- Rick , C. M., 1976**-Tomato *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae). Evolution of Crop Plants. N. W. Simmonds, Longman: 268-273.
- Rick, C.M., J.W. DeVerna, and R.T. Chetelat. (1990). Experimental introgression to the cultivated tomato from related wild nightshades. pp. 19-30. In: A.B. Bennett and S.D. O'Neill (eds.). Horticultural Biotechnology, Wiley-Liss, N.Y.
- 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 Protection 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.
- Salinas, J., Glandorf, D.C.M., Picavet, 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.
- Schulze E-D. Beck E. & Müller-Hohenstein K.(2005). Plant ecology. Springer. Berlin:117-143p.
- Schwartz. C., 2007**-Salinisation des sols : processus, causes, effets et gestions des sols salés .Diapositif.
- 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 comercialisation. 5eme (ed).foundation agromisa et CTA, Wageningen.
- Shi, H., Ishitani, M., Kim, C., and Zhu, J.K.,2000**-The Arabidopsis thaliana salt tolerance gene SOS1 encodes a putative Na⁺/H⁺ antiporter. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 97(12) : 6896–6901.doi:10.1073/pnas.120170197. PMID:10823923.
- 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.
- Snoussi S. A., 2010**- Etude de base sur la tomate en Algérie. Rapport de mission Programme régional de gestion intégrée des ravageurs pour le Proche-Orient. Rome, 52 p.

- Snow, D., 1949**-The germination of mould spores at controlled humidities. *Annals of Applied Biology* 36: 1-13.
- 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.
- Standaert, J.Y., 1975**. Influence de la force ionique et du rapport Na/Ca du milieu sur la sensibilité de la tomate à la fusariose vasculaire. Thèse de Docteur en Sciences Agronomiques, Université Catholique de Louvain, 77p.
- Streeter J.G., Lohnes D.G. & Fioritto R.J. 2001**. Patterns of pinitol accumulation in soybean plants and relationships to drought tolerance. *Plant Cell Environ.* 24: 429–438 stress and antioxidant enzymes activity. *BIOLOGIA PLANTARUM* 53 (2): 249- 256.
- Sudhir, P. and S.D.S. Murthy, 2004**. Effects of salt stress on basic processes of photosynthesis. *Photosynthetica*, 42: 481-486.
- Taji T, Ohsumi C, Iuchi S, Seki M, Kasuga M, Kobayashi M, Yamaguchi ShinozakiK, Shinozaki .** Important roles of drought- and cold-inducible genes for galactinol synthase in stress tolerance in *Arabidopsis thaliana*. *The Plant Journal* 2002;29:417-426.
- Tausz M, Sircelj H, Grill D (2004)** The glutathione system as a stress marker in plant ecophysiology: is a stress-response concept valid? *J Exp Bot* 55:1955–1962.
- Tester, M. and Davenport, R., 2003 - Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Ann. Bot.* 91,503-527.
- Tester, M., and Davenport, R.J.,2003**-Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Ann. Bot.* (Londres.), 91(5) : 503–527.doi:10.1093/aob/mcg058.PMID:12646496.
- Thomas, C.S., and Marois, J.J., 1986**-Effect of wind and 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 vacuoles by both InsP3 and cyclic ADP-ribose. *Science* 268: 735-737.
- Veloukas, T., M. Leroch, M. Hahn, and G. S. Karaoglanidis., 2011**-Detection and molecular characterization of boscalid-resistant *Botrytis cinerea* isolates from strawberry. *Plant Disease* 95 (10):1302-1307.
- 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.
- 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.
- Winicov, I., 1998. New molecular approaches to improving salt tolerance in crop plants. *Ann. Bot.*, 82, 703–710.
- Yancey, P.H., Clark, M.E., Hand, S.C., Bowlus, R.D., and Somero, G.N.,1982**-Living with water stress: evolution of osmolyte systems. *Science*, 217(4566) : 1214–1222. doi:10.1126/science.7112124.PMID:7112124.
- 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.
- 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.
- Yoshiba, Y., Nanjo, T., Miura, S., Yamaguchi-Shinozaki, K., and Shinozaki, K.,-1999**. Stress-responsive and developmental regulation of P5CS1 gene expression in *Arabidopsis thaliana*. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 261 : 766–772. doi:10.1006/bbrc.1999. 1112. PMID:10441499.
- Zhu, J.K.,2002**-Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annu. Rev. Plant Biol.* 53(1) : 247–273. doi:10.1146/annurev. arplant.53.091401.143329. PMID:12221975.
- Zhu, J.K.,2003**-Regulation of ion homeostasis under salt stress. *Curr. Opin. Plant Biol.* 6(5) : 441–445. doi:10.1016/S1369-5266(03)00085-2. PMID:12972044.
- 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 m
- Apel, K. and Hirt, H. (2004) Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annual Review of Plant Biology* Vol. 55, pp. 373-399.
- 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.

Webographie

[1] : <http://www.agrimaroc.ma/laproductionmondialedetomatesseraitde130millionsdetonnes>. (Consulter le 10/06/2016).

ANNEXE

Annexe I**La solution nutritive de HOAGLAND (1938) diluée au 1/1000^{ème} ou F= 1000**

Produit	Composition	Poids en g/l
Nitrate de potassium	KNO ₃	191.90
Nitrate de calcium	(NO ₃) ₂ Ca 4H ₂ O	129.80
Nitrate d'Ammonium	NO ₃ NH ₄	210
Sulfate de magnésium	SO ₄ Mg 7H ₂ O	61.5
Phosphate monopotassique	PO ₄ H ₂ K	54.40
Hydrogenophosphate di-potassium	PO ₄ K ₂ H 3H ₂ O	34.23
Chlorure de manganèse	Cl ₂ Mn 4H ₂ O	1.80
Sulfate de cuivre	Cu SO ₄ 5H ₂ O	0.176
Sulfate de zinc	Zn SO ₄ 7H ₂ O	0.219
Acide borique	H ₃ BO ₃	2.861
Molybdate d'ammonium	MO ₇ O ₂₄ (NH ₄) ₇ H ₂ O	0.285
Complexe ferrique EDTA ferrique	(C ₁₀ H ₁₂ FeN ₂ NaO ₈)	0.050

Annexe II**Méthode de calcul de la capacité de rétention**

L'arrosage des plantes est réalisé en tenant compte de la capacité de rétention du substrat calculé de la manière suivante :

Nous avons déposé (P1) g de tourbe dans un petit pot en plastique perforé à sa base, le tout est posé dans une boîte de pétri, ensuite l'eau est versée dans le pot jusqu'à saturation, ce dernier est déposé sur la paille pour décantation ; au bout de 24h, le pot et le sol sont pesés, le poids est égal à (P2)

Annexe III**Milieu de culture utilisé**

Au cours de notre expérimentation on a utilisé le milieu PDA.

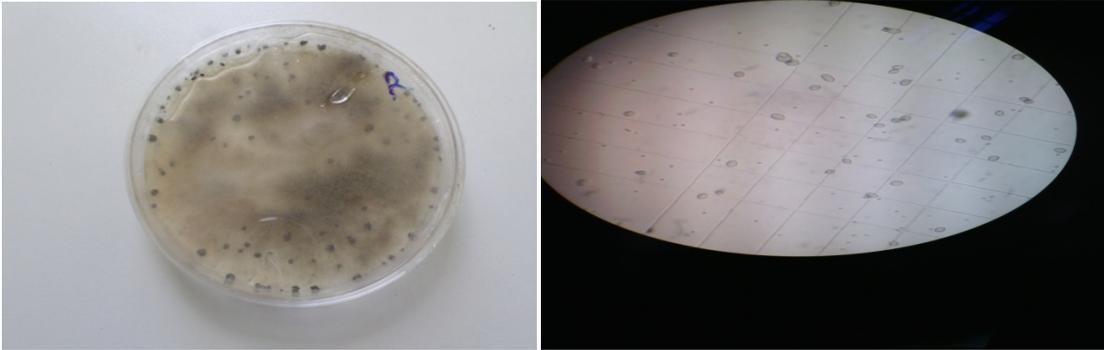
Le choix d'un milieu de culture est basé sur son adéquation pour un bon développement du pathogène.

La composition du milieu « PDA » (Potato Dextrose Agar) est la suivante :

Pomme de terre.....	200g
Glucose.....	20g
Agar agar.....	20g
Eau distillé.....	1000 ml

Annexe IV

La souche de *Botrytis cinera* utilisé dans l'expérience



Annexe V

ANALYSE DE VARIANCE

1. la taille des plantes de tomate

Tableau : Effet de *Botrytis cinerea* sur la taille de la plante

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	570,469	7	81,496				
VAR.FACTEUR 1	442,531	1	442,531	20,754	0,00418		
VAR.RESIDUELLE 1	127,938	6	21,323			4,618	12,38%

Tableau : Effet de la salinité sur la taille de la plante

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	278,433	14	19,888				
VAR.FACTEUR 1	199,267	4	49,817	6,293	0,00877		
VAR.RESIDUELLE 1	79,167	10	7,917			2,814	9,78%

Tableau : Effet de la salinité *Botrytis cinerea* sur la taille de la plante

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	1581,5	39	40,551				
VAR.FACTEUR 1	656,75	4	164,187	6,214	0,00074		
VAR.RESIDUELLE 1	924,75	35	26,421			5,14	15,94%

2. Poids la biomasse fraiche des plantes de tomate**Tableau : Effet de *Botrytis cinerea* sur la biomasse fraiche des plantes de tomate**

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	14477,73	5	2895,546				
VAR.FACTEUR 1	13585,04	1	13585,04	60,873	0,00237		
VAR.RESIDUELLE 1	892,687	4	223,172			14,939	10,95%

Tableau : Effet de salinité sur la biomasse fraiche des plantes de tomate

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	5725,73	14	408,981				
VAR.FACTEUR 1	2268,27	4	567,067	1,64	0,23898		
VAR.RESIDUELLE 1	3457,46	10	345,746			18,594	22,67%

Tableau : Effet de la salinité *Botrytis cinerea* sur la biomasse fraiche des plantes de tomate

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	
VAR.TOTALE	32999,03	39	846,129				
VAR.FACTEUR 1	7495,344	4	1873,836	2,572	0,05425		
VAR.RESIDUELLE 1	25503,69	35	728,677			26,994	

3. Poids la biomasse sèche des plantes de tomate

Tableau : Effet de la salinité *Botrytis cinerea* sur la biomasse sèche des plantes de tomate

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	453,5	5	90,7				
VAR.FACTEUR 1	406,727	1	406,727	34,783	0,00531		
VAR.RESIDUELLE 1	46,773	4	11,693			3,42	18,19%

Tableau : Effet de salinité sur la biomasse sèche des plantes de tomate

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	95,63	14	6,831				
VAR.FACTEUR 1	22,172	4	5,543	0,755	0,57908		
VAR.RESIDUELLE 1	73,458	10	7,346			2,71	22,65 %

Tableau : Effet de salinité *botrytis cinerea* sur la biomasse sèche des plantes de tomate

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	862,424	39	22,113				
VAR.FACTEUR 1	261,941	4	65,485	3,817	0,01123		
VAR.RESIDUELLE 1	600,483	35	17,157			4,142	29,54 %

3. Teneur en eau des plantes de tomate

Tableau : Effet *botrytis cinerea* sur teneur en eau des plantes de tomate

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	8,64	5	1,728				
VAR.FACTEUR 1	2,369	1	2,369	1,511	0,28672		
VAR.RESIDUELLE 1	6,271	4	1,568			1,252	1,46 %

Tableau : Effet salinité sur teneur en eau des plantes de tomate

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	38,771	14	2,769				
VAR.FACTEUR 1	30,779	4	7,695	9,629	0,00202		
VAR.RESIDUELLE 1	7,991	10	0,799			0,894	1,05 %

Tableau : Effet salinité botrytis cinerea sur teneur en eau des plantes de tomate

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	375,99	39	9,641				
VAR.FACTEUR 1	16,555	4	4,139	0,403	0,80687		
VAR.RESIDUELLE 1	359,435	35	10,27			3,205	3,76 %

Annexe VI**Photo1 : Plantes infectées et stressées au NaCl différentes concentrations (C)**



Photo2 : Plante saine



Photot3 plante infecté par *botrytis cinera*



Photo4 : Effet de la salinité sur la variété 532F1