



Université Mohamed Khider de Biskra

Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de
la Nature et de la Vie Département des Sciences
Agronomiques

MÉMOIRE DE MASTER

Sciences de la Nature et vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Protection des Végétaux

Réf. :

Présenté et soutenu par :

LALIBI Mohamed

Le : 28 juin 2022

**Contribution à l'étude de l'effet du fenugrec (*Trigonella foenum-
graecum*) sur le taux de croissance et de germination *in vitro* de
Fusarium oxysporum f. sp *lycopersici*.**

M ^{me} . FARHI Kamilia	Pr	Mohammed Khider - Biskra	Président
M. DJEKIREF Laâla	MAB	Mohammed Khider - Biskra	Rapporteur
M. HADJEB Ayoub	MAA	Mohammed Khider - Biskra	Examineur

Année universitaire: 2021-2022

Remerciements

En premier lieu, je remercie Allah, le tout puissant de m'avoir donné courage et santé pour réaliser cette étude

*Je tiens à remercier vivement Mr. le Docteur **Djekiref Laâla** pour m'avoir encadré ; pour ses précieuses remarques constructives et son suivi afin de mener à terme cette étude.*

*Mes remerciements vont aussi à Mme.le Professeur **Farhi Kamilia** qui m'a fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire, et à Mr.le Docteur **Hadjeb Ayoub** pour avoir accepté d'examiner ce mémoire.*

En dernier lieu, mes remerciements vont aussi à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à élaborer cette modeste étude.



Dédicace

À ma très chère mère (Fatihha)

À mon cher père (Ahmed)

À mes soeurs (Atika, Ikram)

À mon frère (Younes)

À toute ma famille et à tous mes amis.

****LALIBI MOHAMED****

Table des matières

Remerciement	I
Dédicace.....	II
Liste des tableaux.....	III
Liste des figures	IV
Liste des abréviation.....	V
Intoduction.....	01

Chapitre I

I- Aperçu sur <i>Trigonella foenum-graecum L.</i>	04
I-1- Étymologie	04
I-2- Origine.....	04
I-3- Botanique	04
I-4-Germination des graines.....	06
I-5-Parties utilisées:.....	06
I-6- Utilisation thérapeutiques traditionnelle de <i>Trigonella foenum-graecum L</i>	06
I-7- Composition biochimique :	07

Chapitre II

II-1-Plante hôte.....	09
II-1-1- Origine et historique de la tomate	09
II-1-2- Classification botanique (systématique) de la tomate.....	10
II-1-3- Description botanique de la tomate	11
II-2- Pathogène	12
II-2-1- Généralités sur le genre <i>Fusarium</i>	12
II-2-2- Généralités sur l'espèce <i>Fusarium oxysporum</i>	13
II-2-3-Races de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>Lycopersici</i>	13
II-2-4- Position taxonomique.....	13
II-2-5- Biologie de <i>F. oxysporum</i>	14
II-2-6-Les maladies causées par <i>F. oxysporum</i> (Pathologie)	15
II-2-7-Cycle de vie	15
II-2-8-Moyens de lutte.....	17
-Lutte culturale.....	17
-Lutte génétique.....	17
-Lutte chimique	17
-Lutte biologique	17

Chapitre III

III-1- Matériel végétal.....	20
III-1-1- les graines de fenugrec	20

III-1-2- Préparation :	20
III-1-2-1- Séchage et Broyage	20
III-1-2-2 Préparation des extraits	21
III-1-2-3-Rendement de l'extrait sec	23
III-2- Matériel fongique	23
III-2-1- L'agent pathogène	23
III-3- Activité antifongique	24
III-3-1- Préparation des différentes concentrations (dilution plates) de l'extrait	24
III-3-2- Milieux de culture	24
III-3-3- Essai d'activité antifongique	25
III-3-3-1-Détermination de l'indice antifongique	25
III-3-3-2- Détermination de la vitesse de croissance mycélienne (VC)	25
Chapitre IV	
Résultats	27
1-Rendement d'extrait sec	27
2- Aspect des extraits obtenus	27
3- Résultats des tests antifongiques	28
3-1-Evaluation de la croissance mycélienne	28
4- Témoin :	30
4-1- Extrait Méthanolique	31
5- Taux d'inhibition	33
6- Vitesse de la croissance mycélienne :	34
Discussion	35
Conclusion	38
Références bibliographique	40
Annexe	44

Liste des tableaux

Tableau 01 : Classification de <i>Trigonella foenum-graecum</i> L.....	05.
Tableau 02 : Composition biochimique de la graine de fenugrec (g/100 g sec).....	07
Tableau 03 : Classification de la tomate.....	10
Tableau 04 : Classification de <i>Fusarium oxysporum</i>	14
Tableau 05 : Matériel biologique	20
Tableau 06 : Les Propriétés des extraie	27
Tableau 07 : Evaluation de la croissance mycélienne pendant 06 jour	30
Tableau 08 : Résultats de rendements d'extraits secs de fenugrec.....	44.
Tableau 09 : Taux inhibition	44.
Tableau 10 : Vitesse de croissance mycélienne en présence de l'extrait.....	44.
Tableau 11 : Statistiques descriptives (Données quantitatives).....	44.
Tableau 12 : Statistiques descriptives (Données qualitatives).....	45
Tableau 13 : Coefficients d'ajustement (Jours).....	46.
Tableau 14 : Analyse de la variance (Jours).....	46.

Liste des figures

Figure 01 : Feuilles et fruit de <i>Trigonella foenum-graecum</i>	05
Figure 02 : Graines de <i>Trigonella foenum-graecum</i>	06
Figure 03 : Carte d'extension de la tomate dans le monde.	09.
Figure 04 : Historique de la transmission de la tomate dans le monde.....	10.
Figure 05 : Plant de tomate.....	12.
Figure 06 : Identification de <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i> (Sacc.).....	15.
Figure 07 : Cycle générale de la maladie de flétrissement vasculaire causés par <i>F.o</i>	16
Figure 08 : Graines à l'état humide.....	20
Figure 09 : Graines de fenugrec dans un mortier	21.
Figure 10 : Méthode d'extraction.....	22
Figure 11 : Méthanol et l'extrait.....	22
Figure 12 : Evaporateur rotatif.....	22
Figure 13 : Solution mère.....	23
Figure 14 : Observation macroscopique de <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>lycopersici</i>	23
Figure 15 : Etapes de la technique de la suspension-dilution.....	24
Figure 16 : Rendement d'extraction des graines de fenugrec.....	27
Figure 17 : Extraits sec et dilué.....	28
Figure 18 : Evaluation de la croissance mycélienne pendant 6 jours.....	29.
Figure 19 : Effet de l'extrait de <i>Trigonella foenum-graecum</i> L. sur F.o.l (10^{-1}).....	31
Figure 20 : Effet de l'extrait de <i>Trigonella foenum-graecum</i> L. sur F.o.l (10^{-2}).....	32
Figure 21 : Effet de l'extrait de <i>Trigonella foenum-graecum</i> L. sur F.o.l (10^{-3}).....	32.
Figure 22 : Effet de l'extrait de <i>Trigonella foenum-graecum</i> L. sur F.o.l (10^{-4}).....	33
Figure 23 : Taux d'inhibition de l'extrait <i>Trigonella foenum-graecum</i>	34
Figure 24 : Vitesse de la croissance mycélienne du F.o.l sous l'effet de l'extrait.....	35

Figure 25 : Jours / Résidus normalisés.....	46
Figure 26 : Synthèse (Moyennes)-Diamètre.....	47

Liste des abréviations

- %** : Pourcentage
- °C** : Degrés Celsius
- D**: Diamètre de la zone de croissance mycélienne
- F.o.l**: *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*
- f.sp** :Forme spciale
- Fig**: Figure
- g** : Gramme
- J** : Jour
- h** : Heure
- Km** : Kilomètre
- ml** : Millilitre
- mm** : Millimètre
- N°** : Numéro
- P** : Poids
- PDA** : Potato Dextrose Agar
- Rdt %** : rendements en pourcentage
- S** : Second
- S.M** : Solution mère
- T** : Température
- Tab** : Tableau
- TI** : Taux d'inhibition
- TH%** : Taux d'humidité exprimé en pourcentage
- VC**: Vitesse de croissance mycélienne
- HE**: Huile essentiel

Introduction

Introduction :

Les maladies fongiques sont parmi les obstacles les plus importants qui entravent la production des cultures. Les fusarioses sont considérées comme des plus importantes de ces maladies, qui affecte le rendement ainsi que la qualité du produit par la présence de toxines à l'intérieur des grains. Il s'agit de maladies endémiques causées par un groupe d'espèces de champignons phytopathogènes (**Brown et al., 2010**).

L'utilisation de fongicides chimiques est l'une des méthodes les plus courantes de contrôle des maladies. Cependant, les différents éléments de ces substances ont des conséquences néfastes pour l'homme et son environnement. La raison du déséquilibre écologique est que ces composés synthétiques sont non seulement des agents nocifs, mais ont un large spectre d'action aussi sur d'autres populations de l'écosystème, comme il engendre une généralisation des mécanismes de résistance chez les pathogènes (**Benhamou et al., 2012**).

La prise de conscience du consommateur a incité les organismes et les institutions à s'orienter vers la lutte biologique sous ses diverses formes pour lutter contre les ravageurs et les ennemis des cultures. Parmi ces moyens de lutte, l'utilisation des substances contenues dans les plantes à propriétés fongicides, tels que les extraits végétaux, ces derniers constituent une voie d'avenir intéressante, facile d'emploi, et non polluante. Ces produits naturels sont de plus en plus recherchés, pour une agriculture durable (**Bensaid, 2011**).

Le centre de recherche ces dernières années c'est focalisé sur des organismes naturels aux propriétés ayant des pouvoirs fongicides respectueuses de l'environnement et de la santé humaine.

La connaissance des remèdes traditionnels déterminés empiriquement, ainsi que les récentes découvertes des activités antimicrobiennes, des huiles essentielles, parallèlement à une meilleure connaissance de leur action, constituent actuellement une base de données très importante pour servir à un développement scientifique rigoureux inhérent à la lutte biologique par l'utilisation de ces substances naturelles.

Trigonella foenum-graecum. L. est l'une des plantes médicinales les plus utilisées à travers le monde. Les extraits végétaux de cette plante sont largement utilisés dans la médecine traditionnelle depuis des siècles contre une multitude de maux. Aujourd'hui, le genre *Trigonella* est entré dans la médecine moderne (**Hostettmann, 1997**).

L'objectif de ce travail consiste à mettre en évidence l'activité antifongique de l'extrait méthanolique de *Trigonella foenum-graecum*. L. sur le *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*, agent causal de la flétrissure fusarienne de la tomate (*Fusarium wilt*).

Chapitre I

Trigonella foenum-graecum. L

I- Aperçu sur *Trigonella foenum-graecum L.*

I-1- Étymologie

Le Nom d'origine est « foin grec ». Cela signifie en latin la forme prismatique des graines du fenugrec. C'est une plante herbacée, annuelle de la famille des Fabaceae du nom arabe l'helba (**Rahmani, 2015**). En nomenclature botanique, on l'appelle aussi : trigonelle, sénégrain, trigonelle fenugrec, etc.

I-2- Origine

Il est commun et que la plante de fenugrec est concentrée dans la région méditerranéenne. Les espèces sauvages du genre existent dans les pays d'Europe, l'Afrique du Nord, les îles Canaries, l'Afrique du Sud, l'Asie centrale et de l'Australie. Sa culture en Algérie est souvent semi-spontanée (**Batta et Bouzidi, 2017**).

I-3- Botanique

Les tiges de fenugrec sont dressées, creuses, avec anthocyanine foncée ou vert complet. Cela est dû à la fertilité et à la densité du sol. Elles sont soit d'une seule ramification sans pousses secondaires, ou de plusieurs ramifications où se posent de nombreuses pousses de la base et plus les nœuds (**Rahmani, 2015**). La tige peut atteindre une hauteur de 30 à 60 cm. On note également la présence de nombreuses branches sur la tige, cette dernière contenant des feuilles divisées en trois parties (trifoliolées). Ces feuilles sont ovales et dentées. Les fleurs de fenugrec sont sessiles, dite papilionacées, assez grandes, de couleur jaune pâle à violet claire. Elles se composent d'un calice à cinq sépales non divisées, d'une corolle à cinq pétales libres de forme triangulaire (**Bakli, 2021**). Les fleurs portent de dix à vingt graines, très dures, aplaties, mesurant 3 à 5 mm de long et 2 à 3 mm de large.

Tableau 01 : Classification de *Trigonella foenum-graecum L.*

Règne	Plantae
Sous règne	Tracheobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous classe:	Rosidae
Ordre	Fabales
Famille	Fabaceae
Genre	<i>Trigonella</i>
Espèce	<i>Trigonella foenum-graecum L.</i>

Figure 01 : Feuilles, fleurs et fruit de *Trigonella foenum-graecum. L.*(www.norseco.com)

jun 2022



Figure 02 : Graines de *Trigonella foenum-graecum* (www.bio-enligne.com) jun 2022

I-4-Germination des graines

Les graines du Fenugrec germent à environ 10 h après le début de l'imbibition de la graine à 25°C dans l'obscurité (Reid et Bewley, 1979 et Spyropoulos et Reid, 1985).

I-5-Parties utilisées:

La partie utilisée est les graines, où les fruits sont récoltés puis battus afin d'obtenir des graines un peu molles qui sont séchées puis broyées pour la consommation directe.

I-6- Utilisation thérapeutiques traditionnelle de *Trigonella foenum-graecum* L :

La plante de fenugrec est considérée comme l'une des plantes communes dans les sociétés arabes, car elle aide au traitement de nombreuses maladies courantes en raison de sa riche composition chimique. Elle se révèle être d'une grande valeur alimentaire et présente de multiples vertus phytothérapeutiques. Le fenugrec est utilisé pour :

- traitement des plaies, diarrhées, acné, déshydratation, anémie, bronchite, rhumatismes, maux d'estomac, hypertension artérielle.

- traitement de la constipation, soit sous forme de décoctions soit de graines réduites en farines et mélangées avec le miel. (Louaar *et al.*, 2020).

- traitement contre la chute des cheveux.

- recommandé d'être utilisée par les femmes avant l'accouchement.
- réduire les infections respiratoires.
- Traitement des ulcères de jambes, la goutte, les douleurs musculaires et l'eczéma.

I-7- Composition biochimique :

La graine est très dure, de forme irrégulière avec un profond sillon, de couleur jaune-brun. Elle est protégée par des enveloppes épaisses, représentant 15 % du grain ; son amande est farineuse. Ses dimensions — 2 à 3 mm de longueur — rappellent celles de certains mils (Catherine et Jean , 2001).

Tableau 02 : Composition biochimique de la graine de fenugrec (100 g /sec).

Sciences des aliments (2021) ,BILLAUD.C ;ADRIAN,J

Constituants	Valeurs nutritionnelles
Protéines	28,6
Lipides	7,7
Cendres	4,0
Saponines	8,8-11,0
Trigonelline	0,41
Lignine	2,75
fibre	49,3
gomme	20,6
cellulose + hémicellulose	28,7
cellulose brute	9,0
Valeur énergétique	200 à 240 Kcal 900 à 910 KJ

Chapitre II
Plante hôte - Pathogène

II-1-Plante hôte

II-1-1- Origine et historique de la tomate

La tomate est une plante herbacée annuelle à port buissonnant appartenant à la famille des Solanacées (**Guidoum, 2019**). La tomate *Lycopersicon esculentum* M., est originaire d'Amérique du Sud. Actuellement, elle est cultivée partout dans le monde sous serre ou en plein champ. (**Hadj Benrezig, 2016**).

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

Puisqu'il s'agit d'une culture assez rapide et à rendement élevé, elle a un avenir économique prospère. Les surfaces cultivées s'étendent de jour en jour. La consommation des fruits de la tomate contribue à un régime sain et équilibré (**Benkemouche et Ghazi, 2013**). Le fruit est riche potassium, antioxydants, magnésium, phosphore, vitamines A-B-C et E, fibres et sels minéraux.

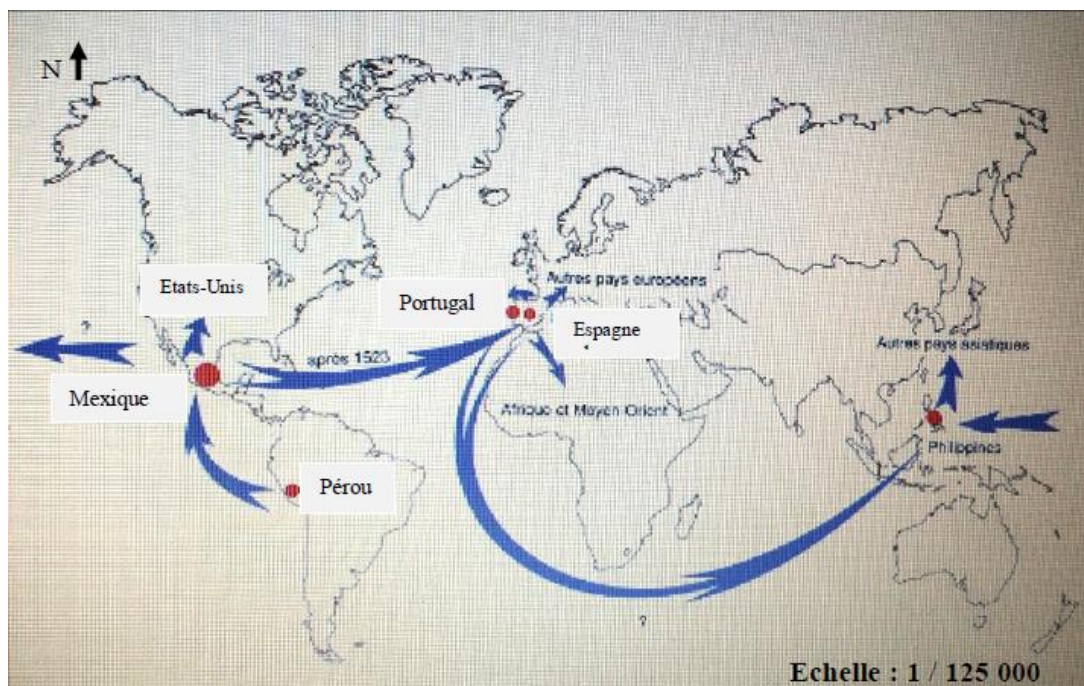


Figure 03: Carte de l'hypothétique extension de la tomate dans le monde (**Blancard, 2009**).

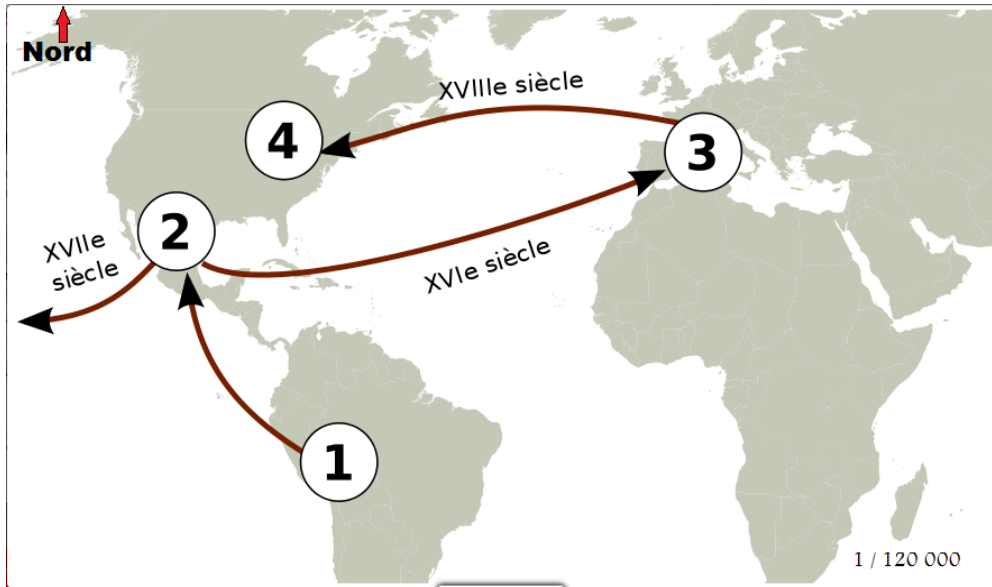


Figure 04: Historique de la transmission de la tomate dans le monde

(www.techno-science.net)

(1) Pérou : Centre de diversification. ; (2) Mexique : Premier centre de domestication
 (3) Europe : Deuxième centre de domestication. ; (4) Etats Unis : Troisième centre de domestication.

II-1-2- Classification botanique (systématique) de la tomate

Les tomates sont classées selon plusieurs conditions, notamment la forme, la taille, le nombre moyen de cellules, la nature génétique, ainsi que la capacité à résister aux maladies (Kolev, 1976). C’est une espèce de plante herbacée de la famille des Solanacées. Selon, la tomate a pour systématique la suivante :

Tableaux 03: Classification de la tomate.

Règne	Plantae
Sous règne	Trachenobionta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous classe	Asteridae
Ordre	Sonales
Famille	Solanaceae
Genre	<i>Solanum</i>
Espèce	<i>Solanum lycopersicum</i>

II-1-3- Description botanique de la tomate

La tomate fait partie des plantes herbacées de la famille des Solanacées. Cette famille comprend d'autres espèces comme les poivrons, les pommes de terre. La tomate est considérée comme une plante annuelle d'une hauteur d'environ deux mètres (Chaux et Foury, 1994).

A- grains

Les graines sont nombreuses en forme de poire ou de rein, poilues, beiges, longues de 3 à 5 mm et larges de 2 à 4 mm. L'embryon est enveloppé d'albumine. Mille graines pèsent entre 2,5- 3,5 g.

B- 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.

C- tige

La tige peut atteindre deux mètres de long, pleine, poilue et glanduleux. Sa forme varie entre dressée et prostrée.

D- feuilles

Les feuilles sont en forme de spirale, de 15 à 50 mm de long, de 10 à 30 mm de large et de 3 à 6 mm de long et la tige a un diamètre relativement petit, Les folioles sont ovées à oblongues, couvertes de poils glandulaires. Les grandes folioles sont parfois pennatifides à la base.

E- fleurs

La fleur de la tomate est actinomorphe à symétrie pentamère, et Le calice compte cinq sépales verts. Ce calice est persistant après la fécondation et subsiste au sommet du fruit. La corolle compte cinq pétales jaune vif, soudés à la base, souvent réfléchis en arrière et formant une étoile à cinq pointes. L'androcée compte cinq étamines à déhiscence latérale introrse.

F- fruit

Le fruit de la tomate est une baie charnue, aplatie et sphérique d'un diamètre de 2 à 15 cm, selon le type de plante, allant du vert avant maturité au jaune-rouge et orange après maturité.



Figure 05 : Fruit de La tomate (www.cityviewmag.com)

Jun 2022

II-2- Pathogène

II-2-1- Généralités sur le genre *Fusarium*

L'origine de l'appellation *Fusarium* est liée au mot latin *fuscus*, du fait que les spores des champignons de ce genre sont en forme de fuseau. (Booth, 1984). Ces mycètes ont la capacité de s'adapter à diverses conditions environnementales ; ils sont responsables de nombreuses maladies connues sous le terme de fusarioses, telles que le flétrissement vasculaire ou la pourriture racinaire et du collet (Lepoivre, 2003).

Le genre *Fusarium* est bien connu pour son rôle important en phytopathologie. Ce dernier regroupe un grand nombre d'espèces présentant une spécificité parasitaire pour une large gamme de plantes hôtes (Ozenda, 1990). Ces phytopathogènes peuvent causer des dégâts économiques majeurs, surtout au niveau des grandes cultures et des problèmes de santé public, d'autant plus qu'il existe certaines espèces qui produisent des toxines mortelles pour les humains et les animaux (Booth, 1971).

La répartition du *Fusarium* est cosmopolite, Ce champignon a été isolé dans les sables des déserts et en arctique on le trouve aussi dans les terres cultivées et dans les régions tropicales chaudes. La température idéale de sa croissance est comprise entre 20 et 25°C. *Fusarium*,

II-2-2- Généralités sur l'espèce *Fusarium oxysporum*

Au sein du genre *Fusarium*, l'espèce *Fusarium oxysporum* est la plus répandue dans le monde, elle peut être retrouvée dans la plupart des sols : arctiques (**Kommedahl, et al., 1988**), tropicales, désertiques (**Mandeel et al., 1995**), cultivés ou non (**McMullen et Stack, 1984**). Elle peut également être dispersée par les insectes (**Gillespie et Menzies, 1993**) et récupérée à partir d'algues marines (**Granchinho, et al., 2002**). L'espèce *Fusarium oxysporum* est un champignon filamenteux asexué, elle est classée en fonction des critères phylogénétiques parmi les ascomycètes.

F. oxysporum est un micromycète cosmopolite, pathogène, responsable des dommages causés à plus de 100 cultures à travers le monde économiquement importantes. La diversité génétique au sein de *F. oxysporum* a été largement catégorisée par des regroupements de compatibilité dans les laboratoires du monde entier.

II-2-3-Races de *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici*

Il existe trois races de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* qui se distinguent par leur degré de virulence vis-à-vis des cultivars de tomate contenant un seul gène de résistance (**Abidat & Djabil, 2017**).

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 (**Grattideg et O'Brien, 1982**).

II-2-4- Position taxonomique

La plupart des systèmes taxonomiques proposés ultérieurement ont maintenu *F. oxysporum* comme espèce unique dans la section Elegans. La seule controverse qui subsiste concerne la position taxonomique de *F. redolens*, considérée comme une espèce (**Wolleneber et Reinking, 1935**) ou comme une variété de *F. oxysporum* (**Booth, 1971**).

Le système Saccardo de classification des champignons imparfaits « fungi imperfecti » classe *Fusarium* comme suit :

Tableaux 04: La classification de *Fusarium oxysporum*

Embranchement	thallophyte
Classe	Deutéromycète
Famille	Tuberculariacée
Genre	<i>Fusarium</i>
Espèce	<i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>lycopersici</i> .

II-2-5- Biologie de *F. oxysporum***• Macroscopique**

La différence apparaît à grande échelle dans une colonie sur le milieu de culture PDA. Le mycélium peut être floconneux disséminé dans toute la colonie, sa couleur oscille entre le blanc et le violet. Certains isolats de *F. oxysporum* produisent habituellement une pigmentation violette foncée ou magenta foncée ; il peut muter en forme de mycélium "humide" plat avec une apparence jaune ou orange (Smith, et al., 1988). Le *Fusarium oxysporum* produit trois types de spores asexuées: microconidies, macroconidies et chlamydo-spores.

- **Les microconidies (B) :** Il est des spores petite taille (3-5 x 10-15 µm), ovoïdes ellipsoïdes, unicellulaire ou bicellulaire, Ce sont des têtes pseudo-grumeleuses sur des conidiophores monophialides courts (Agrios, 2005).
- **Les macroconidies (C) :** Sont des spores cloisonnées transversalement, de taille (5-10 x25-35 µm) en forme de fuseau, produites par des conidiophores ou par le mycélium aérien (Agrios, 2005).
- **Les Chlamydo-spores (D):** Sont des spores de résistances, entourées d'une paroi épaisse et parfois ornementée. Elles sont sphériques ou ovoïdes (6 x30 µm), intercalaires ou terminales, isolées ou en groupes.
- **Le mycélium (A):** Si les conditions sont favorables, le thalle produit des conidies (Agrios, 2005). En présence d'une plante hôte, le mycélium envahit les racines suite à la pénétration de l'épiderme (Beckman & Roberts, 1995) et on observe le développement des symptômes de la maladie chez la plante (Stover, 1970). A côté des souches pathogènes, ils existent des isolats non pathogènes qui colonisent les racines des plantes sans induire des symptômes de maladie.

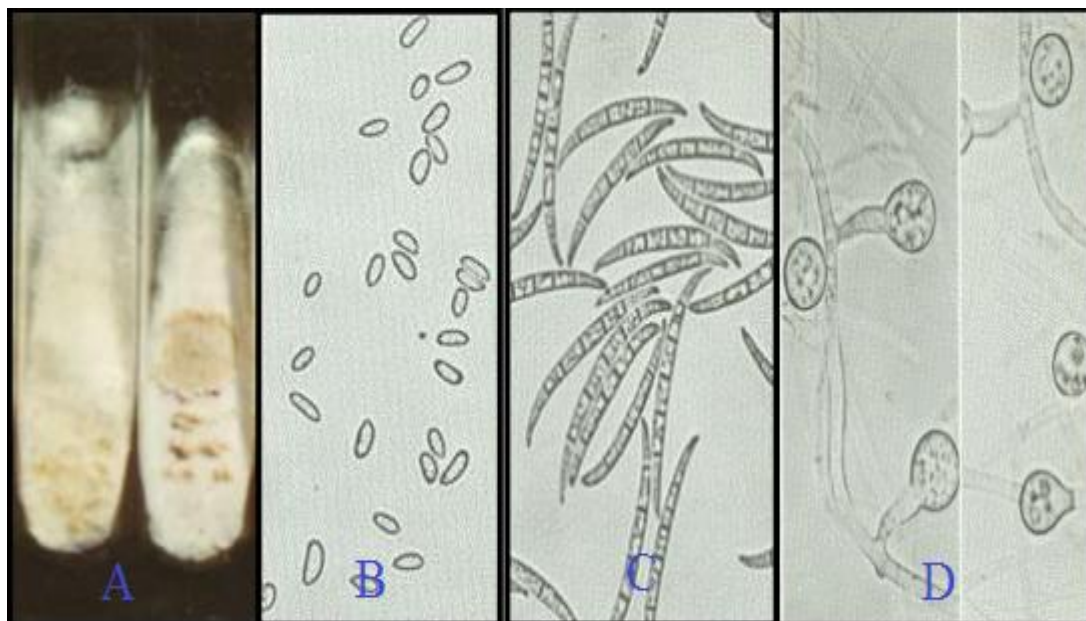


Figure 06 : Identification de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* .

II-2-6-Les maladies causées par *F. oxysporum* (Pathologie)

Parmi les maladies causées par *F. oxysporum* on trouve le flétrissement vasculaire aussi appelé fusariose vasculaire (vascular wilt), la pourriture racinaire et du collet (root rot, crown rot) et la pourriture des semis (damping-off). La dénomination fusariose est utilisée de façon moins spécifique et peut indiquer tout syndrome causé par un *Fusarium*. De ces maladies, le flétrissement vasculaire est la maladie qui provoque les plus grandes pertes et dans un grand nombre de plantes cultivées, telles que des légumes, des fleurs, et des cultures tropicales (Agrios, 2005).

II-2-7-Cycle de vie

Le *F. oxysporum* n'était pas nécessairement un parasite car il pouvait vivre avec des déchets végétaux et des matières organiques dans le sol.

Le *F. oxysporum* représente 80 à 90% de la population fusarienne totale de la rhizosphère, où un gramme de sol contient approximativement 10^5 propagules (Correll *et al.*, 1986). Ce champignon continue d'être au sol principalement à partir de spores (chlamydospores) résistants et en état de dormance (Booth, 1971). Quand il entre en contact avec la plante hôte et les conditions nécessaires à son activité peuvent être fournies, le cycle se déroule comme suit (figure 07) :

- Les chlamydospores grandit et traverse les jeunes filaments pénètrent des racines au niveau des ouvertures naturelles ou des blessures.

- Après avoir pénétré la cellule épidermique, le mycélium se sature et envahit toutes les cellules environnantes.
- Arrivé au niveau du cylindre central, le parasite s'installe dans les vaisseaux du xylème (tissu conducteur) entraînant une coloration brune de la plante, ou il se propagera dans la tige par l'intermédiaire des microconidies qui sont véhiculées par la sève montante.
-

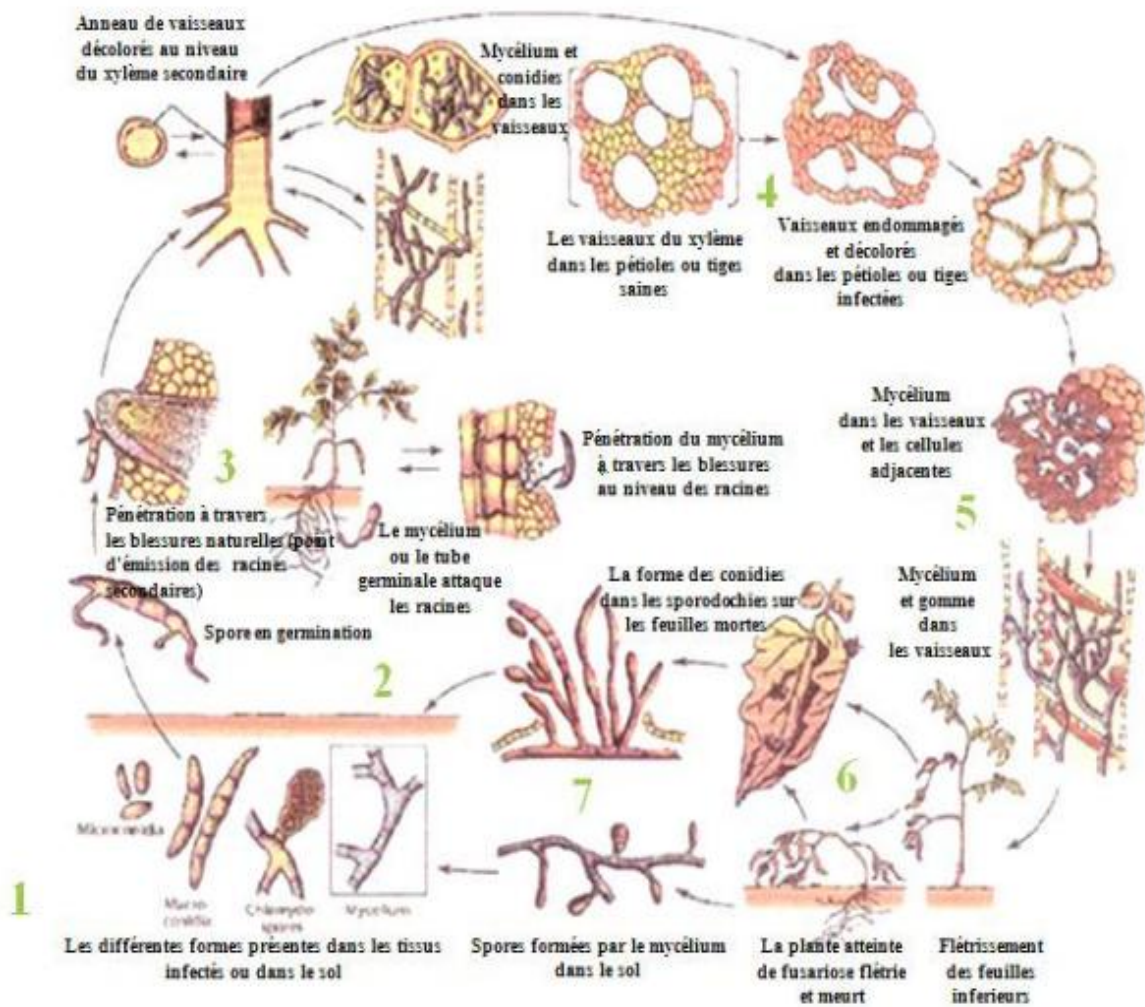


Figure 07 : Cycle générale de la maladie de flétrissement vasculaire causés par *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* chez la tomate (Agrios, 2005).

- 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.

II-2-8-Moyens de lutte

-Lutte culturale

Cela se fait en évitant les conditions appropriées favorisées par la maladie, telles qu'un sol léger et acide, des températures supérieures à 28 degrés et un manque d'azote et de calcium dans le sol, un stress thermique et hydrique (excès d'eau) (**Blancard, 1997**).

-Lutte physique

Consiste à stériliser le sol avant toute transplantation par la chaleur ; la solarisation ou le traitement des racines avec de l'eau chaude entre 48 et 49°C pendant 30 secondes avant de transplanter ou moins de 48 heures après (**Anchisi et al., 1985**), mais généralement, la stérilisation ou la solarisation ne sont pas des solutions efficaces à long terme (**Corbaz, 1990**).

-Lutte génétique

Nous introduisons des gènes de résistance dans la plante pour montrer la résistance de cette dernière contre cette maladie, à la suite de la création d'un groupe de gènes responsables de l'élimination des parasites, mais cette méthode n'est pas appropriée dans le temps car la maladie semble s'adapter à de nouvelles conditions, d'où l'apparition de races plus virulentes et plus résistantes.

-Lutte chimique

La méthode la plus utilisée en raison de sa grande efficacité pour désinfecter le sol des champignons qu'il contient, la plus populaire est le triazole, et ces dérivés qui sont des composés très actifs grâce à leur noyau qui possède une activité pharmacologique, antibactérienne, antifongique et hypoglycémique, Mais présente beaucoup d'effets néfastes sur l'environnement et la santé du consommateur, ce qui a conduit ces dernières années à leur remplacement par l'utilisation de bio-fongicides comme lutte biologique (**Hamoir et al., 2001**).

-Lutte biologique

C'est un ensemble de processus dans lesquels la relation de compétition entre des groupes d'organismes vivants, dont les champignons, est exploitée dans le but de réduire ou de limiter leur propagation, ainsi que l'abondance des agents phytopathogènes sans nécessairement les détruire par la suite (**Alabouvette et al.,1984**).

Les *Pseudomonas* produisent un arsenal antimicrobien, ainsi que des enzymes hydrolytiques, comme protéases, cellulases, chitinase et glucanase. Cette diversité de composés antimicrobiens est considérée comme faisant partie d'une stratégie indirecte de promouvoir la croissance des plantes, ainsi que la capacité à induire une résistance systémique dans les plantes.

Chapitre III

Matériels et Méthodes

III-1- Matériel végétal

III-1-1- les graines de fenugrec

Le matériel biologique faisant l'objet de cette expérimentation, correspond aux graines de *Trigonella foenum-graecum* (**figure 09**). Ces graines sont de la récolte de l'an 2022 dans la région de Biskra.

Tableau 05 : Matériel biologique

Nom commun	Nom scientifique	Partie de la plante utilisée	Lieu et date de récolte
El Helba (الحلبة Arabe)	<i>Trigonella foenum-graecum</i>	Les graines	Biskra Février 2022



Figure08 : Les graines sont à l'état humide

III-1-2- Préparation :

III-1-2-1- Séchage et Broyage

Après avoir obtenu les graines de fenugrec, elles sont lavées à l'eau du robinet, séchées au laboratoire à la température ambiante (25°C- 27°C) à l'abri du soleil puis étalées sur un papier journal pendant une semaine.

Après séchage, les graines ont été broyées dans un mortier d'un à l'aide et pilon jusqu'à l'obtention d'un broyat grossier de graines.



Figure 09 : Graines de fenugrec dans un mortier

III-1-2-2 Préparation des extraits

L'huile contenue dans les graines de *Trigonella foenum-graecum* est extrait par la méthode d'extraction directe au Soxhlet avec le méthanol comme solvant. Une petite quantité du broyat précédent est prise puis broyée finement à l'aide d'un broyeur (Moulinex) jusqu'à obtention d'une fine poudre. On pèse une cartouche vide puis on y introduit 20 g de la fine poudre. La cartouche est installée dans le soxhlet et l'ensemble est adapté à un ballon préalablement séché et pesé. 400 ml de méthanol sont introduits dans le ballon et le chauffage est réglé de façon à avoir un siphonnage toutes les 5 min. La circulation d'eau dans la colonne réfrigérante est mise en marche, ce qui permet le retour du méthanol évaporé dans le soxhlet. L'extraction se fait pendant 2 heures (au moins 5 cycles sont nécessaires pour un épuisement total des graines). La distillation pour séparer l'huile du solvant se fait à l'aide de l'évaporateur rotatif. Le ballon contenant l'huile est mis à l'étuve pendant 48 heures, on fait ensuite la pesée.

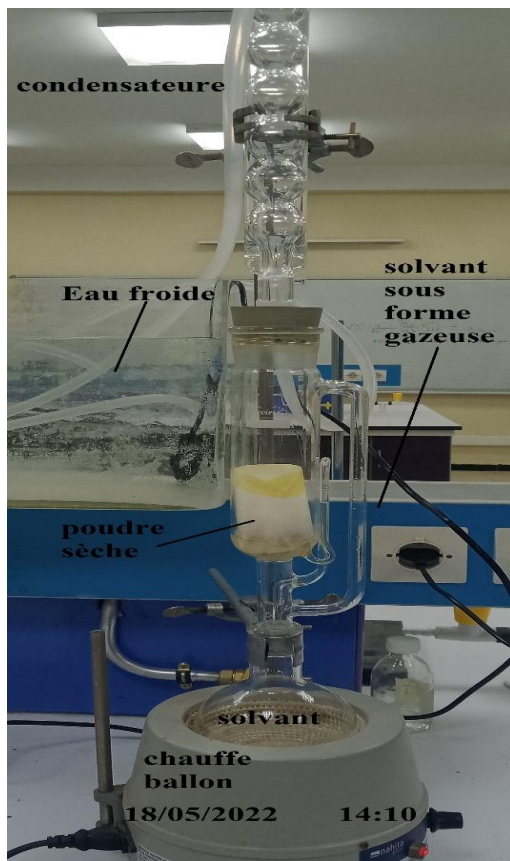


Figure 10 : Méthode d'extraction

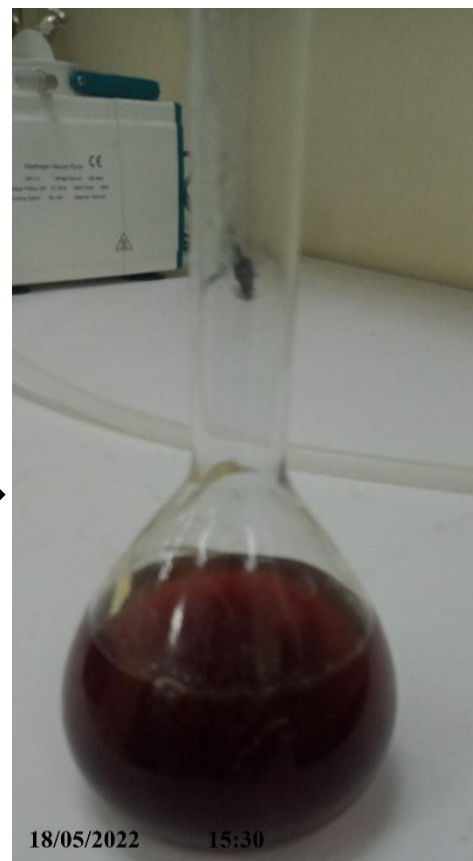


Figure 11 : Méthanol et l'extraits



Figure 12 : l'évaporateur rotatif.

III-1-2-3-Rendement de l'extrait sec

Selon Harboune (1998).

$$R \% = (P_{EB} / P_{MV}) \times 100$$

R% : Rendement en pourcentage.

P_{EB} : Poids de l'extrait brut Méthanolique (g).

P_{MV} : Poids de matière végétale (g).



Figure 13 : la solution mère

III-2- Matériel fongique

III-2-1- L'agent pathogène

La souche fongique de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* race 1 (notée F.o.1) nous a été donnée gracieusement par le laboratoire de mycologie de la station régionale de la protection des végétaux (SRPV) de Ghardaïa.

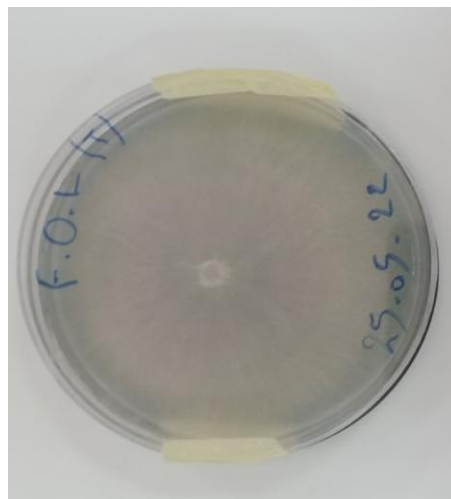


Figure 14 : Observation macroscopique de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*

III-3- Activité antifongique

Pour évaluer l'activité antifongique de l'extrait obtenu, envers la souche pathogène du F.o.1, on a adopté la méthode du contact direct.

III-3-1- Préparation des différentes concentrations (dilution plates) de l'extrait

Cette technique consiste à placer une quantité de la solution mère dans une quantité d'eau stérile, puis à incorporer les différentes dilutions préparées de cette suspension dans le milieu d'isolement. Ce processus passe par plusieurs étapes, de la préparation des dilutions à l'interprétation des résultats (Rapilly, 1968).

La solution mère est mise en suspension dans de l'eau distillée stérile (1 ml de S.M dans 9 ml d'eau distillée stérile) pour obtenir une dilution de 10^{-1} . Après agitation, des prélèvements successifs de 1ml de cette suspension sont introduits dans des tubes contenant 9 ml d'eau distillée stérile (dilutions décimales) jusqu'à l'obtention de la concentration de 10^{-4} .

Remarque : Quatre répétitions ont été effectuée à partir d'un échantillon de la solution mère.

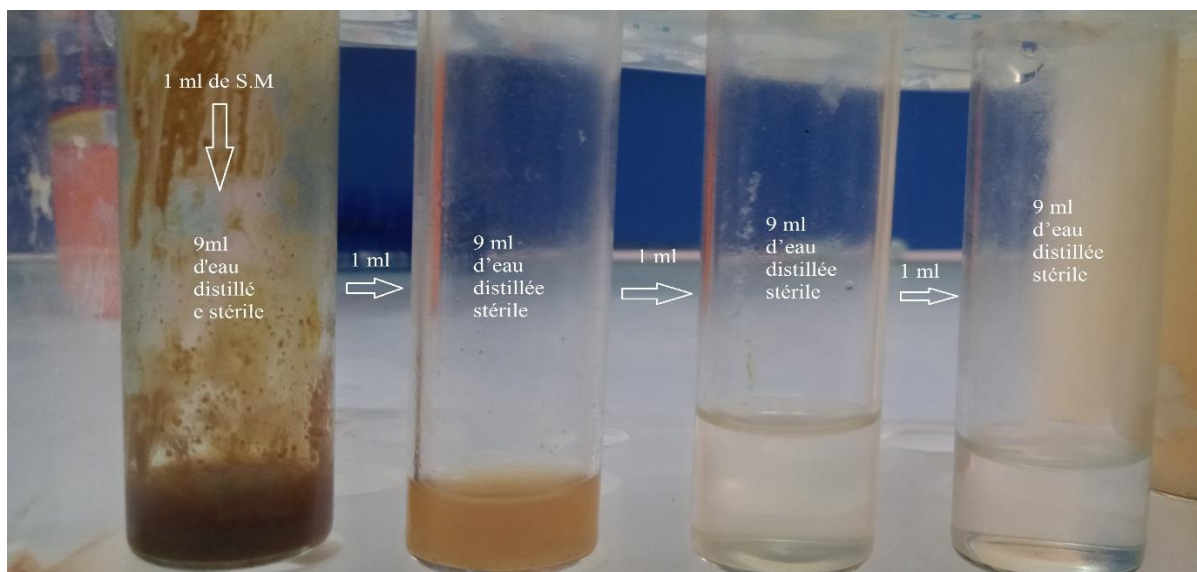


Figure 15: Etapes de la technique de la suspension-dilution.

III-3-2- Milieux de culture

Pour préparer un milieu PDA (Potato Dextrose Agar) il faut :

- Pommes de terre 200 g
- Glucose 20 g

- Agar-Agar 20 g
- Eau distillée 1200 ml

III-3-3- Essai d'activité antifongique

La méthode utilisée pour évaluer l'activité antifongique des extraits, est la méthode de contact directe, l'extrait à tester est incorporé dans le milieu gélosé et puis on agite pendant quelque minute pour homogénéiser le milieu de culture avec l'extrait. Après solidification du mélange (milieu de culture et l'extrait), des disques de 0.5 cm de champignons testés ont été déposés au centre des boîtes de Petri. Ces boîtes ont été incubées à une température de 25 °C. La croissance radiale du mycète après un temps approprié, selon les caractéristiques de croissance du champignon, est alors mesurée et comparée aux témoins (Wilkinson, 2006).

Pour chaque concentration utilisée (10^{-1} ; 10^{-2} ; 10^{-3} ; 10^{-4}) on a utilisé 4 doses différentes (0.25ml ; 0.5 ml ; 0.75 ml ; 1ml) avec trois répétitions.

III-3-3-1-Détermination de l'indice antifongique

Selon Mohammedi et Atik (2013), le pourcentage d'inhibition de croissance I (%) est exprimé par la réduction du diamètre de la colonie fongique par rapport au témoin pour chaque extrait, selon la formule suivante :

$$I (\%) = [1 - (D_{\text{test}} / D_{\text{témoin}})] \times 100$$

I (%) : Pourcentage d'inhibition de croissance

D témoin : Diamètre de colonie témoin (en mm)

D test : Diamètre de la colonie testée (en mm)

III-3-3-2- Détermination de la vitesse de croissance mycélienne (VC)

La vitesse de croissance mycélienne de chaque colonie est évaluée par la formule :

$$VC = [D_1/Te_1] + [(D_2-D_1)/Te_2] + [(D_3-D_2)/Te_3] + \dots + [(D_n-D_{n-1})/Te_n]$$

VC: Vitesse de croissance mycélienne

Te: Temps d'incubation

D: Diamètre de la zone de croissance de chaque jour. (Mohammedi et Atik, 2013)

Chapitre IV

Résultats et Discussion

Résultats

1-Rendement d'extrait sec

La préparation de l'extrait brut Méthanolique a donné un rendement de 2.5 g, ce qui correspond à un pourcentage de 12.5% pour *Trigonella foenum-graecum* L.

Le résultat d'extrait brut sec obtenu est représenté par le graphe suivant (fig. 16, Annexe 1-Tab 07).

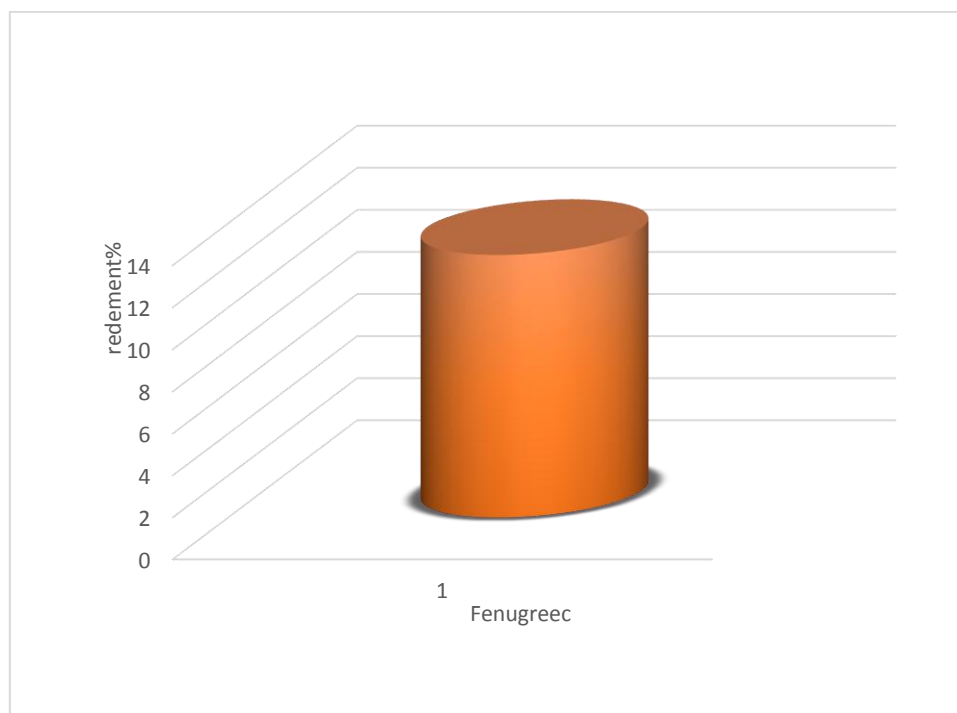


Figure16 : Rendement d'extraction des graines de fenugrec

2- Aspect des extraits obtenus

Les propriétés des extraits de la plante de *Trigonella foenum-graecum* L. sont traduites dans le tableau suivant :

Tableau 06 : Les propriétés des extrait

Type d'extrait	Texture	Couleur
Extrait sec	Substance colloïde	Noir
l'Extrait diluée	Substance colloïde	Marron claire

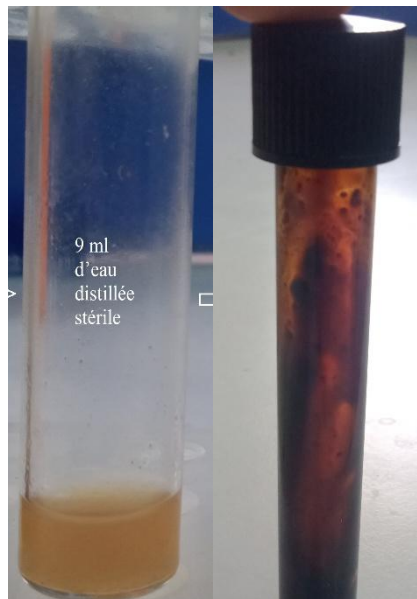


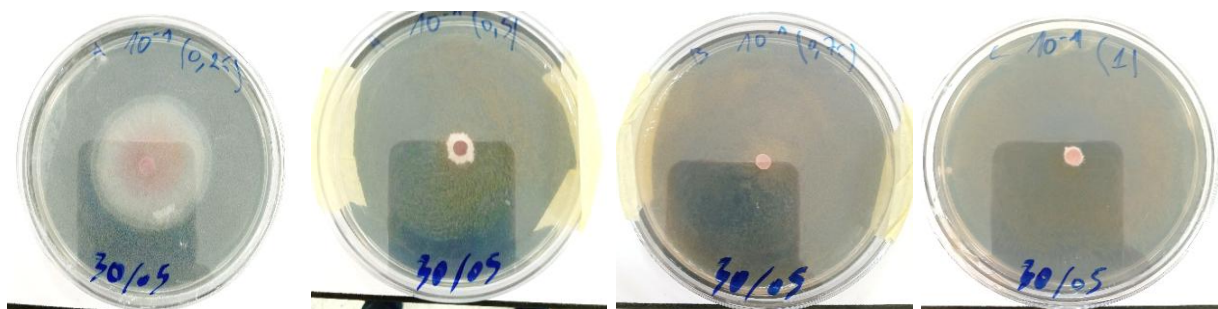
Figure17 : Extraits sec et dilué.

3- Résultats des tests antifongiques

3-1-Evaluation de la croissance mycélienne

Les images suivantes montrent les résultats obtenus après l'application des différentes concentrations et doses des extraits de *Trigonella foenum-graecum* L après une incubation de 6 jours à 25 °C (figure 18) :

Concentration 10^{-1} :



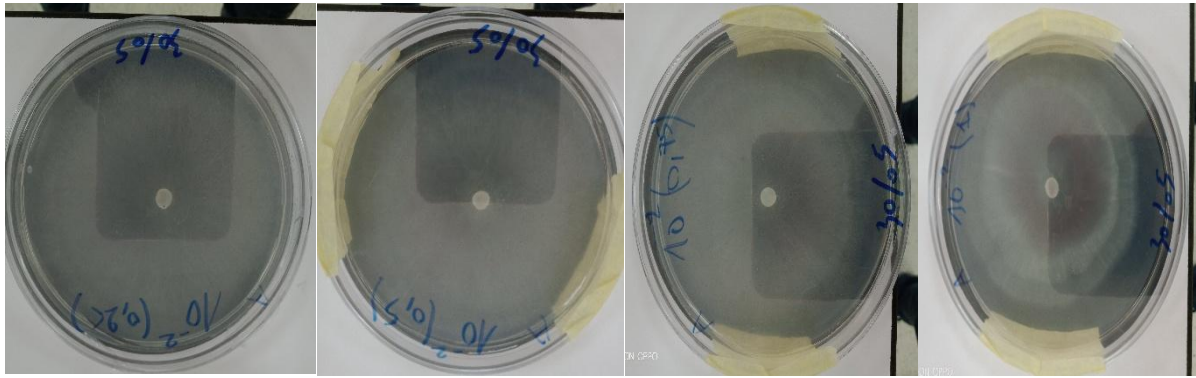
0.25 ml

0.5 ml

0.75 ml

1 ml

Concentration 10^{-2} :



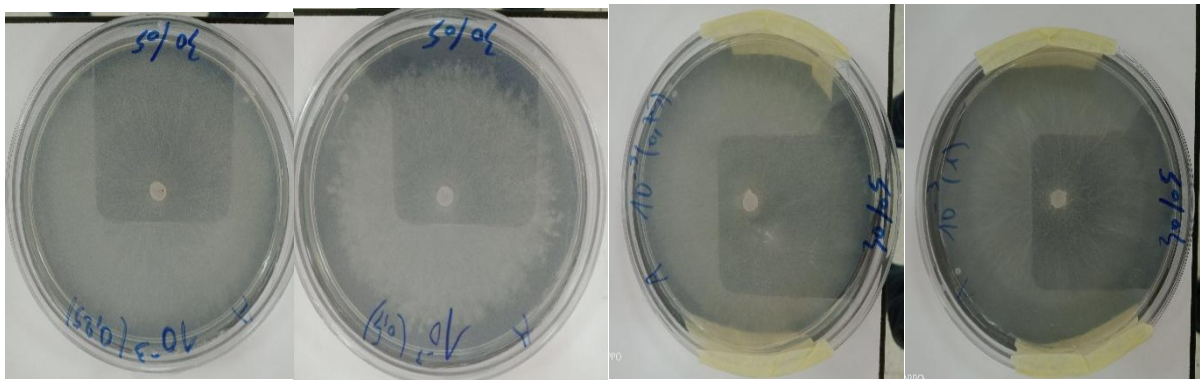
0.25 ml

0.5 ml

0.75ml

1ml

Concentration 10^{-3} :



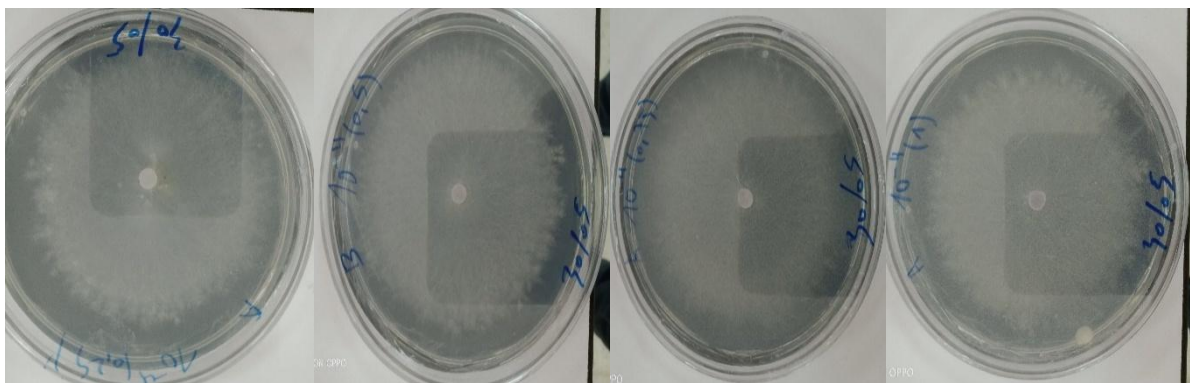
0.25 ml

0.5 ml

0.75 ml

1ml

Concentration 10^{-4} :



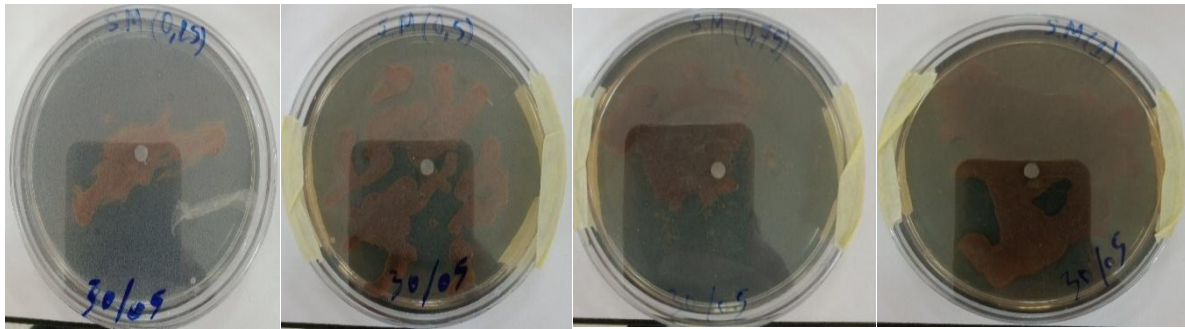
0.25 ml

0.5 ml

0.75 ml

1 ml

La solution mère :



0.25 ml

0.5 ml

0.75 ml

1 ml

4- Témoin :

La souche de *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*, utilisée dans cette partie de notre expérimentation comme témoin, commence à se développer naturellement jusqu'à ce que son diamètre atteigne 8 cm et couvre toute la surface de la boîte au sixième jour:

Tableau 07 : Evaluation de la croissance mycélienne pendant 6 jours.

Jour	01	02	03	04	05	06
Croissance mycélienne (mm)	5	8	43	51	60	72

4-1- Extrait Méthanolique

Concentration 10^{-1} :

Les résultats de lecture pour la concentration 10^{-1} sont représentés par la figure ci- dessous :

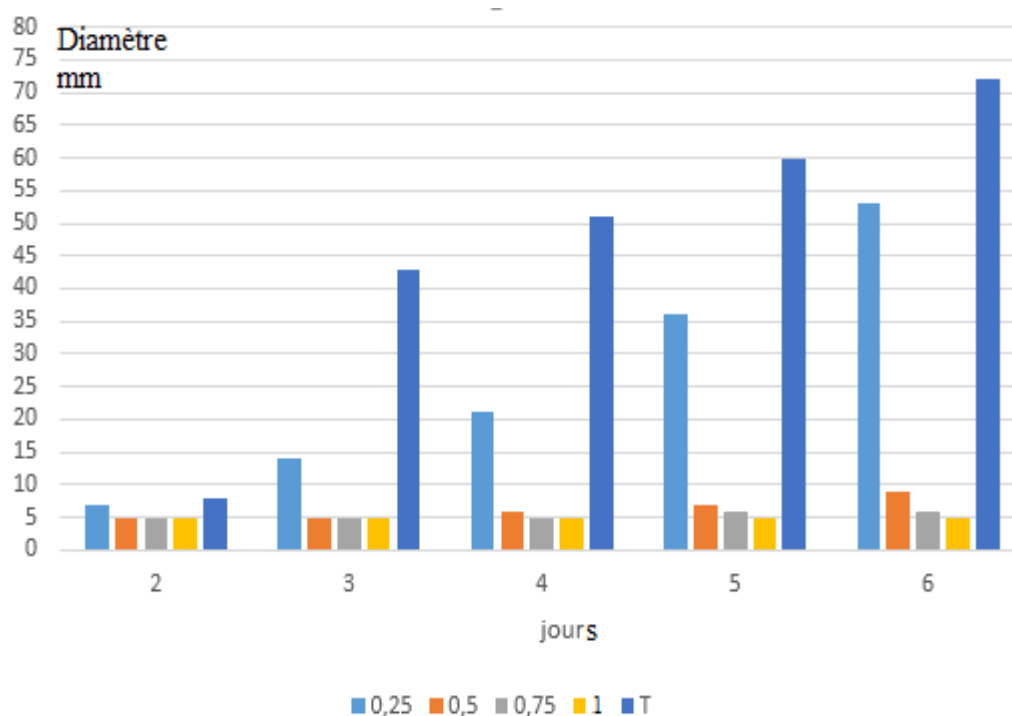


Figure 19 : L'effet de l'extrait *Trigonella foenum-graecum* L sur F.o.l (concentration 10^{-1}).

L'examen des résultats présentés par le figure 22, montre qu'il y a une très nette différence entre la croissance des isolats de la souche de *F.o.f.sp. lycopersici* témoin et celle de ceux qui croissent en présence de l'extrait de *Trigonella foenum-graecum* L. On note également une différence dans l'effet de la dose utilisée sur le développement des isolats. Il est clair qu'il existe un effet d'inhibition croissant de 1 ml à 0,25 ml.

A une dose de 1 ml, nous n'avons pas constaté une augmentation de croissance mycélienne, alors qu'elle marquait un très faible pourcentage avec les doses de 0,5 ml et 0,75 ml (presque nulle).

Concentration 10^{-2} :

Les résultats de la lecture pour la concentration 10^{-3} sont représentés par la figure ci- dessous :

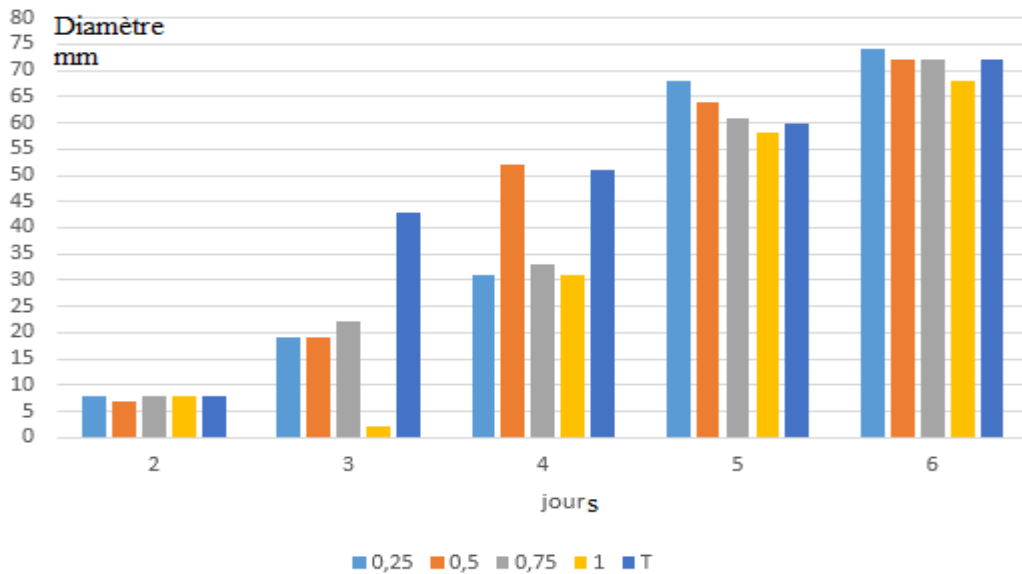


Figure 20 : L'effet de l'extrait *Trigonella foenum-graecum* L sur F.o.1 (concentration 10⁻³).

Pour une concentration de 10⁻², on ne note aucune différence dans le développement des isolats et celui de l'isolat témoin de *Fusarium* en présence de l'extraits de *Trigonella foenum-graecum* L. Cependant, on note dans ce cas également une différence de l'effet de dose ; il s'agit d'un effet qui augmente proportionnellement avec celle-ci ; il est plus perceptible entre le troisième et le quatrième jour.

Concentration 10⁻³ :

Les résultats de lecture pour la concentration 10⁻³ sont représentés par la figure ci- dessous :

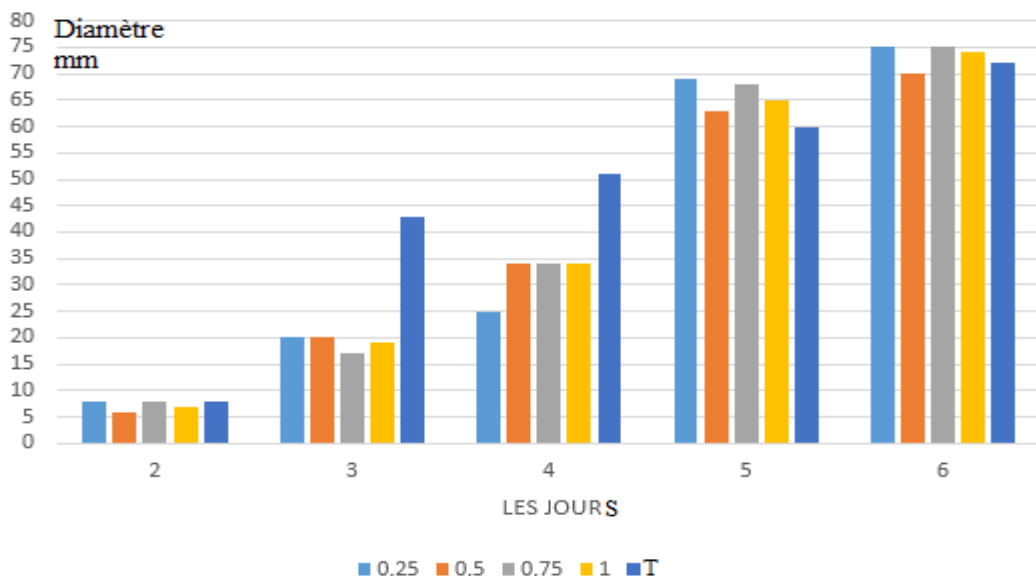


Figure 21 : L'effet de l'extrait *Trigonella foenum-graecum* L sur F.o.1 (concentration 10⁻³).

La croissance fongique est presque similaire entre le contrôle et les différents isolats pour toutes les doses employées pour cette concentration de l'extrait. On souligne même qu'à partir de la dose 0.5 ml, cette croissance dépasse celle du témoin.

Concentration 10^{-4} :

Les résultats de lecture pour la concentration 10^{-4} sont représentés dans le figure ci-dessous :

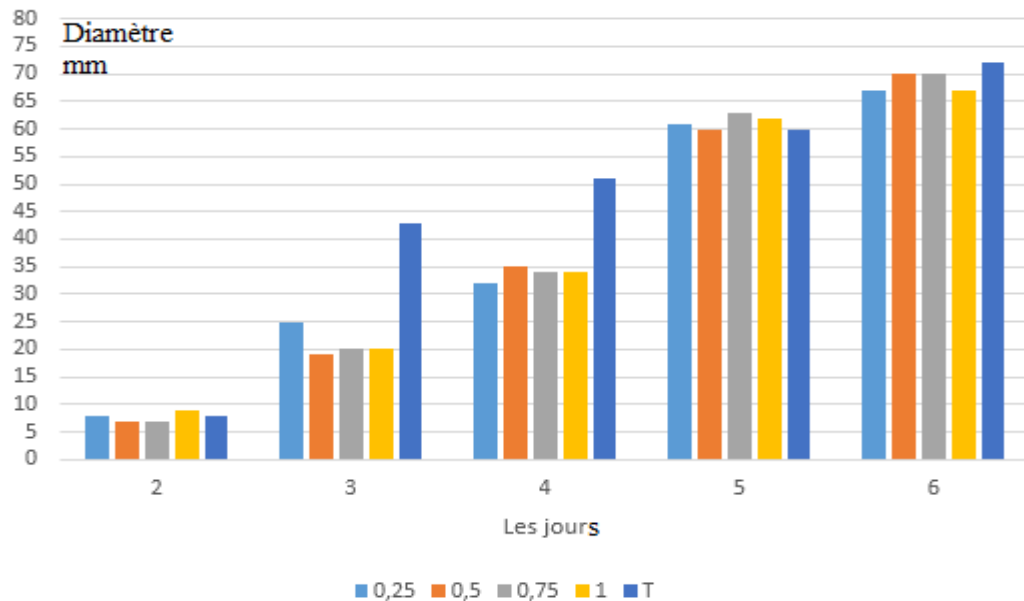


Figure 22 : L'effet de l'extrait *Trigonella foenum-graecum* L sur f.o.l (concentration 10^{-4}).

Les remarques faites pour la dilution précédente (10^{-3}) restent valables pour cette dilution également.

5- Taux d'inhibition

Les taux d'inhibition de l'extraits ont été calculés par l'application de la formule de l'indice antifongique. Les résultats sont consignés dans la figure 26 ci-dessous et valeurs portées dans le tableaux 9 en annexe.

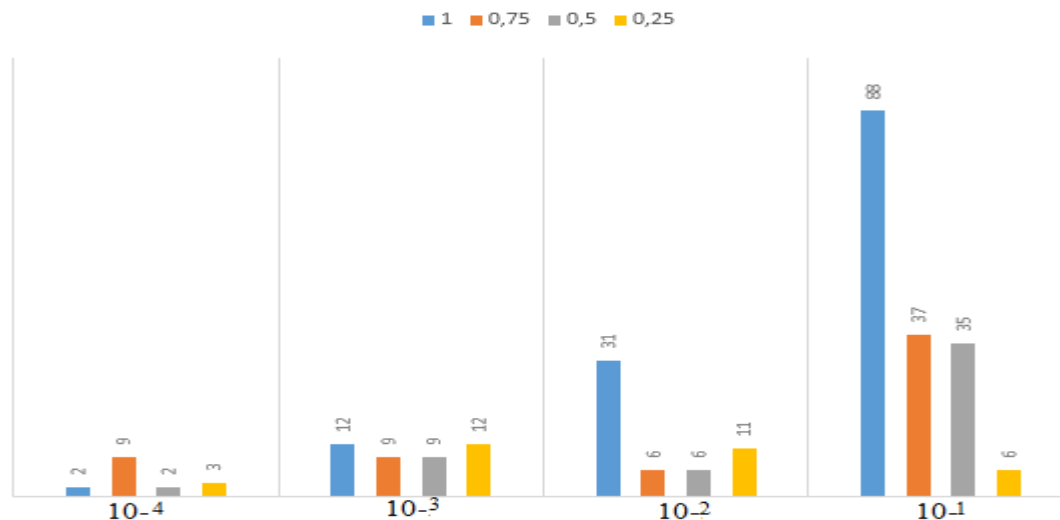


Figure 23 : Taux d'inhibition de l'extrait de *Trigonella foenum-graecum*

Le taux d'inhibition est important avec la concentration de 10^{-1} pour toutes les doses employées. Les résultats sont plus explicites avec la dose de 1 ml. Le taux d'inhibition augmente progressivement jusqu'à atteindre son maximum avec la dilution de 10^{-4} .

Avec les autres doses on note une certaine fluctuation qui serait due à la tentative de la souche fongique de s'adapter avec les composants de son milieu.

6- Vitesse de la croissance mycélienne :

Selon les résultats portés dans le tableau 9 en annexe et représentés dans la figure 27 on note une vitesse maximale de croissance mycélienne (21.9 mm/j) avec les concentration 10^{-2} et 10^{-3} . Puis, on remarque une déstabilisation de la vitesse avec la concentration 10^{-1} après avoir augmenté la dose (0.5ml).

Avec les autres concentrations, la différence n'était pas significative, Il n'y a pas de développement dans les autres concentrations.

Après augmentation de la dose, la vitesse est nulle avec la concentration 10^{-1} , cependant, elle diminue avec les autres concentrations ($10^{-3} > 10^{-2} > 10^{-4}$).

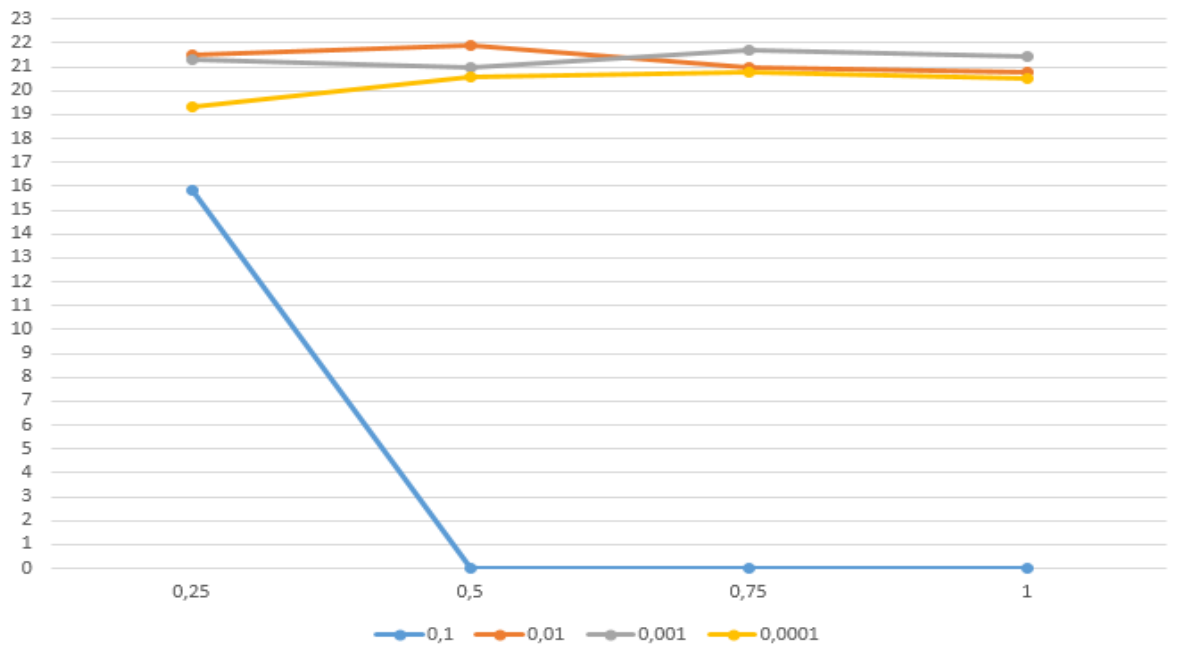


Figure 24 : La vitesse de croissance mycélienne du F.o.l sous l'effet de l'extrait.

Discussion

La technique de contact direct consiste à mettre ensemble sur un milieu de culture une substance extraite d'une partie d'un végétal donné avec un microorganisme, puis à suivre l'évolution de la croissance de ce microorganisme au fil des jours.

Les résultats obtenus dans notre étude ont montré que l'extrait de l'espèce végétale étudiée, *Trigonella foenum-graecum*, a exercé une activité inhibitrice notable, vis-à-vis de la souche fongique testée de *F. oxysporum*.

Le diamètre et l'indice antifongique de la croissance de mycélium tendent à progresser alors que les vitesses tendent à diminuer, avec l'augmentation de la concentration et la dose de l'extrait.

Le troisième jour, le diamètre de la souche fongique atteint environ 5 mm à la concentration 10^{-1} et moins qu'aux autres concentrations (10^{-2} et 10^{-3}), alors qu'à la concentration 10^{-4} la croissance est relativement importante. L'effet de chaque concentration est lié à la dose de l'extrait.

Après le quatrième jour un déséquilibre relatif est enregistré qui pose une question qui pourra faire l'objet de recherches dans les années à venir, qui est la vitesse rapide de la maladie au sein des cercles qui contiennent de la concentration 10^{-4} être moindre que les cercles avec

concentration 10^{-3} de l'extrait de fenugrec et cela peut être dû à l'adaptation du champignon aux conditions environnantes.

Une dose très active présentée par : la concentration 10^{-1} de l'extrait, possède un taux d'inhibition est égale : 88% ,31%, (1 ml ,0.75 ml) donc l'espèce fongique est très sensible.

Une dose active présentée par : la concentration 10^{-2} , 10^{-3} de l'extrait, possède un taux d'inhibition est égale : 37% ,6 % ;35% ,6% (1ml,0.75ml) donc l'espèce fongique est sensible.

Une dose moyennement active : la concentration 10^{-4} de l'extrait, possède un taux d'inhibition est égale : 6% ,11% (1ml ,0.75 ml) dans cette situation l'espèce fongique dite limitée.

L'extrait de *Trigonella foenum-graecum* avec différentes concentrations et dose montre une activité antifongique contre les champignons, *Fusarium oxysporum* *Fusarium solani* et *Rizoctonia solani* avec une capacité d'inhibition de 88% pour *Fusarium oxysporum* (**Hadizadeh et al., 2009**).

Conclusion

Conclusion :

Parmi les contraintes qui pèsent sur l'agriculture, les maladies provoquées par les bactéries, les champignons et les virus, regroupés sous le terme de phytopathogènes rendent nécessaire le développement des méthodes de lutte propres et efficace, à fin de limiter les dégâts et donc les pertes qui ils occasionnent sans pour autant nuire à l'environnement.

Le présent travail est axé sur la recherche de substances biologiques de l'extrait de la plante médicinale *Trigonella foenum-graecum* L. ; et l'évaluation de leurs activités antifongique à fin d'être utilisées pour la protection des plantes.

A l'issu de notre expérimentation, les conclusions suivantes peuvent être mentionnées :

- L'extrait de *Trigonella foenum-graecum* inhibe la croissance de la souche de *F.o. f.sp. lycopersici* race 1 testée.
- L'activité antifongique de l'extrait s'est avérée, un agent antifongique très efficace
- L'efficacité des extraits augmente avec l'augmentation de leur concentration et de leur dose.
- L'effet discriminatoire des paramètres pris en considération dans dans notre étude pour l'évaluation de cet effet inhibiteur, diamètres des colonies, l'indice antifongique et la vitesse de croissance de mycélium, s'est avéré variable.

Cette étude permet, encore une fois la mise en valeur de l'exploitation des extraits des végétaux dans les domaines thérapeutiques et antifongiques et aussi l'exploitation de ces extraits dans les domaines agronomiques comme bio fongicides.

En perspective, il serait intéressant de:

- Tester des biofongicides à partir de plantes auxiliaires, ce qui peut être très utile car le but est au final c'est la préservation des écosystèmes.
- Choisir des doses plus précises pour éviter l'acclimatation des champignons.

Références bibliographiques

Références bibliographique

- ABIDAT, K., & DJABIL, A. (2017). *L'effet de trichoderma sp et acide salicylique sur la réduction e l'incidence de la maladie et l'efficacité sur la croissance de la variété de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.) contaminée par Fusarium oxysporum f. sp .lycopersici et Botrytis cinerea*. Université Larbi Ben M'hidi Oum El Bouaghi.
- Agrios, G. (2005). *Plant Pathology. 5th ed. Elsevier Academic Press, USA UK*.
- Alabouvette, C., Couteaudier , Y., & Louvet, J. (1984). Recherches sur la résistance des sols aux maladies. X-Comparaison de la mycoflore colonisant les racines de melons cultivés dans un sol résistant ou dans un sol sensible aux fusarioses vasculaires.
- Alexander L.J, & Tucker C.M. (1945). *Physiologic specialization in the tomato wilts fungus Fusarium oxysporum f. Sp. Lycopersici. J. Agric. Res. 70,303-313*.
- Anchisi, M., Gennari, M., & Matta, A. (1985). Retardation of Fusarium wilt symptoms in tomato by pre- and post-inoculation treatments on the roots and aerial parts of the host in hot water. *Physiological Plant Pathology. 26: 175-183*.
- BAKLI , S. (2021). *Activité antimicrobienne, antioxydante et anticoccidienne des extraits phénoliques de uelques plantes médicinales locales*.
- BATTA, H., & BOUZIDI, N. (2017). *Contribution à l'étude de protéines de fenugrec trigonella foenum gracume L.(Fabacées) et évaluation de leur fonctionnalité alimentaire*. Doctoral dissertation, Université Mohamed Boudiaf, M'sila.
- Beckman, C., & Roberts, E. (1995). *On the nature genetic basis for resistance tolerance of fungal wilt diseases. Advances in Botanical Research, 21: 35-77*.
- Benkemouche, S., & Ghazi, Z. (2013). *Effet de certains fongicides de synthese sur la croissance mycelienne de fusarium oxysporum Pathogene de la tomate*. Mémoire master, Université 8 mai 1945 - GUELMA.
- Benhamou N., Garand C., Goulet A., 2012. Ability of nonpathogenic Fusarium oxysporum strain Fo47 to induce resistance against Pythium ultimum infection in cucumber. *Applied environ. Microbiol*.
- Bensaid,A., 2011.Effet de quelques extraits végétaux sur une population de ecologie des communautés biologiques.Alger :ENSA.El Harrach ,p : 71.
- Blancard, D. (1997). Les maladies de la tomate : Observer, identifier, lutter. Edition INRA, station de phytopathologie végétale, Monfavet.170-179.
- Blancard D. et al., 2009- Les maladies de la tomate, identifier, connaître, maîtriser. Ed. Quae, Paris, 576p
- 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 : .
- Booth, C. (1971). *The Genus fusarium, p. 237*. Kew , Surrey , England: Commonwealth mycological Institute .

BOUARABA , I., & HAMAIMI , E. (2018). *ÉVALUATION DE L'EFFET INSECTICIDE et FONGICIDE DES BIOPRODUITS SUR LES BIOAGRESSEURS DES CULTURES MARAICHÈRES* . UNIVERSITE DR. YAHIA FARES DE MEDEA.

Boucherit, Z., & Sebti, M. E. (2021). *L'effet des extraits végétaux de Mentha rotundifolia L. sur la croissance de fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*. thèse magistère, Université-Jijel.

Brown A., Masson B., Yezzi Q. 2010. Brown, Urban, Van de Meene Aml, hammondKosack, 2010: The infection biology of Fusarium Defining the pathways of spikelet to spikelet colonization in wheat spikes. Fungal biology ,114, 555-571.

BILLAUD.C ;ADRIAN,J. (2001). Le fenugrec : composition, valeur nutritionnelle. *SCIENCES DES ALIMENTS*, 3-26.

Chaux et Foury. (1994). Les productions légumières: Légumineuses potagères Légumes fruits. édition lavoisier. Paris.

Corbaz, R. (1990). Principe de phytopathologie et de lutte contre les maladies des plantes. édition Presse polytechnique et universitaire romande, p.286.

CORRELL, J., PUHALLA, J., & SCHNEIDER, R. (1986). *Identification of Fusarium oxysporum f.sp. apii on the basis of colony size, virulence and vegetative compatibility* *Phytopathology* 76.400p.

DERFALOU, GHADRI, & Assia, H. S. (2017). *tudes des plantes phytothérapeutique des nomades en Algérie Steppique «M'sila, Djelfa»*. Doctoral dissertation, Université de m'sila.

Gillespie, D., & Menzies, J. (1993). Fungus gnats vector Fusarium oxysporum f. sp. radialis-lycopersici. *Ann. Appl. Bio.* 123: 539-544.

Granchinho, S. C. R, Franz, C., Polishchuk, E., Cullen, W., & Reimer, K. (2002). transformation of arsenic (V) by the fungus Fusarium oxysporum f.sp. melonis isolated from the alga Fucus gardneri. *Appl. Organomet. Chem.* 16: 721-726.

Grattideg, R., & O'Brien, R. (1982). *Occurrence of a third race of Fusarium Wilt. of tomatoes in Queensland. Plant Dis.* 66:165-166.

Guidoum, H. (2019). *Bioécologie de la mineuse de la tomate Tuta absoluta (Meyrick, 1917) (Lepidoptera : Gelechiidae) Dans la région de Biskra*. Mémoire master, Université mohamed Khider de Biskra.

Hadj Benrezig, M. (2016). *L'effet bio-insecticide de l'extrait méthanoïque du Ricinus communis L. Sur les larves de Tuta absoluta*. émoire de master, Université abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem .

Hamoir, J., Goret, M., Mignon, B., & Gustin , P. (2001). Actualité sur les antifongiques enregistrés en Belgique dans le cadre du traitement des dermatophytoses.

Henni, J. (1998). *Morphologie, pouvoir pathogène et diversité génétique chez Fusarium*. Université d'Oran. 171p: Thèse de Doctorat.

Hostettmann, 1997. Valorisation des extraits des plantes aromatiques et médicinales de mentha rotundifolia et thymus vulgarise », (Mémoire de magistère).154p.

- Kolev, N. (1976). Les cultures maraichères en Algérie .Tome I .Légumes fruits .Ed. ministre de l'Agriculture et des Reformes Agricoles. 52p.
- Kommedahl, T., Abbas, H.K, Burnes, P.M, Mirocha, & C.J. (1988). Prevalence and toxigenicity of *Fusarium* spp. from soils of Norway near the Arctic Circle. *mycologia* 80(6) : 790-794.
- LAOUZ, H., & FETTAH, A. (2019). *Etude phytochimique comparative des différents extraits de Zygophyllum album L de la région d'Ouargla et la région El Oued.* thèse magistère, Université Mohamed Khider, Biskra.
- Lepoivre, P. (2003). *Phytopathologie: bases moléculaires de biologiques des pathosystèmes et fondement des stratégies de lutte.* De Boeck & Presses Agronomiques de Gembloux (eds.), Brussels. Belgium.
- Louaer, N., Aggoun, Y., & Ayat, A. (2020). *Contribution à l'étude de l'effet hémolytique des extraits hydro-alcoolique du Marrubium Vulgare-L, Trigonella Foenumgraecum et Globularia Alypum.* Mémoire Master, Université L'Arbi Ben Mhidi Oum El bouaghi.
- Mandeeel, Q., Abbas, J., & Saeed, A. (1995). Survey of *Fusarium* species in an arid environment of Bahrain: II. Spectrum of species on five isolation media. *Sydowia* 47 : 223-239.
- McMullen, M., & Stack, R. (1984). The effects of surface mining and reclamation on *Fusarium* populations of grassland soils. *Reclamation and Revegetation Research* 2: 253-266.
- Ozenda, P. (1990). Les organismes végétaux, tome I : Végétaux inférieurs, Masson, p.220.
- Rahmani, M., Toumi-Benali, F., Hamel, L., & Dif, M. M. (2015). Aperçu ethnobotanique et phytopharmacologique sur *Trigonella foenum-graecum* L. *Phytothérapie*, 1-3
- Smith, I., D.H, Phillips , D., Lelliott, R., Archer, S., & eds. (1988). *European handbook of plant diseases.* Blackwell Scientific Publications: Oxford, 583.
- Stover, R. (1970). *Banana root diseases caused by Fusarium oxysporum f. sp. cubense, pseudomonas solanacearum, Radopholus similis: A comparative study of life cycles in relation to control.* In *Root diseases soil-borne pathogens.*
- Wolleneber, H., & Reinking, O. (1935). *Die Fusarium, ihre Beschreibung ,Schadwirkung und Bekämpfung.* Berlin: Paul Parey.

www.norseco.com

www.bio-enligne.com

www.techno-science.net

www.cityviewmag.com

Annexe

Tableau 08: Résultat de rendements d'extraits secs de *Trigonella foenum-graecum*.

Espèce étudiée	Poids de résidu sec (g)	Rendement (%)
<i>Trigonella foenum-graecum</i> .	2.5 g	12.5 %

Tableau 09: Taux inhibition

	0,001	0,001	0,01	0,1
0,25	31	2	12	88
0,5	6	9	9	37
0,75	6	2	9	35
1	11	3	12	6

Tableau 10 : La vitesse de croissance mycélienne avec l'extrait

	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}
0.25 ml	15.8	21.5	21.3	19.35
0.5 ml	0	21.9	21	20.6
0.75 ml	0	21	21.7	21.7
1 ml	0	20.8	21.4	21.4

Tableau 11 : Statistiques descriptives (Données quantitatives)

Variable	Observations	Obs. avec données manquantes	Obs. sans données manquantes	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type
Jours	102	0	102	1,000	6,000	3,500	1,716
La concentration	102	0	102	0,000	0,100	0,026	0,041
La dose	102	0	102	0,000	1,000	0,588	0,310

Tableau 12: Statistiques descriptives (Données qualitatives)

Variable	Modalités	Comptages	Effectifs	%
Diamètre cm	0,5	25	25	24,510
	0.5	2	2	1,961
	0,6	4	4	3,922
	0,7	6	6	5,882
	0,8	6	6	5,882
	0.8	1	1	0,980
	0,9	1	1	0,980
	0.9	1	1	0,980
	1,4	1	1	0,980
	1,7	1	1	0,980
	1,9	4	4	3,922
	2	5	5	4,902
	2,1	1	1	0,980
	2,2	1	1	0,980
	2,5	2	2	1,961
	3,1	2	2	1,961
	3,2	1	1	0,980
	3,3	1	1	0,980
	3,4	3	3	2,941
	3.4	2	2	1,961
	3,5	1	1	0,980
	3,6	1	1	0,980
	4.3	1	1	0,980
	5.1	1	1	0,980
	5,2	1	1	0,980
	5,3	1	1	0,980
	5,8	1	1	0,980
	6	2	2	1,961
	6,1	2	2	1,961
	6.2	1	1	0,980
	6,3	2	2	1,961
	6,4	1	1	0,980
	6.5	1	1	0,980
	6,7	1	1	0,980
	6.7	1	1	0,980
	6,8	3	3	2,941
	6,9	1	1	0,980
	7	3	3	2,941
	7,2	2	2	1,961
	7.2	1	1	0,980
	7,4	1	1	0,980

	7.4	1	1	0,980
	7,5	2	2	1,961

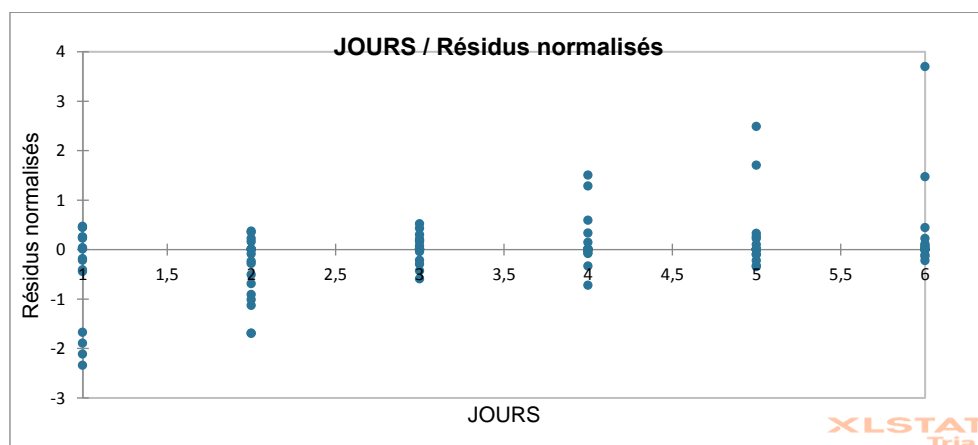
Tableau 13 : Coefficients d'ajustement (Jours)

Observations	102
Somme des poids	102
DDL	57
R ²	0,869
R ² ajusté	0,767
MCE	0,686
RMCE	0,828
MAPE	16,278
DW	1,258
Cp	45,000
AIC	-7,778
SBC	110,345
PC	0,339

Tableau 14: Analyse de la variance (Jours)

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr > F
Modèle	44	258,391	5,873	8,559	<0,0001
Erreur	57	39,109	0,686		
Total corrigé	101	297,500			

Calculé contre le modèle $Y = \text{Moyenne}(Y)$

**Figure 27** : JOURS / Résidus normalisés

Interprétation (JOURS) :

Etant donné le R^2 , 87% de la variabilité de la variable dépendante Jours sont expliqués par les 3 variables explicatives.

Etant donnée la p-value associée à la statistique F calculée dans le tableau d'analyse de la variance, et étant donné le niveau de signification de 5% choisi, l'information apportée par les variables explicatives est significativement meilleure comparée à ce qu'expliquerait la seule moyenne de la variable dépendante.

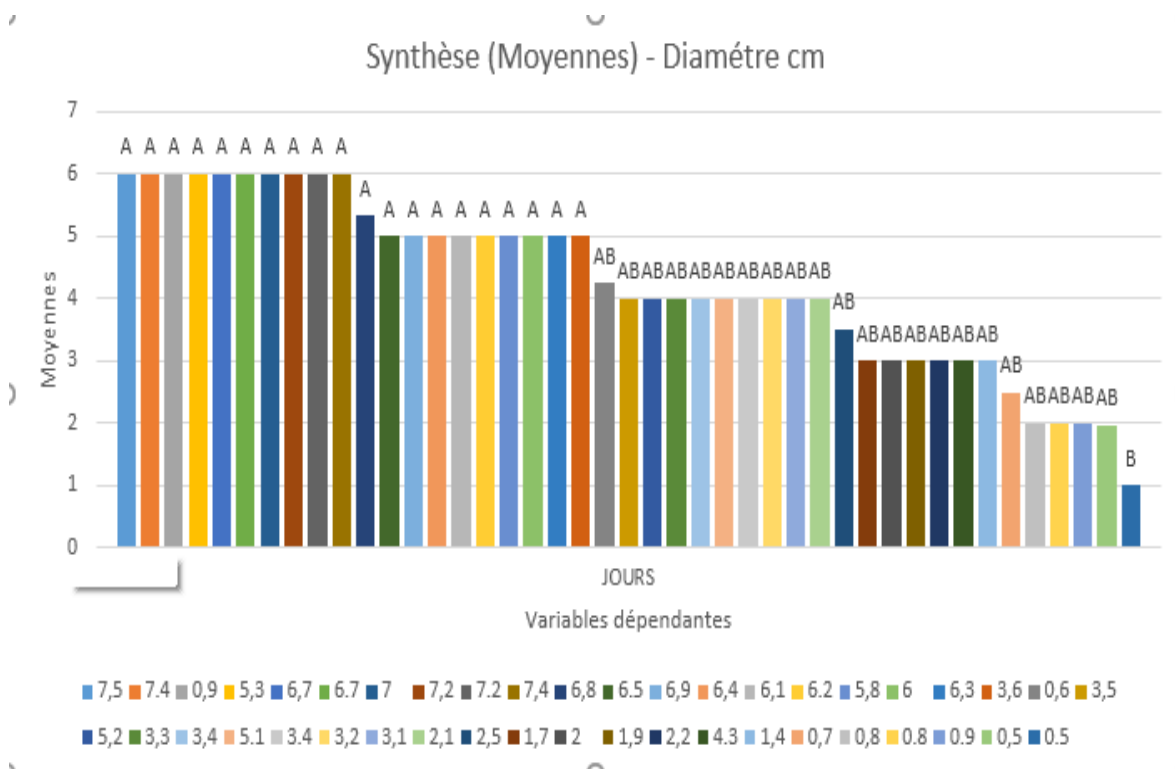


Figure 28 : Synthèse (Moyennes)-Diamètre cm

من أجل تقليل المدخلات الكيميائية كوسيلة لمكافحة أمراض المحاصيل ، فإن التوجه نحو وسائل مكافحة البيولوجية نما على نطاق واسع. في هذا السياق ، قمنا بدراسة التأثير المضاد للفطريات لمستخلص *Trigonella foenum-graecum* على الفطر *Fusarium oxysporum* f. sp *lycopersici* ، العامل المسبب لمرض ذبول الفيوزاريوم للطماطم. أدت الاختبارات التي أجريت في المختبر إلى نتائج مرضية للغاية. وبالفعل لوحظ تثبيط 88% للعامل الممرض بتركيز 10^{-1} وهذا من اليوم الثالث. عند التراكيز المنخفضة لوحظ معدل التثبيط فقط عند الجرعات التي تزيد عن 0,75 مل. تأثير المستخلص على النمو هو صفر لتركيزات أعلى من 10^{-4} .

الكلمات المفتاحية : التحكم البيولوجي. تأثير مضاد.مرض ذبول الفوزاريوم ، معدل التثبيط.

Résumé

Afin de réduire les intrants chimiques comme moyen de lutte contre les maladies des cultures, l'orientation vers les moyens de la lutte biologique connaît une grande envergure. Dans ce contexte, nous proposons d'étudier l'effet antifongique l'extrait de *Trigonella foenum-graecum* sur le champignon *Fusarium oxysporum* f. sp *lycopersici*, agent causal de la flétrissure fusarienne de la tomate. Les essais effectués *in vitro* ont aboutis à des résultats très satisfaisants. En effet, on a noté une inhibition de 88% du pathogène, à une concentration de 10^{-1} , et ce à partir du troisième jour. A de faibles concentrations, le taux d'inhibition n'a été observé qu'à des doses supérieures à 0,75 ml. L'effet de l'extrait sur la croissance est nul pour des concentrations supérieurs à 10^{-4} .

Mots clés : Lutte biologique. Effet antifongique. *Fusarium oxysporum* f. sp *lycopersici*. *Trigonella foenum-graecum*. Taux d'inhibition.

Abstract

In order to reduce chemical inputs as a means of combating crop diseases, the orientation towards biological control means is on a large scale. In this context, we propose to study the antifungal effect of *Trigonella foenum-graecum* extract on the fungus *Fusarium oxysporum* f. sp *lycopersici*, causative agent of Fusarium wilt of tomato. The tests carried out *in vitro* have led to very satisfactory results. Indeed, an 88% inhibition of the pathogen was noted, at a concentration of 10^{-1} , and this from the third day. At low concentrations, the rate of inhibition was observed only at doses above 0.75 ml. The effect of the extract on growth is zero for concentrations above 10^{-4} .

Key words: Biological control. Antifungal effect. *Fusarium oxysporum* f. sp *lycopersici*. *Trigonella foenum-graecum*. Inhibition rate.