

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DEL'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ 08 MAI 1945 GUELMA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA  
TERRE ET DE L'UNIVERS

DEPARTEMENT D'ECOLOGIE ET GENIE DE L'ENVIRONNEMENT



## Mémoire de Master

**Domaine** : Sciences de la Nature et de la Vie

**Filière** : Science Agronomique

**Spécialité** : Phytopathologie et Phytopharmacie

### Thème

---

## EFFET DE CERTAINS FONGICIDES DE SYNTHÈSE SUR LA CROISSANCE MYCELIENNE DE *Fusarium oxysporum* PATHOGENE DE LA TOMATE

---

**Présenté par** : \*BENKEMOUCHE Souhila.

\*GHAZI Zeyneb.

### Membres du jury:

**Présidente** : M<sup>me</sup>. ALLIOUI N (MA.A). Univ.08 Mai 1945/Guelma.

**Examinatrice** : M<sup>me</sup>. BEN BELKACEME (MA.B).Univ.08 Mai 1945/Guelma.

**Encadreur** : M<sup>f</sup>. SIMOHAMMED A (MA.B). Univ.08 Mai 1945/Guelma.

**JUIN 2013**

## Remerciements

*Nous remercions dieu toute puissant de nous avoir guidé durant ces années et nous permit de réaliser ce mémoire en nous donnant la force ,la patience et la volonté.*

*Nous tenons a remercier sincèrement et profondément notre encadreur chargé de cours a l'université de Guelma ,de bien vouloir diriger ce travail pour ses précieux conseils.et pour avoir approfondi notre connaissance par la mise a notre disposition de sa riche documentation ses bonnes orientations .*

*Nous exprimons également notre profond respect aux membres du jury pour avoir accepté de juger et d'évaluer ce modeste effort.*

*Enfin, nous tenons à exprimer tout notre reconnaissance et notre remerciement à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

## **DÉDICACE**

**A TOUTES LES BOUGIES QUI M'ONT ÉCLAIRÉ LE CHEMIN DE  
L'AVENIRE ET DE LA RÉUSSITE**

**A MA TRÈS CHÈRE FAMILLE ;benkemouche ET zaatar À  
MES PARENTS QUI M'ONT DONNÉ LA FORCE ET LE COURAGE DE  
POUVOIR CONTINUER, CE LONG CHEMIN SANS POUR.**

**A MA GRAND MÈRE : massouda**

**A MA SŒUR IKRAM ET MES FRÈRES : wassime ET  
borhanne addine.**

**A MES COLLÈGUES D'ÉTUDE ET A MES CHÈRES AIMÉS :  
Zeyneb, Naziha, Noura, khawla, Hanane, faten, Fatiha, Salwa.**

**A TOUS LES PERSONNES DE UGEL**

**A TOUS CES ANGES, JE DÉDIE CE MODESTE TRAVAIL.**

Souhila

## DÉDICACE

JE DÉDIE CE TRAVAIL DE MÉMOIRE À MON PÈRE QUI SONT À LAISSER  
UNE GRANDE ENCOURAGEMENT POUR LA CONTINUITÉ DE MA CYCLE  
D'ÉTUDE.

JE LE DÉDIÉ À LA FEMME LA PLUS CHÈRE DU MONDE, LA PLUS  
PROCHE DE MON CŒUR « MA MÈRE »  
QUE DIEU LA GARDE POUR MOI,

JE LE DÉDIÉ À MA GRAND-MÈRE HALIMA.

À MES PROCHE FRÈRES ET SŒURS: YAAKOB ,MOHAMED, HAMZA  
ET YOUSSEF .WARDA, MOUFIDA, FATMA, AINSI LEURS ENFANTS  
MARWA,ABDOU,NOUR,YAHYA,ISLAM,DIYAA.

JE LE DÉDIÉ À ZOHIR, DJAMEL,ET RADWEN .

JE LE DÉDIÉ À MA PROCHE HOMME(MON MARIE ADEL, QUI DONNE-  
MOI LÀ LE COURAGE ET LE SOUTIENT MORALE POUR CONTINUER MON  
ÉTUDE EN FUTURE

JE REMERCÉ BEAUCOUP PLUS MA CHÈRE SOUHILA (MON BINOME) ET  
LA PLUS PROCHE KHADOJE,NOURA MERYEM, ABLA, SARA ,SALWA,  
HANANE ET KHAWLA

À TOUS QUE J'AIME ET QUI M'AIMENT.

MERCI  
ZEYNEB

## Sommaire

-Résumé.	
-liste des abréviations.	
-Liste des figures.	
-Liste des tableaux.	
-Introduction .....	01

### Chapitre I : Etude bibliographique

#### 1. La plante hôte

1.1. L'origine.....	03
1.2. La description botanique .....	03
1.3. La position taxonomique .....	06
1.4. La valeur nutritionnelle.....	06
1.5. La culture de la tomate dans le monde.....	08
1.6. La culture de la tomate en Algérie.....	08

#### 2. La pathologie

2.1. La pathologie .....	10
2.1.1. La flétrissure fusarienne .....	10
2.1.1.1. Les symptômes externes.....	10
2.1.1.2. Les symptômes internes.....	11
2.1.2. La pourriture racinaire.....	11
2.1.2.1. Les symptômes externes.....	11
2.1.2.2. Les symptômes internes.....	12
2.2. Les moyens de lutte.....	13
2.2.1. La lutte culturale.....	13
2.2.2. La lutte agronomique.....	14
2.2.3. La lutte génétique.....	14
2.2.4. La lutte intégrée .....	14
2.2.5. La lutte biologique.....	14
2.2.6. La lutte physique.....	15

2.2.7. La lutte chimique.....	15
-------------------------------	----

### **3. Le pathogène**

3.1. Généralité.....	16
3.2. La taxonomie du <i>Fusarium oxysporum</i> .....	16
3.3. Les <i>Fusarium oxysporum</i> phytopathogènes.....	18
3.4. Les races de <i>Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici</i> .....	19
3.5. Le cycle de vie.....	19

### **4. Les fongicides**

4.1. Généralité.....	21
4.2. Utilisation mondiale des fongicides.....	21
4.3. Différent types de fongicide .....	22
4.3.1. Le groupe chimique.....	22
4.3.2. Le mode d'action.....	22
4.3.2.1. Mode d'action biologique.....	22
4.3.2.2. Mode d'action biochimique .....	22
4.3.3. Mobilité des produits.....	23
4.3.3.1. Les fongicides non systémiques.....	23
4.3.3.2. Les fongicides systémiques.....	23

### **Chapitre II : Matériels et méthodes**

1. Origine des souches.....	24
2. Lutte chimique contre <i>Fusarium oxysporum</i> .....	24
2.1. Les fongicides testés.....	24
2.2. Préparation des solutions de fongicides.....	25

### **Chapitre III : résultats et discussion**

1. Le matériel biologique.....	27
2. Essai de lutte chimique vis-à-vis du <i>Fusarium oxysporum f.sp.</i> .....	28
-Conclusion.....	36
-Références Bibliographique.....	40

**Résumé :**

En Algérie, l'utilisation des produits phytosanitaires connaît une croissance considérable suite au développement de l'agriculture et dans le cadre des actions de lutte contre les nuisibles. Avec 6 000 à 10 000 Tonne / an, l'utilisation des pesticides dans notre pays risque d'être immodéré, aléatoire et incorrecte.

Dans le cadre de notre étude et afin de mettre en évidence l'efficacité in vitro de deux (02) produits commercialisés en Algérie sous le nom de « Antracol » et « Trifidan » nous avons testé ces derniers sur trois (03) souches de *Fusarium oxysporum f.sp. radicle-lycopersici* pathogènes isolées à partir de plantes de tomate présentant des symptômes de la fusariose.

Les résultats obtenus ont montré une inhibition très encourageante pour le « Trifidan » et peu satisfaisante pour « Antracol », pour cela l'utilisation du premier s'avère recommandée afin de protéger les cultures de tomates contre ce pathogène.

**Mots clés :** *Fusarium oxysporum*, tomate, Antracol, Trifidan , symptômes et pathogène.

## **Summary:**

In Algeria, the use of pesticides is experiencing tremendous growth due to the development of agriculture and in the context of action against pests. With 6000 at 10 000 ton / year, the use of pesticides in our pay may be immoderate, random and incorrect.

In the context of our study and to highlight the in vitro efficacy of two (02) products sold in Algeria under the name "Antracol" and "Trifidan" we tested these three (03) strains of *Fusarium oxysporum f.sp. radicis-lycopersici* pathogens isolated from tomato plants showing symptoms of Fusarium wilt.

The results showed a very encouraging inhibition for "Trifidan" and unsatisfactory for "Antracol" why the use of the first turns recommended to protect tomato crops against this pathogen.

**Key words:** *Fusarium oxysporum*, tomato, Antracol, Trifidan, symptoms and pathogen.



### الملخص:

يشهد في الجزائر استخدام المبيدات نموا هائلا و ذلك نتيجة لتطور الزراعة , و هذا في سياق مكافحة الآفات حيث يسجل من 6000 الى 10000 طن/ سنة  
يكون في بلادنا مفرط و بشكل عشوائي و بطريقة غير صحيحة اما في سياق دراستنا في المختبر فإننا نبرر فعالية منتجين يباعان في الجزائر تحت إسم "Trifidan" و "Antracol"

حيث اختبرنا ثلاثة سلالات من فطر *Fusarium oxysporum f. sp* مسببات لأمراض الجذر الغائر *Lycopersici*

المعزولة من نباتات الطماطم التي تظهر اعراض ذبول الفيوزاريوم و أظهرت النتائج وجود تثبيط مشجعة للغاية ل " Trifidan" و غير مرضية ل " Antracol"  
لهذا و الاستعمال الأولي أوصل لحماية محصول الطماطم ضد هذا المرض

**الكلمات المفتاحية:** *Fusarium oxysporum*, الطماطم, انتراكل, تريفيدون أعراض, ممرض .

## Liste des abréviations

**Cm** : Centimètre.

**DL**: dose létale.

**FOL** : *Fusarium oxysporum f sp lycopersici* .

**F** :fusarium

**G** : Gramme.

**ha** : hectare.

**kg** : kilogramme.

**L** : litre.

**m** : Mètre.

**m<sup>2</sup>** : Mètre carré.

**mm** : millimètre.

**mg** : Milligramme.

**µg** : Microgramme.

**µm** : Micromètre.

**Qx** : quintaux.

**OMS** : organization mondiale de la santé.

**%** : pourcentage.

**°c** : degré celsice.

## Liste des figures

<b>Figure 1.</b> Plante de tomate à maturité.....	04
<b>Figure 2.</b> Feuilles de tomate.....	04
<b>Figure 3.</b> Fleur de tomate.....	05
<b>Figure 4.</b> Fruits de tomate.....	05
<b>Figure 5.</b> Tige de tomate.....	05
<b>Figure 6.</b> Système racinaire de la tomate.....	05
<b>Figure 7.</b> Graines de tomate.....	05
<b>Figure 8.</b> Dessèchement et mort des feuilles.....	12
<b>Figure 9.</b> Brunissement longitudinal de la tige.....	12
<b>Figure 10.</b> Brunissement des vaisseaux .....	13
<b>Figure 11.</b> Pourriture du collet.....	13
<b>Figure 12.</b> Brunissement du pivot.....	13
<b>Figure 13.</b> Nécrose racinaire .....	13
<b>Figure 14.</b> Cycle de vie du <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>Lycopersici</i> .....	15
<b>Figure 15.</b> Isolement à partir de la tige.....	24
<b>Figure 16.</b> Isolement à partir des racines.....	24
<b>Figure 17 :</b> de la méthode de mesure du diamètre .....	26
<b>Figure 18 :</b> filaments mycéliens autour des fragments de collet.....	27
<b>Figure 19 :</b> colonie de <i>f.oxysporum</i> .....	27
<b>Figure 20:</b> pourcentage d'inhibition des 03 souches confrontées à la substance « A ».....	29
<b>Figure 21:</b> pourcentage d'inhibition des 03 souches confrontées à la substance « T ».....	29
<b>Figure 22:</b> Effet de l'Antracol à différentes concentrations sur la croissance mycélienne de la souche F1.....	30
<b>Figure 23:</b> Effet de l'Antracol à différentes concentrations sur la croissance mycélienne de la souche F2.....	30
<b>Figure 24:</b> Effet de l'Antracol à différentes concentrations sur la croissance mycélienne de la souche F3.....	31

<b>Figure 25:</b> Effet du Trifidan à différentes concentrations sur la croissance mycélienne de la souche F1.....	32
<b>Figure 26:</b> Effet du Trifidan à différentes concentrations sur la croissance mycélienne de la souche F2.....	32
<b>Figure 27:</b> Effet du Trifidan à différentes concentrations sur la croissance mycélienne de la souche F3.....	33
<b>Figure 28 :</b> souche F1 (100 A/T, 500 A/T).....	34
<b>Figure 29 :</b> souche F2 (100 A/T, 500 A/T).....	34
<b>Figure 30 :</b> souche F3 (100 A/T, 500 A/T).....	35
<b>Figure 31 :</b> Souche F1, F2, F3 (100/500ppm).....	35

## Liste des tableaux

<b>Tableau1</b> :La valeur nutritionnelle moyenne pour 100 g de tomate crue .....	07
<b>Tableau2</b> :La production annuelle de tomate par pays en milliers de tonnes.....	08
<b>Tableau3</b> : La production annuelle de tomate en Algérie par région.....	09
<b>Tableau 04</b> : Les régions de provenance des isolats.....	27
<b>Tableau n°05</b> : diamètre moyen (cm) des souches de <i>F. oxysporum</i> f.sp <i>radicis-lycopersici</i> confronté à la substance « A ».....	28
<b>Tableau n°06</b> : diamètre moyen (cm) des souches de <i>F. oxysporum</i> f.sp <i>radicis-lycopersici</i> confronté à la substance « T ».....	28
<b>Tableau n°07</b> : Les différents pourcentages d'inhibition obtenus pour la substance « A ».....	28
<b>Tableau n°08</b> : Les différents pourcentages d'inhibition obtenus pour la substance « T ».....	28



# **INTRODUCTION**

## Introduction :

Après la pomme de terre, la tomate est le légume le plus consommé au monde. Elle est cultivée sous presque toutes les latitudes, sur une superficie d'environ 3 millions d'hectares, ce qui représente près du tiers des surfaces mondiales consacrées aux légumes (Brault, 2005).

C'est aujourd'hui le légume d'intérêt commercial le plus important, représentant 24% de la production légumière totale de l'Europe en 2007, avec 15,3 millions de tonnes produites.

Les attaques parasitaires provoquent les maladies des cultures qui sont causées par une large gamme de macro et des micro-organismes végétaux et animaux comprenant : les insectes , les bactéries , les virus , les mauvaises herbes , les champignons ,....

Parmi ces microorganismes, on trouve des champignons telluriques dont une espèce ubiquiste nommée *Fusarium oxysporum* est présente dans tous les types de sols et sous différents climats (Burgess, 1981). Ce champignon a la particularité de se développer en saprophyte dans le sol. Il fait partie des champignons filamenteux appartenant à la famille des Tuberculariacées (groupe des Hyphomycètes) avec un mycélium aérien sur le milieu de culture potato-dextrose-agar (PDA) où il prend différentes couleurs allant du blanc au violet (Snyder et Hansen, 1940).

On remédie à ces infections cryptogamiques par plusieurs méthodes : culturale, chimique , biologique , génétique.

Parmi les moyens de lutte, la lutte chimique est la plus disponible, la plus rapide, la plus efficace et la plus économique (Henni, 1987).

L'application de fongicides ou la lutte chimique demeure la méthode la plus répondeuse , facile à appliquer et très efficace ; cependant l'efficacité des produits utilisés dépend de plusieurs facteurs, notamment la nature de la matière active et les conditions agro-climatiques de la région .

L'objectif de ce travail est d'évaluer l'efficacité de deux nouvelles molécules (des triazoles) sur le mycélium de *F oxysporum* .

Notre étude est subdivisée en trois parties :

La première partie, nous avons effectués :

-pour déterminer les meilleures, conditions physico-chimiques de la croissance mycélienne,



La deuxième partie est consacrée à la lutte chimique sur milieu solide, des laquelle on a étudié le taux d'inhibition des différentes souches, et voir l'efficacité de ces deux substances de triazol.

**CHAPITRE I :**  
**Synthèse**  
**bibliographique**

### **1.1. L'origine :**

La tomate (*Lycopersicon esculentum*) est originaire des Andes d'Amérique du sud. Elle fut tout d'abord domestiquée au Mexique, puis introduite en Europe en 1544. De là, sa culture s'est propagée en Asie du sud et de l'est, en Afrique et au Moyen orient.

Parmi les noms communs utilisés pour désigner la tomate : tomate (Français et espagnol), jitomate (Espagnol Mexicain), pomodoro (Italien), tomati (Afrique de l'ouest), tomat (Indonésien), faan ke'e (Chinois).

Etymologiquement, le mot tomate est une déformation du mot inca Tomalt et le mot *Lycopersicon* 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).

### **1.2. La description botanique :**

La tomate (voir fig.1) est une plante herbacée appartenant à la famille des solanacées, cette famille regroupe d'autres espèces qui sont également bien connues, telle que la pomme de terre, le tabac, le poivron et l'aubergine.

La tomate est généralement cultivée comme plante annuelle, elle peut atteindre une hauteur de plus de deux mètres (Chaux et Foury, 1994).

#### **Le feuillage :**

Les feuilles (voir fig.2) sont disposées en spirale de 15 à 50 mm de long et de 10 à 30 mm de large avec un pétiole mesurant entre 3 et 6 cm de long.

Les folioles sont ovées à oblongues, couvertes de poils glandulaires.

Les grandes folioles sont parfois pennatifides à la base.

#### **Les fleurs :**

Les fleurs (voir fig.3) 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 formé de quatre étamines, les anthères ont une couleur jaune vif et entourent le style qui a une extrémité stérile allongée.

Le gynécée dont l'ovaire est supère est formé de deux à neuf carpelles. En général la plante est autogame, mais la fécondation croisée peut avoir lieu grâce aux abeilles et aux bourdons qui sont les principaux pollinisateurs.

**Le fruit :**

Le fruit de la tomate (voir fig.4) est une baie charnue, de forme globulaire ou aplatie avec un diamètre de 2 à 15cm. Lorsqu'il n'est pas encore mûr, le fruit est vert et poilu. La couleur des fruits mûrs varie du jaune au rouge en passant par l'orange. En général les fruits sont ronds et réguliers ou côtelés.

**La tige :**

La tige (voir fig.5) pousse jusqu'à une longueur de 2 m, elle est pleine et fortement poilue et glandulaire. Le port de croissance varie entre érigé et prostré.

**La racine :**

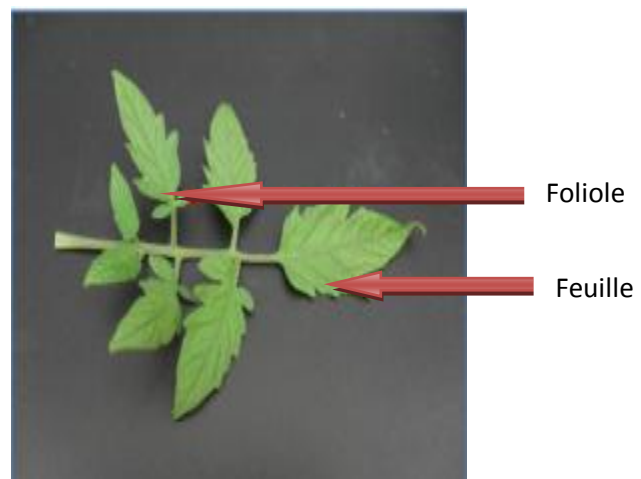
La plante de tomate possède une forte racine pivotante qui pousse jusqu'à une profondeur de 50 cm ou plus, la racine principale produit une densité de racines latérales et adventices (voir fig.6).

**Les graines :**

Les graines (voir fig.7) sont nombreuses : en forme de rein ou de poire, elles sont poilues, beiges, de 3 à 5 mm de long et de 2 à 4 mm de large. L'embryon est enroulé dans l'albumen. Mille graines environ pèsent approximativement 2,5 à 3,5 g (Naika et al., 2005).



**Figure 1.** Plante de tomate à maturité (Si Mohammed , 2010)



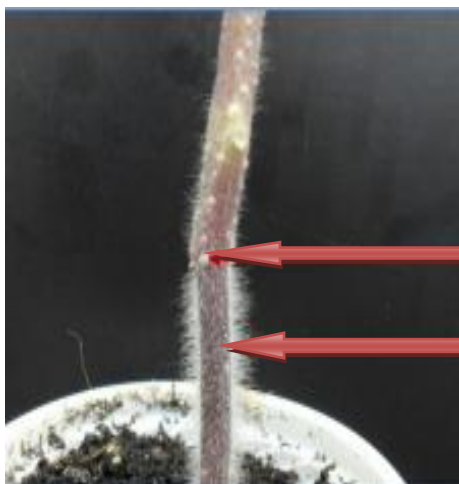
**Figure 2.** Feuilles de tomate (Si Mohammed, 2010)



**Figure03** :Fleur de tomate  
(Si Mohammed, 2010)



**Figure0 4** : Fruits de tomate  
(Si Mohammed, 2010)



**Figure 5.** Tige de tomate  
(Si Mohammed, 2010)



**Figure 6.** Système racinaire de la tomate  
(Si Mohammed, 2010)



**Figure 7.** Graines de tomate (Si Mohammed, 2010)

**1.3. La position taxonomique :** (Rick *et al.*, 1990)

Embranchement : Phanérogames

Ordre : Angiospermes

Classe : Dicotylédones

Sous-classe : Gamopétales

Famille : Solanacées

Genre : *Lycopersicum*

Espèce : *esculentum*, *pimpinellifolium*, *cheesmanii*, *hirsutum*, *perviflarum*,  
*chmielewskii*, *peruvianum*, *pennellii*

Quelques variétés de tomate: Agora, Marmande, Saint pierre, Rio grande etc...

**1.4. La valeur nutritionnelle :**

La consommation des fruits de la tomate contribue à un régime sain et équilibré, ils sont riches en minéraux, en vitamines, en acides aminés, en sucre ainsi qu'en fibres alimentaires (voir tableau.1).

Les tomates rouges contiennent du lycopène, un anti-oxydant qui contribue possiblement à la protection vis-à-vis des substances carcinogènes et que l'on retrouve à raison de 30 mg dans 200 ml de sauce tomate.

Les tomates se consomment fraîches en salade, cuites dans des sauces, dans des soupes ou dans des plats de viande ou de poisson. Il est possible aussi de les transformer en purée, en jus et en ketchup (Naika *et al.*, 2005).

**Tableau1** :La valeur nutritionnelle moyenne pour 100 g de tomate crue(Naika et *al.*, 2005)..

	<b>Eléments</b>	<b>Teneur</b>
	Eau	93 g
	Protéine	
	Glucide	
	Lipide	
	Fibres	
	Cellulose	
Vitamines	Vitamine B1	0,09 mg
	Vitamine B3	0,5 mg
	Vitamine C	38 mg
Sels minéraux	Calcium	11 mg
	Chlore	40 mg
	Fer	0,6 mg
	Potassium	280 mg
	Magnésium	10 mg
	Sodium	3 mg
	Phosphore	27 mg
	Soufre	11 g

En outre, la tomate possède aussi quelques propriétés médicinales par exemple :

- Un antibiotique (Feuilles) :

Chez les Incas d'Amérique du Sud et chez certaines tribus en Nouvelle-Guinée, on utilise les feuilles fraîches pour guérir les plaies infectées.

- Un anti-fatigue (Nature) : La tomate fraîche ou le jus de tomate accélère la formation du sucre dans le sang et apporte un regain d'énergie naturelle.

- Elle est excellente pour la santé du foie (Nature) :

La tomate contient des traces d'éléments anti-toxiques appelés chlore et soufre. Le chlore permet de mieux filtrer les déchets de l'organisme et le soufre protège le foie contre certains engorgements.

La tomate est excellente pour contrecarrer les effets négatifs lorsqu'on a tendance à manger trop gras en aidant le foie à dissoudre les graisses et à les éliminer plus facilement.

- Elle diminue l'hypertension (Nature) :

La tomate étant riche en potassium, des études cliniques ont démontré qu'elle agit positivement sur les reins dans plusieurs cas : un bon fonctionnement rénal permet de diminuer l'hypertension.

- Elle soulage les coups de soleil (Nature) :

Un remède miracle: une tranche de tomate posée sur un coup de soleil pendant 15 minutes enlève l'effet de la brûlure, évite que la peau pèle ou cloque (Naika et al., 2005).

### 1.5. La culture de la tomate dans le monde :

La tomate est la culture la plus répandue dans le monde après la pomme de terre (Arbaoui, 1984).

Selon les statistiques de l'organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), la production mondiale de tomates s'élevait en 2007 à 126,2 millions de tonnes pour une superficie de 4,63 millions d'hectares, soit un rendement moyen de 27,3 tonnes à l'hectare (voir tableau.2).

**Tableau 2.** La production annuelle de tomate par pays en milliers de tonnes.(FAO,2007).

Pays	Production annuelle (x1000T)
Chine	33 645
Etats-Unis	11 500
Espagne	3 615
Mexique	2 900
Maroc	1 140
France	750
Algérie *	567

### 1.6. La culture de la tomate en Algérie :

Selon les statistiques officielles du Ministère de l'agriculture et du développement rural, la production de tomate s'élevait en 2006 à 5.489.336 Qx pour une superficie de 20.436 hectares, soit un rendement de 268.6 Qx à l'hectare.(voir tableau 03).



**Tableau 3.** La production annuelle de tomate en Algérie par région en Quintaux (Mag, 2006).

<b>Régions</b>	<b>Production annuelle (Qx)</b>
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

## **2.1 .La pathologie :**

La Fusariose est une maladie cryptogamique causée par un champignon du genre *Fusarium*.

Chez la tomate, cette maladie existe sous deux formes différentes soit la flétrissure fusarienne (*fusarium wilt*) causée par *Fusarium oxysporum lycopersici* abrégée FOL (Snyder et Hansen, 1964) et la pourriture de la racine et du collet (*fusarium crown and root rot*) causée par *Fusarium oxysporum radicles-lycopersici* abrégée FORL (Jarvis et Shoemaker, 1978)

### **2.1.1. La flétrissure fusarienne (*Fusarium wilt*) :**

La flétrissure fusarienne (voir fig.8,9,10,11) 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).

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

#### **2.1.1.1. 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*).

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, apparaît 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 à savoir :

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).

#### **2.1.1.2. Les symptômes internes :**

Une coupe longitudinale au niveau de la tige des plantes atteintes, présente dans la partie ligneuse et adjacente au cortex vert, une coloration brune sombre des tissus conducteurs.

Des coupes transversales laissent apparaître également des tissus bruns foncés contenant souvent des fragments mycéliens.

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

La pourriture des racines et du collet (voir fig.12,13.) est une maladie causée par *Fusarium oxysporum f.sp. radicum-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. radicum-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).

##### **2.1.2.1. Les symptômes externes :**

Contrairement aux maladies vasculaires notamment, des flétrissements plus ou moins importants apparaissent sur les folioles du sommet de la tige, dans cette zone, la tige est fortement amincie.

En fonction des plantes, ces flétrissements peuvent être dans un premier temps réversible durant la nuit, et leur incidence peut varier en fonctions des conditions climatiques.

Les flétrissements peuvent être soudains, peuvent évoluer très rapidement vers la nécrose et le dessèchement des folioles et des feuilles, et peuvent aussi conduire 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 précocément 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.

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.

#### 2.1.2.2. 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).



**Figure08** : Flétrissement et jaunissement des feuilles (Si Mohammed, 2010).



**Figure09** : Dessèchement et mort des feuilles (Si Mohammed, 2010).



**Figure 10 :** Brunissement longitudinal de la tige(Si Mohammed, 2010).



**Figure 11 :** Brunissement des vaisseaux (Agrios, 2005)



**Figure 12 :** Pourriture du collet (Agrios, 2005)



**Figure 13 :**Brunissement du pivot (Agrios, 2005)

## 2.2. Les moyens de lutte :

Les méthodes de lutte appliquées pour le contrôle des fusarioses sont généralement limitées, comme c'est le cas pour l'ensemble des maladies parasitaires vasculaires.

Il n'existe actuellement aucun moyen réellement efficace pour contrôler totalement ces maladies, les mesures de contrôle demeurent dans leur globalité d'ordre préventif (Rouxel et *al*, 1979).

### 2.2.1. La lutte culturale :

Elle consiste à éviter les conditions qui favorisent la maladie : un sol léger et acide, un manque d'azote et de calcium, des températures élevées supérieure à 28°C

(température optimale du développement du *Fusarium oxysporum*) et un manque de lumière.

La méthode de prévention la plus courante est le chaulage afin de maintenir le pH entre 6,4 et 7 (Scott, 1923).

Des chercheurs Taïwanais Sun et Huang, 1985 ont mis au point un amendement organique et minéral qui permet de contrôler efficacement diverses espèces de *Fusarium*.

Cet amendement est un mélange de 4,4% de bagasse (résidus de canne à sucre), 8,4% de son de riz, 4,25% de coquilles d'huîtres, 8,5% d'urée, 1,04% de nitrate de potassium, 13,16% de super phosphate de calcium et 60,5% de cendres minérales (Booth, 1971).

### **2.2.2. La lutte agronomique :**

Elle est considérée comme la plus pratique, elle consiste à stopper la culture de la plante qui héberge le *Fusarium* pendant plusieurs années, ainsi l'arrêt de l'exploitation des champs garantit l'apparition des chlamydospores.

### **2.2.3. La lutte génétique :**

Elle consiste à introduire des gènes de résistance au niveau des plantes appelées plantes trans-génétiques. Ces gènes sont responsables de la synthèse de protéines capables d'éliminer le parasite.

Cependant, cette technique fut inefficace car elle a été à l'origine de l'apparition de races plus virulentes (Henni, 1998).

### **2.2.4. La lutte intégrée :**

C'est la combinaison de toutes les techniques précédentes afin de lutter contre les phytopathogènes pour une longue durée. Ces méthodes ne sont efficaces que si l'on a une meilleure connaissance des mécanismes qui sont à l'origine des interactions entre la plante et l'agent pathogène (Corbaz, 1990).

### **2.2.5. La lutte biologique :**

Des méthodes alternatives, notamment celles qui se basent sur l'exploitation des potentialités microbiennes antagonistes ont fait l'objet de plusieurs études.

Parmi les microorganismes expérimentés avec succès, à l'égard des maladies d'origine tellurique, les *Pseudomonas* spp. fluorescents et les *Fusarium* non pathogènes qui occupent une place de choix (Armstrong et Armstrong, 1981 ; Rouxel et al., 1979 ; Benchabane, 2005).

Aujourd'hui, il a été démontré que des souches de *F. oxysporum* non-pathogènes pour une espèce végétale peuvent entrer en compétition pour les nutriments ou la colonisation racinaire avec des souches de *F. oxysporum* pathogènes (Alabouvette et al., 1998 ; 2006).

Ainsi, l'activité infectieuse des formes spéciales de *F. oxysporum* peut-être limitée par cette compétition.

#### **2.2.6. La lutte physique :**

Anchisi et al en 1985 ont utilisé un traitement à l'eau chaude pour protéger les plants dans un sol où la maladie est présente.

La technique consiste à traiter les racines des plants avec de l'eau entre 48 et 49°C pendant 30 secondes avant de les transplanter, cela stimule la croissance des racines. La taille des racines procure ainsi une protection contre la maladie.

La stérilisation ou la solarisation ne sont pas des solutions efficaces à long terme (Corbaz, 1990).

#### **2.2.7. La lutte chimique :**

Elle est efficace mais présente beaucoup d'effets néfastes, elle se fait par une désinfection du sol à l'aide de fongicides.

Les fongicides les plus usités reste le triazole et ces dérivés qui sont des composés très actifs grâce à leur noyau qui possède une activité pharmacologique, antibactérienne, antifongique et hypoglycémique (Hamoir et al, 2001).

### 3.1. Généralité :

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

Les espèces de *Fusarium oxysporum* se caractérisent par une large gamme de plantes hôtes et la plupart des souches pathogènes de *F. oxysporum* envahissent le système vasculaire de ces plantes et présentent une spécificité parasitaire, c'est -à-dire que l'espèce ne peut attaquer qu'un hôte déterminé (Ozenda, 1990).

### 3.2. La taxonomie du *Fusarium oxysporum* :

Parmi les champignons, agents de maladies vasculaires, ceux appartenant au genre *Fusarium* sont les plus fréquents et les plus dommageables pour les cultures (Nelson et al., 1981 ; Messiaen et al., 1991 ; Bounaga, 1985).

Depuis la description de ce genre par Link en 1809, de nombreux travaux ont été consacrés à la taxonomie de ce champignon (Booth, 1984).

Découvert par Link en 1809 et délimité dans son sens actuel par Appel et Wollenweber en 1910, le genre *Fusarium* appartient au groupe des tuberculariacées qui produisent des macroconidies pluricellulaires en forme de croissant typique (Messiaen et Cassini, 1968).

De 1910 à 1935 la systématique du *Fusarium* a été élucidée par les travaux de Wollenweber, qu'il réalisa soit seul, soit en collaboration avec Appel d'abord, et Reinking ensuite.

Cette systématique fut cautionnée par une conférence internationale qui a eu lieu à Madison en 1924, où le premier manuel de clé d'identification des espèces de *Fusarium* fut publié (Messiaen et Cassini, 1968).

Cette clé d'identification a permis de décrire 143 espèces de *Fusarium* regroupées en 16 sections.

Dès 1935, la systématique de Railo remettait en question la systématique de Wollenweber en ce qui concerne les distinctions spécifiques, mais en reconnaissant la valeur des sections.

En 1940, Snyder et Hansen formulèrent les mêmes objections, et en 1945, le genre *Fusarium* se trouve réduit à 9 espèces (Messiaen et Cassini, 1968 ; Booth, 1975).

De toutes les espèces du genre *Fusarium* que l'on rencontre dans le sol, c'est l'espèce *F. oxysporum* qui est la plus répandue (Mayer, 1967).



La classification du genre fut basée essentiellement sur :

- Les caractères cultureux (aspect du mycélium aérien, pigmentation des thalles);
- Les caractéristiques des spores (forme, taille, septations,...) et des organes sur lesquels elles sont formées (Bouhot, 1981);
- Les caractéristiques des organes fructifères qui donnent éventuellement naissance aux spores (sporodochies et pionnotes) ;
- La présence ou l'absence de sclérotés.

L'espèce se distingue par la production de microconidies rassemblées en fausse tête à partir de monophialides courts (Burgess et Liddell, 1983). Seule la reproduction asexuée est connue chez cette espèce, ce qui la place dans le groupe des deutéromycètes (champignons imparfaits).

En fait, *Fusarium oxysporum* est un des deutéromycètes telluriques appartenant à la classe des hyphomycètes et à la famille des tuberculariacées.

Par ailleurs, certaines espèces de *Fusarium* possèdent une forme parfaite (Hyphomyces, Gibberella, Nectaria, Calonectaria).

L'identification des espèces de *Fusarium* est assez difficile, elle est basée sur la morphologie des spores asexuées (Fisher et al., 1982).

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).

Des observations microscopiques ont montré qu'une population de *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* est constituée de plusieurs propagules dont les microconidies à elles seules constituent plus de 90% de cette population (Tello-Marquina et Alabouvette, 1984).

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 : hyalines, lisses ou rugueuses, globuleuses, terminales ou intercalaires (5-15µm de diamètre) (Komi, 1993).

Les chlamydospores sont des organes de conservation, résultant de l'accumulation de réserves dans une région (article du mycélium ou conidie) qui se dilate quelque peu et s'entoure finalement d'une membrane épaisse de teinte généralement foncée (Domergues et Mangenot, 1970 ; Nelson et al., 1923). Après trois semaines de

culture, de nombreuses chlamydospores intercalaires apparaissent sur le mycélium (Tivoli, 1988).

### **3.3. Les *Fusarium oxysporum* phytopathogènes :**

Parmi ces champignons telluriques, une espèce ubiquiste nommée *Fusarium oxysporum* est retrouvée dans tous les types de sols (Burgess, 1981). Ce champignon filamenteux décrit par Snyder et Hansen en 1940, appartient à la famille des Tuberculiacées (classe des Hyphomycètes).

Ce champignon a la capacité de provoquer des maladies sur de nombreuses espèces végétales cultivées, d'intérêt économique (Armstrong et Armstrong, 1981). En effet, certaines souches de *F. oxysporum* sont dites pathogènes et engendrent des fusarioses (trachéomyose, nécrose, fonte de semis) sur des plantes hôtes.

Ces souches pathogènes ont une grande spécificité d'hôte et sont ainsi regroupées en formes spéciales (Armstrong et Armstrong, 1981). D'autres souches sont dites non pathogènes car leur effet pathogène n'a encore été observé chez aucune espèce végétale.

Les *Fusarium oxysporum* comprennent un ensemble très diversifié de formes plus ou moins spécialisées (Dommergues et Mangenot, 1970). Cette forme spéciale (forma specialis, f.sp) présente une virulence particulière pour telle ou telle plante (Messiaen et Cassini, 1968 ; Snyder et Hansen, 1945).

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 réel problème agronomique, 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.

Par contre, il existe toujours des problèmes causés par *F.oxysporum f.sp radicle-lycopersici*, responsable de pourriture racinaire sur la tomate dans de nombreux pays du bassin méditerranéen (Can, 2004; Utkhede, 2006).

Néanmoins, il existe certaines souches dites non pathogènes, c'est-à-dire qu'elles n'ont pas de pouvoir pathogène connu ou ne sont pas pathogènes pour l'espèce végétale considérée.

### **3.4. Les races de *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* :**

Trois races de *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* ont été rapportées, elles se distinguent entre elles par leur degré de virulence vis-à-vis des cultivars de tomate contenant un seul gène de résistance (Mc Grath et al., 1987 ; Stall, 1962).

La race 1, la plus cosmopolite a été initialement décrite en 1886 (Booth, 1971) la race 2 a été d'abord découverte en 1945 à Ohio (Alexander et Tucker, 1945).

La race 3 a été observée en Australie en 1978 (Grattidge et O'Brien, 1982) et a été successivement rapportée aux Etats unis : en Californie (Davis et al, 1988) , Floride (Volin et Jones, 1982), Géorgie (Chellemi, 1992), Arkansas et Nord Carolina (Marlatt et al., 1996) et au Tennessee (Bost, 2001). Elle a également été retrouvée au Mexique (Valenzuela-Ureta et al., 1996).

Actuellement, peu de cultivars résistants à la race 3 sont commercialisés (Jones et al., 1991).

### **3.5. Le cycle de vie : (voir figure 14) :**

Les *F. oxysporum* ne 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. Les isollements effectués indiquent qu'un gramme de sol renferme près de 100.000 propagules (Smith, 1965) et les *F. oxysporum* représentent 40-70% de la population fusarienne totale.

Ces champignons persistent dans le sol principalement sous forme de spores de résistance (chlamydospores) en état de dormance (Booth, 1971).

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 colonise 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 d'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 Mahdjoub, 1984).

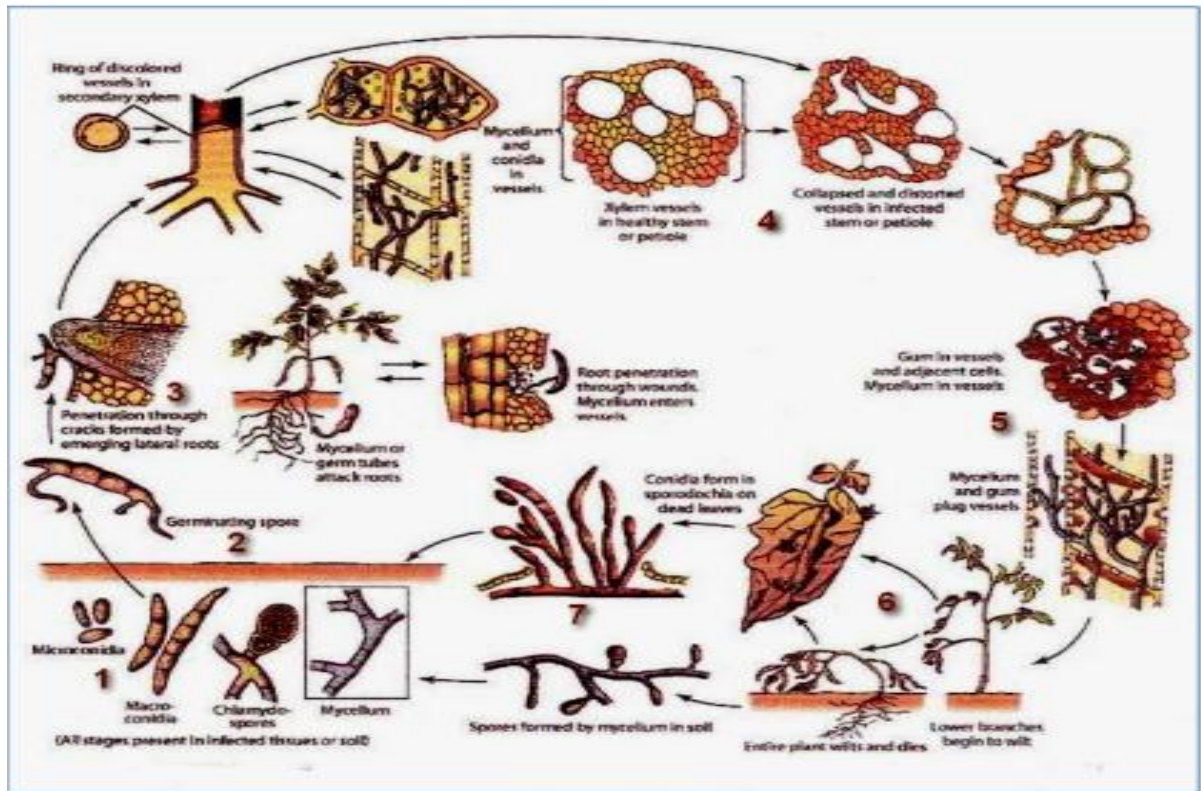


Figure 14. Cycle de vie du *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* (Agrios, 2005)

#### **4.1. Généralité :**

Pour limiter les pertes dues aux affections parasitaires des végétaux causées par les champignons, les traitements chimiques demeurent et restent nécessaires, à côté des méthodes de lutte génétiques culturales ou biologiques (Sémale, 1989).

La lutte chimique contre les champignons phytopathogènes consiste à appliquer des biocides appelés fongicides, classiquement définis comme étant des substances chimiques ou biologiques qui tuent ou neutralisent les champignons pathogènes (OMS, 2005).

#### **4.2. Utilisation mondiale des fongicides :**

De 1960 à 1989, le taux d'utilisation moyen des fongicides était de 9,7% (Ayed, 1998).

L'utilisation d'un fongicide exige que le produit présente les caractéristiques suivantes :

- une très haute activité contre un champignon parasite/ou un groupe de parasites, la mesure de son activité est donnée par la DL50 (dose létale à laquelle 50% des organismes meurent).

- une phytotoxicité très faible ; c'est-à-dire que la plante traitée ne doit pas subir de dommage, ne serait-ce que sous forme de chlorose. L'indice chimio-thérapeutique tient compte de deux facteurs et doit être inférieur à 1 :

Indice chimio-thérapeutique = Dose d'efficacité optimale / Dose phytotoxicité

- une faible action sur l'environnement c'est-à-dire son action secondaire néfaste pour la flore et la faune.

- L'étiquette doit mentionner la matière active, la dose d'emploi recommandée, le champ d'application, le numéro de contrôle et la classe de toxicité.

Les produits sont mis en vente sous trois formes principales :

Les poudres mouillables qui représentent une très forte majorité.

Les émulsions : la matière active est en suspension dans un liquide.

Les granulés : sont plutôt réservés aux insecticides, mais quelque fois contiennent des fongicides, ils permettent d'épandre la substance aux pieds des plantes et représentent donc une économie de matière active /ha.

Les pâtes et les crèmes : la substance fongicide est mélangée avec des produits semi liquides se dissolvant très facilement dans l'eau et dont l'application est pratique pour effectuer les traitements cicatrisants ou de protection des blessures (Gastou, 1970).

### **4.3. Différent types de fongicide :**

Selon Zidan (2000), les fongicides peuvent être classés en fonction de plusieurs critères :

- la matière chimique (la matière active ou groupe chimique).
- le mode d'action sur le parasite :
- L'utilisation et la mobilité des produits.

#### **4.3.1. Le groupe chimique :**

Selon Youbi (2005), le groupe chimique caractérise des produits possédant des caractéristiques chimiques communes et partageant le même mode d'action vis-à-vis du pathogène. Les triazoles par exemple inhibent la biosynthèse des stéroïdes indispensables à une bonne intégrité membranaire. nous pouvons distinguer les grands groupes suivants :

- Les dithiocarbamates (Manebe et Macnozebe, Zinèbe,...).
- Les composés benzoïques (Pentachloronitrobenzene ou PCNB).
- Les benzimidazoles (les azoles tels que (propiconazole, Cyproconazole et Fluzilazole).
- Les dicarbomixides (Iprodione, vinclozoline)
- Les phénylamides (Métalaxyle).
- Les phtalimides (Captafole, captane).
- Les nitrophénols (Dinocap).
- Les fongicides minéraux (cuivré).

#### **4.3.2. Le mode d'action :**

##### **3.2.1. Mode d'action biologique :**

Il est possible de classer les matières actives en deux catégories principales selon qu'elles possèdent plusieurs sites d'action : multisite, ou qu'elles perturbent spécifiquement une seule voie métabolique : uni-site (Bozal, 2008).

##### **4.3.2.2. Mode d'action biochimique :**

Selon Youbi (2005), le mode d'action biochimique d'un fongicide relève de la manière dont il affecte et contrôle les champignons pathogènes. cela se traduit le plus souvent par une des manifestations suivantes :

- Effet cytologiques** (Inhibition de la synthèse des protéines, fongicide perturbant la biosynthèse des parois, inhibiteurs de la synthèse de lipide, fongicide intervenant sur les acides nucléiques, agissant sur la synthèse des hormones de croissance).

-**Effet physiologiques** (Inhibiteurs de la chaîne respiratoire).

-**Effets morphologiques**

#### **4.3.3. Mobilité des produits :**

La mobilité de la substance antifongique au niveau de la plante varie selon qu'ils s'agissent de fongicides systémiques ou non systémiques (Youbi, 2005).

**4.3.3.1. Les fongicides non systémiques :** parmi les fongicides non systémiques on peut citer :

- ✓ Des fongicides de contact ;
- ✓ Des fongicides pénétrants.

**4.3.3.2. Les fongicides systémiques :** les fongicides peuvent encore être classés en fonction du moment de leur application par rapport à l'infection :

- ✓ Des fongicides préventifs ;
- ✓ Des fongicides curatifs.

# **CHAPITRE II :**

## **Matériels et**

### **méthodes**



## **1. Origine des souches :**

Les souches de *Fusarium oxysporum* utilisées dans nos travaux ont été isolées dans différentes régions de l'ouest et l'est Algérien à partir de fragments de tiges, de collet et de racines de plantes de tomates présentant des symptômes de la fusariose.

Les régions concernées sont les suivantes :

- Dans la wilaya d'Ain Temouchent .
- Dans la wilaya d'Annaba.
- Dans la wilaya d'El oued.



**Figure 15 :** Isolement à partir de la tige



**Figure16 :** Isolement à partir des racines

## **2. Lutte chimique contre *Fusarium oxysporum* :**

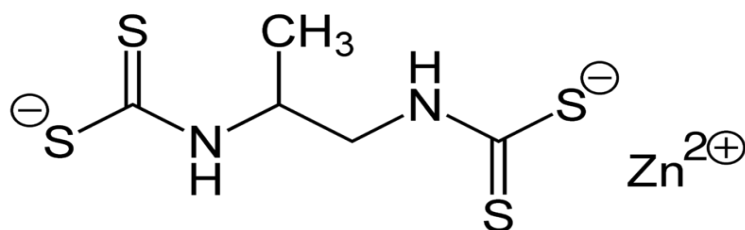
Les méthodes du laboratoire qui permettent d'estimer les propriétés d'un produit in vitro sont nombreuses, mais reposent toutes sur le même principe, celui de confronter le fongicide et le champignon sur un support artificiel (Henni, 1987).

### **2.1. Les fongicides testés :**

Dans le but d'étudier l'action de certaines matières actives de synthèse sur la croissance mycélienne et sur la virulence de *F. oxysporum*, deux (02) fongicides ont été utilisés. Il s'agit de l'Antracol (m.a. Propinèbe), ce dernier agit par contact et d'une manière préventive contre un grand nombre de champignons attaquant diverses cultures grâce à sa teneur élevée en zinc, il corrige les carences en Zinc et présente une action stimulante et bénéfique pour les plantes et le Trifidan (m.a. Triadimenol), qui est un fongicide systémique du groupe des triazols, ce

dernier inhibe la biosynthèse des stérols des champignons et perturbe leurs fonctions membranaires.

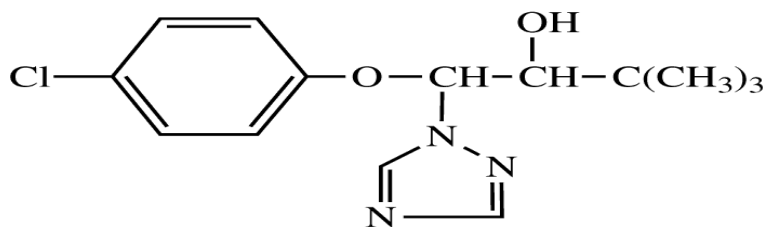
Les Formules des deux substances utilisées sont les suivantes :



Propinèbe monomère

Formule brute :  $(C_5H_8N_2S_4Zn)_x$

Le propinèbe est une substance active de produit phytosanitaire qui présente un effet fongicide, appartenant au groupe des dithiocarbamates.



Formule brute :  $C_{14}H_{18}ClN_3O_2$

## 2.2. Préparation des solutions de fongicides :

Dans un premier temps, une solution mère de chaque produit est préparée (partie par million), puis des dilutions seront effectuées avec un milieu liquide à base de pomme de terre (PDA), pour arriver à chaque fois à la concentration voulue (100, 200, 400 et 500 ppm).

Le 0 ppm comme étant le témoin, ne contient que le milieu PDA.

Les différentes dilutions sont obtenues en respectant la loi suivante :

$$C1 \times V1 = C2 \times V2$$

**C1** : Concentration de la solution mère

**V1** : Volume pris de la solution mère

**C2** : Concentration à préparer

**V2** : Volume final voulu du milieu

Le test a été effectué sur un milieu solide. Après avoir calculé le V1, ce dernier sera complété avec du milieu PDA jusqu'à l'obtention du V2, ensuite le complexe (PDA-molécule) sera autoclave à une atmosphère 20 minutes à 120°C, sachant que, les fongicide se dénature à une température supérieure à 120°C.

En suite les milieux sont mis dans des boîtes de Pétri à raison de 15 ml par boîte.

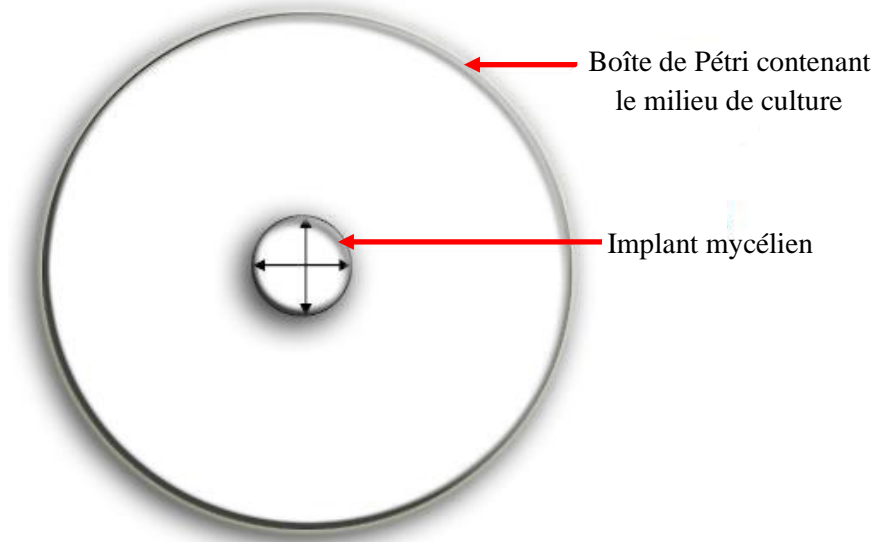
Après solidification des implants mycéliens de 1cm de diamètre sont prélevés de la périphérie d'une pré-culture de 7 jours de nos souches de *Fusarium oxysporum* et sont déposés au centre des boîtes de Pétri (voir figure 17) contenant les 04 concentrations pour chaque molécule active à étudier (Braffio et al., 2004).

Pour chaque concentration 02 répétitions ont été réalisées et ces dernières sont incubées pendant 7 jours et la lecture est réalisée les 3<sup>ème</sup> et 7<sup>ème</sup> jours.

Le pourcentage d'inhibition se calcule selon la formule suivante (Diallo et Diouf, 2000) :

$$\text{Taux d'inhibition (\%)} = ((D \text{ témoin} - D \text{ test}) / D \text{ témoin}) \times 100$$

D : Diamètre



**Figure17** : schéma de la méthodologie de mesure du diamètre

(Blaise et al., 2001).

# **CHAPITRE III :**

## **Résultats et**

### **discussion**

**1. Le matériel biologique :**

Suite à aux différents isolement à partir de la rhizosphère et des différents fragments de tiges, collet et racines de plantes de tomates présentant des symptômes de la fusariose, trois (03) isolats de *Fusarium oxysporum* ont été purifiés puis identifiés selon les critères décrits par Snyder et Hansen et diagnostiqués comme étant des souches pathogènes appartenant à la forme spéciale radicis-lycopersici responsables de la pourriture des racines et du collet et cela suite à un test un test miniaturisé sur plantules de tomate.

Le tableau suivant représente la région, l'année et la partie de la plante à partir de laquelle l'isolement à été effectué.

**Tableau 04 :** Les régions de provenance des isolats

Isolats	Site d'isolement	Organe d'isolement	Année
F1	Annaba	sol	2013
F2	El oued	Tige	2013
F3	Ain Temouchent	tige	2013



**Figure18 :**filaments mycéliens autour des fragments de collet



**Figure19 :**colonie de *f. oxysporum*

**2. Essai de lutte chimique vis-à-vis du *Fusarium oxysporum f.sp radicis-lycopersici* :**

Les deux (02) molécules testées ont montré un degré d'efficacité différent, cela a été déterminé par le calcul du diamètre moyen de la colonie, après sept (07) jours d'incubation pour les trois (03) souches de *Fusarium oxysporum f.sp radicis-lycopersici* (voir tableau 05 et 06) et par le calcul du taux d'inhibition de chaque molécule et à chaque concentration testée (voir tableau 07 et 08).

Les résultats obtenus sont illustrés par le figure20 qui montre le degré d'efficacité de la substance « A » (*Antracol*) ainsi que le figure 21 qui montre le degré d'efficacité de la substance « T » (*Trifidan*).

**Tableau n°05 :** diamètre moyen (cm) des souches de *F. oxysporum f.sp radicis-lycopersici* confronté à la substance « A ».

Concentration	[0]	[100]	[200]	[400]	[500]
<b>F<sub>1</sub></b>	8.00	5,95	5,90	5,85	5.40
<b>F<sub>2</sub></b>	8.00	6,20	5,70	5,50	5,15
<b>F<sub>3</sub></b>	8.00	6,85	6,45	5,85	5,75

**Tableau n°06 :** diamètre moyen (cm) des souches de *F. oxysporum f.sp radicis-lycopersici* confronté à la substance « T ».

Concentration	[0]	[100]	[200]	[400]	[500]
<b>F<sub>1</sub></b>	8.00	3.05	2.75	2.45	2.45
<b>F<sub>2</sub></b>	8.00	1.6	1.35	1.25	1.1
<b>F<sub>3</sub></b>	8.00	1.8	1.45	1.35	1.25

**Tableau n°07 :** Les différents pourcentages d'inhibition obtenus pour la substance « A »

Taux d'inhibition (%)	[100]	[200]	[400]	[500]
<b>F<sub>1</sub></b>	25,62	26,25	26,87	26,87
<b>F<sub>2</sub></b>	22,50	28,75	31,25	35,62
<b>F<sub>3</sub></b>	14,37	19,37	26,87	28.12

**Tableau n°08 :** Les différents pourcentages d'inhibition obtenus pour la substance « T »

Taux d'inhibition (%)	[100]	[200]	[400]	[500]
<b>F<sub>1</sub></b>	61,87	65,62	69,37	69,37
<b>F<sub>2</sub></b>	80,00	83,12	84,37	86,25
<b>F<sub>3</sub></b>	77,50	81,87	83,12	84,37

Dans le cas des deux (02) substances, les résultats obtenus montrent que la concentration est proportionnelle au taux d'inhibition, ce dernier est supérieur à 50 % pour la substance « T » et cela pour les trois (03) souches alors que pour la substance « A » le taux d'inhibition est largement inférieur à 50 % ce qui laisse dire que la molécule « T » est plus efficace que la molécule « A ».

Les résultats montrent également que la souche F<sub>2</sub> s'est avérée la plus sensible pour les deux (02) substances « A et T » alors que la F<sub>1</sub> est la moins sensible.

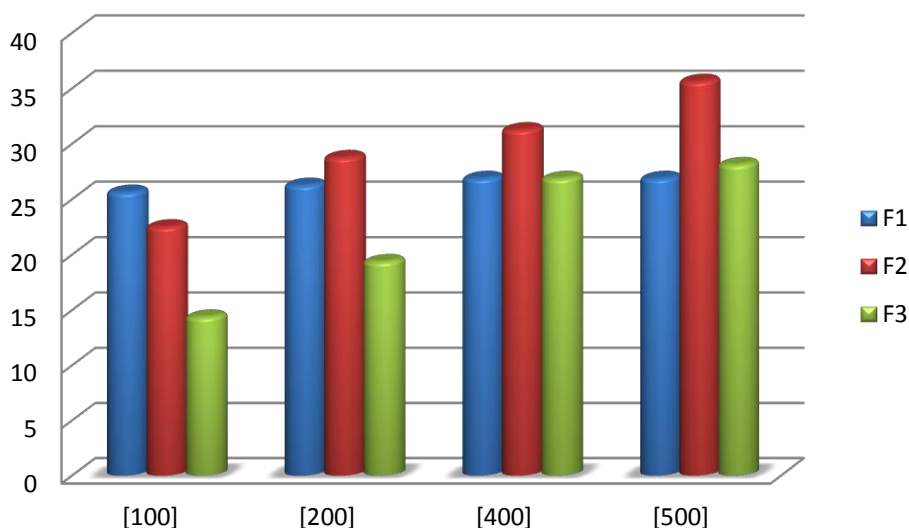


Figure 20: pourcentage d'inhibition des 03 souches confrontées à la substance « A ».

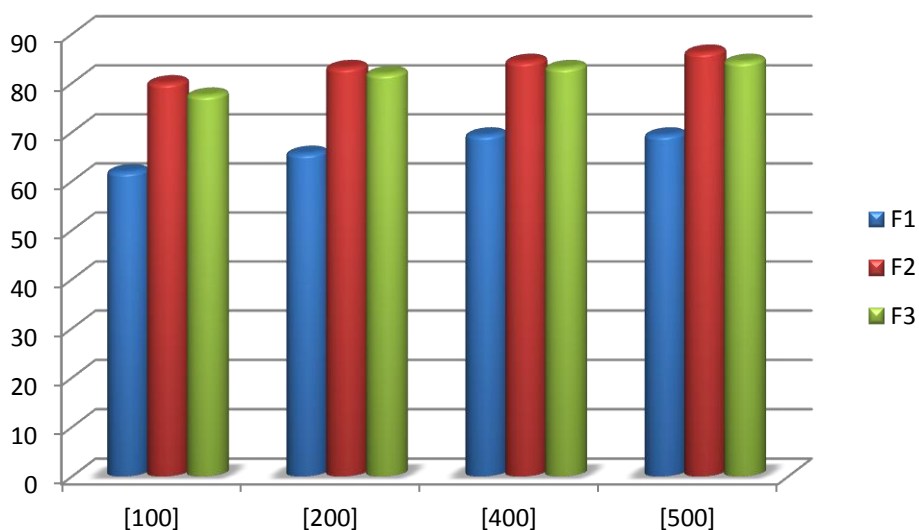
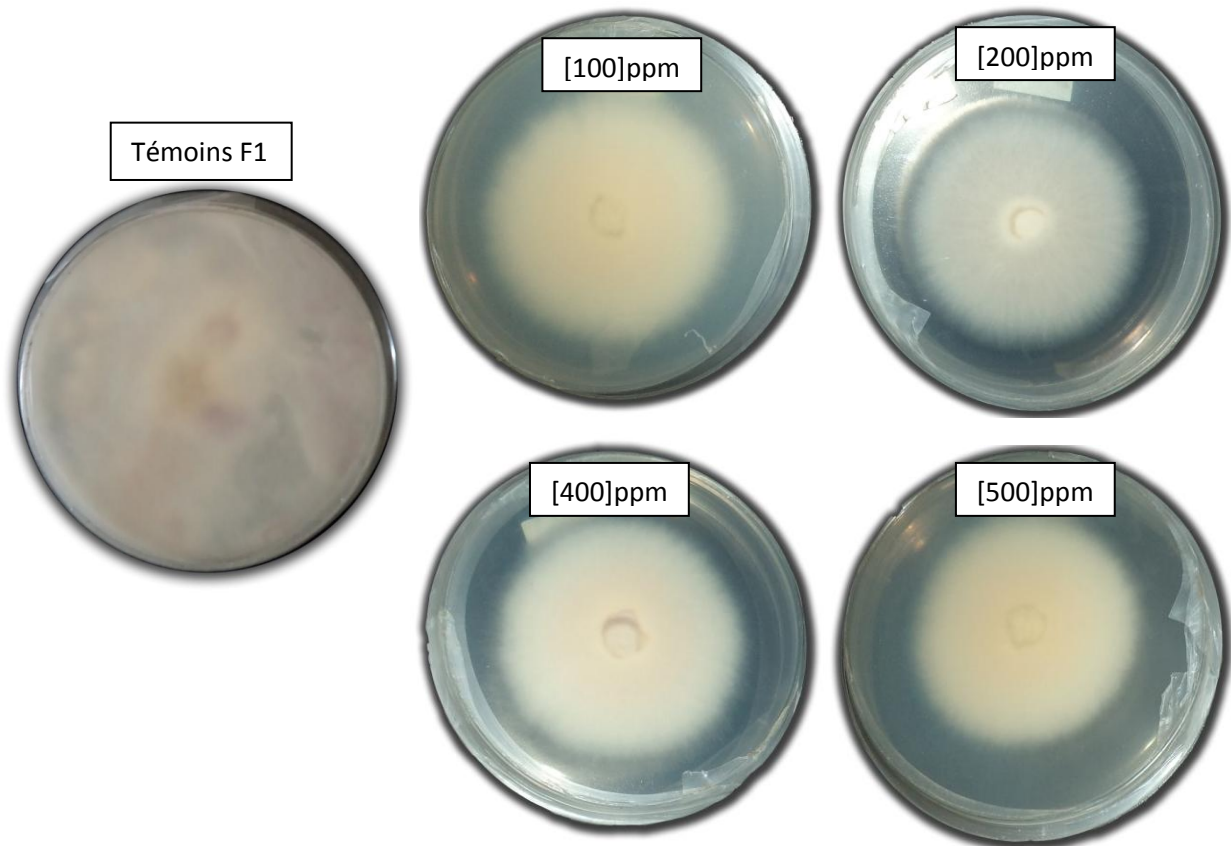
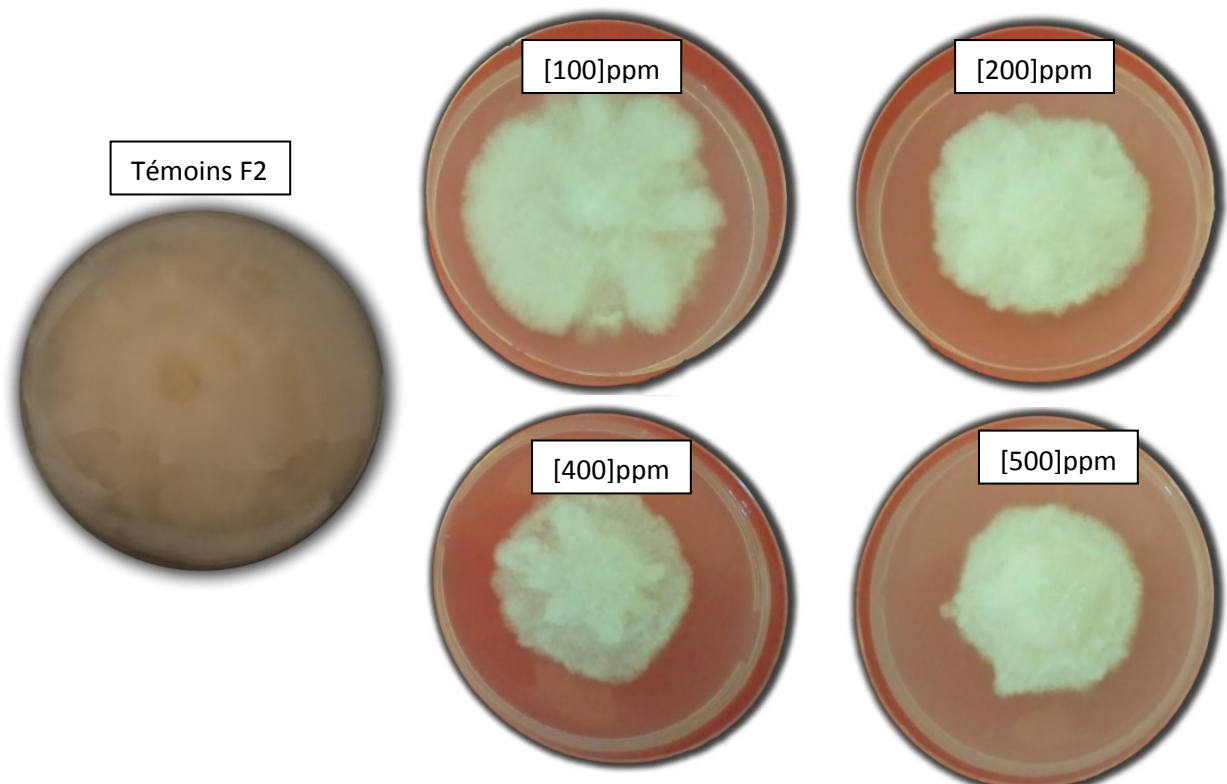


Figure 21: pourcentage d'inhibition des 03 souches confrontées à la substance « T ».

En effet, l'Antracol est peu efficace sur la croissance mycélienne des trois souches, cette dernière est inversement proportionnelle à la concentration utilisée (voir figure 22, 23,24).

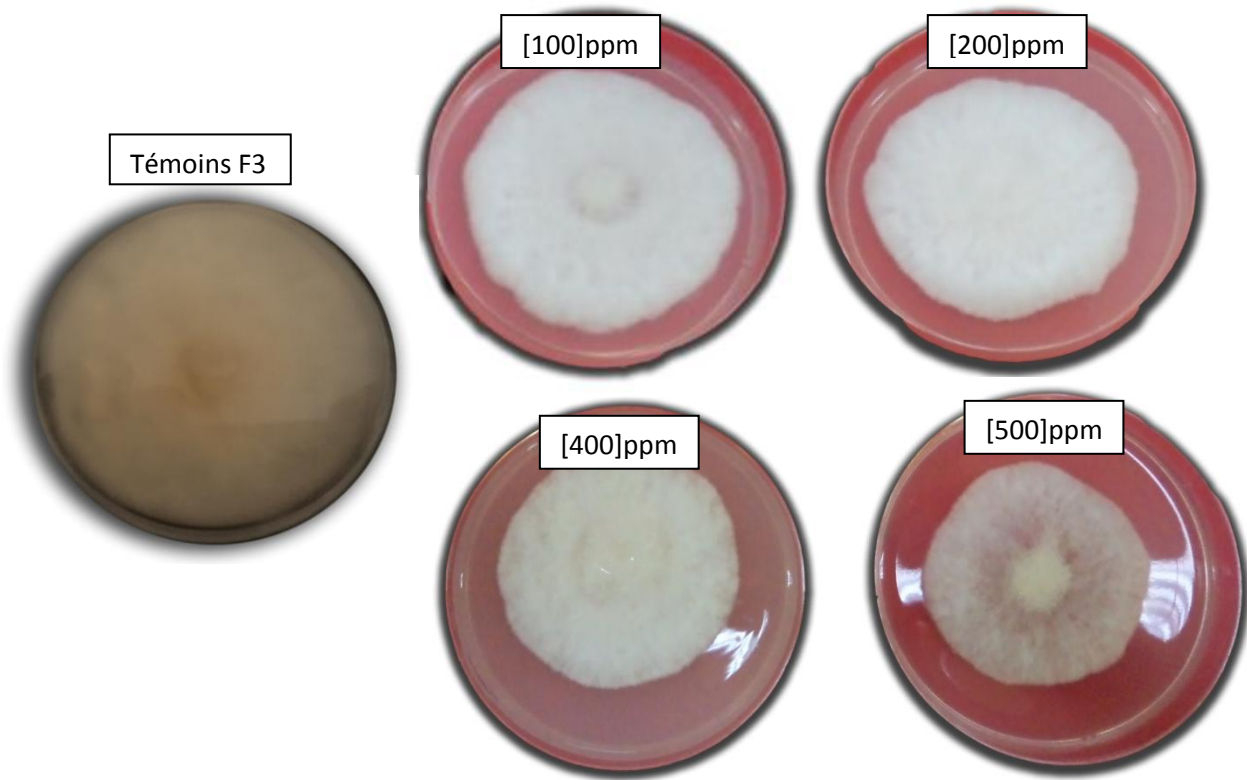


**Figure 22:** Effet de l'Antracol à différentes concentrations sur la croissance mycélienne de la souche F1



**Figure 23:** Effet de l'Antracol à différentes concentrations sur la croissance mycélienne de la souche F2





**Figure 24:** Effet de l'Antracol à différentes concentrations sur la croissance mycélienne de la souche F3

Par ailleurs, la concentration [100] ppm a donné respectivement des valeurs de diamètre et des taux d'inhibition de : 5,95 cm (25,62 %) pour la souche F<sub>1</sub> et 6,20 cm (22,50 %) pour la souche F<sub>2</sub> et 6,85 cm (14,37 %) pour la souche F<sub>3</sub> alors le témoin a donné une valeur de diamètre de 8.00.

La concentration [500] ppm a donné respectivement des valeurs de diamètre et des taux d'inhibition de : 5,40 cm (26,87 %) pour la souche F<sub>1</sub> et 5,15 cm (35,62 %) pour la souche F<sub>2</sub> et 5,75 cm (28,12 %) pour la souche F<sub>3</sub>.

Cependant le Trifidan s'est avéré très efficace sur la croissance mycélienne des trois souches, cette dernière est toujours inversement proportionnelle à la concentration utilisée avec un taux d'inhibition supérieur à 50 % pour chacune des concentrations (voir figure25,26,27).

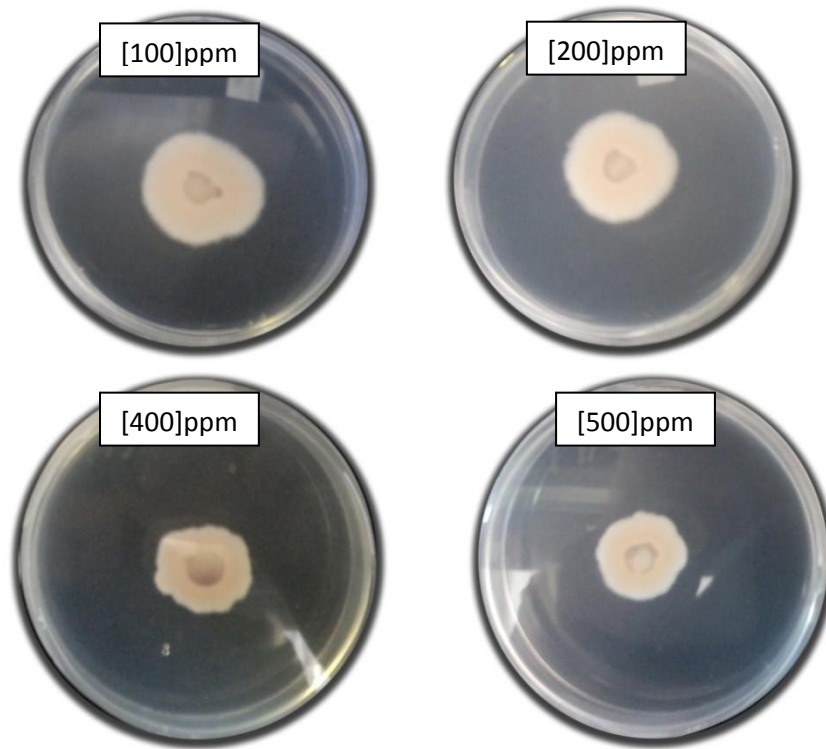


Figure 25: Effet du Trifidan à différentes concentrations sur la croissance mycélienne de la souche F<sub>1</sub>

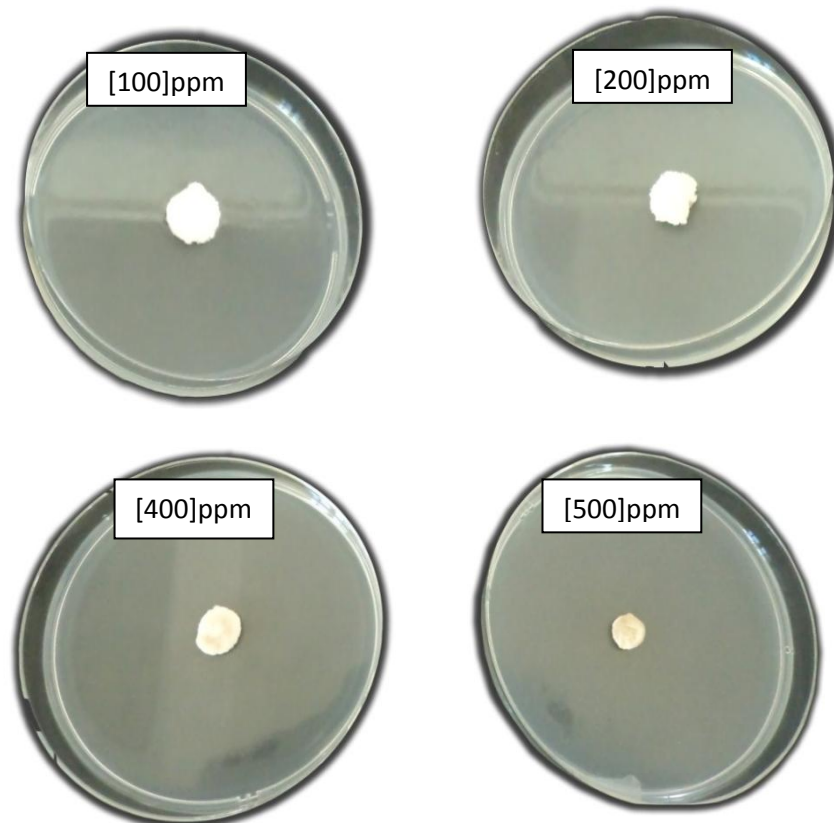
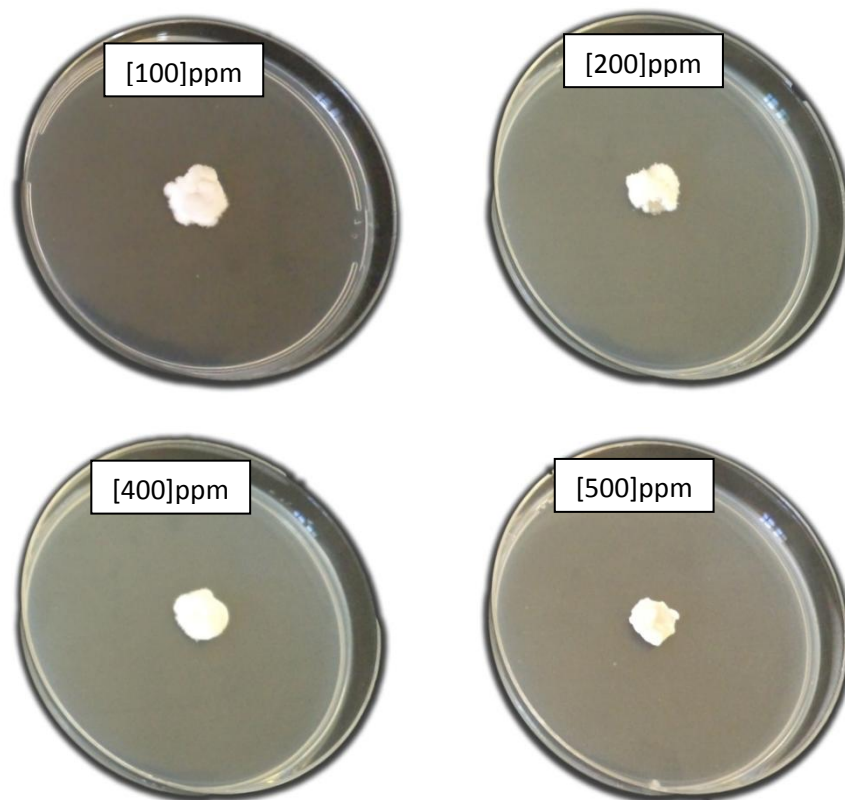


Figure 26: Effet du Trifidan à différentes concentrations sur la croissance mycélienne de la souche F<sub>2</sub>



**Figure 27:** Effet du Trifidan à différentes concentrations sur la croissance mycélienne de la souche F<sub>3</sub>

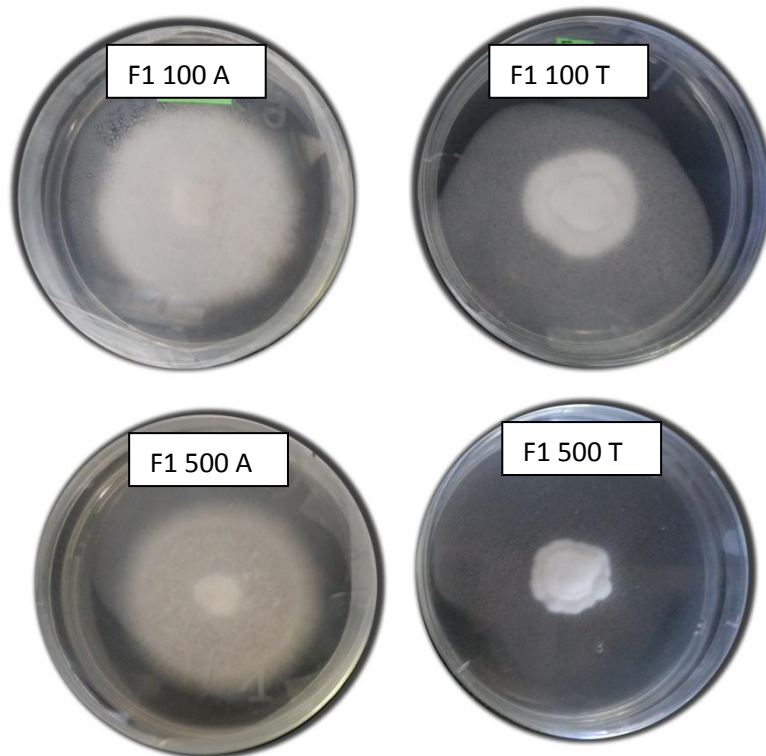
A la concentration [100] ppm, les souches F<sub>2</sub> et F<sub>3</sub> ont montré une sensibilité considérable par rapport à la souche F<sub>1</sub> avec des valeurs de diamètre et des taux d'inhibition respectifs de 1,6 cm (80,00 %), 1,8 cm (77,50 %) et 3,05 cm (61,87 %) pour la souche F<sub>1</sub> alors le témoin a donné une valeur de diamètre de 8,00 cm.

A la concentration [500] ppm, les souches F<sub>2</sub> et F<sub>3</sub> ont montré également une sensibilité considérable par rapport à la souche F<sub>1</sub> avec des valeurs de diamètre et des taux d'inhibition respectifs de 1,1 cm (86,25 %), 1,25 cm (84,37 %) et 2,45 cm (69,37 %) alors que le témoin a donné une valeur de diamètre de 8,00 cm.

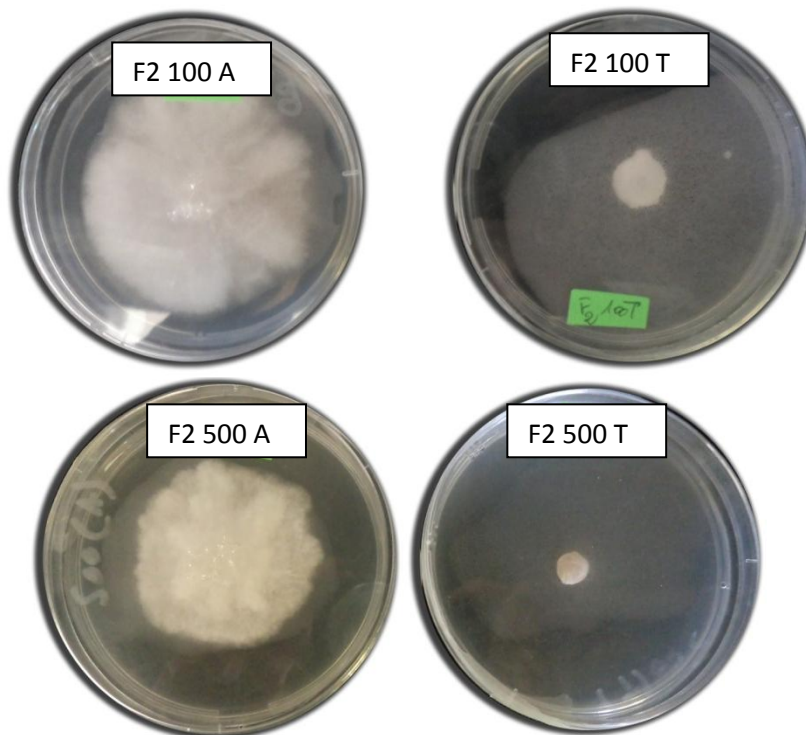
Dans l'ensemble, le fongicide systémique Trifidan s'est montré plus efficace *in vitro* sur la croissance mycélienne que le fongicide Antracol et cela sur les trois souches F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> et F<sub>3</sub> avec une nette sensibilité de la souche F<sub>2</sub> (voir figure 28 et 29,30).

Tout de même nous avons également remarqué une différence significative entre la croissance mycélienne pour chacune des molécules testées et cela pour les concentrations [100] et [500] ppm (voir figure 31).

Néanmoins, il est noté qu'en plein champ, les concentrations, utilisées sont inférieures à [10] ppm et les concentrations supérieures nécessitent des quintaux de fongicides pour 1 hectare et beaucoup de solvant.



**Figure 28 :** Souche F1 (100 A/T, 500 A/T)



**Figure 19 :** Souche F2 (100 A/T, 500 A/T)

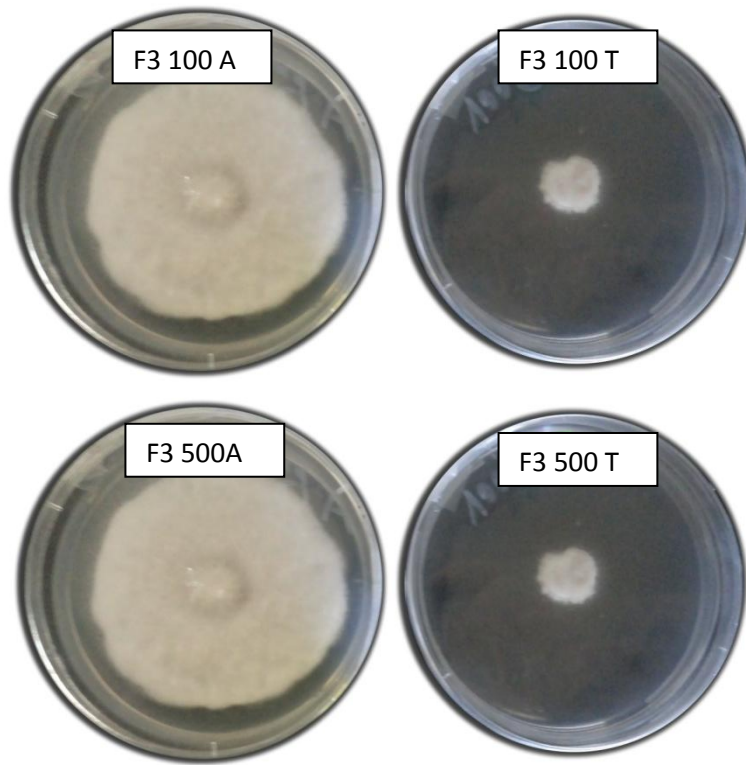


Figure 30 : Souche F3 (100 A/T, 500 A/T)

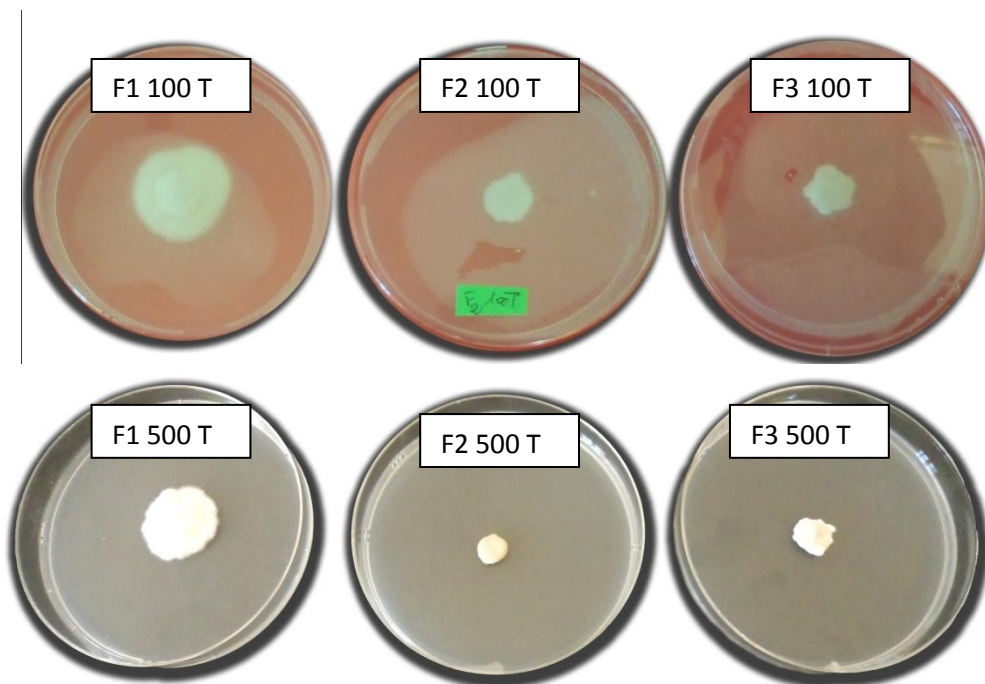


Figure 31 : Souche F1, F2, F3 (100/500ppm)

**CONCLUSION**

### Conclusion :

Les pays du bassin méditerranéen et en particulier les pays du Maghreb, où la culture de la tomate occupe une place économique très importante, sont confrontés à une recrudescence des fusarioses de la tomate causées par *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* et *Fusarium oxysporum f.sp. radicum-lycopersici*.

Ce fléau est favorisé par les changements climatiques à savoir : une température en hausse durant toute l'année et un taux d'humidité croissant permettant le développement des champignons.

En Algérie, l'utilisation des produits phytosanitaires connaît une croissance considérable suite au développement de l'agriculture et dans le cadre des actions de lutte contre les nuisibles. Avec 6 000 à 10 000 Tonne / an, l'utilisation des pesticides dans notre pays risque d'être immodéré, aléatoire et incorrecte.

Dans le cadre de notre étude et afin de mettre en évidence l'efficacité in vitro de deux (02) produits commercialisés en Algérie sous le nom de « Antracol » et « Trifidan » nous avons testé ces derniers sur des souches de *Fusarium oxysporum f.sp. radicum-lycopersici* pathogènes isolées à partir de plantes de tomate présentant des symptômes de la fusariose.

Les résultats obtenus ont montré une inhibition très encourageante pour le « Trifidan » et peu satisfaisante pour « Antracol », pour cela l'utilisation du premier s'avère recommandée afin de protéger les cultures de tomates contre ce pathogène.

Néanmoins, les conséquences résultant de l'utilisation des produits fongicides à long terme sur le degré de virulence du pathogène et sur la santé et l'environnement exigent de trouver d'autres moyens de lutte susceptibles de protéger les cultures de tomates contre les agents pathogènes tout en limitant l'utilisation des pesticides, ce qui s'intègre parfaitement dans une démarche respectueuse de l'environnement et limite la pollution.

**REFERENCES**

**BIBLIOGRAPHIQUE**



## Bibliographie

- 1 .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.
2. Alabouvette, C., Schippers, B., Lemanceau, P., and Bakker, P.A.H.M. 1998. Biological control of *Fusarium* wilts. Toward development of commercial products, p. 15-36. In G.L. Boland and L.D. Kuykendall (eds), Plant-Microbe Interactions and Biological Control. Marcel Dekker Inc., New York.
- 3.Alexander, L.J., and Tucker, C.M. 1945. Physiologic specialization in the tomato wilts fungus *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*. J. Agric. Res. 70:303-313.
4. Anchisi, M., Gennari, M., et Matta, A. 1985. Retardation of *Fusarium wilt* symptoms in tomato by pre- and post-inoculation treatments of the roots and aerial parts of the host in hot water. Physiological Plant Pathology, 26:175-183.
5. Armstrong, G.N. et Armstrong, J.K., 1981. Formae speciales and races of *Fusarium oxysporum* causing wilt diseases, p. 391-399. In P.E. Nelson, T.A. Toussoun, and R.J. Cook (ed.), *Fusarium: diseases, biology, and taxonomy*. Pennsylvania State University Press, University Park.
- 6 .Blancard, D. 1997. Les maladies de la tomate. Edition INRA, Paris, 212 p.
- .Blaise, K., Couture, L., Dostaler, D., et Berner, L., (2001). Variabilité phénétique du *Colletotrichum graminicola* du sorgho. Can.J.Plant Pathol. 23.
- 7 .Booth, C. 1971. The Genus *Fusarium*, p. 237. Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, England.
8. Booth, C. 1984. 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
9. Bost, S.C. 2001. First report of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* race 3 on tomato in Tennessee. Plant Dis. 85:802.
10. Bouhot, D., Rouxel, F. et Louvet, J. 1972. Observation de la fusariose vasculaire de la tomate en France. Ann. Phytopathol. 4:187-191.
11. Bouhot, D. 1981. Some aspects of the pathogenic potential in formae speciales and races of *Fusarium oxysporum* on Cucurbitaceae. In *Fusarium, diseases, biologie and taxonomy*. 318-326.
- 12.Bouzla ,S ,Debabza ,R et Djouamaa ,M., 2008 :Comportement morphologique , physiologique et biochimique de trois variétés de blé dur (*triticum durum Desf*) sous traitement par un fongicide (TILT250EC)Mémoire de DES. Université de Souk Ahras :60p.

13. Braffio, C.A., Kivrak, E. et Heller, W.E., (2004). Vulgarisation en cultures maraîchères, Mise en évidence de champignon du genre *Alternaria* résistants à l'iprodione utilisé pour la désinfection des semences de carottes. Le Marîcher.
14. Brault P., 2005 – Semences et Plants Bio - Fiches techniques, Dossier solanacées en Langue doc- Roussillon. Bulletin N° 5 deuxième semestre Biocivam de l'Aude et FRAB-LR. 47p.
15. Burgess, L.W., and C.M. Liddell. 1981. Laboratory manuel for *Fusarium* research. University of Sydney, Sydney, Australia.
16. Chaux, C. et C. Foury, 1994. Production légumières. Tome 3, Légumineuses potagères, légumes fruits. Editions Tec & Doc, Paris, Lavoisier, 1994, p. 125-153.
17. Chellimi, D.O., Dankers, H.A., and Crosier, B. 1992. First report of *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* race 3 on tomato in northwest Florida and Georgia. Plant Dis. 76:861.
18. Corbaz, R. 1990. Principe de phytopathologie et de lutte contre les maladies des plantes. Edition Presse polytechnique et universitaire romande. 286 p.
19. Davis, R.M., Kimble, K.A., and Farrar, J.J. 1988. A third race of *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* identified in California. Plant Dis. 72:453.
20. Diallo, B., et Diouf, A., (2000). Etude de l'activité analgésique du *Pilostigma reticulatum* (Nguiguï). Odontostomatologie tropicale 92.
21. Dommergues, Y. et F. Mangenot, 1970. Ecologie microbienne du sol. Edition MASSON. 40-45p.
22. 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.
23. El Modafar, C. 1994. Aspects histologiques et biochimiques des interactions hôte-parasites (*Platanus* spp., *Ceratocystis fimbriata f.sp. platani*). Réactions associées à la défense de l'hôte. Thèse Doctorat d'Etat. Université de Montpellier II. Sciences et Techniques du Languedoc. 258p.
24. FAOSTAT. 2007. <http://www.fao.org/corp/statistics/fr/>.
25. Fisher, N.L., Burgess, L.W., Toussoun, T.A., and Nelson, P.E. 1982. Carnation leaves as a substrate and for preserving cultures of *Fusarium* species. Phytopathology, 72:151-153
26. Jarvis, W.R., Shoemaker, R.A. 1978. Taxonomic status of *Fusarium oxysporum* causing foot and root-rot of tomato. Phytopathology, 68:1679-1680.
27. Jones, J.B., Jones, J.P., Stall, R.E., and Zitter, T.A. 1991. Compendium of tomato diseases. American Phytopathological Society, St Paul, MN. p.15.
28. Hamoir, J., Goret, M., Mignon, B., and Gustin, P. 2001. Actualité sur les antifongiques enregistrés en Belgique dans le cadre du traitement des dermatomycoses. Ann. Med. Vet. 145 :226-232.

29. 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.
30. Grattidge, R., and O'Brien, R.G. 1982. Occurrence of a third race of *Fusarium* wilt of tomatoes in Queensland. *Plant Dis.* 66:165-166.
31. 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.
32. 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.
33. Marlatt, M.L., Correll, J.C., Kaufmann, P., and Cooper, P.E. 1996. Two genetically distinct populations of *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* races 2 and 3 of *Lycopersicon pennellii*. *Aust. J. Agric. Res.* 38:729-733.
34. McGrath, D.J., Gillespie, G., and Vawdrey, L. 1987. Inheritance of resistance to *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* races 2 and 3 of *Lycopersicon pennellii*. *Aust. J. Agric. Res.* 38:729-733.
35. Menzies, J.G., and Jarvis, W.R. 1994. The infestation of tomato seed by *Fusarium oxysporum f. sp. radialis-lycopersici*. *Plant Pathol.* 43:378-386.
36. Messiaen, C.M. et R. Cassini, 1968. Recherche sur les fusarioses. IV- La systématique *Fusarium*. *Ann. Epiphyt.* 19, 387-454.
37. Messiaen, C.M. 1981. Les variétés résistantes. Méthodes de lutte contre les maladies et ennemies des plantes. Edition INRA. Paris. 374 p.
38. Meyer, J.A. 1967. Recherche sur les fusarioses. II. Ecologie et pathogénie du *Fusarium oxysporum*. *Ann. Epiphytes*, 18(2) : 241-247.
39. Naika, S., Van Dam, B., Florijn, A. 2005. La culture de la tomate : production, transformation et commercialisation, cinquième édition révisée, Agromisa Foundation, coll. « Agrodok », Wageningen, 2005, 105 p
40. Nelson, P.E., 1981. Life cycle and epidemiology of *Fusarium oxysporum*. In: *Fungal wilt diseases of plants*. (M. E. Mace, A. A. Bell and C. H. Beckman, editors), Academic Press, New York, 51-80.
41. Ozenda, P. 1990. Les organismes végétaux, tome 1 : Végétaux inférieurs, Masson, 220 p.
42. Rick, C.M., Laterrot, H., and Philouze, J. 1990. A revised key for the *Lycopersicon* species. *Tomato Genet. coop. rep.* 40:31.
43. Roger, C., 1990 : P principes de phytopathologie et de lutte contre les maladies des plantes : presse polytechnique et universitaire romandes CH-1015 lausanne :suisse.

44. Salh. I ;2009 ;étude de l'efficacité d' un fongicide systémique nouvellement introduit en Algérie(flacon) contre les maladies cryptogamiques du blé : mémoire d'ingénieur d'état en biologie université de Guelma 52p.
45. Scott, I.T. 1923. The influence of hydrogen-ion concentration on the growth of *Fusarium lycopersici* and on tomato wilt. Missouri Agricultural Experiment Station Research Bulletin 64.
46. Semal, J. 1989 : Traité de pathologie végétal .Les presses agronomiques de Gembloux .A.S.B.L :489-499.
47. Si Mohammed .A. 2010 : étude de la compatibilité végétative chez des populations de *Fusarium oxysporum* isolées dans l'ouest algérien. mémoire de magister ; université d' Oran 74p.
41. Snyder, W.C., and Hansen, H.N. 1954. The species concept in *Fusarium* with reference to *discolor* and other section. *Am. J. Bot.* 27:738-742.
48. Smith, H.C. 1965. The morphology of *Verticillium albo-atrum*, *V. dahlia*, and *V. tricopos*. *New Zealand J. Agric. Res.* 8 :450-478.
49. Tello-Marquina, J.C. et C. Alabouvette, 1984. Observation de la persistance dans le sol des microconidies de *Fusarium oxysporum*. *Agronomie* 4 (9) : 123-130.
50. 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
51. Valenzuela-Ureta, J.G., Lawn, D.A., Heisey, R.F., and Zamudio-Guzman, V. 1996. First report of *Fusarium* wilt race 3, caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *Lycopersici*, of tomato in Mexico. *Plant Dis.* 80:105.
52. Volin, R.B., and Jones, J.P. 1982. A new race of *Fusarium* wilts of tomato in Florida and sources of resistance. *Proc. Flo. State Hortic. Soc.* 95:268-270.
53. Walker, J.C. 1971 *Fusarium wilt* of tomato. Monogr. 6. American Phytopathological Society, St. Paul, MN
54. Youbi , M . ,2005 : Effet de deux fongicides ARTEA et PUNCH nouvellement introduits en algérie sur la physiologie et le métabolisme respiratoire du blé dur (*Triticum durum Desf*) thèse de magistère en biologie végétale. Université d'ANNABA : 64p
55. Zidane Hindi , A.H . , 2000 :  
زيدان هندي ' ا ح ' 2000 مكافحة الامراض النباتية المبيدات الفطرية ' كانترا جروب للنشر. 12.
56. Ziri.S 2011 ; contribution à la lutte intégrée contre *tuta absoluta* sur tomate en plein champ ; thèse de magistère en science agronomique école nationale supérieure agronomique . el harrach .88p.