



DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

N°...../SNV/2015

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

BACHIR BOUIADJRA Sarah

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN PROTECTION DES CULTURES

Spécialité: Phytopathologie

THÈME

***Etude In vitro et In vivo du pouvoir pathogène de
Fusarium oxysporum sur variétés fixes et hybrides
de tomate (Lycopersicon esculentum Mill).***

Soutenue publiquement le/...../2017

DEVANT LE JURY :

Président	M. BENDAHMANE Boubekour S.	Pr.	U. Mostaganem
Promoteur	M. YUCEF BENKADA M.	Pr.	U. Mostaganem
Examineurs	Mme SAIAH Farida	MC.B.	U. Mostaganem
	M. MAHOUT Djamel	MA.A.	U. Mostaganem

Thème réalisé au niveau :

*De la Station Régionale de la Protection des Végétaux de Misserghine
Du laboratoire de Protection des Végétaux de l'Université de Mostaganem*

Remerciements

Mes remerciements sincères et respectueux s'adressent à Monsieur **YOUCEF BENKADA Mokhtar** Professeur à l'Université de Mostaganem d'avoir accepté de diriger ce travail et pour tous ses conseils précieux et rigoureux Merci pour tout ce que vous avez apporté à nos connaissances.

Mes remerciements s'adressent à Madame la directrice **Dr BEKRI Nawel** qui nous a fait l'honneur de nous accepter au sein du laboratoire de la station Régionale de la Protection des Végétaux de Misserghine. Merci également à toute l'équipe du laboratoire de mycologie de la Station.

Mes remerciements les plus sincères s'adressent également à Monsieur **BENDAHMANE Boubekour Seddik** Professeur à l'Université de Mostaganem qui nous a fait l'honneur d'assurer la présidence du jury.

Mon vif remerciement à Madame **Dr SAIAH Farida** d'avoir accepté de juger notre travail et de nous encourager sans cesse.

Mes remerciements les plus sincères et les plus respectueux s'adressent à Monsieur **MAHIOUT Djamel** de m'avoir fait l'honneur de participer à mon jury en sa qualité d'examineur.

Je tien également à remercier mes camarades du laboratoire de Protection des Végétaux de l'Université de Mostaganem pour leurs soutien morale.

Enfin un grand merci à toutes les personnes qui ont contribué de près comme de loin, au bon déroulement de l'étude.

Dédicace

Je dédie ce mémoire à mes parents mes guides affectueux et attentifs en reconnaissance pour leur soutien moral et pour toutes les charges assurées durant toutes ces années d'études.

Je dédie également ce mémoire à ma sœur, mes frères, à toute ma grande famille

Ainsi qu'à toute ma promotion de protection des cultures.

SARAH

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des planches

Liste des abréviations

Résumé

Abstract

المخلص

Introduction générale

Partie bibliographique

Chapitre I: La plante hôte *Lycopersicon esculentum* Mill.

1-Origin et historique	4
2-Classification botanique.....	4
3-Description botanique.....	5
3.1. La graine	5
3.2. Le système racinaire	5
3.3. La tige.....	5
3.4. Le feuillage.....	5
3.5. Les fleurs.....	5
3.6. Les fruits	6
4-La valeur nutritionnelle.....	8
5-Importance économique.....	8
5.1. La production dans le monde.....	8
5.2. La production en Algérie	9
6- Le Cycle biologique de la tomate.....	10

6.1. La germination.....	10
6.2. La croissance	10
6.3. La floraison.....	10
6.4. La pollinisation	10
6.5. La fructification et nouaison des fleurs.....	10
6.6. La maturation du fruit.....	11
7-Les exigences édapho-climatiques de la tomate.....	11
7.1. Les exigences climatiques.....	11
7.1.1. La température de l'air.....	11
7.1.2. La lumière.....	12
7.1.3. L'humidité de l'air.....	12
7.1.4. Le vent.....	12
7.2. Les exigences édaphiques.....	12
7.2.1. La nature du sol.....	12
7.2.2. La température du sol.....	13
7.2.3. Le pH du sol.....	13
7.2.4. L'humidité du sol.....	13
7.2.5. La salinité du sol.....	13
7.2.6. . L'aération du sol.....	13
7.3. Les exigences nutritionnelles.....	14
7.3.1. Exigences hydriques	14
7.3.2. Exigences en éléments fertilisants	14
8-Les variétés de la tomate.....	14
8.1. Classification variétale selon le mode de croissance.....	14
8.1.1 .Variété à croissance indéterminée.....	14
8.1.2. Variété à croissance déterminée.....	15
8.1.3. Variété buissonnante.....	15

9-Principales maladies et ravageurs de la tomate	16.17.18 .19
--	--------------

Chapitre II : La pathologie et l'agent pathogène.

1. la maladie de fusariose de la tomate.....	20
1.1. Historique de la maladie	20
1.2. Les symptômes sur la tomate.....	20
1.2.1. La flétrissure fusarienne (<i>Fusarium wilt</i>).....	21
1.2.1.1 Les symptômes externes.....	21
1.2.1.2 Les symptômes internes.....	22
1.2.2. La pourriture racinaire (<i>Fusarium crown and root rot</i>).....	23
1.2.2.1 Les symptômes externes.....	23
1.2.2.2 Les symptômes internes.....	24
1.3. Principales caractéristique de la maladie.....	25
1.4. Les facteurs influençant la maladie.....	26
2-l'agent pathogène (<i>Fusarium oxysporum</i>).....	26
2.1. Définition et taxonomie.....	26
2.2. Les caractères morphologiques et culturaux.....	27
2.3. Biologie du pathogène.....	27
2.4. Nutrition.....	29
2.5. Gamme d'hôtes.....	29
2.6. Pouvoir pathogène.....	29
Chapitre III : la résistance des plantes.	
1. Généralités.....	30
2. Mécanismes naturels de défense des plantes contre les agents pathogènes.....	30
2.1. La nature de ces mécanismes et intérêt agronomique.....	30
3. Notion de résistance.....	31

3.1. La résistance.....	31
3.1.1. Résistance haute /standard.....	31
3.1.2. Résistance modérée ou intermédiaire.....	31
3.2. La sensibilité.....	32
3.3. La tolérance	32
4. Les importantes réponses de la plante contre les pathogènes.....	32
4.1. La réponse hypersensible (RH).....	32
4.2. La résistance acquise (RA).....	32
4.2.1. La résistance locale acquise (RLA).....	32
4.2.2. La résistance systémique acquise (RSA).....	33

Partie expérimentale

Chapitre I : matériels et méthodes.

1. Objectif de l'étude.....	34
2. Matériel utilisé.....	34
2.1. Matière végétale.....	34
2.1.1. Híbrido F1	34
2.1.2. Pietro F1.....	34
2.1.3. Rio grande.....	34
2.2. Matériel fongique.....	34
2.2.1. Origine des isolats.....	35
2.2.2. Ré-identification des isolats de <i>Fusarium oxysporum</i>	35
3. Méthode utilisée.....	35
3.1. Tests « <i>in vitro</i> » du pouvoir pathogène des isolats de <i>Fusarium oxysporum</i>	35
3.2. Test « <i>in vivo</i> » du pouvoir pathogène des isolats de <i>Fusarium oxysporum</i>	39

4. Analyse statistique des donnés.....	44
--	----

Chapitre II : résultats et discussion.

1. Re-identification des isolats de <i>Fusarium oxysporum</i>	45
1.1. Etude macroscopique.....	45
1.2. Etude microscopique.....	46
2. Teste « <i>in vitro</i> » de pouvoir pathogène des isolats de <i>Fusarium oxysporum</i>	47
2.1. Notation des symptômes.....	47
2.2. Les résultats.....	48
3. Test « <i>in vivo</i> » du pouvoir pathogène des isolats de <i>Fusarium oxysporum</i>	51
3.1. Notation des symptômes.....	52
3.2. Les résultats.....	56
Discussion.....	58
Conclusion	60

Références bibliographique.

Liste des figures :

Figure 1 : graines de tomate.....	7
Figure 2 : les racines de la tomate.....	7
Figure 3 : tige de tomate.....	7
Figure 4: les feuilles de la tomate.....	7
Figure 5: les fleurs de la tomate.....	7
Figure6: les fruits de la tomate.....	7
Figure7 : Répartition de la production mondiale de la tomate.....	9
Figure 8 : les stades phénologiques de la tomate.....	11
Figure 9 : types de croissances : (a) indéterminée, (b) déterminée.....	15
Figure 10: Flétrissement et Dessèchement des feuilles.....	22
Figure 11 : Brunissement des vaisseaux.....	22
Figure 12: Pourriture du collet.....	24
Figure 13 : Nécrose racinaire.....	25
Figure 14 : Cycle biologique de <i>Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici</i>	28
Figure 15 : Plantules de tomate (PietroF1, HibridoF1, Rio grande) après cinq jours d'incubation.....	37
Figure 16 : Dispositif de contamination des plantules de tomate dans une boîte de Pétri en verre.	38
Figure17: les plantules témoins ne présentant aucune nécrose des trois variétés Rio Grande, Pietro F1 et Hibrido F1 (originale 2017).....	48

Figure 18: Moyenne des symptômes de trois variétés Rio Grande, Pietro F1, Hibrido F1 et les témoins vis-à-vis l'isolat 1 de <i>Fusarium oxysporum</i> originaire d'Oran.....	48
Figure 19 : Moyenne des symptômes de trois variétés Rio Grande, Pietro F1, HibridoF1 et les témoins vis-à-vis de l'isolat 2 de <i>Fusarium oxysporum</i> originaire d'Ain Temouchent.....	49
Figure 20 : Moyenne des symptômes de trois variétés Rio Grande, Pietro F1, Hibrido F1 et les témoins vis-à-vis de l'isolat 3 de <i>Fusarium oxysporum</i> originaire de Mascara.....	50
Figure 21 : Moyenne des symptômes de trois variétés Rio Grande, Pietro F1, Hibrido F1 et les témoins vis-à-vis l'isolat 4 de <i>Fusarium oxysporum</i> originaire de Mostaganem.....	50
Figure 22 : Comparaison entre les trois variétés Rio Grande (R), Pietro F1(P), Hibrido F1 (H) inoculées par l'isolat 1 originaire d'Oran avec leurs témoins.....	52
Figure 23 : Comparaison entre les trois variétés Rio Grande (R), Pietro F1(P), Hibrido F1 (H) inoculées par l'isolat 2 originaire d'Ain Temouchent avec leurs témoins.....	53
Figure 24 : Comparaison entre les trois variétés Rio Grande (R), Pietro F1(P), Hibrido F1 (H) inoculées par l'isolat 3 originaire de Mascara avec leurs témoins.....	53
Figure 25 : Comparaison entre les trois variétés Rio Grande (R), Pietro F1(P), Hibrido F1 (H) inoculées par l'isolat 4 originaire de Mostaganem avec leurs témoins.....	54
Figure 26 : comparaison de l'indice de maladie de variété Rio Grande vis-à-vis des quatre isolats de <i>Fusarium oxysporum</i> et témoins.....	56
Figure 27: comparaison de l'indice de maladie de variété Pietro F1 vis-à-vis les quatre isolats de <i>Fusarium oxysporum</i> et témoins.....	57
Figure 28 : comparaison de l'indice de maladie de variété Hibrido F1 vis-à-vis les quatre isolats de <i>Fusarium oxysporum</i> et témoins.....	57

Liste des tableaux :

Tableau 1: Production annuelle de tomate en régions Ouest.....	9
Tableau 2 : les maladies bactériennes de la tomate.....	16
Tableau 3 : les maladies virales de la tomate.....	17
Tableau 4 : les ravageurs de la tomate.....	18
Tableau 5 : Les principales maladies fongiques de la tomate.....	19
Tableau 6 : Origine des isolats de <i>Fusarium oxysporum</i>	35

Liste des planches :

Planche 1 : les étapes de préparation des graines de tomate.....	36
Planche 2 : Semis et préparation des plantules.....	42
Planche 3 : Inoculation et transplantation des plantules de tomate.....	43
Planche 4: Aspect mycélien cotonneux de <i>Fusarium oxysporum</i> . A (Isolat 2) B (Isolat 3) et duveteux C (Isolat 1) et D (Isolat 4).....	45
Planche 5 : Des observations microscopiques de <i>Fusarium oxysporum</i> (X400).....	46
Planche 6 : les degrés de nécrose obtenus.....	47
Planche 7 : : les plantules après 10 jours d'inoculation.....	52
Planche 8 : symptômes externes de la fusariose observés sur plantules de tomate de trois variétés Rio Grande, Pietro F1, Hibrido F1.....	55

Liste des abréviations :

% : pourcentage.

°C: degré Celsius.

Cm: centimeter.

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Fig : figure.

h : heure.

ha : hectare.

Isolat : résultat de l'isolement en culture in vitro d'un agent pathogène à partir de plants fusariés.

m : mètre .

min : minute.

ml : millimètre.

Ø : diameter.

PDA: Potato-Dextrose-Agar.

pH: potentiel Hydrogène.

Pl : planche

Qx : quintaux.

T : tonne.

Résumé

Fusarium oxysporum est l'un des champignons telluriques, qui présente une très grande diversité génétique et écologique, provoquant des dégâts et pertes considérables pour une culture d'intérêt économique la tomate. Le présent travail a pour l'objectif l'étude *In vitro* et *In vivo* du pouvoir pathogène de quatre isolats de *Fusarium oxysporum* provenant de différentes régions de l'Ouest Algérien. Cette étude vise également la mise en valeur de la sensibilité et/ou la résistance chez trois variétés de tomate, hybride (hibrido F1, Pietro F1) et fixe (Rio Grande).

In vitro et après 10 jours d'inoculation, les jeunes plantules des trois variétés de tomate présentent des nécroses avec des intensités de coloration différentes pour les quatre isolats de *Fusarium oxysporum*. Ceci montre que le degré d'attaque est différent selon les isolats et le comportement des trois variétés.

In vivo après évaluation de l'indice de maladie sur des plantules de tomate âgées de vingt jours, on note une variabilité de la pathogénéicité des quatre isolats de *Fusarium oxysporum* et donc une réaction différente des variétés. La variété fixe (Rio grande) étant la plus sensible; chez les variétés hybrides, Pietro F1 montre une légère sensibilité en revanche Hibrido F1 manifeste une certaine résistance.

Mots clés : *Fusarium oxysporum*, pouvoir pathogène, variabilité, tomate, sensibilité, résistance.

Abstract

Fusarium oxysporum is one of the soil-borne fungi, which presents a great genetic and ecological diversity, causing considerable damage and losses to a tomato economic crop. This work focuses on the in vitro and in vivo study of the pathogenicity of four *Fusarium oxysporum* isolates from different regions of western Algeria. This study also aims at enhancing susceptibility and / or resistance in three varieties of tomato, hybrid (hibrido F1, Pietro F1) and fixed (Rio Grande).

In vitro and after 10 days of inoculation, the young seedlings of the three varieties of tomato showed necrosis with different staining intensities for the four isolates of *Fusarium oxysporum*. This shows that the degree of attack is different according to the isolates and the behavior of the three varieties.

In vivo after evaluation of the disease index on tomato seedlings aged 20 days, there was variability in the pathogenesis of the four *Fusarium oxysporum* isolates and therefore a different reaction of the varieties. The fixed variety (Rio Grande) being the most sensitive; In hybrid varieties, Pietro F1 shows a slight sensitivity on the other hand Hibrido F1 shows some resistance.

Key words: *Fusarium oxysporum*, pathogenicity, variability, tomato, susceptibility, resistance.

الملخص

Fusarium oxysporum هو نوع من الفطريات الترابية والتي تتميز بتنوع وراثي وبيئي كبير جدا، تسبب في أضرار وخسائر كبيرة لمحاصيل الطماطم التي تتميز بأهمية اقتصادية. يهدف هذا العمل إلى دراسة القدرة المرضية لأربع عزلات من مختلف أنحاء الغرب الجزائري. تهدف هذه الدراسة أيضا لمعرفة حساسية و / أو مقاومة ثلاثة أصناف من الطماطم Rio grande ,Pietro F1,Hibrido F1

في المختبر، وبعد 10 أيام من التجربة. ظهرت على شتلات الطماطم من الأصناف الثلاثة نخور مع شدة لون مختلفة. وهذا يدل على وجود اختلاف في درجة الهجوم لكل عذلة *Fusarium oxysporum* ولهذا سلوك ثلاثة اصناف الطماطم أيضا يختلف .

بعد تقييم مؤشر المرض لشتلات الطماطم ذات عشرين يوما، هناك تفاوت في القدرة المرضية لأربع عزلات *Fusarium oxysporum* و بالتالي رد فعل مختلفة للأصناف الطماطم صنف Rio grande هو الأكثر حساسية يليه صنف Pietro F1 الذي يظهر حساسية طفيفة في المقابل Hibrido F1 هو الصنف الاكثر مقاومة .

كلمات البحث: *Fusarium oxysporum*، القدرة المرضية، الاختلاف، الطماطم، الحساسية،

مقاومة .

Introduction

La Tomate *Lycopersicon esculentum* Mill, de la famille des solanacées, est une plante herbacée annuelle originaire des Andes et d'Amérique, très cultivée pour son fruit consommé à l'état frais ou transformé (CHAUX et FOURY, 1994).

Dans le monde entier, la Tomate occupe la deuxième place après la pomme de terre, que ce soit dans la production ou la consommation (TRICHPOULOU et LAGIO, 1997).

LEMOINES (1999) rapporte qu'il en existe plus de 700 variétés.

Les pays méditerranéens en sont consommateurs en toutes saisons (BENKAMOUN, 2009). En Algérie, elle est beaucoup plus consommée sous sa forme industrielle. BACI (1993) estime que sa consommation annuelle sous forme concentrée avoisinerait les 04 Kg par an et par habitant.

La plante est cultivée sous serre et en plein champ, sur une superficie d'environ 3 millions d'hectares, ce qui représente près du tiers des surfaces mondiales consacrées aux légumes (ANONYME1, 2010).

Compte tenu de son importance économique, elle fait l'objet de nombreuses recherches scientifiques et elle est considérée comme une plante modèle en génétique. Elle a donné naissance aux hybrides commercialisés de façon éphémère, aux Etats Unis dans les années 1990 (ANONYME2, 2010).

Actuellement, un tiers de la production agricole mondiale est détruite d'une année à une autre à cause de différents agents pathogènes tel que les champignons et les insectes qui causent d'énormes dégâts sur la culture du semis, jusqu'à sa commercialisation (GUENAOUI, 2008).

Les *Fusarium* sont parmi les champignons telluriques les plus agressifs, causant des flétrissements et des pourritures sur de nombreuses espèces végétales cultivées. En dépit des pertes économiques qu'il entraîne, *Fusarium oxysporum* est l'une des espèces les plus importantes dans la microflore fongique des sols cultivés, puisqu'il représente 40 à 70 de la flore fusarienne totale (BETTACHE, 1993).

L'espèce *Fusarium oxysporum* comporte un ensemble de forme identique morphologiquement mais présentant des spécificités parasitaires parfois très étroites, dénommés pour cette raison formes spécialisées (CORRELL et al.1987).

Cette espèce fongique comprend deux types de souches: des souches pathogènes responsables de fusarioses chez de nombreuses espèces végétales d'intérêt économique et des souches dites non-pathogènes c'est-à-dire qu'aucun effet néfaste n'a été observé sur une espèce végétale. Les formes pathogènes montrent un très haut niveau de spécificité d'hôte et sont regroupées en formes spéciales (f.sp.). Ces souches sont dites pathogènes car elles ont la capacité de croître au-delà du cortex et dans le xylème de la plante formant ainsi une association endophyte avec l'hôte.

Deux formes spéciales différentes sont spécifiques à la tomate: *F. oxysporum*f.sp. *lycopersici* (Fol) qui provoque des mycoses vasculaires et *F. oxysporum*f.sp. *radicis-lycopersici* (Forl) qui engendre des pourritures racinaires. Dans les deux cas, la fusariose se traduit par un flétrissement de la plante pouvant aller jusqu'au dessèchement des feuilles (LATERROT et al. 1988). Parmi les souches appartenant à la même forme spéciale, certaines peuvent être plus ou moins virulentes envers leur hôte. Ces degrés de virulence dépendent des gènes de résistance de la plante hôte, Ces variations de virulence permettraient, Selon BOISSON (1991), d'expliquer l'initiation des épidémies dans les conditions naturelles et l'hétérogénéité des résultats obtenus parfois dans les tests de sensibilité/ résistance des espèces végétales.

Il y a quelques années, le seul moyen de lutte contre la fusariose était d'arroser les cultures avec du benzoyle (bénomyl), ou encore du bromure de méthyle, mais ces produits sont dangereux et peu efficaces et ont été interdits par la suite. Parallèlement à cette lutte chimique, les producteurs utilisent également des variétés de tomates résistantes, essentiellement à la forme spéciale *lycopersici*, néanmoins certaines variétés sensibles sont toujours cultivées dans de nombreux pays, notamment en Afrique du Nord, pour des raisons économiques et pour leurs aptitudes à s'adapter aux conditions climatiques tout en offrant des fruits de bonne qualité. Dans les pays du Maghreb et même dans de nombreux pays du bassin méditerranéen où la culture de la tomate a une place économique très importante, les fusarioses de la tomate dues aux deux formes spéciales (Fol et Forl) présentent une sérieuse menace.

Dans ce contexte, la présente étude est menée afin de mettre en évidence, le pouvoir pathogène de quatre isolats de *fusarium oxysporum* originaire de différentes régions de l'ouest Algérien par l'application de deux tests « *In vitro* » et « *In vivo* ».

Ceci permettra par la même occasion de mettre en valeur la sensibilité ou la résistance de deux variétés hybrides (Pietro F1, Hibrido F1) et fixe (Rio grande).

1. Origine et historique :

La tomate *Lycopersicon esculentum* originaire d'Amérique du sud fut domestiquée au Mexique. En 1544, elle est Introduite en Espagne en Italie puis dans les autres pays européens. Elle s'est ensuite propagée en Asie du sud et de l'est, en Afrique et en Moyen Orient (SHANKARA *et al.* 2005).

En 1905, la tomate est introduite en Algérie par les espagnols dans la région ouest (Oran) puis elle s'étendit vers le centre (LATIGUI, 1984).

Etymologiquement, le mot tomate est une déformation du mot inca Tomalt et le mot Lycopersicum qui signifie en latin "Pêche de loup", appellation peu alléchante à laquelle on a ajouté au XVIIIe siècle l'adjectif *esculentum* à cause des propriétés gustatives de ce légume-fruit (NAIKA *et al.* 2005).

2. Classification botanique :

La classification de la tomate se base essentiellement sur le type de croissance, la nature génétique, la forme et la grosseur des fruits, le nombre moyen de loges par fruits, la résistance aux maladies et la qualité commerciale et industrielle de la variété (KOLEV, 1976). C'est une espèce de plante herbacée de la famille des Solanacées. Selon Dupont et Guignard, (2012) et Spichiger *et al.*, (2004) la tomate appartient à la classification suivante :

RègnePlantae

Sous règneTrachenobionta

DivisionMagnoliophyta

ClasseMagnoliopsida

Sous classeAsteridae

Ordre.....Solonales

Famille.....Solanaceae

Genre.....*Lycopersicum*

Espèce.....*esculentum* Miller

3. Description botanique :

La tomate est une plante annuelle buissonnante, poilue et aux tiges plutôt grimpantes cette plante potagère herbacée voit sa taille varier de 40 cm à plus 5 mètres selon les variétés et le mode de culture (DUMORTIER ,2010).

3.1. La graine :

Dans chaque fruits, les graines sont petites, nombreuses (environ 300 à 350 graines/gr), Elles sont de 3 à 5 mm de long et 2 à 4mm de large ,1000 graines pèsent approximativement 2,5 à 3,5g (SHANKARA et *al.* 2005).

Selon Rey (1965), les semences peuvent garder leur faculté germinative pendant 4 à 5 ans dans les conditions normales (fig.1).

3.2. Le système racinaire :

Il est très développé et pivotant avec de nombreuse racines, la plus part des racines se situent à une profondeur de 30 à 40 cm, dans le cas où le semis est effectué directement en place, la racine centrale se développe relativement vite, elle peut atteindre une profondeur de 100 à 150 cm (KOLEV ,1976). (fig.2).

3.3. La tige :

Elle est pleine et anguleuse, pousse jusqu'à une longueur de 2 mètres (SHANKARA ,2005).Le port de croissance varie entre érigé et prostré (fig.3).

3.4. Le feuillage :

Les feuilles sont simples, composées, alternées, sans stipule, mesurant entre 15 et 50 cm de long et 10 et 30 cm de large, le pétiole mesure de 3 à 6 cm (SHANKARA et *al.*2005) (fig.4)

3.5. Les fleurs :

Les fleurs sont bisexuées, régulières de 1,5 et 2 cm de diamètre. Elles poussent opposées aux feuilles ou entre elles, Le tube du calice est court et velu, les sépales sont parfois persistants. La corolle est constituée en général de six pétales qui peuvent atteindre une longueur de 1 cm. Elles sont jaunes et courbées lorsqu'elles sont mûres.

L'androcée est formées de quatre étamines, les anthères ont une couleur jaune vif et entourent le style qui a une extrémité stérile allongée (fig.5).

3.6. Les fruits :

Le fruit est une baie à placentation centrale, elle comporte un nombre de loges carpellaires variables et supérieur à deux (INDREA, 1989).

Un fruit charnu renferme des graines appelée pépins entourés d'une sorte de mucilage provenant de l'enveloppe de la graine (POLESE, 2007).

Les fruits sont généralement rouges, mais il existe des variétés jaunes violacés et même blanche (ROUMANE ,1993). (fig.6)

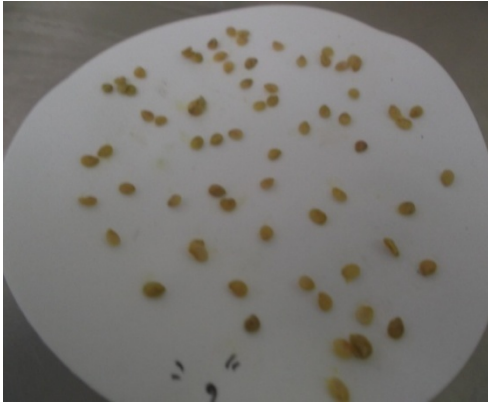


Figure 1 : Graines de tomate (originale, 2017) **Figure 2 :** Racines de la tomate (originale, 2017).



Figure 3 : tige de tomate (originale, 2015). **Figure 4:** les feuilles de la tomate (originale ,2015).



Figure 5: les fleurs de la tomate (originale ,2015) **Figure 6:** les fruits de la tomate (originale ,2017).

4- La valeur nutritionnelle :

La tomate largement consommée, joue un rôle bénéfique dans notre alimentation. Ce fruit contenant 93% à 95% d'eau, très pauvre en calories, ne fournit guère plus de 19 K calories aux 100g, soit 63 K Joules. Il est très riche en carotène et lycopène et fournit des quantités appréciables de vitamines C, ainsi que de la provitamine A et de nombreuses vitamines du groupe B. Ses minéraux sont abondants (notamment en potassium, magnésium et phosphore) (MENARD ,2009). Ces principales qualités font d'elles un régime alimentaire très apprécié. En outre, la tomate possède également quelques propriétés médicinales :

- Un antibiotique (Feuilles). - Un anti-fatigue.
- Elle est excellente pour la santé du foie.
- Elle diminue l'hypertension.
- Elle soulage les coups de soleil.

5-Importance économique :

5.1-La production dans le monde :

La tomate est cultivée dans presque tous les pays du monde, sa production est répartie dans toutes les zones climatique, y compris dans des régions relativement froides grâce au développement des cultures sous abri .A l'échelle mondiale la tomate est classée deuxième culture légumière après la pomme de terre de par son volume de production .En effet, près de cinq millions d'hectares sont réservé annuellement à cette culture avec une production supérieure à 140 millions de tonnes et un rendement moyen de 28, 3 tonne à l'hectare (Fig.7 FAO stat,2012) .

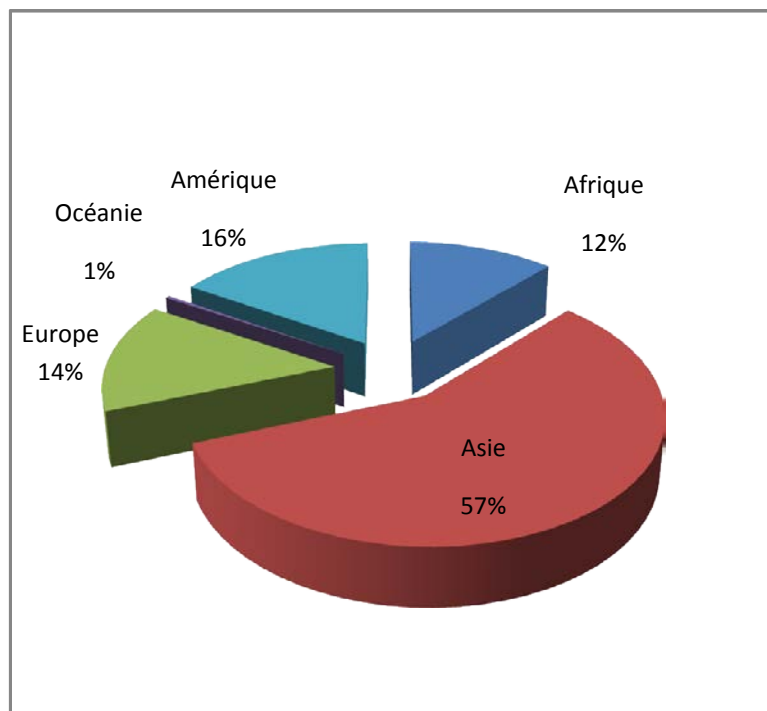


Figure 7: Répartition de la production mondiale de la tomate (FAO, stat 2012)

5.2-la production en Algérie :

La tomate se place au premier rang parmi les cultures maraichères en Algérie selon l’Institut technique des cultures maraichères et industrielles (2000). Elle représente 51% de la production totale en produits maraichère. Sa superficie est de l’ordre 1737 ha, soit 40% de la superficie totale en serre (4350 ha) (NECHADI *et al.* 2002). Selon les statistiques officielles du Ministère de l’agriculture du développement rural et de la pêche, la production de tomate s’élevait en 2006 à 5.489.336 Qx pour une superficie globale de 20.436 hectares, soit un rendement de 268.6 Qx à l’hectare. (Tab. 1)

Tableau 1 : Production annuelle de tomate en régions Ouest (Ministère ADRP, 2006)

Régions	Production annuelle (QX)
Oran	35.878
Mascara	129.000
Tlemcen	211.000
Ain Temouchent	150.000
Mostaganem	426.260
Sidi Belabbes	54.930
Relizane	53.200
Tiaret	64.385
Chlef	290.520

6- Le Cycle biologique de la tomate :

D'après GALLAIS et BANNEROT (1992), le cycle végétatif complet, du semis de la graine à l'obtention du fruit, varie selon les variétés, l'époque 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). Ce cycle comprend six phases qui sont les suivantes : (Fig. 8)

6.1. La germination :

La germination est le stade de levée qui mène la graine jusqu'à la jeune plante capable de croître normalement (CORBINEAU et CORE, 2006).

La germination chez la tomate est épigée, à ce moment une température ambiante d'environ 20°C et une humidité relative de 70 à 80% sont nécessaires (CHAUX et FOURY, 1994).

6.2. La croissance :

Selon REY et COSTES (1965) la croissance d'un végétal est défini par une augmentation irréversible d'une ou de plusieurs de ses dimensions. Cette augmentation des dimensions se traduit par le développement de la plante à travers ses différents stades.

6.3. La floraison :

C'est le développement des ébauches florales par transformation du méristème apical de l'état végétatif, à l'état reproducteur. A un certain moment de la croissance de la plante qui dure environ un mois, la tomate entre en parallèle avec la mise à fleur. Ces fleurs étaient auparavant des boutons floraux. La floraison dépend de la photopériode, de la température, celle-ci ne peut fleurir que si elle reçoit la lumière pendant une durée qui lui est propre et d'un apport équilibré en éléments nutritifs.

6.4. La pollinisation :

La pollinisation nécessite l'intervention des agents extérieurs, le vent ou certains insectes comme le bourdon qui est capable de faire vibrer les anthères et de libérer le pollen (CHAUX et FOURY, 1994).

La libération et la fixation du pollen reste sous la dépendance des facteurs climatiques.

Si la température nocturne est inférieure à 13°C, la plupart des grains de pollen seraient vides, et une faible humidité dessèche les stigmates et de cela résulte la difficulté du dépôt du pollen (PESSON et LOUVEAUX, 1984).

6.5. La fructification et nouaison des fleurs :

La nouaison est l'ensemble de gamétogenèse, pollinisation, croissance du tube pollinique, la fécondation des ovules et le développement des fruits « fructification ».

La température de nouaison est de 13°C à 15°C. Les nuits chaudes à 22°C sont défavorables à la nouaison (REY et COSTES, 1965).

6.6. La maturation du fruit :

La maturation du fruit se caractérise par grossissement du fruit, changement de couleur, du vert ou rouge.

La lumière intense permet la synthèse active de matière organique qui est transporté rapidement vers les fruits en croissance, pour cela il faut une température de 18°C la nuit et 27°C le jour (REY et COSTES, 1965).

- 09 : Levée.
- 10 : Cotylédons étalés.
- 12 : 02 feuilles étalées.
- 16 : Développement des feuilles.
- 51 : Début floraison.
- 61 : Début nouaison.
- 71 : Maturation des fruits.

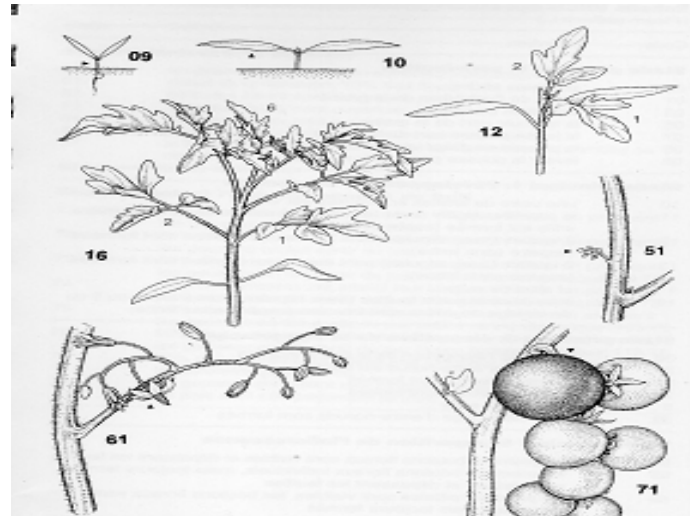


Figure 8 : les stades phénologiques de la tomate (source : <http://www.itcmidz>)

7. Les exigences édapho-climatiques de la tomate :

7.1. Les exigences climatiques :

La tomate s'adapte à une grande diversité de conditions climatiques, allant du climat tempéré vers le climat tropical chaud et humide (NAIKA et al. 2005).

7.1.1. La température de l'air :

La tomate est une plante des saisons chaudes, elle est exigeante en chaleur pour assurer son cycle végétatif complet. Les températures optimales pour la plupart des variétés sont de 18°C le jour et 15 à 25°C la nuit. Pendant la nuit la fécondation s'arrête à des températures inférieures à 15°C. En dessous de 10°C et en dessus de 38°C, les tissus végétaux sont endommagés (NAIKA et al. 2005). L'équilibre et l'écart entre température diurne et nocturne, semblent nécessaires pour obtenir une bonne croissance et une bonne nouaison de la tomate

(FURY, 2002). Selon NAIKA et al. (2005), durant la croissance la température nocturne a une grande importance, puisque la majeure partie de la croissance quotidienne de la tige (70 à 80%) se produit pratiquement à l'obscurité. La photosynthèse de la tomate est sensible à la température nocturne. Une différence de quelques degrés par rapport à la température appliquée pendant la croissance (14°C), entraîne une réduction d'environ 10% des échanges de la période diurne suivante (LONGUENESSE, 1982).

7.1.2. La lumière :

La tomate est une plante à jour long, elle peut fleurir avec des jours de durée inférieur à 12 heures mais la floraison est moins importante et la production du pollen est difficile.

Un éclairage insuffisant provoque un étiolement des plantes, une perte de précocité et une baisse de rendement (REY, 1965).

7.1.3. L'humidité de l'air :

La tomate est très sensible à l'hygrométrie, il semble qu'une hygrométrie relativement ambiante de 60% à 65% soit la meilleure, l'humidité de l'air joue un rôle important dans la fécondation. Si l'humidité est trop élevée, le pollen est difficilement libéré. Par ailleurs, le développement des maladies cryptogamiques est lié à des fortes humidités accompagnées de la chaleur (LAUMONIER, 1979). Selon BENCHALAL(1983), l'humidité atmosphérique doit être de 76% lors de la germination, 75-80% durant l'élevage des plantes, 70-80% lors du développement des fruits.

7.1.4. Le vent :

La tomate craint les vents surtout au moment de la reprise. Les vents chauds peuvent occasionner des brûlures sur les feuilles et des nécroses sur les fruits, en plus des dégâts causés par les vents forts tels la cassure des tiges (GRISSA, 2010)

7.2. Exigences édaphiques :

7.2.1. La nature du sol :

LAUMONIER (1979), signale que la tomate pousse bien sur la plupart des sols, ayant en général une bonne capacité de rétention d'eau, et une bonne aération. Elle préfère les terres limoneuses profondes et bien drainées, légères, meubles, riches en humus, s'échauffant

rapidement et plus facilement. La couche superficielle du terrain doit être perméable. Une profondeur de sol de 15 à 20 cm est favorable à la bonne croissance d'une culture saine.

7.2.2. La température du sol :

La température du sol est le premier facteur dont dépendent le pourcentage de levée et la vitesse de germination. Cette dernière augmente avec la température jusqu'à une valeur optimale de 25°C, et entre 15°C et 20°C on aura un meilleur pourcentage de levée (REY et COSTES, 1965).

7.2.3. Le pH du sol :

La culture de la tomate tolère une large gamme de pH. Néanmoins sur des sols à pH basique, certains micro-éléments (Fe, Mn, Zn, Cu) restent peu disponibles pour la plante.

Selon CHAUX et FOURY(1994), ce taux de pH toléré varie de 4,5 à 8, 5. Le meilleur équilibre nutritionnel est assuré à des pH compris entre 6 et 7.

7.2.4. L'humidité du sol :

La tomate est exigeante en humidité du sol. L'humidité optimale du sol pour des terres argilo-siliceuses est de 75 à 80% de la capacité au champ, et l'abaissement de l'humidité et de la température du sol crée un déficit hydrique, et par conséquent réduit la photosynthèse et la transpiration (HELLER, 1981).

7.2.5. La salinité du sol :

La tomate est moyennement sensible à la salinité du sol, elle peut supporter des teneurs en sels, allant de 2 à 4g/l. La période pendant laquelle la tomate est plus sensible à la salinité, correspond à la germination et au début du développement de la plante (BENTVELSEN, 1980).

7.2.6. . L'aération du sol :

Un sol bien aéré détermine un pourcentage élevé de levée des plantules, mais exerce par contre un effet défavorable sur les racines durant la période de croissance végétative. L'aération est indispensable à la maturité des fleurs (CHAUX et FOURY, 1994).

7.3. Exigences nutritionnelles :**7.3.1. Exigences hydriques :**

Les besoins de tomate en plein champ se situent entre 4000 et 5000 m³/ha. Celles d'un cycle de 90 à 120 jours sont de 400 à 600 m³/ha. L'évolution des besoins en eau de la tomate est fonction de l'environnement, de la plante, mais aussi des stades de développement de celle-ci (BENTVELSEN, 1980).

Une carence en eau à la floraison provoque la chute des bouquets floraux. En phase de fructification l'absence d'eau se traduit par un aplatissement des fruits dont les extrémités se colorent en brun, puis en noir, c'est le « blossom and rot » (REY, 1965).

7.3.2. Exigences en éléments fertilisants :

La quantité d'engrais à fournir varie d'une région à une autre, en fonction notamment de la richesse du sol, du climat et de la technique d'irrigation.

8. les variétés de la tomate :

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

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

8.1. Classification variétale selon le mode de croissance :

Il existe de très nombreuses variétés cultivées de tomates. La sélection faite par les hommes a privilégié les plantes à gros fruits. On distingue cependant, plusieurs catégories de tomates qui sont classées selon leurs caractères botaniques, morphologiques et selon le mode de croissance de la plante (la formation des feuilles, inflorescences et bourgeons), qui déterminent l'aspect et le port que revêt le plant. Ainsi, la plupart des variétés ont un port dit indéterminé, à l'opposé des autres dites à port déterminé et des variétés buissonnantes (NAIKA *et al.* 2005). (Fig.9)

8.1.1. Variété à croissance indéterminée :

Ces variétés sont plus nombreuses. Elles continuent de pousser et de produire des bouquets floraux, tant que les conditions sont favorables. Comme leur développement est exubérant,

leur tige doit être attachée à un tuteur, sous peine de s'affaisser au sol. Il est également nécessaire de les tailler et de les ébourgeonner régulièrement. Elles ont une production plus échelonnée et plus étalée. Elles sont plus productives en général que les tomates à port déterminé (POLESE, 2007).

8.1.2. Variété à croissance déterminée :

Dans ce groupe et selon la variété, la tige émet 2 à 6 bouquets floraux, puis la croissance s'arrête naturellement. Elle est caractérisée par l'absence de la dominance apicale. Ce type de variété est destiné à l'industrie agro-alimentaire sous le nom de variété industrielle (LAUMONIER, 1979).

8.1.3. Variété buissonnante :

Ces variétés se distinguent par des tiges épaisses, solides et avec des inflorescences serrées. Les tomates buissonnantes ressemblent aux tomates à croissance déterminée. Ces variétés ne sont pas cultivées en Algérie (ANONYME2, 2007).

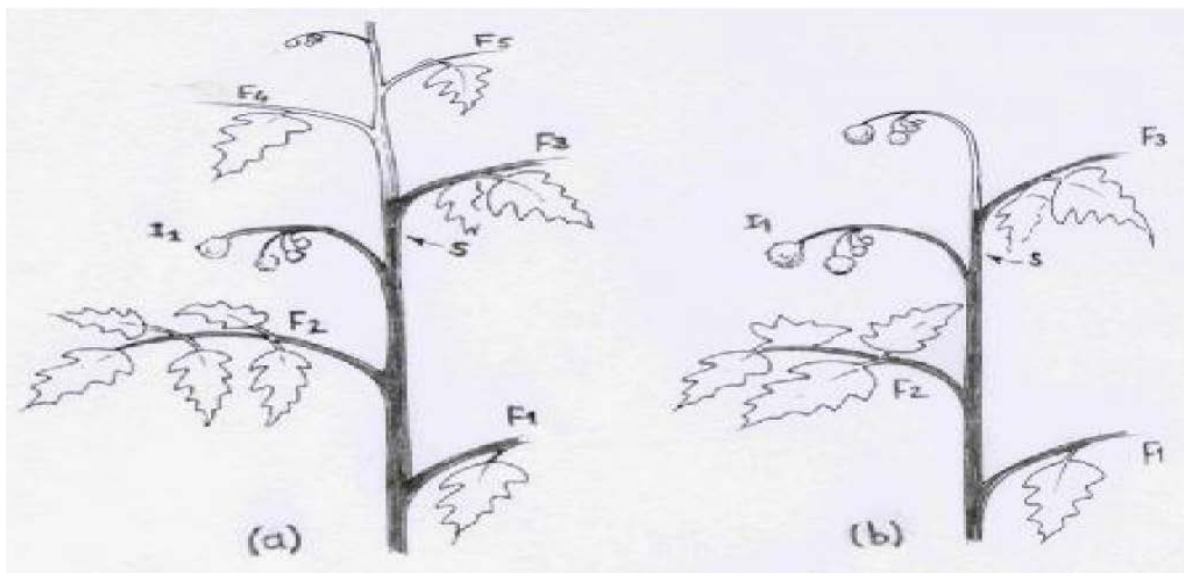


Figure 9: types de croissances : (a) indéterminée, (b) déterminée (ATHERTON et HARRIS, 1986).

(F1 a F5 :Feuille1 à 5, I1 : Inflorescence, 1. S : Sympode.)

9. Principales maladies et ravageurs de la tomate :

Les tableaux 2, 3, 4 et 5 montrent les principales maladies et ravageurs pouvant affecter la tomate

Tableau 2 : les maladies bactériennes de la tomate (Snoussi, 2010).

Maladie	Nom scientifique	Symptômes et dégâts
Chancre bactérien	<i>Clavibacter michiganensis subsp Michiganensis.</i>	Flétrissement unilatéral sur feuille, suivi d'un dessèchement total des coupes longitudinales sur tige et pétioles. Sur fruits, se forment des taches blanchâtres.
Moucheture de la tomate	<i>Pseudomonas syringae pv .tomato.</i>	Sur feuillage : Apparition des taches noires de contour irrégulier entourées d'un halo jaune .les folioles se dessèchent et tombent.
Gale bactérienne	<i>Xanthomonas compestris pv.vesicatoria</i>	de nombreuses taches entraînent le dessèchement de folioles et la chute des feuilles, Sur fruit, de petits chancres pustuleux appariassent et prennent un aspect liégeux.
Flétrissement bactérienne des solanacées.	<i>Pseudomonas solanacearum</i>	Flétrissement de type <i>verticillium</i> ou <i>fusarium</i> mais suivi de la mort très rapide de la plante.

Tableau 3 : les maladies virales de la tomate (Snoussi, 2010).

Maladie virale	Symptômes et dégâts
Virus de la mosaïque du tabac (TMV)	Transmis par la semence et par voie mécanique donnant des plages vert clair et vert foncé sur feuilles jeunes.
Virus de la mosaïque du tabac (PEPMV)	Donne des décolorations de feuilles et une stérilisation des inflorescences, également transmis par les semences et par voie mécanique.
Virus Y de la pomme de terre (PYN)	Donne des nécroses sur feuilles avec dessèchement.
Tomato chlorosis crinivirus et Tomato infectious chlorosis crinivirus (TICV), Tomato spotted wilt virus ou maladie bronzée .Tomato yellow leaf –cruf (TYLCV)	virus provoquant la crispation et le jaunissement sur feuilles.
Stolbur	Maladie à mycoplasmes, reprise ici dans les maladies a virus car elle a des caractéristiques similaires symptômes de chloroses, prolifération des rameaux, réduction du feuillage, et transmission par les insectes (cicadelles).

Tableau 4 : les ravageurs de la tomate (ZIRIS .2011).

Insectes et ravageurs	Nom scientifique	Symptômes et dégâts
Nématodes à galles	<i>Meloidogyne incognita</i> <i>chitwood</i> .et <i>M .arenaria</i> Neal.	Des galles sur les racines de plantes attaquées .la tige rabougrit, les feuilles jaunissent, puis la plante dépérit.
Acariens	<i>Tetranychus</i> (URTICAE KOCH, 1836).et <i>T .cinnabarinus</i> (BOISDUVAL, 1867).	La face inférieure des folioles devient brune à bronzée .sur fruit, la peau présente des craquelures.
Noctuelles terricoles Noctuelles des fruites	<i>Agrostis segetum</i> (OBERDORFER ,1938) <i>Chloridea armigera</i> (HAMPSON, 1903)	Les jeunes chenilles dévorent le collet et entraînent la mort de la plante.
Aleurodes	<i>Trialeurodes vaporariorum</i> (WESTWOOD, 1856) .et <i>Bemisia tabaci</i> (GENNADIUS, 1889).	Rabougrissement des apex et développement de fumagine sur le miellat produit par les larves, transmission des virus TOCV,TICV et TYLCV .
Cicadelles	<i>Hialesther obsoletus</i>	Transmission du stolbur ,mycoplasmosse .
Mineuses	<i>Liriomyza trifolii</i> (BURGESS ,1880), <i>L.strigata</i> (MEIGEN, 1830) et <i>Tuta absoluta</i> Meyrick .	Galleries dans le limbe des feuilles âgées par les larves.
Pucerons	<i>Macrosiphone eneuphorbiae</i> (BUNINGE, 1985) . <i>Myzu persicae</i> (Sulze, 1776).	Enroulement des feuilles, développement de la fumagine et transmission de virus.

Tableau 5 : Les principales maladies fongiques de la tomate (Cuasse, 200, Naika et al., 2005)

Maladie	Symptômes	Causées par
Anthraxose	Tâches plus ou moins circulaires de 1 cm avec un centre noirâtre sur les fruits mûrs	<i>Colletotrichum coccodes</i>
Mildiou	Légères tâches foncées avec un point jaune en leur centre, sont visibles sur les feuilles ayant parfois un développement centrifuge et centripède. Sur la face inférieure des feuilles les tâches sont blanches. Les fruits se couvrent de taches brunes et les feuilles flétrissent	<i>Phytophthora infestans</i>
Verticilliose	Jaunissement en forme de V des feuilles de bas en haut suivi d'un flétrissement avec un léger brunissement des vaisseaux après une coupe	<i>Verticillium albo-atrum</i>
Alternariose	Tâches rondes et brunes avec des cercles concentriques apparaissant sur les feuilles avec un diamètre de 1,5 cm des grosseurs peuvent apparaître sur les tiges et les feuilles. Les fleurs et les jeunes fruits tombent.	<i>Alternaria solani</i>
Flétrissure fusarienne	Jaunissement des feuilles de bas en haut, apparition de racines avortées au bas de la tige, Tissus ligneux brun rougeâtre	<i>Fusarium oxysporumf.sp lycopersici</i>
Pourriture des Racine set du collet	Brunissement des racines, de leur cylindre central et des vaisseaux situés au niveau du pivot et du collet,	<i>Fusarium oxysporumf.sp radicis-lycopersic</i>

1. la maladie de fusariose de la tomate :

La fusariose de la tomate est une maladie vasculaire, c'est l'une des maladies les plus dévastatrices de cette culture à travers le monde (HAAS et DEFAGO, 2005). Elle est causée par *Fusarium oxysporum f.sp.lycopersici* et *Fusarium oxysporum.fsp. radicles-lycopersici*, champignons telluriques dotés d'une spécificité stricte d'hôtes. Ils sont capables d'envahir l'ensemble du système vasculaire de la plante provoquant ainsi son obstruction et par la suite l'affaiblissement de la plante, puis sa mort (DUVAL, 1991).

1.1. Historique de la maladie :

Le genre *Fusarium* a été décrit pour la première fois par Link en 1809 (in Booth, 1985). La détermination des *Fusarium*, comme celle des autres champignons imparfaits été basée essentiellement et jusqu'à ce jour sur les critères morphologiques (pigmentation, aspect du mycélium, présence ou absence des spores, taille, forme nombre de cloisons ...).

1.2. Les symptômes sur la tomate :

La tomate (*Lycopersicon esculentum*) est sujette à deux maladies fusariennes :

- La flétrissure fusarienne classique (*Fusarium wilt*) causée par *Fusarium oxysporum f.sp.lycopersici* (SNYDER et HANSEN). La flétrissure fusarienne et la pourriture des racines et du collet présentent différents symptômes internes ou externes sur les différentes parties de la plante et pendant les différents stades de vie.

- La pourriture des racines et du collet (*Fusarium crown and root rot*) causée par *Fusarium oxysporum f.sp. radicles-lycopersici* JARVIS et SHOEMAKER (KATAN et al. 1997).

Ces derniers sont des champignons telluriques dotés d'une spécificité stricte d'hôtes, ils sont capables d'envahir l'ensemble du système vasculaire de la plante provoquant ainsi son obstruction et par la suite l'affaiblissement de la plante qui finit par mourir (SNISSI et al. 2006).

1.2.1. La flétrissure fusarienne (*Fusarium wilt*):

La flétrissure fusarienne est une maladie dévastatrice pour les cultures de tomate partout dans le monde, elle est causée par *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* (Fol) (WALKER, 1971). Ce champignon terricole qui pénètre dans la plante par les racines envahit les tissus ligneux et provoque le jaunissement, la flétrissure puis la mort de la plante (BLANCARD, 1997).

Ile existe aujourd'hui de nombreuses variétés résistantes au *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*, ce pathogène ne représente donc plus un grand danger pour la culture de la tomate.

1.2.1.1 Les symptômes externes:

La maladie évolue très rapidement, les parties des limbes touchés flétrissent comme par manque d'eau, c'est le flétrissement rapide (Quick wilt). (Fig. 10)

Les feuilles asséchées gardent leur chlorophylle et apparaissent avec un aspect gris verdâtre (LATERROT et al. 1978). Il s'ensuit un jaunissement puis une nécrose d'une partie ou de la totalité du limbe avec des éclaircissements au niveau des nervures.

L'atteinte des feuilles se fait progressivement de bas en haut ce qui fait que les feuilles se trouvant à la base de la plante sont déjà mortes (MESSIAEN, 1981; GINDRAT, 1975).

Il arrive fréquemment qu'un seul rameau soit atteint et ceci avant l'apparition des symptômes de la maladie sur le reste de la plante.

Au niveau de la tige de la plante atteinte, apparait une dépression longitudinale qui part du collet puis remonte unilatéralement. Les tissus au niveau de la dépression sont de couleur brune (BOUHOT, 1972).

D'autres symptômes peuvent parfois apparaître comme l'inclinaison et la courbure progressive vers le sol, des pétioles et des limbes (épinastie), le ralentissement de la croissance et la formation de bourrelets adventives sur la tige (LATERROT et al. 1978).

1.2.2. La pourriture racinaire (*Fusarium crown and root rot*):

La pourriture des racines et du collet est une maladie causée par *Fusarium oxysporum f.sp. radicis-lycopersici* (Forl) (JARVIS et SHOEMAKER, 1978).

Cette maladie a été découverte pour la première fois au Japon en 1969 (MENZIES et JARVIS, 1994) et s'est propagée à travers le monde à partir de 1970 (YAMAMOTO et *al.* 1974).

Elle a été signalée dans plusieurs pays du bassin méditerranéen où elle est plus ou moins dommageable (BLANCARD, 1997).

Cette maladie terricole causée par *Fusarium oxysporum f.sp. radicis-lycopersici* s'attaque aux plantules et entraîne leur mort (HENNI, 1998). Elle peut s'exprimer surtout à maturité lorsque les plantes sont chargées de fruits (BLANCARD, 1997).

Il existe des cultivars de tomate résistants au Forl mais ne sont pas largement utilisés (BRAYFORD).

1.2.2.1 Les symptômes externes:

Contrairement aux maladies vasculaires, des flétrissements plus ou moins importants apparaissent sur les folioles du sommet de la tige qui est fortement amincie dans cette zone. En fonction des plantes, ces flétrissements peuvent être dans un premier temps réversibles durant la nuit, et leur incidence peut varier en fonction des conditions climatiques.

Les flétrissements peuvent être soudains, et évoluer très rapidement vers la nécrose. Le dessèchement des folioles et des feuilles, conduisent à la mort des plantes.

Certains auteurs signalent aussi l'apparition de jaunissements foliaires situés à la périphérie du limbe des vieilles feuilles. Ceux-ci sont suivis de la nécrose des pétioles et de la chute des feuilles. Certaines plantes affectées précocement voient leur croissance réduite.

Quelle que soit la gravité des flétrissements, les symptômes primaires sont à rechercher sur les racines et le collet des plantes (Fig. 12)

Sur les racines apparaissent de nombreuses lésions brun rougeâtres, humides, évoluant rapidement en pourriture. Plus le diamètre des racines est faible, plus celles-ci pourrissent et se décomposent rapidement.



Figure 12: Pourriture du collet sur plant de tomate (AGRIOS, 2005)

1.2.2.2 Les symptômes internes:

Il convient à noter que le système vasculaire présente aussi quelques symptômes, bien que nous n'ayons pas à faire à une maladie uniquement vasculaire.

D'une manière générale, le cylindre central des grosses racines révèle des brunissements assez marqués. Il en est de même pour les tissus vasculaires du pivot et ceux situés de part et d'autre de ces derniers.

Le brunissement peut s'étendre jusqu'à la tige sur plusieurs dizaines de centimètres au-dessus du collet.

Des racines adventives se développent parfois sur la tige pour faire face à l'attaque du champignon (BLANCARD, 1997). (Fig. 13)



Figure 13 : Nécrose racinaire (BLANCARD, 2009)

1.3. Principales caractéristique de la maladie :

La conservation de l'inoculum se fait dans de nombreux substrats et dans le sol, sur des débris végétaux, sous la forme de chlamydospores (spores de conservation du champignon).

La Dissémination est relayée par l'intermédiaire des conidies (spores très nombreuses sur les chancres situés au collet des plantes) ou des poussières de sol contaminé. Ces propagules peuvent être « véhiculées » par l'eau (réseau d'irrigation, éclaboussures), le vent et les courants d'air. Ce champignon parasite a été introduit dans plusieurs exploitations par l'intermédiaire de terreaux ou de plants contaminés (BLANCARD, 1988).

Les fusarioses peuvent sévir quelle que soit la température du sol. Jusqu'à présent, on avait tendance à le considérer comme un parasite des sols ou des substrats relativement « froids » affectant surtout les zones des abris les plus froides (les températures optimales étant de l'ordre de 18 à 20°C). La gravité de la maladie dépend aussi de l'agressivité des souches et paraît plus importante lorsque les racines ont subi à un moment donné de la culture des stress hydriques (des excès d'eau) ou thermiques (des températures trop basses).

1.4. Les facteurs influençant la maladie :

D'une manière générale, une humidité élevée favorise le développement de la maladie.

La température joue également un rôle déterminant dans l'expression des symptômes. En effet, la croissance optimale de *F. oxysporum* est comprise entre 25°C et 28°C; cette dernière est inhibée au-dessus de 37°C et ralentit au-delà de 17°C (BARNA et al.1983).

D'après BOTTON (1985), les champignons peuvent se développer à des valeurs de pH très étalées, la croissance du *F. oxysporum* peut s'observer dans une gamme allant de 2 à 12°C. (SROBAR, 1978).

2. l'agent pathogène (*Fusarium oxysporum*) :

2.1. Définition et taxonomie :

Le genre *Fusarium* est bien connu pour son rôle important en phytopathologie, ce dernier regroupe un grand nombre d'espèces (MESSIAEN et CASSINI, 1968).

Le *Fusarium oxysporum*, est un champignon cosmopolite et commun particulièrement fréquent dans le sol où il survit grâce à des chlamydospores pendant les mois froids. Phytopathogène, il comprend plusieurs formes spéciales (on en connaît plus de 72). Ces dernières sont adaptées à des espèces végétales particulières et des races physiologiques s'attaquant à certaines variétés de la plante hôte (BOTH, 1971).

Sa taxonomie se présente comme suit :

Règne: Mycota

Division : Eumycota

Subdivision : Deuteromycota

Classe : Hyphomycetae

Ordre : Hyphales

Famille : Tuberculariaceae

Genre : *Fusarium*

Espèce : *Fusarium oxysporum*(FOL) ou (FORL), (AGRIOS, 1988).

2.2. Les caractères morphologiques et cultureux :

Le *Fusarium oxysporum*, se caractérise par un mycélium aérien feutré, septé, blanc et coloré en violet (BOTH, 1971 ; DOMSCHK et *al.*, 1993). Il est reconnu par ses caractéristiques suivantes :

Les microconidies: *F. oxysporum* est caractérisé par la présence abondante de microconidies (TIVOLI, 1988) fusiformes à réniformes, présentant 0 à 2 septa, agglomérés en fausses têtes produites par de petits phialides (5-12 x 2,2-3,5µm).

Les macroconidies: légèrement arquées, présentant 3 à 4 septa, la cellule basale pédicellée, la cellule apicale en crochet, produite par des phialides sur des conidiophores ramifiés ou en sporodochie (27-46 x 3-4,5 µm) (MESSIAEN et CASSINI, 1968).

Les chlamydospores: Les chlamydospores sont des organes de conservation, hyaline, lisse ou rugueuse, globuleuses, terminales ou intercalaires (5-15µm de diamètre) (KOMI, 1993).

2.3. Biologie du pathogène :

Les *F. oxysporum* sont pas des parasites obligatoires, en absence de la plante hôte, ils mènent une vie de saprophyte sur des débris végétaux et des matières organiques (SMITH, 1965).

En contact de l'hôte et une fois les conditions favorables, les chlamydospores germent et les jeunes filaments pénètrent au niveau des racines.

Après pénétration dans la cellule épidermique, le mycélium se ramifie, colonisant ainsi toutes les cellules avoisinantes.

Les hyphes mycéliens progressent à l'intérieur des cellules puis colonisent le cortex, arrivé au niveau du cylindre central, le parasite s'installe dans les vaisseaux du xylème où il se propagera dans la tige par l'intermédiaire des microconidies aisément véhiculées par la sève dans toutes les parties de la plante.

A la surface des feuilles, se forment des organes fructifères appelés sporodochies qui produisent des macroconidies qui vont à leur tour contaminer d'autres plantes lorsqu'elles sont transportées par le vent, par l'eau ou bien par l'intermédiaire des insectes (EL MAHDJOUR, 1972). (Fig. 14).

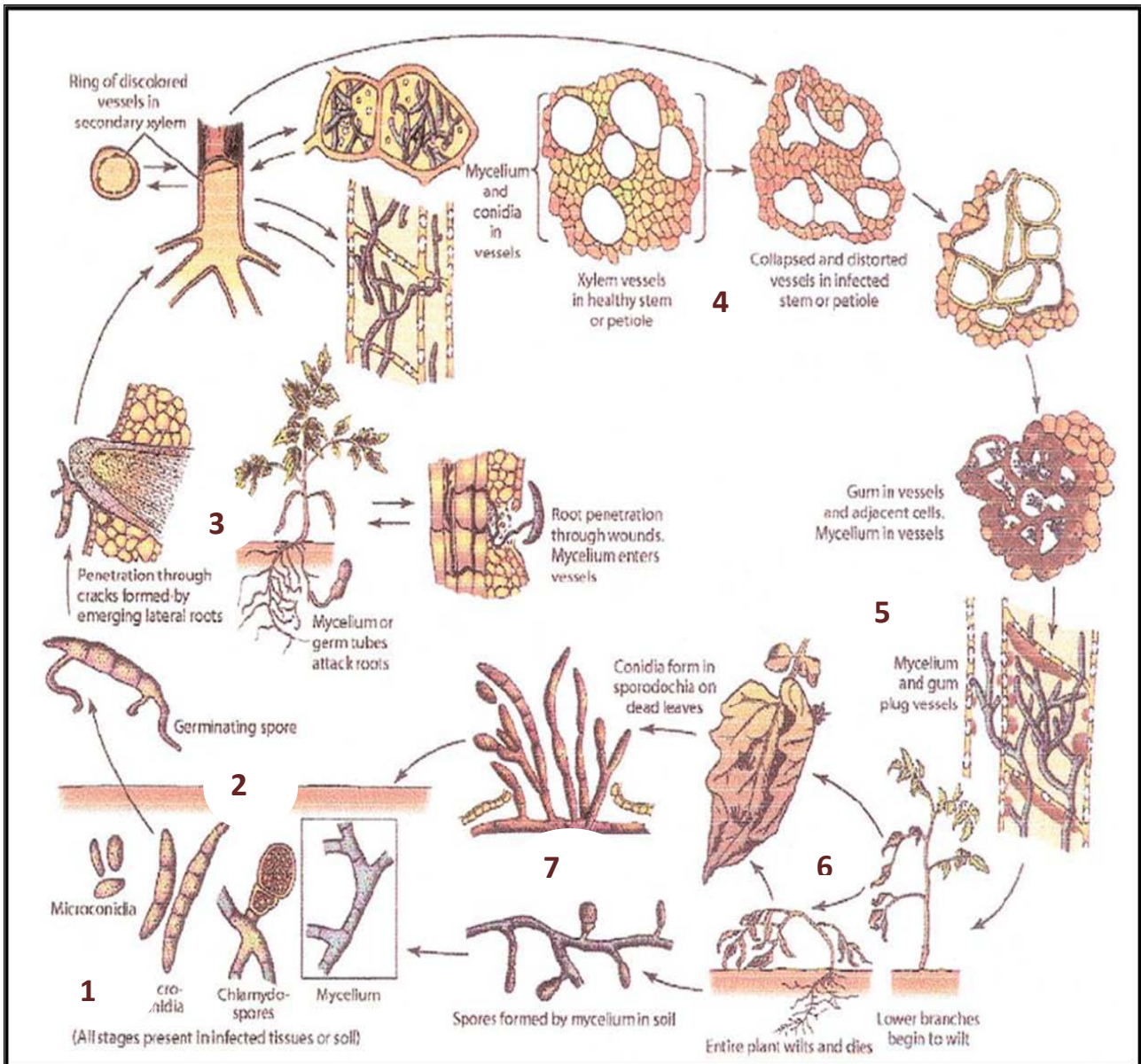


Figure 14 : cycle biologique de *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* (AGRIOS, 2005)

- 1-Conidies, chlamydospores ou mycélium vivant dans le sol.
- 2-Germination des spores.
- 3-Pénétration du tube germinatif à l'intérieur des racines.
- 4-Invasion des vaisseaux par les conidies et/ou mycélium.
- 5-Production de gomme à l'intérieur des vaisseaux.
- 6-Flétrissement et mort de la plante.
- 7-Sporodochies ou mycélium produisant des conidies.

2.4. Nutrition :

Le *Fusarium oxysporum* est un champignon prototrophe, il n'a besoin que d'une seule source de carbone pour la structure des composés organiques: glucides, lipides et acides aminés (WOLTZ et JONS, 1981). Les autres éléments nutritionnels en l'occurrence: C, H, O₂, N, P, K, Mg, S, Fe, Mn, Zn, sont nécessaires pour la croissance, la sporulation et la virulence (STINTZI, 2000), le chlore n'est pas nécessaire pour la croissance, mais il active les enzymes lytiques (il a un rôle dans l'apparition de la maladie) (WOLTZ et JONS, 1981).

2.5. Gamme d'hôtes :

Pathogène sur de nombreuses variétés de plante : concombre, courgette, topinambour, piment, pomme de terre, patates douces, tomates, pastèques, céleri, asperge, ail, oignon, chou, gingembre, mais il est aussi isolé des plants de banane, et de nombreuses plantes environnementales provoquant une pourriture des tissus avec apparition d'un mycélium blanc rosé à la surface (BENNET, KLICH, 2003).

2.6. Pouvoir pathogène :

La pathogénécité du *Fusarium oxysporum* est le résultat des réactions biochimiques des substances secrétées par l'agent pathogène sur la plante hôte. Ces substances sont généralement des enzymes hydrolytiques (chitinases, cellulases, pectinases et protéases) et des toxines, qui sont secrétées à différents degrés selon les plantes infectées (REZZONICO et al. 2005).

Les formes spécialisées de *Fusarium oxysporum* s'attaquent à la plupart des plantes cultivées mono et dicotylédones (EL MODAFAR, 1994). Certaines formes spéciales ne présentent plus de réels problèmes agronomiques, c'est le cas de la forme spéciale lycopersici, pour laquelle la plupart des variétés de tomate cultivées sont résistantes, des variétés sensibles sont toujours cultivées dans de nombreux pays, notamment en Afrique du Nord comme l'Algérie où, pour des raisons économiques, ces variétés sont utilisées.

Il existe certaines souches dites non pathogènes, c'est-à-dire n'ayant aucun pouvoir pathogène connu ou ne sont pas pathogènes pour l'espèce végétale considérée.

1. Généralités :

Les plantes, ont dû résister aux agressions des agents pathogènes, tels que les champignons, les bactéries, les virus, les nématodes, les insectes. Malgré les nombreux agents pathogènes existant, seul un faible pourcentage des confrontations plantes et agents pathogènes aboutissent à l'invasion de la plante et au développement de la maladie. Néanmoins, près de 15% des récoltes sont perdues suite aux invasions de microorganismes et ce malgré l'emploi massif de produits phytosanitaires qui ne sont pas sans conséquence pour l'environnement. De nombreuses études se sont développées sur la compréhension des mécanismes de résistance et /ou de défense de la plante, dans l'espoir de diminuer l'utilisation des produits phytosanitaires (MACADRE, 2004).

C'est VAN DER PLANK (1963, 1968) qui le premier a formalisé les aspects génétiques de la résistance des plantes face à une agression parasitaire. Deux aspects ont été formulés pour expliquer le pouvoir pathogène la virulence et l'agressivité. La virulence est la qualité que possède un parasite d'attaquer un hôte, l'agressivité est la quantité de maladie que ce parasite peut produire.

Depuis quelques années deux nouveaux termes sont aussi utilisés, par analogie avec la résistance ou la sensibilité d'un organisme à une substance toxique ; il s'agit des termes d'uni-site et de multi-site. La résistance uni-site traduit le fait que cet état dépend d'une seule cible moléculaire. Elle s'observe pour la sensibilité lors de la production de toxine spécifique mais aussi lors de la réaction de résistance complète. Le terme de multi-site traduit les effets sur les relations fonctionnelles qui concernent plusieurs dispositifs élémentaires de résistance donc plusieurs cibles, comme dans le cas de résistance partielle (RAPILLY, 1990).

2. Mécanismes naturels de défense des plantes contre les agents pathogènes :

2.1. La nature de ces mécanismes et intérêt agronomique :

Lorsqu'un agent pathogène est détecté par la plante, dans la plupart des cas, la première caractéristique de la résistance à la maladie est la mort des cellules autour du site d'infection, appelée réponse hypersensible (RH), visant à confiner l'agent pathogène dans cette zone. Les cellules qui meurent émettent alors des molécules servant de signaux d'alerte, perçus par les cellules voisines qui mettent en place des mécanismes de défense qui consistent essentiellement en la production des molécules à activité antimicrobienne et en la mise en place de barrières physique (callose, lignification, bourrelets cicatriciels) permettant de

stopper la progression de l'agresseur. Dans certains cas cette résistance localisée est suivie par la mise en place d'une résistance dite systémique acquise (RSA) qui protège l'ensemble de la plante contre l'attaque ultérieure par une large gamme de parasites (virus, champignons, bactéries).

Cette protection présente donc un intérêt agronomique tout particulier puisque son induction chez les plantes pourrait être un moyen de limiter les apports de pesticides dans les champs qui soit le résultat d'une diminution de pollution d'environnement agricole (BUHOT, 2003).

L'état de résistance d'un hôte et d'un peuplement végétal à un parasite conditionne directement à la fois la possibilité d'apparition de la maladie et sa vitesse d'extension épidémique. L'exploitation de la résistance est la méthode de lutte la plus vulgarisée et la moins coûteuse pour l'agriculteur (RAPILLY, 1990).

3. Notion de résistance : le terme « résistance » regroupe plusieurs significations à connaître elles sont définies comme suit :

3.1. La résistance :

La résistance représente chez un végétal tout phénomène qui interdit ou limite le développement d'un parasite, cette propriété propre à un couple hôte – parasite se traduisant par un effet mesurable au niveau de la maladie (RAPILLY, 1990).

La résistance est aussi la capacité d'une variété à restreindre la croissance et le développement d'un pathogène déterminé ou les dommages qu'ils occasionnent, en comparaison avec des variétés sensibles et dans des conditions similaires environnementales et de pression de ce pathogène. Les variétés sensibles peuvent exprimer quelque symptômes de la maladie ou de dommage en cas de forte pression du pathogène.

Deux niveaux de résistance sont définis :

3.1.1. Résistance haute /standard : variétés capables de restreindre fortement la croissance et le développement d'un pathogène.

3.1.2. Résistance modérée ou intermédiaire : variétés capables de restreindre la croissance et le développement d'un pathogène, mais pouvant exprimer plus de symptômes en comparaison avec des variétés de résistances haute/standard. Les variétés de résistance

modérée montreront des symptômes moins sévères que ceux observés sur des variétés sensibles .

VAN DER PLANK (1974) signale que la résistance de l'hôte d'une façon générale freine l'épidémie. Elle abaisse le niveau atteint par la population du pathogène.

3.2. La sensibilité :

La sensibilité est l'incapacité d'une variété à restreindre la croissance d'un pathogène

3.3. La tolérance :

C'est la forme particulière de résistance qui fait que le potentiel de rendement d'une plante n'est pas altéré par la maladie. La tolérance se mesure par la valeur du rapport rendement plante malade /rendement plante saine (RAPILLY, 1990).

4. Les importantes réponses de la plante contre les pathogènes :

4.1. La réponse hypersensible (RH) :

D'après GOODMAN et NOVACKY (1994), cette réponse se caractérise par la mort des cellules végétales au site d'infection par l'agent pathogène et ceci en quelques heures seulement.

LAM *et al* (2001) signalent que phénotypiquement la mort des cellules (nécrose) peut être localisée ou au contraire très étendue. Bien que la signification exacte de cette mort cellulaire ne soit pas claire, il est admis par ces chercheurs que la nécrose circonscrit le pathogène et entrave sa dissémination dans la plante.

4.2. La résistance acquise (RA) :

4.2.1. La résistance locale acquise (RLA) :

DOREY *et al* (1994), proposent que cette résistance soit induite par des signaux libérés par les cellules en état de mort.

Il y a d'autres modifications métaboliques qui interviennent dans la défense de la plante, représentée par le renforcement de la barrière mécanique que constitue la paroi pecto-cellulosique par incorporation des polysaccharides (callose), des polymères phénoliques (lignine) et de polyesters (subérine), FRITIG *et al* (1996).

4.2.2. La résistance systémique acquise (RSA) :

ROSS (1961) et CHESTER (1993) définissent cette réaction par l'activation d'un certain nombre des gènes qui permettent l'induction et le maintien d'un état de résistance de la plante entière contre un large spectre d'agents pathogènes. Ce phénomène est connu depuis de très nombreuses années sous le nom d'immunité physiologique acquise, ou résistance induite. Dans le premier cas ce type de résistance dépend d'une reconnaissance spécifique entre un gène majeur de résistance chez la plante et un gène de virulence correspondant chez l'agent pathogène.

1. Objectif de l'étude :

Notre travail vise l'étude comparative de trois variétés de Tomate Hybride et Fixe (Hibrido F1, Pietro F1, Rio Grande) sur leur sensibilité ou leur résistance vis-à-vis des attaques de quatre isolats de *Fusarium oxysporum*, isolé dans quatre régions différentes de l'ouest Algérien. Dans cette optique, deux tests « *in vitro* » et « *in vivo* » ont été réalisés, afin d'estimer le pouvoir pathogène de ces isolats sur ces trois variétés de tomate et par la même estimer leur degré de virulence.

2. Matériel utilisé :**2.1. Matière végétale :**

Le travail expérimental est réalisé sur trois variétés de tomate hybride et fixe :

2.1.1. Hibrido F1 : Variété hybride, précoce à croissance indéterminé, productif. Elle a une résistance à diverses maladies qui peuvent attaquer la tomate.

2.1.2. Pietro F1 : Variété hybride, très adaptable, produit de gros fruits, plante vigoureuse avec une bonne couverture des feuilles. Groupe uniforme avec 5 à 7 fruits, donnant une excellente récolte, les fruits sont de couleur rouges dont le calibre est de 230 à 250 g, elle tolère certaines maladies comme TA: ToMV, le Verticilium, *Stemphylium sp* et les attaques de nématodes.

2.1.3. Rio grande : C'est une variété fixe, semi-précoce originaire d'Italie produisant des grappes de fruits oblongs rouge profond, très charnus avec peu de graines. De calibre de 70 à 100 g et présentant parfois un ombilic un peu pointu, cette variété est à croissance déterminée avec une bonne vigueur et s'élevant de 1,20 à 2,40 m.

2.2. Matériel fongique :

Les quatre isolats de *Fusarium oxysporum* ont été tous isolés à partir des plants de tomate *Lycopersicon esculentum* atteinte de fusariose. Ils proviennent du laboratoire de Microbiologie appliquée de l'Université d'Oran 1 Ahmed Ben Bella, fournis par le Docteur SI MOHAMMED Abdesslem, ses isolats ont été identifiés (par séquençage de leur facteur d'élongation 1-alpha), et conservés.

2.2.1. Origine des isolats :

Le tableau 6 présente les sites, année de prélèvement et les organes utilisés des isolats retenus

Tableau 6 : Origine des isolats de *Fusarium oxysporum*.

Souches	Site d'isolement	Organe d'isolement	Année d'isolement
I1	Oran	Racine	2011
I2	Ain Temouchent	Racine	2009
I3	Mascara	Collet	2009
I4	Mostaganem	Tige	2009

2.2.2. Ré-identification des isolats de *Fusarium oxysporum* :

La ré-identification repose sur un ensemble de critères notamment les caractères cultureux et des éléments structuraux. Au plan macroscopique Ce type de caractérisation est basé essentiellement, sur l'aspect du mycélium sur milieu PDA (cotonneux, duveteux ...), sa vitesse de croissance, la couleur et la pigmentation des colonies (rose, blanc) ainsi que la sporulation. Les observations microscopiques portent sur la morphologie du thalle, la forme et la taille des spores ou encore sur l'absence ou la présence de chlamydo-spores.

3. Méthode utilisée :**3.1. Tests « *in vitro* » du pouvoir pathogène des isolats de *Fusarium oxysporum* :**

Le but est de tester le pouvoir pathogène des isolats de *Fusarium* avec une méthode simple et rapide cité par CLERJEAU et CONUS (1973). La désinfection des graines de tomate (trois variétés) est réalisée dans une solution d'hypochlorite de sodium à 2%, elles y sont immergées pendant 3 min afin d'éliminer toute trace de saprophyte puis rincées 3 fois dans de l'eau distillée stérile durant 30 min, Les graines désinfectées sont transférées dans des boîtes de Pétri contenant du papier filtre stérile et imbibé d'eau distillée stérile à raison de 10 graines par boîte. Après cinq jours d'incubation on obtient des plantules dont la racine atteint 3 à 4 cm de longueur (Pl 1 et Fig. 15).

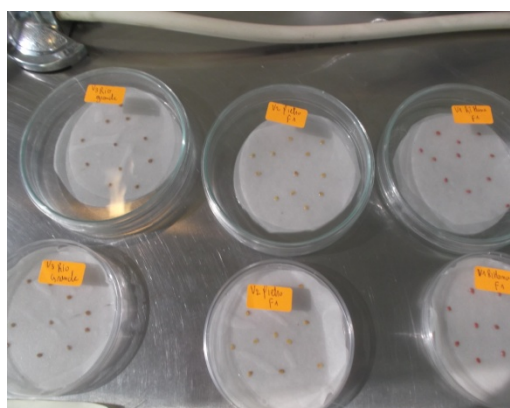
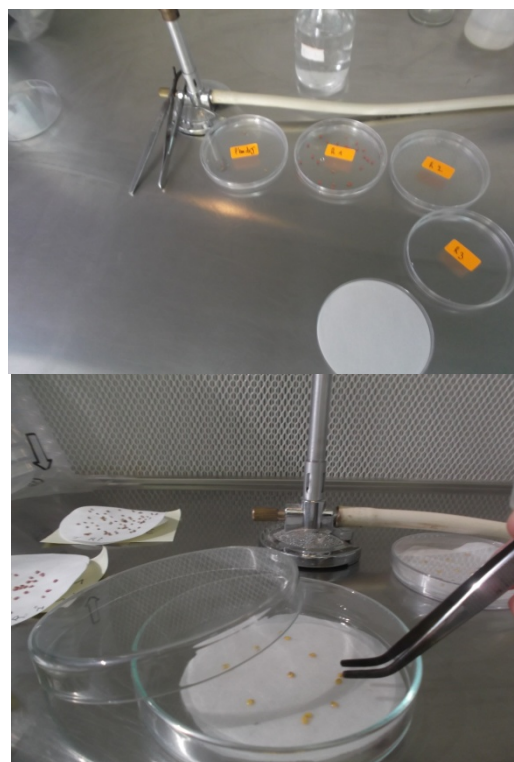


Planche 1 : les étapes de préparation des graines de tomate (originale 2017).

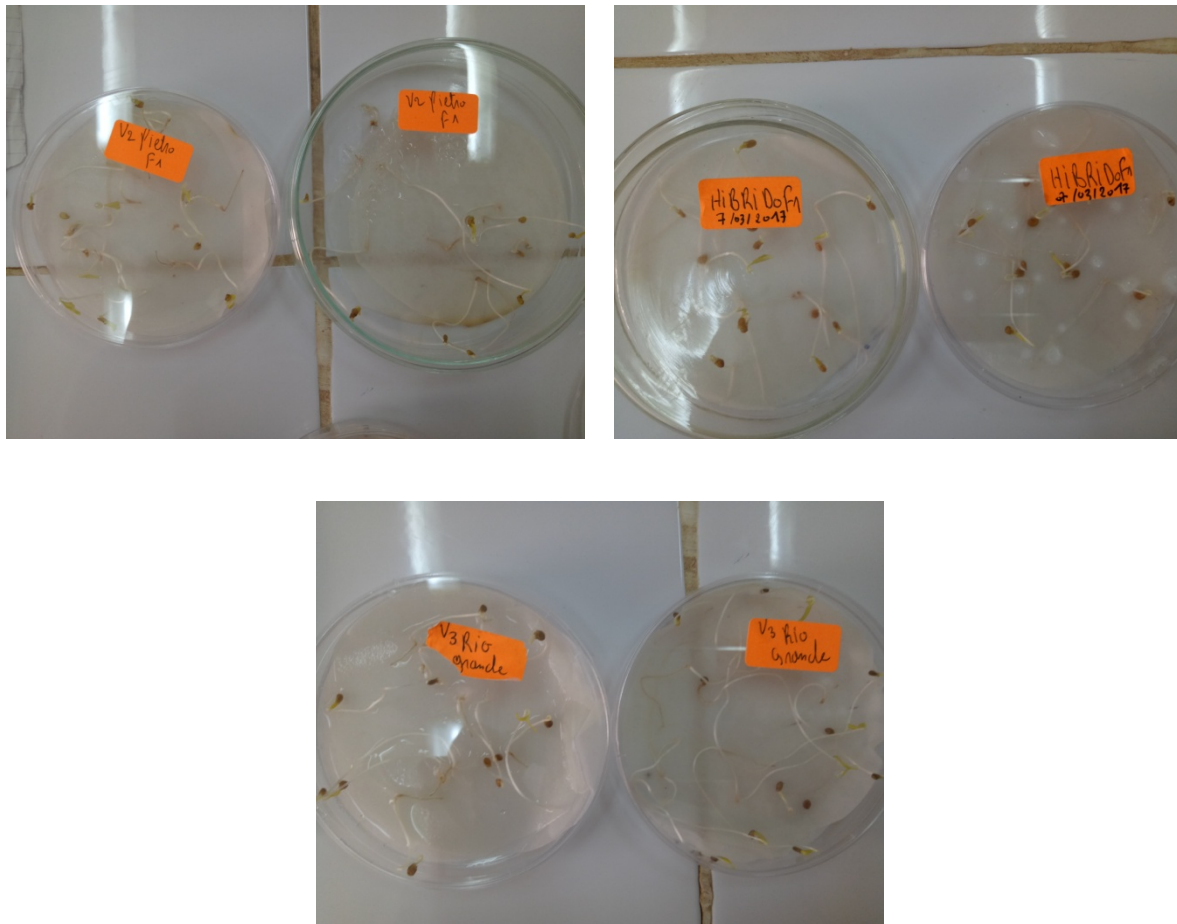


Figure 15 : Plantules de tomate (PietroF1, HíbridoF1, Rio grande) après cinq jours d'incubation (originale 2017).

La technique d'inoculation consiste à appliquer un fragment de culture pure du parasite, sur la racine de la plantule de tomate, qui est placée sur un tissu éponge humidifié à saturation et recouvert d'un papier filtre sur des boîtes de Pétri en verre de 14 cm de diamètre en conditions stérilises. Des pastilles de 5 mm de diamètre sont découpées stérilement à l'emporte-pièce à la périphérie des colonies âgées de 7 jours. Chaque fragment est alors prélevé à l'aide d'une aiguille lancéolée puis placés sur une racine à 1 cm de l'extrémité distale, le champignon étant en contact du végétal (**Fig. 16**), les témoins sont recouverts avec des pastilles prélevées sur milieu PDA.

L'expérimentation est menée avec trois plantules (une pour chaque variété) de tomate par boîte de Pétri avec trois répétitions. Des racines de même longueur des plantules de chaque variété sont inoculées dans la même boîte avec un seul isolat de *Fusarium*.

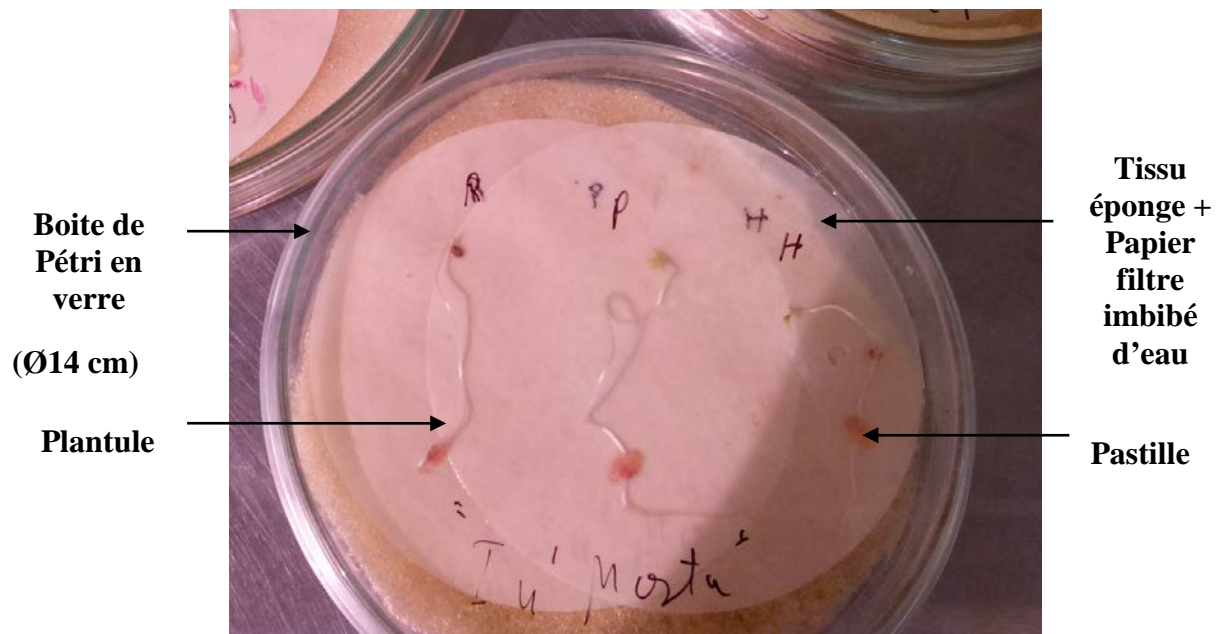


Figure 16: Dispositif de contamination des plantules de tomate dans une boîte verre. (Originale 2017).

Après 5 jours d'incubation à 25 °C, les isolats virulents provoquent une nécrose brune sur toute la portion de la racine située sous le disque d'inoculum. Plus tard, la nécrose s'étend le long de la racine en débordant des limites du disque plus au moins selon les isolats.

Les nécroses peuvent présenter des intensités de coloration différentes traduisant une sensibilité plus au moins grande des plantules aux isolats utilisés.

Une notation qui tient compte à la fois de la longueur des racines nécrosées et de l'intensité du brunissement s'effectue 10 jours après l'inoculation (CLERJEAU et CONUS, 1973).

0 : aucun symptôme.

1 : nécrose faiblement colorée, ne débordant pas le disque.

2 : nécrose fortement colorée, ne débordant pas le disque ou faiblement colorée débordant le disque d'une longueur inférieure de 6 mm.

3 : nécrose fortement colorée, débordant le disque d'une longueur inférieure de 6 mm, ou nécrosée faiblement colorée, débordant le disque sur une longueur égale ou supérieure à 6 mm.

4 : nécrose fortement colorée débordant le disque sur une longueur égale ou supérieure à 6 mm.

Après avoir établi la moyenne des notes obtenues, sur toutes les plantules contaminées par un isolat donné, on place le degré d'attaque dans l'une des cinq classes définies comme suit :

Classe 0 : Si la moyenne des notes = 0 Degré d'attaque nul

Classe 1 : Si la moyenne des notes > 0 et ≤ 1 Degré d'attaque faible

Classe 2 : Si la moyenne des notes > 1 et ≤ 2 Degré d'attaque moyen

Classe 3 : Si la moyenne des notes > 2 et ≤ 3 Degré d'attaque fort

Classe 4 : Si la moyenne des notes > 3 et ≤ 4 Degré d'attaque très fort

3.2. Test « *in vivo* » du pouvoir pathogène des isolats de *Fusarium oxysporum* :

Pour cette partie expérimentale, nous avons retenu les mêmes isolats de *Fusarium oxysporum* et les 3 variétés de tomate décrites précédemment. Pour chaque isolat, l'inoculum est réalisé avec 5 répétitions selon 5 modalités :

- ✓ Isolat 1 (originaire d'Oran).
- ✓ Isolat 2 (originaire d'Ain Temouchent).
- ✓ Isolat 3 (originaire de Mascara).
- ✓ Isolat 4 (originaire de Mostaganem).
- ✓ Témoin.

Au bout de 21 jours, une notation est effectuée (présence / absence de symptômes et éventuellement le type de symptômes).

La durée totale de l'expérience : (laboratoire + serre) est de 06 semaines et se déroule comme suit :

J01 : Semis des graines de tomate : (Pl. 2)

- | | | |
|----------------|---|---|
| Avant le semis | { | <ul style="list-style-type: none">- Remplissage des pots avec du terreau stérile.- Léger arrosage des pots avec l'eau de robinet.- Tassage manuel. |
| Le semis | { | <ul style="list-style-type: none">- Déposer les graines tomate de trois variétés dans les pots.- Recouvrir avec une fine couche de terreau.- Placer les pots en conditions favorables |

Après le semis, les pots sont légèrement et délicatement arrosés à l'eau de robinet.

J10 : Arrosage délicat tous les jours à la même heure (entre 09 h et 10 h) avec l'eau de robinet.

J20 : Préparation des inocula: Les spores sont récoltées à partir des cultures des quatre isolats des *Fusarium oxysporum* par l'ajout de l'eau distillée stérile. La densité des suspensions sporales est ajustée à 10^6 spores/ml à l'aide d'un hématimètre de type Malassez (MOUARAGADJA et BATCHI., 1998).

J21 : Inoculation et transplantation : Les plantules de tomate semées à J01 (stade 3 feuilles) sont extraites des pots, rincées avec de l'eau distillée stérile puis les systèmes racinaires sont coupés au scalpel à 07mm en dessous du pivot, puis trempés pendant 30 minutes, dans les suspensions sporales, les témoins étant traités à l'eau distillée stérile. (Pl. 3)

Après inoculation, chaque plantule est transplantée dans un pot de terreau stérile en tenant compte des recommandations suivantes :

NB : Ne pas arroser le jour de l'inoculation.

J22 → Arrosage délicat à l'eau de robinet.

J23 → Arrosage tous les jours à l'eau de robinet entre 09 h et 10 h du matin ;

J42 → Notation des symptômes.

Les plantules testées sont observées quotidiennement, afin de noter l'évolution des symptômes, la lecture finale intervient au 20^{ème} jour après inoculation.

Les résultats ont été exprimés selon le système de notation décrit par HIBAR et al. (2005). les plantules de chaque variété sont réparties en cinq classes en fonction de l'importance des symptômes.

Classe 0 : aucun symptôme, plante saine.

Classe 1 : léger jaunissement, léger pourriture.

Classe 2 : jaunissement important des feuilles avec ou sans flétrissement.

Classe 3 : pourriture sévère du pivot des racines secondaires, pourriture importante du collet et brunissement des vaisseaux de la tige.

Classe 4 : plante morte.

La réaction moyenne globale des cultivars est quantifiée à l'aide du rapport suivant :

$$IM = \frac{1 \times F1 + 2 \times F2 + 3 \times F3 + 4 \times F4 + 5 \times F5}{N}$$

IM : indice de maladie.

F : nombre de plants pour chaque degré dans l'échelle de notation allant de 1 à 5.

N : nombre totale de plants utilisés.

Selon CABRERA et *al.*,(1987), LECHAPPE et *al.*.(1988), CLULOW et *al.*(1991) , NASSIR et HOPPE (1998) , la sensibilité ou la résistance des plants est définie par cet indice .

Si $IM < 1$ le cultivar est résistant.

Si $1 < IM < 2$ le cultivar est moyennement résistant.

Si $IM \geq 2$ le cultivar est sensible.



Le semis de trois variétés



Plantules de trois variétés âgées de 20 j

Planche 2: Semis et préparation des plantules (Originale 2017).



Lavage des racines



Inoculation avec trempage racinaire



Planche 3 : Inoculation et transplantation des plantules de tomate (Originale 2017).

4. Analyse statistique des données :

Le traitement des données « *in vitro* » et « *in vivo* » sont réalisés, à l'aide de Microsoft Excel pour le classement des données et pour l'élaboration des graphes.

1. Ré-identification des isolats de *Fusarium oxysporum* :**1.1. Etude macroscopique :**

L'étude macroscopique de quatre isolats présentes sur milieu PDA a permis de dénombrer deux morphotypes « cotonneux et duveteux » avec une variabilité de la couleur entre blanc et rose violacée (pl.4)

Type cotonneux : la colonie est dense et possède une bordure souvent diffuse. Le mycélium aérien est cotonneux et très abondant.

Type duveteux : la colonie est peu dense et son contour est souvent net. Le mycélium aérien est peu développé et assez court.

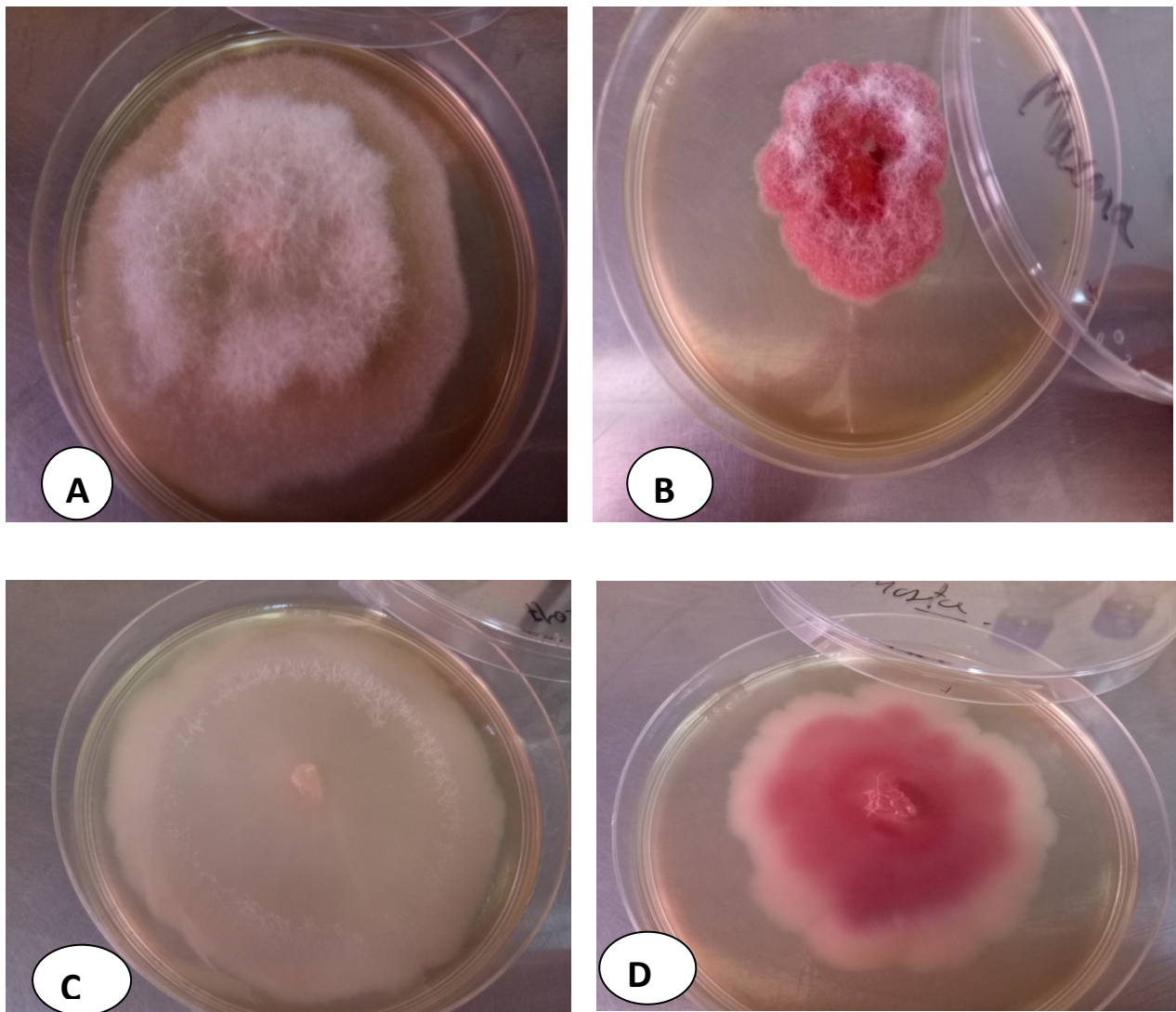


Planche 4: Aspect mycélien cotonneux de *Fusarium oxysporum*. **A** (Isolat 2) **B** (Isolat 3) et duveteux **C** (Isolat 1) et **D** (Isolat 4). (Originale, 2017).

1.2. Etude microscopique :

Les observations microscopiques des isolats de *Fusarium oxysporum* sur milieu PDA montrent la présence d'hyphes mycéliens cloisonnés (septé), la présence de microconidies isolées des macroconidies de taille variable et des chlamydozoospores (Planche 5).

Notons que des fragments de mycélium entre lame et lamelle sont observés sous microscope optique, auxquels nous avons ajouté l'utilisation de la méthode de Scotch afin d'observer directement les conidies.

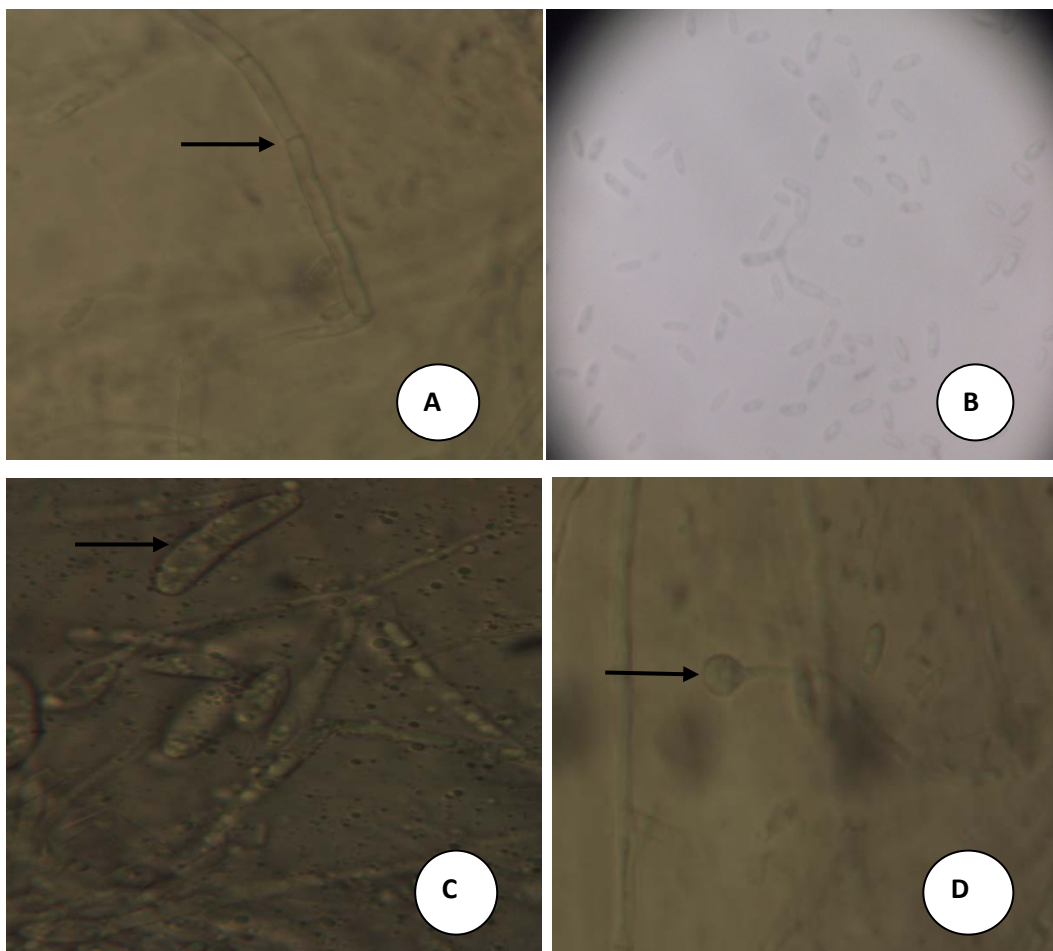


Planche 5 : Des observations microscopiques de *Fusarium oxysporum* (X400) (Originale, 2017).

A : Mycélium cloisonné, **B :** Microconidies, **C :** Macroconidies, **D :** Chlamydozoospore.

2. Test « *in vitro* » du pouvoir pathogène des isolats de *Fusarium oxysporum* :**2.1. Notation des symptômes :**

Après 10 jours d'inoculation une notation des symptômes est effectuée, selon la longueur des racines nécrosées et l'intensité du brunissement. Les résultats obtenus montrent différents degrés des nécroses selon l'échelle de notation 0 à 4 préconisée par (CLERJEAU et CONUS, 1973) (Planche 6). En revanche Les témoins des trois variétés retenues (Rio grande, Pietro F1, Hibrido F1) ne présentent aucune nécrose (Fig.17).

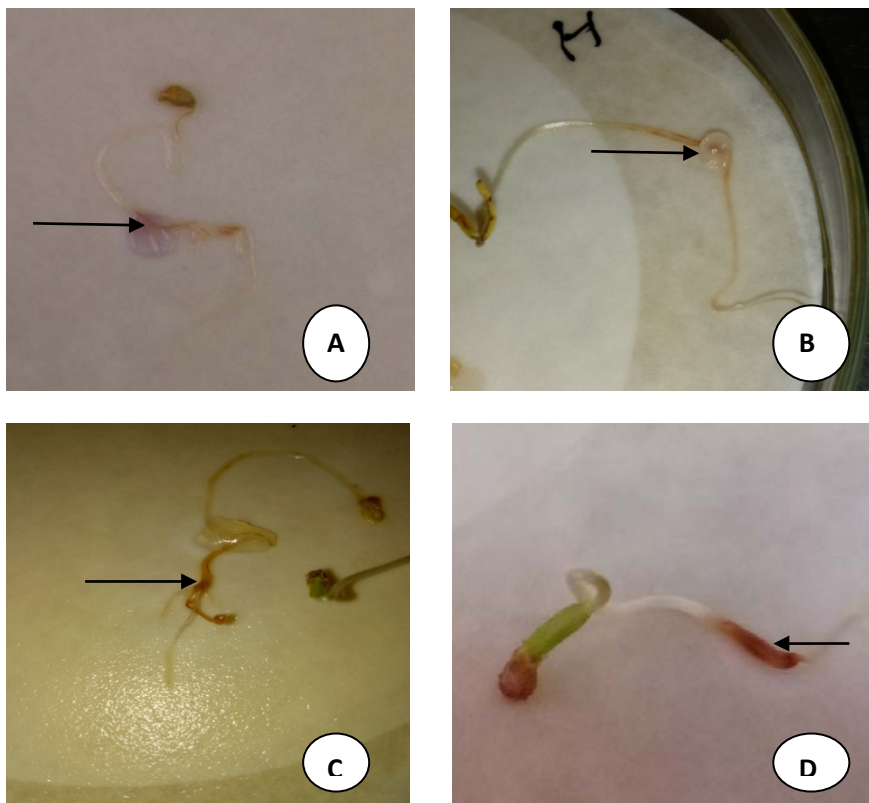


Planche 6 : les degrés de nécrose obtenus (originale 2017).

A : Nécroses faiblement colorées, ne débordant pas le disque.

B : Nécroses faiblement colorées débordant le disque d'une longueur inférieure de 6 mm.

C : Nécroses faiblement colorées, débordant le disque sur une longueur supérieure à 6 mm.

D : Nécrose fortement colorée débordant le disque sur une longueur supérieure à 6 mm.

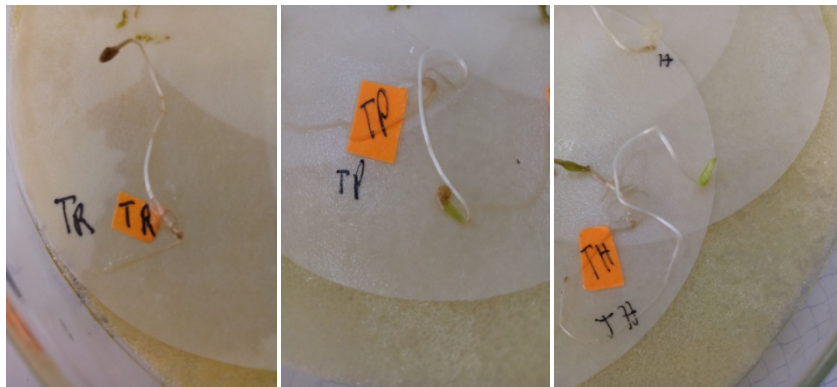


Figure 17: les plantules témoins ne présentant aucune nécrose des trois variétés Rio Grande, Pietro F1 et Hibrido F1 (originale 2017).

2.2. Les résultats : La figure 18 montre que l’isolat provenant de la région d’Oran, provoque un degré d’attaque moyen de 1,66 correspondant à la classe 2 selon l’échelle de CLERJEAU et CONUS,1973).chez la variété Rio Grande, alors que les hybrides Pietro F1 et Hibrido F1 manifestent un degré d’attaque faible correspondant à la classe 1 par rapport aux plantules témoins.

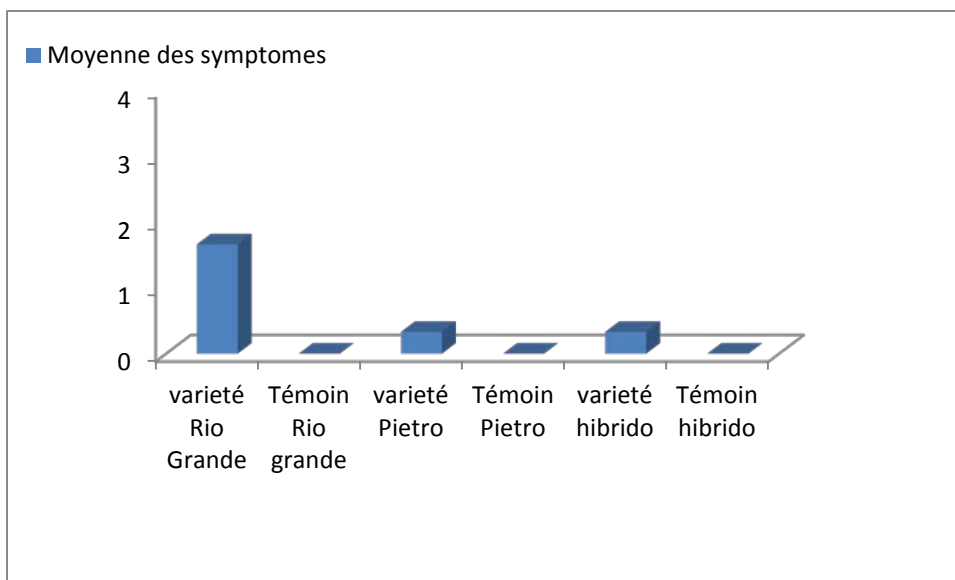


Figure 18: Moyenne des symptômes de trois variétés Rio Grande, Pietro F1, Hibrido F1 et les témoins vis-à-vis l’isolat 1 de *Fusarium oxysporum* originaire d’Oran.

le graphe ci-dessous (Fig.19) révèle que la variété Rio Grande présente un degré d'attaque très fort correspondant à la classe 4 selon l'échelle adoptée par rapport aux sujets témoins, d'où sa grande sensibilité à l'isolat de *Fusarium oxysporum* originaire d'Ain Temouchent. Suivi par la variété Pietro F1 dont le degré d'attaque est fort appartenant à la classe 3 et enfin la variété hybrido F1 qui manifeste un degré d'attaque faible ayant pour classe 1 d'où sa résistance à l'agent pathogène.

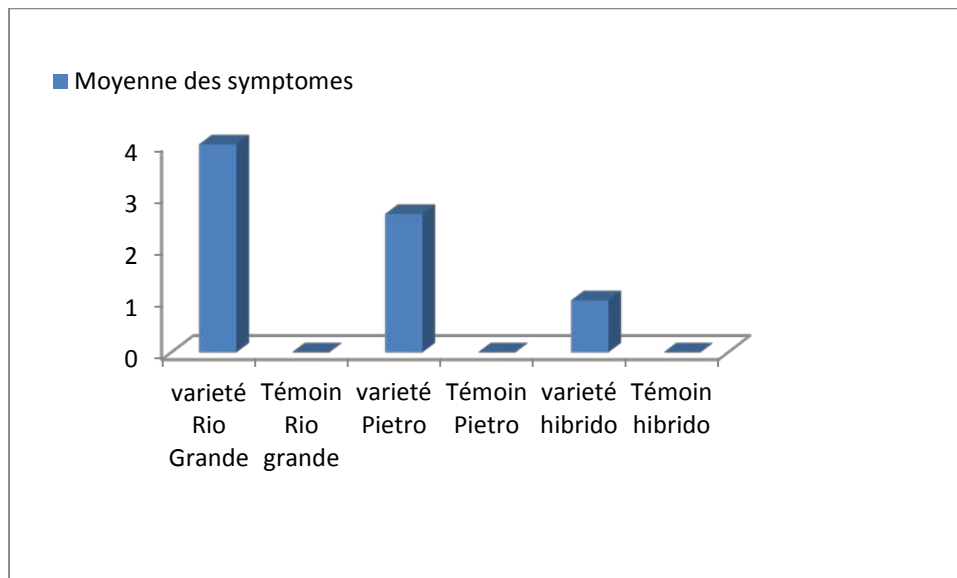


Figure 19 : Moyenne des symptômes de trois variétés Rio Grande, Pietro F1, HibridoF1 et les témoins vis-à-vis de l'isolat 2 de *Fusarium oxysporum* originaire d'Ain Temouchent.

Pour l'isolat de la zone de Mascara, nous enregistrons les observations suivantes (Fig. 20), la variété Rio Grande manifeste un degré d'attaque fort d'où sa sensibilité au *fusarium oxysporum*, suivi de la variété Pietro F1 avec un degré d'infection moyen, et la variété hybrido F1 dont le degré d'attaque est faible ce qui montre la résistance de cette dernière à l'agent pathogène.

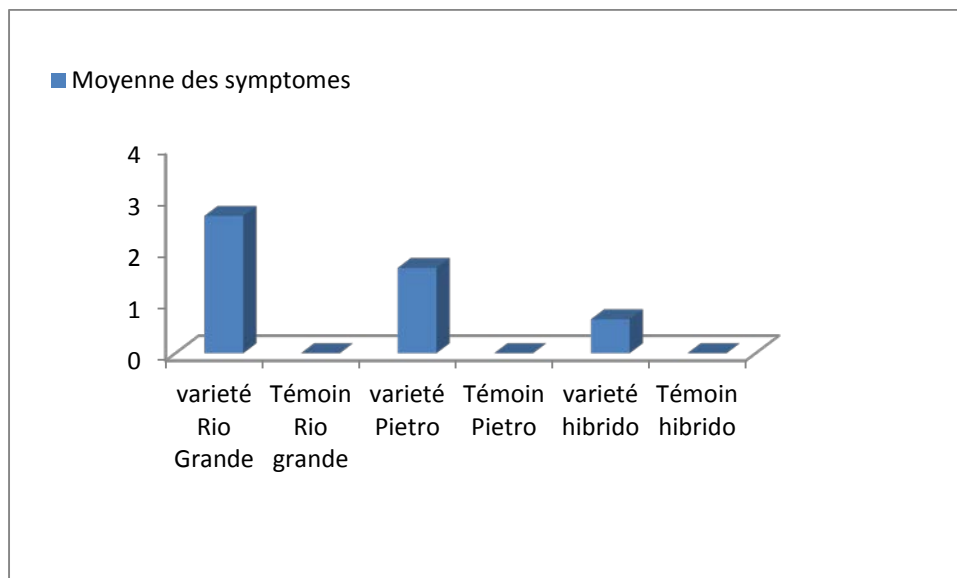


Figure 20 : Moyenne des symptômes de trois variétés Rio Grande, Pietro F1, Híbrido F1 et les témoins vis-à-vis de l’isolat 3 de *Fusarium oxysporum* originaire de Mascara.

La figure 21 illustre pour les deux variétés Rio Grande et Pietro F1 un degré d’infestation moyen par rapport à leurs témoins respectifs, quant à la variété Híbrido F1 elle manifeste une certaine résistance à l’agent pathogène

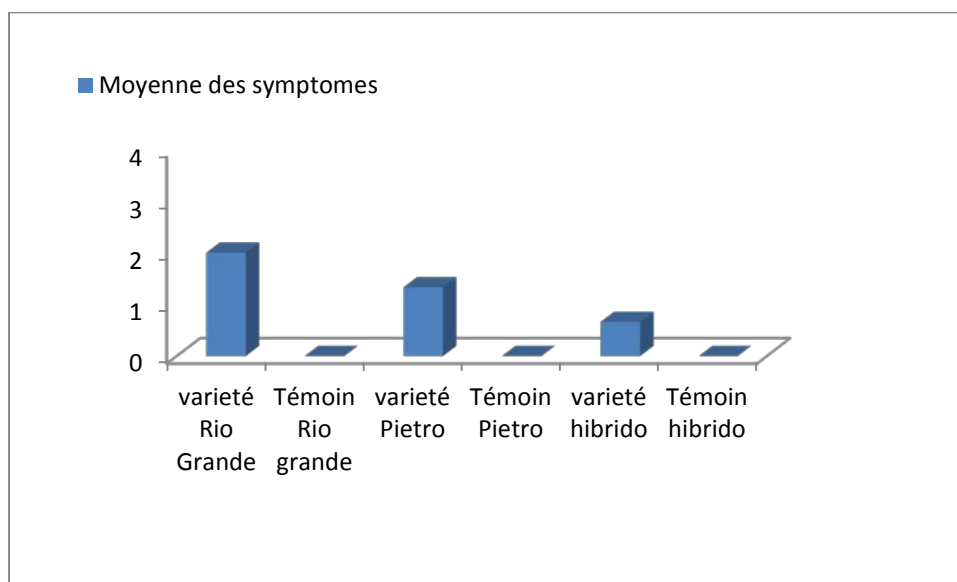


Figure 21 : Moyenne des symptômes de trois variétés Rio Grande, Pietro F1, Híbrido F1 et les témoins vis-à-vis l’isolat 4 de *Fusarium oxysporum* originaire de Mostaganem.

3. Test « *in vivo* » du pouvoir pathogène des isolats de *Fusarium oxysporum* :

Le début d'apparition des symptômes foliaires est observé à partir du 10^{ème} jour après inoculation, Un jaunissement apparaît initialement sur les feuilles, suivis par un flétrissement général de la plante. Le jaunissement des feuilles débute le long de la marge et progresse vers les nervures pour atteindre toute la surface foliaire et les marges des feuilles avec une coloration brun-grisâtre. Ces symptômes sont observés chez les trois variétés Rio Grande, Pietro F1, Hibrido F1 inoculées par l'isolat originaire d'Ain Témouchent, quant aux isolats provenant des zones de Mascara et de Mostaganem, seule les plantules de la variété fixe Rio Grande ont subi le jaunissement et le flétrissement de leur feuillage.

Les plantules des trois variétés retenues pour l'expérience, inoculées par l'isolat originaire d'Oran ne manifestent aucun symptôme de fusariose, ce qui suggère un degré de virulence moindre (Planche 7).





Planche 7 : : les plantules après 10 jours d'inoculation (originale 2017).

3.1. Notation des symptômes :

La notation finale des symptômes est faite après 20 jours d'inoculation des plantules de tomate de trois variétés, cette notation consiste à relever les différents symptômes provoqués par chaque isolat et de les comparer avec les témoins (Fig. 22, 23,24, 25), Ces symptômes sont exprimés en Indice de maladie.

Les plantules infectées présentent différents symptômes d'altérations telles qu'un jaunissement, suivi d'un dessèchement, puis un dépérissement des feuilles jusqu'à la mort totale de la plante. Aussi des pourritures sévères du collet et du pivot ont été observé (planche8).

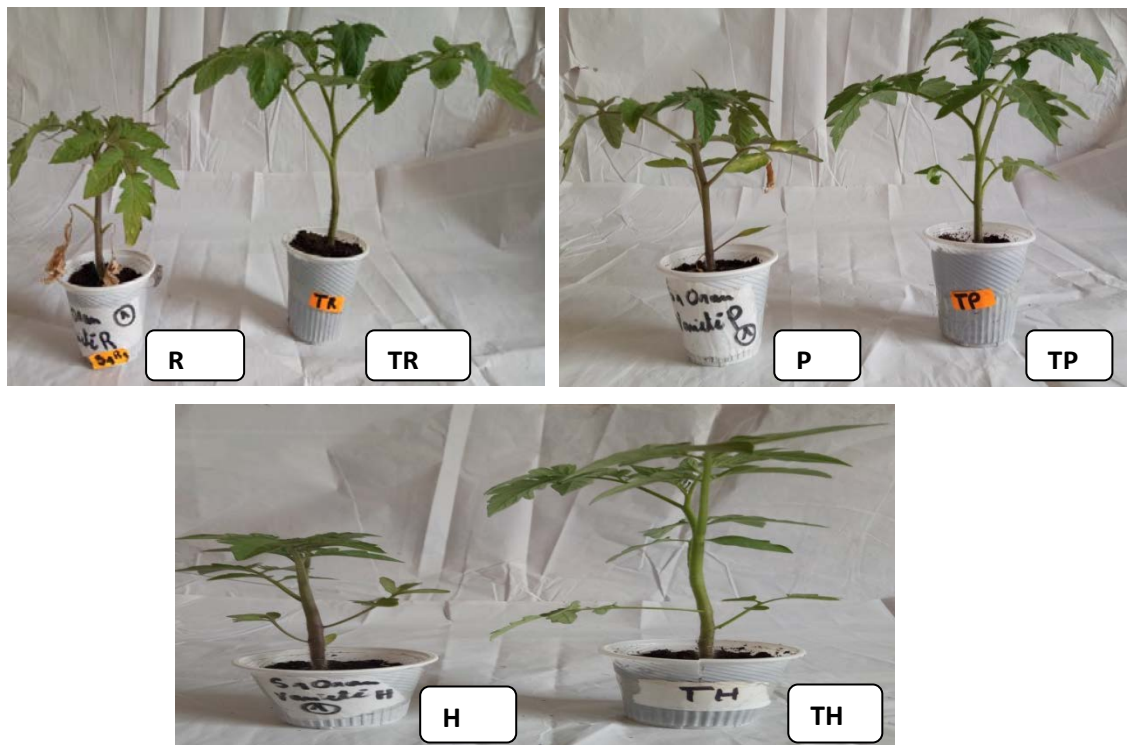


Figure 22 : Comparaison entre les trois variétés Rio Grande (R), Pietro F1(P), Hibrido F1 (H) inoculées par l'isolat 1 originaire d'Oran avec leurs témoins (originale 2017).

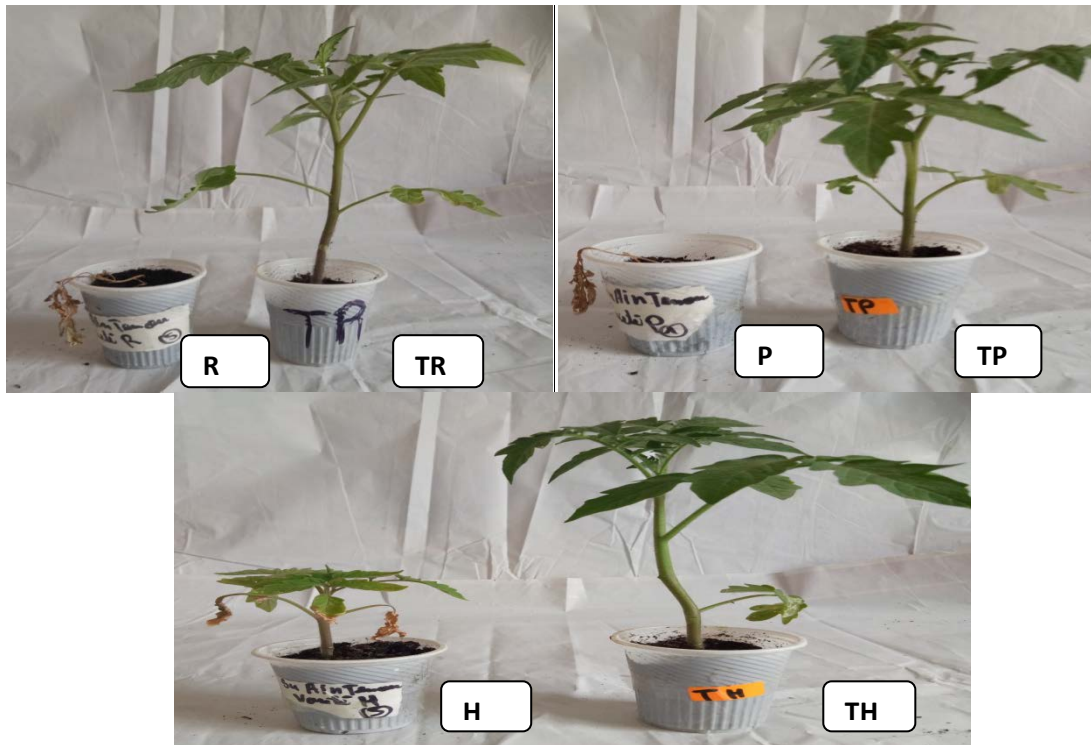


Figure 23 : Comparaison entre les trois variétés Rio Grande (R), Pietro F1(P), Hibrido F1 (H) inoculées par l'isolat 2 originaire d'Ain Temouchent avec leurs témoins (originale 2017).



Figure 24 : Comparaison entre les trois variétés Rio Grande (R), Pietro F1(P), Hibrido F1 (H) inoculées par l'isolat 3 originaire de Mascara avec leurs témoins (originale 2017).

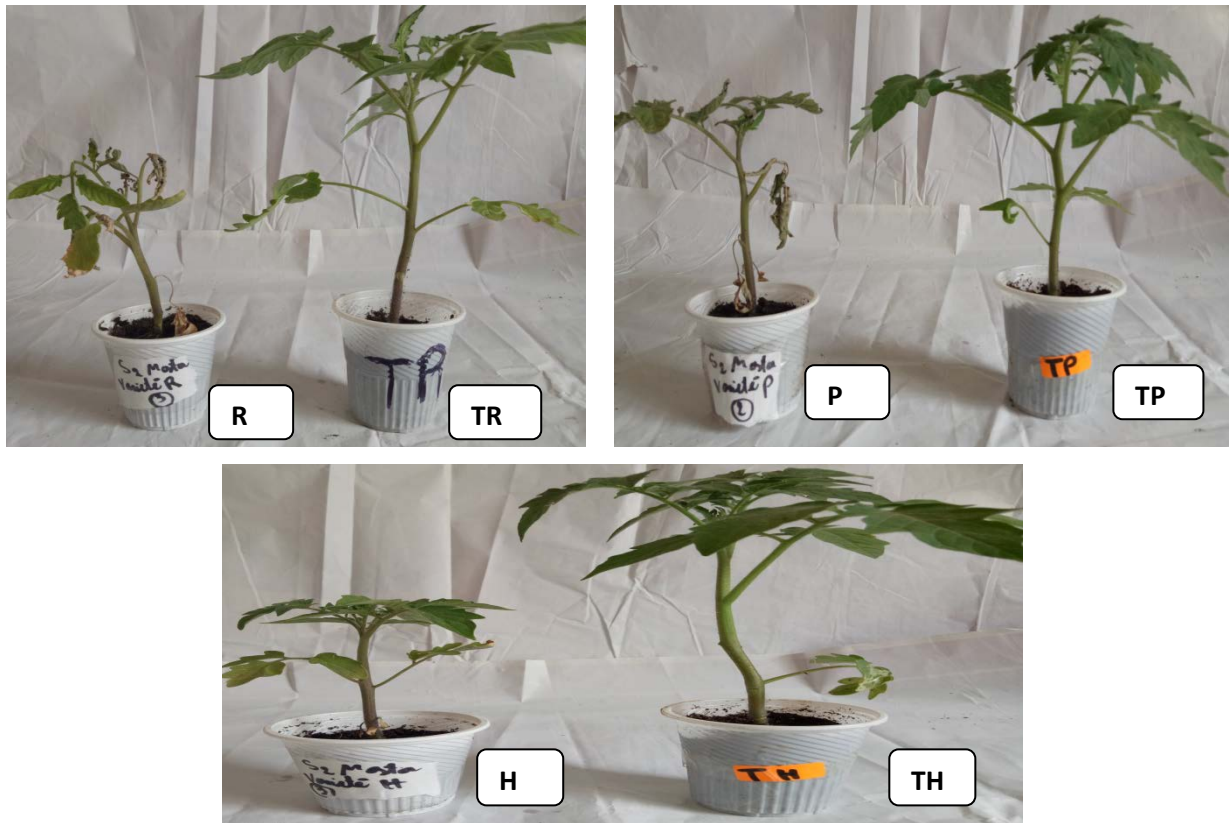


Figure 25 : Comparaison entre les trois variétés Rio Grande (R), Pietro F1(P), Híbrido F1 (H) inoculées par l'isolat 4 originaire de Mostaganem avec leurs témoins (originale 2017).



Planche 8 : symptômes externes de la fusariose observés sur plantules de tomate de trois variétés Rio Grande, Pietro F1, Hibrido F1 (originale 2017).

A : jaunissement des feuilles, **B** : début de flétrissement des feuilles, **C et D** : flétrissement et dessèchement de plante, **E et F** : Système racinaire pourri, **G** : plante morte.

3.2. Les résultats :

La figure 26 illustre pour le cultivar fixe Rio Grande un indice de maladie oscillant entre 3,93 et 2,46 respectivement pour les isolats d'Ain Temouchent, Mascara, et Mostaganem, ce qui dénote une sensibilité de cette variété à *Fusarium oxysporum* par rapport aux témoins, quant à l'isolat d'Oran l'indice de la maladie est évalué à 1,53 et démontre que la variété est moyennement résistante.

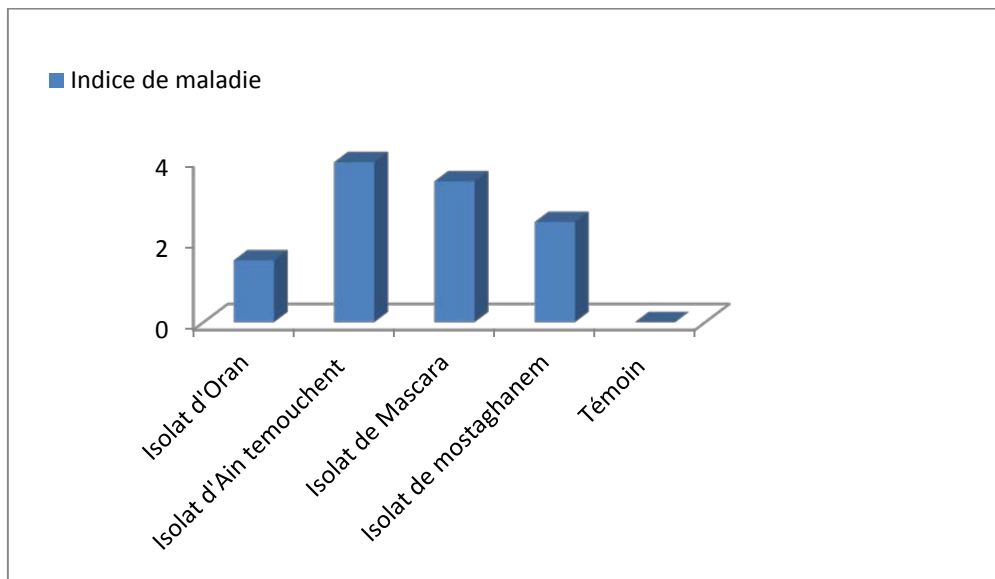


Figure 26 : comparaison de l'indice de maladie de variété Rio Grande vis-à-vis des quatre isolats de *Fusarium oxysporum* et témoins.

La figure 27 montre que l'hybride Pietro F1 manifeste une certaine résistance vis-à-vis du pathogène et affiche un indice de maladie faible (0,73) pour l'isolat en provenance d'Oran, le cultivar est moyennement résistant pour l'isolat de Mostaganem, et reste sensible aux deux autres isolats (Mascara et Témouchent).

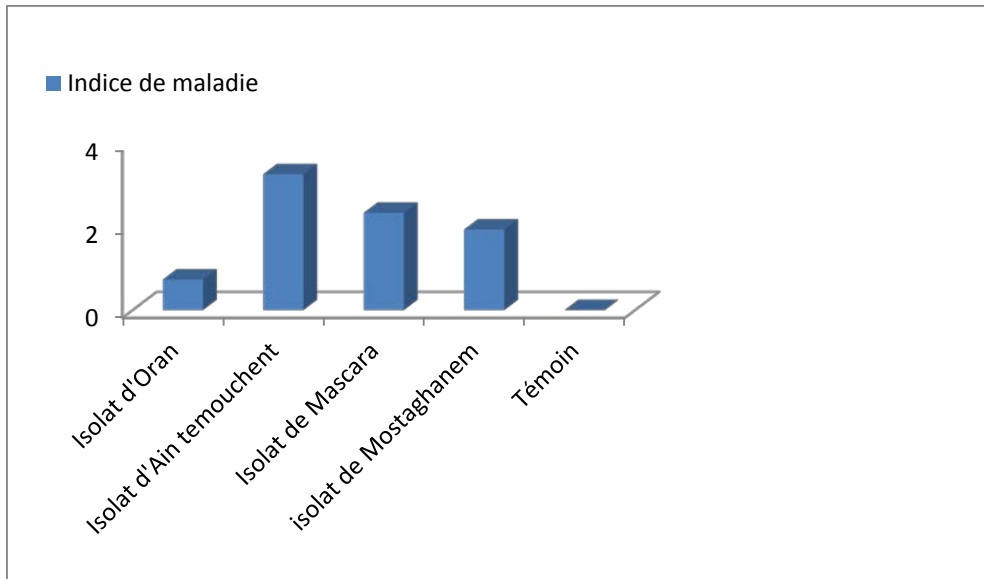


Figure 27: comparaison de l'indice de maladie de variété Pietro F1 vis-à-vis les quatre isolats de *Fusarium oxysporum* et témoins.

La variété Hibrido affiche un indice de maladie insignifiant variant entre 0,2 et 1,66 pour les quatre isolats ce qui révèle une certaine résistance à *Fusarium oxysporum* par rapport aux plantules témoins (figure 28).

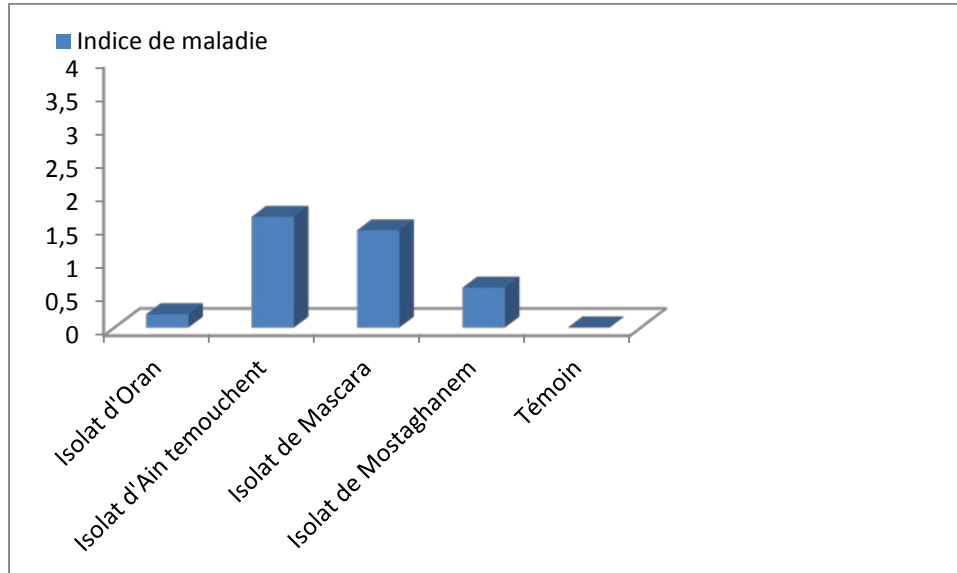


Figure 28 : comparaison de l'indice de maladie de variété Hibrido F1 vis-à-vis les quatre isolats de *Fusarium oxysporum* et témoins.

Discussion :

L'étude morphologique des quatre isolats fait apparaître deux morphotypes différents; l'aspect cotonneux et l'aspect duveteux.

Cette diversité morphologique du genre *Fusarium* a été déjà signalée dans les travaux de (QUINTEN1996) sur *Fusarium oxysporum f.sp.albedinis*, par (GUESSAS, 1993; HENNI, 1998 et HAMINI, 2002) sur *Fusarium oxysporum f.sp.lycopersici* isolée du nord d'Oran. L'étude microscopique des souches a démontré que le mycélium est cloisonné avec l'apparition des microconidies, des macroconidies et des chlamidospores.

Ces résultats concordent avec ceux signalés dans la littérature par (ARMSTRONG, 1981; DAVIS, 1998 ; AMEZIANE, 1997; HENNI, 1998 ; TASHIKI et TAKASHI, 2004).

L'étude du pouvoir pathogène des isolats a été estimée par l'utilisation de deux tests *in vitro* et *in vivo* et a révélé une large variabilité de la pathogénéicité de *Fusarium oxysporum*.

Dans le premier test *in vitro* on note un degré d'attaque différent des isolats vis-à-vis des trois variétés de tomate Rio Grande, Pietro F1, Hibrido F1. L'isolat 2 originaire d'Ain Temouchent présente le plus haut pouvoir pathogène suivi de l'isolat 3 originaire de Mascara puis l'isolat 4 originaire de Mostaganem, en revanche l'isolat 2 originaire d'Oran représente le plus faible degré de virulence. Cette différence des degrés de pathogénéicité a été démontrée dans les travaux de BOISSON (1991) pour des isolats de *Fusarium oxysporum*.

Ces résultats sont également obtenus *in vivo* par le trempage racinaire des plantules de tomate de Rio Grande, Pietro F1, Hibrido F1 dans des solutions sporales des quatre isolats. Selon (ASSIGBESTE.1989; GUESSAS, 1993; HENNI, 1994; AMEZIANE, 1997 et KARKACHI, 2002), l'étude du pouvoir pathogène des isolats est estimée par le nombre de plantes flétris et de plantes saines et démontre que toutes les souches possédaient un haut pouvoir pathogène de *Fusarium oxysporum f.sp.lycopersici*.

Pour de nombreuses maladies fongiques les toxines produites par les champignons jouent un rôle majeur dans le processus destructif des plantes (SCHEFFER et BRIGYR ,1981)

Cette variabilité des isolats de *Fusarium oxysporum* laisse suggérer que la différence d'apparition des symptômes provoqués par les différents isolats testés peut être attribuée à l'agressivité de l'isolat et qu'il existerait une relation entre l'agressivité et la nature ou la concentration des toxines sécrétées. Cette hypothèse a été déjà démontrée par plusieurs auteurs pour *Fusarium oxysporum f.sp.lycopersici* (KERN 1972) et *Fusarium oxysporum f.sp.Niveum* (DAVIS 1969).

En ce qui concerne les variétés utilisées dans notre expérimentation, les deux tests révèlent qu'il existe une différence de réaction des plantules des trois variétés de tomate (Rio Grande, Pietro F1, Hibrido F1) vis-à-vis les isolats de *Fusarium oxysporum*. En effet la variété hybride (Hibrido F1) représente le sujet la plus résistant aux attaques du *Fusarium oxysporum*. Ceci est confirmé par (CHAUX et FOURRY, 1994) qui avancent que Les variétés hybrides sont caractérisées par un effet hétérosis qui permet un cumul de gènes favorables à la résistance aux maladies.

Conclusion

La fusariose est une maladie très dommageable sur les cultures de tomate, elle reste un grand souci du secteur agricole et scientifique.

Notre travail porte sur l'étude du pouvoir pathogène *In vitro* et *In vivo* de quatre isolats de *Fusarium oxysporum* agent causale de la fusariose de la tomate avec une étude comparative de trois variétés : hybrides (Pietro F1, Hibrido F1) et fixe (Rio grande) afin de déterminer leur niveau de sensibilité ou de résistance vis-à-vis de chaque isolat de *Fusarium oxysporum*.

Les résultats obtenus ont permis de constater que *Fusarium oxysporum* est caractérisé par une diversité morphologique et une variabilité de degré du pouvoir pathogène.

Tous les isolats ont la capacité de provoquer des symptômes sur les trois variétés de tomate avec un degré de virulence différent.

L'isolat 2 originaire d'Ain Temouchent se montre le plus virulent, avec des symptômes apparaissant plus tôt sur les trois variétés, en revanche l'isolat 1 originaire d'Oran dispose d'un degré d'agressivité très faible.

La variété fixe Rio Grande est la plus sensible aux attaques des isolats de *Fusarium oxysporum* qui enregistre un indice de maladie élevé par rapport aux deux autres variétés hybrides. En effet la variété Pietro F1 manifeste une certaine sensibilité vis à vis des isolats 2 et 3 mais reste résistante pour les autres isolats 1 et 4. En revanche la variété Hibrido F1 révèle une résistance aux quatre isolats de *Fusarium oxysporum*. Afin de mieux apprécier ces facteurs de sensibilité et de résistance des variétés de tomate aux attaques du *Fusarium oxysporum*, il est recommandé de poursuivre cette étude afin d'élucider les caractères génétiques responsables de la résistance et de la sensibilité à la fusariose propres à chaque variété fixe et hybride, ce qui autorisera par la suite leur vulgarisation auprès des professionnels de la filière Tomate.

RÉFÉRENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Agrios, G.N. 1988. Plant Pathology. 3rd ed. Academic Press, New-York. 803 pp.

Agrios, G.N. 2005. Plant Pathology. Fifth Edition, Elsevier Academic Press, 525 B Street, Suite 1900, San Diego, California 92101-4495. pp. 524-525, 539.

Ameziane H, 1997. Thèse de Magister. Université d'Oran.

دراسة للتعرف على فطر *Fusarium oxysporum* في شمال الغرب الجزائري و قدرته على احداث مرض الدبول الفيزواري عند نبات الطماطم

ANONYME 2.,2007. Sarl CASAP. Variétés de tomate. (PDF).3P.

Armstrong G.M. & Armstrong J.K.1981. Formae speciales and races of *Fusarium oxysporum* causing wilt diseases. In "Fusarium: Disease, Biology and Taxonomy." (Nelson P.E., Toussoun T.A. & Cook R.J., eds.), pp. 391-399. Pennsylvania State University Press, University Park.

Assigbetse K, 1989. Etude de la variabilité spontanée chez le *Fusarium*, Diseases, biology and taxonomy pp391-399.

ATHERTON D .G and HARRIS G.P., 1986. Flowering in the tomato crop. A scientific basis for improvement. Ed. ATHERTON J.G and RUDICH J. London, New York. pp167-200.

Barna, B., A.R.T. Sarhan et Z. Kiraly. 1983. The influence of nitrogen nutrition on the sensitivity of tomato plants to culture filtrates of *Fusarium* and to fusaric acid. *Physiological Plant Pathology*, 23:257-263.

BENCHALAAL., 1983. Généralités sur la tomate, production végétale, production céréalière et fourragère. Aurès agronome. pp2-6

BENTVELSEN C.L.M., 1980. Réponse des rendements à l'eau. Ed. Dunod. 235p.

Bettache, 1993. La fusariose vasculaire de la région d'Oran, thèse de magister en microbiologie, option phytopathologie.

Blancard, D. 1988. Les maladies de la tomate: Observer, Identifier, Lutter. Edition INRA, Monfavet. p. 170-179.

Blancard, D. 1997. Les maladies de la tomate. Edition INRA, Paris, 212 p.

Boisson C ; Henni J.E et Geiger J.P,1994. Variation de la morphologie chez *Fusarium oxysporum* f.sp.lycopersici. *Phytopath medit.* 51-58.

Boisson, 1991. Variabilité de la morphologie et du pouvoir pathogène des champignons du genre *Fusarium*, mise au point bibliographique, or tom 22pp.

Booth, C. 1971. The Genus Fusarium, p. 237. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England.

Booth, C. 1985. The *Fusarium* problem: Historical, economic and taxonomic aspects. In *The applied Mycology of Fusarium*, Moss, M.O. and Smith, J. E. Ed. Cambridge University Press, 1-13.

Bouhot, D., Rouxel, F. et Louvet, J. 1972. Observation de la fusariose vasculaire de la tomate en France. *Ann. Phytopathol.*4:187-191.

Brayford, D. 1996. *Fusarium oxysporum* f. sp. radice-lycopersici. *Mycopathologia*133:61-63.

Cabrer de la colina et al.1987.Races of *Fusarium oxysporum* f.sp.ciceri in Andalusia, Southern Spain. *International Chickpea Newsletter* 13: 34B26.

Causse, M., Caranta, C., Saliba-Colombani, V., Moretti, A., Damidaux, R., Rouselle, P. 200. Valorisation des ressources génétique de la tomate par l'utilisation de marqueurs moléculaires. *Cahiers Agricultures* 9: 197-210.

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

CLERJEAU et CONUS (1973). Méthode rapide de contamination de jeunes plantules de tomates par *Pyrenochaeta lycopersici* Schneider et Gerlach. *Ann Phytopathol* 5, 2, 143-150.

CORBINEAU F. et CORE A., 2006 Dictionnaire de la biologie des semences et des plantules. Ed .Tec et Doc. Lavoisier. 226p.

Correll J.C., C.J.R. Klittich et J.F.Leslie, 1987.Nitrate non utilising mutants of *F. oxysporum* and their use in vegetative compatibility tests. *Phytopathology*, 77, 1640-1646.

Davis D. (1969). Fusaric acid in selective pathogenicity of *Fusarium oxysporum*. *Phytopathology* .59,1391 -139.

Davis, R.M., Kimble, K.A., and Farrar, J.J. 1998. A third race of *Fusarium oxysporum* f.sp. lycopersici identified in California. *Plant Dis.* 72:453.

Dupont F .et Guignard JL ., 2012- Botanique les familles de plante . Edition Elsevier Masson .France, 300 P.

Dupont F .et Guignard JL ., 2012.Abrégés de pharmacie . Botanique – Famille des plantes.

Ed. Academic Press Inc, New York, London, 223 p.

El Mahjoub, M., Le Picard, D., and Moreau, M. 1984. Origin of tyloses in melon (*Cucumis melo*) in response to a vascular *Fusarium*. IAWA Bulletin n.s., Vol.5(4). 307-311.

El Modafar, C. 1994. Aspects histologiques et biochimiques des interactions hôte-parasites *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* inducing root rot of tomato. Proc. Kansai. Plant Prot. Soc. 16:17-29.

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

Grissa K., 2010. Etude de base sur les cultures d'agrumes et de tomates en Tunisie, Regional Integrated Pest Management Program in the Near East GTFS /REM/ 070/ ITA, juillet – septembre 2010, 92 P.

Guessas B, 1993. Etude physiologique et lutte biologique de l'agent de la fusariose vasculaire de la tomate (*Lycopersicum esculentum*): *Fusarium oxysporum*. Thèse de magister. Université d'Oran. 84p.

GUENAOUI Y., 2008-Première observation de la mineuse de la tomate invasive, dans la région de Mostaganem, au printemps 2008. *Phytoma*, N°:617, p.p.18-19.

Haas. D. and Defago, G. 2005. Biological control of soil-borne pathogens by fluorescent pseudomonads. *Nat. Rev. Microbiol.* 3(4), p. 307-319.

Hamini N, 2002. Etude physiologique et évaluation de l'efficacité de certains fongicides vis-à-vis de *Fusarium oxysporum* f.sp.*lycopersici*. Thèse de magister. Université d'EsSenia.Oran.

HELLER R., 1981. Physiologie végétale. Tome I : nutrition. 2ème Edition Masson.

Henni J.E, 1998. Morphologie, pouvoir pathogène et diversité génétique chez *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*. Thèse de Doctorat d'état. Université d'Oran. 171p.

Henni, J.E. 1998. Morphologie, pouvoir pathogène et diversité génétique chez *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*. Thèse de Doctorat d'état. Université d'Oran. 171 p.

Hibar, K., Daami-Remadi, M., Khiareddine, H. & El Mahjoub, M. (2005) Effet inhibiteur in vitro et in vivo du *Trichoderma harzianum* sur *Fusarium oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*. Laboratoire de Phytopathologie. École supérieure d'Horticulture de Chott-Mariem. 4042 Sousse (Tunisie). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 9 (3), 163– 171.

INDREA, 1989. Lucariva practice de legumi cultura partea, 2 tipo agronomica cly cy napoca. 18p.

Jarvis, W.R., Shoemaker, R.A., 1978. Taxonomic status of *Fusarium oxysporum* causing foot and root rot of tomato. *Phytopathology* 68, 1679–1680 .

Jean Duval. Les fusarioses de la tomate. *Agro-Bio*, M.Sc. mai 1991.

Karkachi N E, 2002. Conditions physico-chimiques de croissance et contribution à la lutte chimique vis-à-vis *Fusarium oxysporum*. Thèse de magister. Université d'Oran.

Katan, T., Shlevin, E., Katan, J. 1997. Sporulation of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* on stem surfaces of tomato plants and aerial dissemination of inoculums. *Phytopathology* 87: 712-719.

Kem H. ; Naef'-Roth S. et Rufner F. (1972). The influence of nutritional factors on the formation of naph-thazarin derivatives by *Fusarium martii* var *psii*. *Phytopathol.* 2.74, 272-280.

KOLEV N., 1976. Les cultures maraichères en Algérie .Tome I .Légumes fruits .Ed. Ministre de l'Agriculture et des Reformes Agricoles. 52p.

Komi, A. 1993. Pouvoir pathogène et diversité génétique chez *Fusarium oxysporum* f.sp. *vasinfectum* (ATK) SN. Et H.: Agent de la fusariose du cotonnier. Thèse de doctorat d'état. Université de Montpellier II. Sciences et Techniques du Languedoc.

L'ÉCHAPPE J., ROUXEL F., SANSON M.T., 1988. Le complexe parasitaire du pied du haricot. I. Mise en évidence des principaux champignons responsables de la maladie: *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* et *Thielaviopsis basicola*. *Agronomie* 8(5), 451-457.

Laterrot, H.; Rouxel, F.; Davet, P.; Mineau, R.; Nourrisseau, J.G. et Jonan, B. 1978. La fusariose vasculaire de la tomate en France. *P.H.M.Rev.Horticol* 137: 35-40.

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

LAUMONNIER R., 1979. Cultures légumières et maraichère. Tome III. Ed. Bailliere, Paris. 279p.

Menzies, J.G., and Jarvis, W.R. 1994. The infestation of tomato seed by *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. *Plant Pathol.* 43:378-386.

Messiaen, C.M. 1981. Les variétés résistantes. Méthodes de lutte contre les maladies et ennemies des plantes. Edition INRA. Paris. 374 p

Messiaen, C.M. et R. Cassini, 1968. Recherche sur les fusarioses. IV-La systématique *Fusarium*. *Ann. Epiphyt.* 19, 387-454.

Mouaragadja I. and M'batchi 1998. Etude et identification de la pourriture de l'oseille de Guinée au Gabon. *Fruits* 53 (1): 57-68.

- NAIKA S., DE JEUD J.V.L., DE JEFFAU M., HILMI M. et VANDAM B., 2005.** La culture de tomate, production, transformation et commercialisation. Ed. Wageningen, Pays-Bas. 105p.
- Nechadi, S., Benddine, F., Moumen, A., Kheddami, M. 2002.**Etat des maladies virales de la tomate et stratégie de lutte en Algérie. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin, 32, pp.21–24. New Zealand J. Agric. Res. 8:450-478.
- Ouinten M, 1996.** Diversité et structure génétiques des populations algériennes de *Fusarium oxysporum* f.sp.albedinis, agent de la fusariose vasculaire (Bayoud) du palmier dattier. Thèse de Doctorat. Sciences et technique du Languedoc. Montpellier II.
- PESSON P. et LOUVEAUX J., 1984.** Pollinisation et production végétales. Ed. INRA. 663p.
- PESSON P. et LOUVEAUX J., 1984.** Pollinisation et production végétales. Ed. INRA. 663p.
- POLESE J.M. ,2007.** La culture de la tomate. Ed Artémis .95p
- Rapilly F, 1990.** Evolution historique des concepts de résistances des plantes Aux agents pathogènes Cahiers Agricultures 7(3): 223-228.
- REY Y. et COSTES C., 1965.** La physiologie de la tomate, étude bibliographique .INRA.111p.
- Rezzonico F., Binder C., Défago G., Moenne-loccozy Y. 2005.** The type III secretion system of biocontrol *Pseudomonas fluorescens* KD targets the phytopathogenic chromista *Pythium ultimum* and promotes cucumber protection. Molecular Plant- Microbe Interaction, 18, p. 991-1001 (IF 3,58).
- Roumane M., 1993.** Essai de micropropagation *in vitro* de la tomate hybride F1,(Mémoire) université de mostaganem ITA :24-25 .
- Schetfer R.B.et Briggs S.P. (1981).** Introduction : a perspective of toxin studies in plant pathology. In Durbin (R.D) : Toxins in plant disease. P. 1-20. Academic Press édit., New york et Londres.
- Shankara, J., 2005.** Recombinant glutathione –S- transterase a major allergen form alternaria clinical use allergy patients. Molecular Immunology .43 (12) : 1927-1932.
- Smith, H.C. 1965.** The morphology of *Verticillium albo-atrum*, *V. dahlia*, and *V. tricorpus*. New Zealand J. Agric. Res. 8:450-478.

Snissi, A., Ezzouhri, B., Rossi, D., and Lairini, K. 2006. Contrôle biologique de la fusariose de la tomate causée par le *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* et *Fusarium oxysporum f.sp..radicis-lycopersici*. Biochimie, Substances Naturelles et Environnement.352-356.

SNOUSSI S A., 2010. Étude de base sur la Tomate en Algérie.Rapport de mission .FAO. Rome. 53p.

Snyder, W.C., and H.N. Hansen. 1940. The species concept in *Fusarium*. American Journal of Botany 27: 64-67.

Snyder, W.C., and H.N. Hansen. 1945. The species concept in *Fusarium* with reference to *Discolor* and other sections. American Journal of Botany 32:657-666.

Spichiger R.E., Vincent V., Figeat S.M. et Jeanmonod D., 2004- Botanique systématique des plantes à fleurs : une approche phylogénétique nouvelle des angiospermes des régions tempérées et tropicales. 3eme édition. Lausanne : Presses polytechnique et universitaires romandes, Français, 413p.

Tivoli, B. 1988. Guide d'identification des différentes espèces ou variétés de *Fusarium* rencontrées en France sur la pomme de terre et dans son environnement. Agronomie, 8(3):211-222.

Toshiaki O and Takashi T, 2004. FoSSTUA, Encoding a Basid Helix-Loop-Helix Protei, Differentially Regulates Development of Three Kinds of Asexual Spores, Macroconidia, Microconidia and Chlamydozoospores, in the Fungal Plant Pathogen *Fusarium oxysporum*. University, Chikusa. Japan.

VAN DER PLANK J.E., 1968-Résistance des plantes aux maladies. Ed. Academic Press Inc,New York, London,223 p.

Yamamoto, I., Komada, H., Kuniyasu, K., Saito, M., and Ezuka, A. 1974. A new race of *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* inducing root rot of tomato. Proc. Kansai. Plant Prost. Soc. 16:17-29.

Ziri S., 2011- Contribution à la lutte intégrée contre *tuta absoluta* sur tomate en plein champ. Thèse en vue de l'obtention du diplôme de magistère en science agronomique, Ecole nationale supérieure agronomique El-harrach. 92 P.

Sites internet

FAOSTAT ,2012-Organisation de la nation unie pour l'alimentation et l'agriculture : <http://www.faostat.fao.org/>

http://www.itcmidz.org/index_htm_files/TOMATE.pdf