

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
جامعة عمار تليدي بالأغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT
كلية العلوم
FACULTE DES SCIENCES
قسم البيولوجيا
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Sciences Biologiques

Option : Microbiologie appliquée

THEME

**Evaluation *in vivo* du potentiel bio-protecteur
et promotrice de la croissance d'une bactérie de sol
désigné V003 sur la culture des tomates.**

Présenté par :

- Bederina Amina
- Halloub Hanane

Soutenu publiquement le : 22/06/2023

Devant le jury composé de :

Mr. GACEM Mouhamed Amine	MCB (Université Amar Téliidji, Laghouat)	Promoteur
Mr. Boudjemaa Baderddine	(Université Amar Téliidji, Laghouat)	Co –promoteur
Mr. Zerrouki Mohamed Houcine	MAA (Université Amar Téliidji, Laghouat)	Examineur
Mr. Krantar Kamel	MAA (Université Amar Téliidji, Laghouat)	Président

Année universitaire : 2022-2023



Remerciements

On remercie d'abord Allah le tout puissant qui nous a donné la force et la volonté de réaliser ce travail.

A notre encadreur Mr. GACEM Mohamed Amine

Docteur en Microbiologie à l'Université e Laghouat

Vous nous avez fait un grand honneur en acceptant de nous confier ce travail.

Nous vous remercions de votre patience, votre disponibilité, de vos encouragements et de vos précieux conseils dans la réalisation de ce travail.

Votre compétence, votre dynamisme et votre rigueur ont suscité en nous une grande admiration et un profond respect. Vos qualités professionnelles et humaines nous servent d'exemple.

Veillez croire à l'expression de nos profondes reconnaissances et de notre grand respect.

Nos plus vifs remerciements s'adressent à Mr BOUDJEMAA Badr Eddine, d'avoir ménagé son temps pour donner les conseils et leur soutiens et pour son aide durant la réalisation de ce travail.

Nous tenons à remercier les membres de jury d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nos sincères remerciements aux ingénieurs de laboratoire.

Un grand merci à toutes personnes qui nous ont aidés de proche ou loin lors de la réalisation de ce travail.



Dédicace



Je dédie ce modeste travail :

*A l'homme de ma vie, A mon cher père **Mohamed** qui m'a appris le sens de la persévérance tout au long de mes études, pour son sacrifice ses conseils et ses encouragements. Je ne cesserais jamais de remercier mon dieu pour m'avoir donné un père comme toi.*

*A la lumière de mes yeux, le bonheur de ma vie ma chère mère **Aicha** qui m'a apporté son appui durant toutes mes années d'étude, pour son sacrifice et soutien qui m'ont donné confiance, courage et sécurité.*

Que Dieu les protège et leur donnent longue vie pleine de santé.

*A ma très chère sœur : **Khadidja** pour la disponibilité et l'encouragement incessant que le dieu la protège et donné une vie pleine de réussite et de bonheur.*

*A mes frères **Belkacem, Abdelkader** et **Yacine**.*

*Je tiens à remercier chaleureusement **Mr GACEM Mohamed Amine** qui a accepté de superviser ce travail, et son sérieux.*

*Un immense merci à **Mr Boudjemaa Badreddine** pour son aide, ses conseils et sa disponibilité.*

A tous ceux qui ont une bonne impression dans notre cœur.

Amina





Dédicace

Je dédié ce modeste travail :

*A mes très chers parents : Ibrahim et Saida, source de vie,
d'amour et d'affection.*

*A mes très chers sœurs, Khadidja, Zineb et Meriem, source
de joie et de bonheur.*

A mes frères, Ismail et Mohamed.

*A tous mes collègues de master 2 promotion 2023 En
témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de tous les
moments que nous avons passés ensemble*

A tous ceux et celles qui nous aiment et que nous aimons.

Hanane



Table des matières

	Pages
Remercîments	
Dédicaces	
Liste des Abréviations	I
Liste des Figures	II
Liste des Photos	III
Liste des Tableaux	IV
Résumé	V
Abstract	VI
ملخص	VII
Introduction	01
Partie I : synthèse bibliographique	
I. Généralité sur la tomate	05
I.1. Origine de la tomate	05
I.2. Définition et caractères morphologiques	05
I.2.1. Caractères morphologiques de la tomate	05
I.2.1.a. Le Système racinaire	06
I.2.1.b. La Tige	06
I.2.1.c. Les feuilles	06
I.2.1.d. Les fleurs	07
I.2.1.e. Les graines	07
I.2.1.f. Le fruit	07
I.3. Classification	09
I.4. Mode de reproduction	09
I.5. Culture des tomates	09
I.5.1. La culture en plein champ	09
I.5.2. La culture sous abris	09
I.6. Les exigences de la culture des tomates	09
I.6.1. La température et la lumière	09
I.6.2. L'humidité	10
I.6.3. L'eau	10
I.6.4. Le sol	10
I.6.5. La salinité	10
I.7. Importance et valeurs nutritionnelles	10
I.8. Principales maladies de la tomate	11
I.8.1. Processus d'infection des tomates	11
I.9. Phytopathogènes bactériennes des tomates	12
I.10. Phytopathogènes fongiques des tomates	12
I.11. Phytopathogènes virales des tomates	12
I.11.1. Tomato mosaic virus (TMV)	14
I.11.2. Virus de la maladie bronzée de la tomate (TSWV)	14
I.11.3. Virus du jaunissement des feuilles (TYLCV)	14
I.12. Méthodes de lutte	14
I.12.1. Lutte chimique	15
I.12.2. Lutte biologique	17
I.12.2.a. Utilisation des actinomycètes dans la lutte biologique	18
II. Généralité sur les actinomycètes	

II.1.	Définition des actinomycètes	20
II.2.	Propriétés des actinomycètes	20
II.2.1.	Propriétés morphologiques	20
II.2.2.	Physiologie et métabolisme	21
II.2.2.a.	L'oxygène	21
II.2.2.b.	La température	21
II.2.2.c.	Le pH	21
II.2.2.d.	La Tolérance a NaCl	21
II.2.2.e.	L'activité de l'eau (Aw)	22
II.3.	Taxonomie des actinomycètes	22
II.4.	Cycle de développement	24
II.5.	Ecologie des actinomycètes	24
II.5.1.	Les actinomycètes du sol	25
II.5.1.a.	Actinomycètes des rhizosphères des plantes	25
II.5.1.b.	Actinomycètes des composts	26
II.5.2.	Actinomycètes de l'air	26
II.5.3.	Actinomycètes marins	26
II.5.3.a.	Actinomycètes d'eaux douces	26
II.5.3.b.	Actinomycètes marins	26
II.6.	Rôle et importance des actinomycètes	27
II.7.	Métabolites secondaire des actinomycètes	27
II.7.a.	Activité antibactérienne	27
II.7.b.	Activité antifongique	28
II.7.c.	Activité insecticide	29
II.7.d.	Activité antivirale	29
Partie II : Etude expérimentale		
I.	Matériels et méthodes	41
I.1.	Matériel biologique	41
I.1.1.	Souches microbiennes utilisées	41
I.2.	Vérification de la pureté des souches fongique par micro culture	42
I.3.	Evaluation du pouvoir antifongique de l'isolat d'actinomycète V003	42
I.3.1.	Préparation des suspensions fongiques	42
I.4.	Evaluation <i>In Vivo</i> de l'activité antifongique de la souche V003	44
I.4.1.	Prélèvement du sol	44
I.4.1.a.	Traitement du sol	45
I.4.2.	Enrobage de graines de tomates	45
I.4.3.	Préparation des sols infestés	45
I.5.	Tests de bio contrôle	45
II.	Résultat et discussion	
II.1.	Vérification de la pureté des souches fongique par la technique de micro culture	48
II.1.1.	Résultats obtenus par la méthode de micro-culture	48
II.2.	Résultat de l'activité antifongique	50
II.3.	Résultat de l'activité antifongique <i>In vivo</i>	51
II.4.	Discussion	62
	Conclusion	64
	Liste des références	66
	Annexe	79

Liste des abréviations.

°C	Degré Celsius
CSA	Milieu Starch Casein Agar
Crispr-Cas	Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats
DO	Densité Optique
GC%	pourcentage des acides nucléiques en bases G et C
GYM	Glucose Yeast Extract Malt Extract
NaCl	Chlorure de Sodium
P/V	rapport poid/ volume
PDA	Potato Dextrose Agar
UFC	Unité Formant colonie

Liste des figures.

	Pages
Figure 1. Le système racinaire de la tomate	6
Figure 2. Tige d'une tomate	6
Figure 3. Feuilles de la tomate	6
Figure 4. Fleur de tomate	7
Figure 5. Graines de la tomate	7
Figure 6. Fruit de la tomate	7
Figure 7. Les différentes formes de la tomate	8
Figure 8. Cycle de développement des actinomycètes	24
Figure 9. Vérification de la pureté des souches fongiques par micro-culture	42
Figure 10. Préparation des suspensions fongiques (inoculum) par la méthode de micro-dilution en milieu liquide	43
Figure 11. Technique d'évaluation de l'activité antifongique par la méthode des disques	44

Liste des photos

	Pages
Photo1. Aspect de la souche d'actinobactérie V ₀₀₃ sur milieu GYM.	48
Photo 2. Aspect microscopique des souches fongiques.	49
Photo 3. Résultat de la germination des graines de tomates dans le sol stérile.	52
Photo 4. Résultat de la germination des graines de tomates dans le sol stérile traitées par l'actinomycète.	53
Photo 5. Résultat de germination des graines de tomate infectées par <i>Aspergillus flavus</i> .	54
Photo 6. Résultat de la germination des graines de tomate infectées par <i>Penicillium expansum</i> .	55
Photo 7. Résultat de la germination des graines de tomate infectées par <i>graminearum.expansum</i> .	56
Photo 8. Résultat de la germination des graines de tomate infectées par <i>Aspergillus ochraceus</i> .	57
Photo 9. Résultat de la germination des graines de tomate infectées par <i>Aspergillus flavus</i> et traitées par les actinomycètes.	58
Photo 10. Résultat de la germination des graines de tomate infectées par <i>Penicillium expansum</i> et traitées par les actinomycètes.	59
Photo 11. Résultat de la germination des graines de tomate infectées par <i>Fusarium graminearum</i> et traitées par les actinomycètes.	60
Photo 12. Résultat de germination des graines de tomate infectées par <i>Aspergillus ochraceus</i> et traitées par les actinomycètes.	61

Liste des tableaux.

	Pages
Tableau 1. Systématique de <i>Lycopersicum esculentum</i> .	9
Tableau 2. Principales maladies bactériennes de la tomate.	12
Tableau 3. Les Principales maladies fongiques de la tomate.	13
Tableau 4. Les types des produits phytosanitaires.	16
Tableau 5. Lutte biologique contre les nuisibles.	17
Tableau 6. Classes, ordres, et familles du phylum <i>Actinobacteria</i> .	23
Tableau 7. Distribution des actinomycètes dans la nature.	25
Tableau 8. Activités antibactériennes de quelques molécules bioactives provenant des actinomycètes contre certaines phytopathogènes.	28
Tableau 9. Activités antifongiques de quelques molécules bioactives provenant des actinomycètes contre certaines phytopathogènes.	28
Tableau 10. Activités insecticides de quelques molécules bioactives provenant des actinomycètes contre certaines phytopathogènes.	29
Tableau 11. Activités antivirales de quelques molécules bioactives provenant des actinomycètes contre certaines phytopathogènes.	29
Tableau 12. Souches fongiques utilisées pour démontrer l'activité biologique de l'actinomycète V003.	41
Tableau 13. Densité optique recherchée pour chaque espèce de moisissures utilisée.	43
Tableau 14. Résultat de l'activité antifongique de souche V003.	50
Tableau 15. Résultat de la germination des graines de tomate dans le sol stérile.	52
Tableau 16. Résultat de la germination des graines de tomate sur le sol stérile traitées par l'actinomycète.	53
Tableau 17. Résultat de la germination des graines de tomate infectées par <i>Aspergillus flavus</i> .	54

Tableau 18. Résultat de la germination des graines de tomate infectées par <i>Penicillium expansum</i> .	55
Tableau 19. Résultat de la germination des graines de tomate infectées par <i>Fusarium graminearum</i> .	56
Tableau 20. Résultat de la germination des graines de tomate infectées par <i>Aspergillus ochraceus</i> .	57
Tableau 21. Résultat de la germination des graines de tomate infectées par <i>Aspergillus flavus</i> et traitées par les actinomycètes.	58
Tableau 22. Résultat de la germination des graines de tomate infectées par <i>Penicillium expansum</i> et traitées par les actinomycètes.	59
Tableau 23. Résultat de la germination des graines de tomate infectées par <i>Fusarium graminearum</i> et traitées par les actinomycètes.	60
Tableau 24. Résultat de la germination des graines de tomate infectées par <i>Aspergillus ochraceus</i> et traitées par les actinomycètes.	61

Résumé

Evaluation *in vivo* du potentiel bio-protecteur et promotrice de la croissance d'une bactérie de sol désigné V003 sur la culture des tomates.

Les actinomycètes sont des bactéries qui possèdent une capacité de produire une grande variété de métabolites secondaires. Ce travail porte sur l'étude de l'activité antifongique *In Vitro* et *In Vivo* d'un isolat d'actinomycète obtenu de la collection microbienne du Dr Gacem MA.

L'étude de l'activité antifongique *in vitro* a montré une activité inhibitrice modérée contre *Aspergillus flavus*, *Penicillium expansum*, *Aspergillus ochraceus* et *Fusarium graminearum*.

L'activité antifongique testée *in vivo* a affirmé que l'isolat V003 possède un pouvoir stimulant la germination des graines de tomates, il est également capable de protéger les graines germées contre les infections fongiques provoquées.

Les résultats de cette étude montrent que l'isolat V003 pourrait avoir un potentiel important pour le contrôle biologique des champignons dans les cultures des tomates.

Mots clés : Actinomycètes, Métabolites Secondaires, Phytopathogènes, Activité Antifongique, Tomates.

Summary

Evaluation *in vivo* of the bio-protective and growth-promoting potential of a soil bacterium designated V003 on tomato crops.

Actinomycetes are bacteria that possess the ability to produce a wide variety of secondary metabolites. This work focuses on the study of the *In Vitro* and *In Vivo* antifungal activity of an actinomycete isolate obtained from the microbial collection of Dr. Gacem MA.

The *in vitro* antifungal activity study showed moderate inhibitory activity against *Aspergillus flavus*, *Penicillium expansum*, *Aspergillus ochraceus* and *Fusarium graminearum*.

The antifungal activity tested *in vivo* affirmed that isolate V003 possesses the ability to stimulate the germination of tomato seeds, it is also able to protect the germinated seeds against fungal infections caused.

The results of this study show that isolate V003 could have significant potential for the biological control of fungi in tomato crops.

Keywords: Actinomycetes, Secondary Metabolites, Planet pathogens, Antifungal Activity, Tomatoes.

ملخص

تقييم في الجسم الحي لإمكانات الحماية الحيوية وتعزيز النمو لبكتيريا التربة المعينة V003 على محاصيل الطماطم. الأكتينومييسيتات هي بكتيريا تمتلك القدرة على إنتاج مجموعة متنوعة من المستقلبات الثانوية. يركز هذا العمل على دراسة النشاط المضاد للفطريات في المختبر وداخل الجسم الحي لعزل الفطريات الشعاعية التي تم الحصول عليها من المجموعة الميكروبية للدكتور قاسم م أ.

أظهرت دراسة النشاط المضاد للفطريات في المختبر نشاط مثبط معتدل ضد *Penicillium* و *Aspergillus flavus* و *Fusarium graminearum* و *Aspergillus ochraceus* و *expensum*.

أكد النشاط المضاد للفطريات الذي تم اختباره في الجسم الحي أن العزلة V003 تمتلك القدرة على تحفيز إنبات بذور الطماطم ، كما أنها قادرة على حماية البذور النابتة من الالتهابات الفطرية التي تسببها.

أظهرت نتائج هذه الدراسة أن العزلة V003 يمكن أن يكون لها إمكانات كبيرة في مكافحة البيولوجية للفطريات في محاصيل الطماطم.

الكلمات الأساسية: الأكتينومييسيتات، المستقلبات الثانوية، مرض النباتات، نشاط مضاد للفطريات، طماطم.

Introduction.

Introduction

Les cultures agricoles sont soumises à des nombreux attaques, ces attaques sont contrôlées par plusieurs agents ravageurs, il s'agit des champignons, des bactéries, des virus, et des insectes phytopathogènes. Ces agents agresseurs causent plusieurs maladies, de plus, l'infection peut apparaître durant toutes les étapes de la vie de la plante et elle peut toucher tous les organes de la plante (**Lepoivre, 2003**).

Les maladies phytopathogènes causent d'énormes dégâts économiques pour les pays producteurs et des dégâts sanitaires pour le consommateur. Afin de limiter ces pertes, d'énormes investissements sont mis en place. L'utilisation des produits chimiques est l'un des investissements appliqués, elle est connue depuis plus de 50 ans, alors qu'aujourd'hui les pesticides sont moins efficaces ou complètement inefficace à cause de l'apparition de la résistance dans les organismes ciblés. L'utilisation massive des pesticides cause des effets délétères et des pollutions environnementales irréversibles. La toxicité des pesticides a orienté les recherches vers d'autres techniques plus sécurisées, en effet, les chercheurs ont développé des techniques modernes en alternation avec les techniques classiques, néanmoins, les techniques modernes à base de biologie moléculaire comme les organismes génétiquement modifiés ont pour conséquence une pollution génétique de l'environnement, cependant, la technologie du système Crispr-Cas est rentable et efficace, Toutefois, en raison de l'impossibilité d'imposer son application, cette méthode objectif est loin d'être atteinte. (**Lepoivre, 2003**).

Les techniques de lutte biologiques sont d'autres moyens qui permettent de combattre les ravageurs phytopathogènes avec moins de toxicité et plus de durabilité (**Xiao et al., 2002**). La lutte biologique est une méthode plus respectueuse pour l'environnement, elle implique l'utilisation d'antagonistes naturels qui renferment des mécanismes d'action complexes et difficiles à contourner par l'agent phytopathogène agresseur (**Bressan, 2003**). Les bactéries du sol sont parmi les agents biologiques les plus étudiés en particulier, les actinomycètes. Ces microorganismes renferment un énorme potentiel antagoniste, elles sont capable produire une large gamme de substances antimicrobienne, et même d'entrer en compétition spatiale et nutritionnelle avec les agents phytopathogènes (**Rugthaworn et al., 2007**).

L'utilisation d'actinomycète dans la lutte contre les moisissures des champs alertant des tomates est à l'origine du choix de notre thème qui consiste la recherche de leurs effets

antifongiques *In Vitro* et *In Vivo* contre des souches fongiques potentiellement toxigène isolées et identifiées à partir du blé tendre local

Pour se faire, une synthèse bibliographique représentant la première partie de notre étude a été réalisée afin de regrouper les informations essentielles sur la culture de la tomate et leurs principales maladies, les moyens de luttés et enfin, des généralités sur les actinomycètes. .

Dans la seconde partie de notre étude, la méthodologie est représentée par les techniques utilisées pour la réalisation de ce travail suivie des principaux résultats et leurs discussions.

L'étude est achevée par une conclusion générale et des perspectives.

Partie I :
Etude bibliographique

*Généralité sur la tomate et
principales maladies et leurs moyens
de lutttes.*

I. Généralité sur la tomate

I.1. Origine de la tomate

La tomate est originaire de la région andine du Nord-Ouest de l'Amérique du Sud. Sa domestication dans cette région remonte à plus de 5000 ans. Au XVIème siècle, la tomate était introduite au Mexique puis en Europe via les Espagnols (**Verolet et al., 2001**).

En France, La tomate était connue depuis 1560 comme plante ornementale. Cependant, tout laisse à penser que ce n'est que depuis 1778 qu'elle est considérée comme légume. Sa culture ne prit vraiment d'attention qu'à partir de l'an 1800 (**Laumonier, 1979**).

Aujourd'hui, la tomate est devenue l'un des produits incontournables de l'alimentation humaine, elle est le second légume consommé dans le monde après la pomme de terre.

I.2. Définition et caractères morphologiques

La tomate (*Lycopersicon esculentum*) appartient à la famille des *Solanaceae*, cette famille regroupe également d'autres espèces comme par exemple la pomme de terre, le tabac, le poivron, et l'aubergine (**Dakar, 2012**). *Lycopersicon esculentum* est la seule espèce cultivée du genre *Lycopersicon* (**André et al., 1997**). La tomate est une plante annuelle, elle peut atteindre une hauteur de plus de deux mètres (**Barbara Van Dam et al., 1989**).

Les tomates sont très demandées durant toute les saisons de l'année, elles sont consommées fraîches ou conservées. La plante est cultivée, en plein champ ou dans des serres sur une superficie d'environ trois millions d'hectares, ce qui représente à peu près le tiers des surfaces mondiales consacrées aux légumes (**Gonde carre jussiaux, 1968**).

I.2.1. Caractères morphologiques de la tomate

I.2.1.a. Le Système racinaire : le système racinaire est très puissant (**fig1**), il est ramifié sur les trente premiers centimètres. Les racines sont très nombreuses, ce système racinaire est appelé un système pivotant (**Van der vossen et al., 2004**).



Fig1. Le système racinaire de la tomate (Dufour, 2011).

I.2.1.b. La Tige : les tiges (**fig2**) sont vertes pourvues de poils blanchâtres. Elles portent les feuilles, les fleurs et les fruits (Shankara et al., 2005).



Fig2. Tige d'une tomate (Babadoost, 2014)

I.2.1.c. Les feuilles : les feuilles sont indispensables pour la photosynthèse, elles sont persistantes, vertes et poilues (**fig3**), elles dégagent une odeur forte une fois froissées (Shankara et al., 2005).



Fig3. Feuilles de la tomate (Dalbello, 2008)

I.2.1.d.Les fleurs : Les fleurs sont hermaphrodites, et d'un point de vue anatomique, les fleurs de la tomate comprend 5 sépales, 5 pétales, 5 étamines et 2 carpelles (**fig4**) (**Polese, 2007**).



Fig4. Fleur de tomate (**Rotem et al., 1970**).

I.2.1.e.Les graines : les graines sont nombreuses dans le fruit (250 à 350 graines), elles sont petites et poilues, de tailles comprises entre 3 à 5 mm de long et 2 à 4mm de large (**fig5**) (**Shankara et al., 2005**).



Fig5. Graines de la tomate (**Cerkauskas, 2005**).

I.2.1.f.Le fruit : les fruits (**fig6**) charnus sont des baies de 2 à 15 cm, leur taille, forme et couleur sont très variées :



Fig6. Fruit de la tomate (**Kenneth, 2011**).

- le poids peut varié de quelques grammes (tomate groseille) jusqu'à près de 2 kg (Shankara et al., 2005).
- la forme (fig 7) est généralement sphérique, plus ou moins aplatie et moins côtelée. Il en existe des tomates en forme de cœur ou de poire (Shankara et al., 2005).
- la couleur est verte au début de la croissance, elle vire généralement vers le rouge à la maturité. Cependant, il existe des fruits blancs, jaunes, noirs, roses, vertes, violettes, et oranges (Polese, 2007).

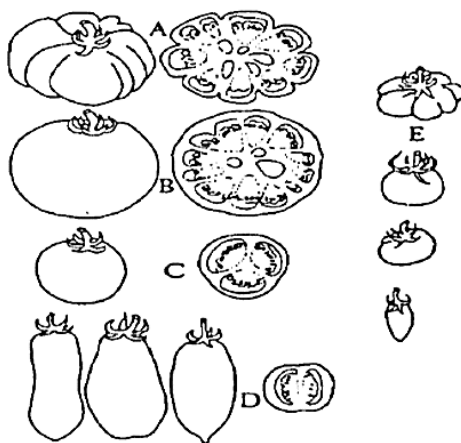


Fig7. Les différentes formes de la tomate (Barbara Van Dam et, 1989).

A : cultivar hâtif aux fruits aplatis et côtelés.

B : cultivar tardif aux grands fruits.

C : cultivar anglo-néerlandais.

D : cultivar aux fruits allongés.

E : différents cultivars de la tomate cerise.

I.3. Classification

L'espèce *Solanum lycopersicum* était proposée par Linné en 1753, par la suite, la nomination était modifiée par Miller Gardner d'où l'espèce *Lycopersicon esculentum* était proposée. Aujourd'hui, les deux nominations d'espèce continuent à être utilisées dans la littérature (Blancard, 2009). La systématique de *Lycopersicum esculentum* est présentée dans le tableau 1.

Tableau 1. Systématique de *Lycopersicum esculentum* (Benton, 2008).

Règne	Plantae
Sous-règne	Tracheobionia
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous-classe	Asteridae
Ordre	Solanales
Famille	Solanacées
Genre	<i>Lycopersicum</i>
Espèce	<i>Lycopersicum esculentum</i>

I.4. Mode de reproduction

Les fleurs hermaphrodites permettent une autopolinisation, cela résulte de la morphologie de la fleur (Benton, 1999).

I.5. Culture des tomates

Les tomates sont cultivées selon deux systèmes à savoir :

I.5.1.La culture en plein champ : ce système de culture est le plus répandu. Si l'irrigation est disponible, les plantations peuvent être faites en saison sèche (Cirad et Gret, 2002).

I.5.2.La culture sous abris (les serres) : ce système de culture vise à produire les tomates toute au long de l'année (Cirad et Gret, 2002).

I.6. Les exigences de la culture des tomates

I.6.1. La température et la lumière

Pour obtenir une bonne production, la tomate exige des températures dont l'optimum se situe entre 13 et 20 °C durant la nuit et entre 20 et 27 °C durant la journée (Nyabyenda, 2007), en effet, tomate demande des environnements ensoleillés, mais elle ne présente pas d'exigences photopériodiques très marquées (Chaux et Foury, 1994).

I.6.2. L'humidité

Un taux d'humidité élevé peut causer des problèmes dans les serres car il favorise l'établissement de nombreux champignons et bactéries phytopathogènes (**Elmhirst, 2006**).

Une humidité ambiante de 60% à 65% la meilleure pour la culture des tomates, elle joue un rôle important dans la fécondation. Selon (**Benchaalal, 1983**), l'humidité atmosphérique doit être de 76% lors de la germination ,75-80% durant la croissance des plantes, 70-80% lors du développement des fruits.

I.6.3. L'eau

La tomate paraît la culture la plus exigeante en eau en particulier après sa transplantation, durant la floraison, et enfin lors du développement des fruits (**Naika et al, 2005**).

I.6.4. Le sol

La tomate croit bien sur des sols minéraux qui ont une bonne aération et une bonne capacité à retenir de l'eau. Elle croit aussi sur les terres limoneuses profondes riches en humus et ayant un pH qui varie entre 5,5 à 6,8, ce pH est considéré comme optimal pour toute la période de croissance (**Naika et al, 2005**). Cependant, la tomate tolère des pH variants entre 4.5 et 8.2 (**Zuang, 1982**).

I.6.5. La salinité

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

I.7. Importance et valeurs nutritionnelles

Les tomates sont produites en vue de la consommation en frais ou en fruits transformés sous forme de tomates concentrés, des jus, du ketchup, des tomates concassées, etc. (**Polese, 2007**).

La tomate présente une bonne densité nutritionnelle avec 94% d'eau et 6% de matière sèche composée de 50% de sucres (fructose et glucose), 25% d'acides organiques (acides

citriques et maliques), 8% de minéraux, 2% d'acides aminés, de caroténoïdes et d'autres métabolites secondaires (**Davies et Hobson, 1981**). Les vitamines du groupe B sont assez abondantes y compris la vitamine B8 et l'acide folique (B9), ainsi que la vitamine C qui possède des propriétés antioxydantes (**Davies et Hobson, 1981**). Par conséquence, la tomate est un aliment très peu énergétique, elle n'apporte qu'environ 15 kcal/100 g et 20 kcal/100 g à l'état crue et cuit, respectivement (**Sharoni et Levi, 2006 ; Wilcox et al., 2003**).

La consommation de la tomate prévient plusieurs maladies citant comme exemple le cancer et les maladies cardiovasculaires (**Sharoni et Levi, 2006 ; Wilcox et al., 2003**).

I.8. Principales maladies de la tomate

La particularité écologique de la culture de la tomate l'expose à diverses nuisances (**Nechadi et al., 2002**) notamment les champignons, les bactéries et les virus phytopathogènes (**Leroux, 2003**).

I.8.1. Processus d'infection des tomates

Les maladies de la tomate se divisent en deux types ; il s'agit des maladies parasitaires et non parasitaires. Les maladies parasitaires sont celles qui sont causées par des organismes vivants, principalement des bactéries et des champignons, ainsi que des virus. Le groupe des maladies parasitaires comprend la plupart des maladies communes et graves de la tomate. Cependant, les maladies non parasitaires sont provoquées par un milieu défavorable, tel qu'une humidité ou une sécheresse excessive, des températures extrêmes et l'absence ou l'excès de certains microéléments dans le sol (**Doolittle et al., 1962**).

Les bactéries et les champignons phytopathogènes sont des organismes microscopiques qui retirent leur nourriture des tissus des plantes qu'ils attaquent ou pourrissent. Ils pénètrent dans la plante par des blessures ou des ouvertures naturelles. Après avoir pénétré dans les tissus de la plante, ils prolifèrent et produisent des symptômes spécifiques à des maladies tels que le flétrissement de la plante, des taches sur les feuilles ou leur enroulement, et la pourriture des fruits. Il est à noter que les vecteurs les plus communs de transmission de maladies sont les insectes (**Doolittle et al., 1962**).

I.9. Phytopathogènes bactériennes des tomates

Tableau 2. Principales maladies bactériennes de la tomate (Leroux, 2003).

Nom de la maladie	Agent causal	Symptômes
La gale bactérienne	<i>Xanthomonas campestris</i>	Apparition des taches brunâtres entourées d'un halo jaune entraînent le dessèchement de folioles et la chute des feuilles ainsi que la présence des petits chancres pustuleux sur le fruit.
La moucheture bactérienne	<i>Pseudomonas syringae</i>	Apparition des taches noires sur les feuilles, une coulure importante des fleurs et des taches brunes nécrotiques
Le chancre bactérien	<i>Clavibacter michiganensis</i>	Présence d'un flétrissement unilatéral sur les feuilles, suivi d'un dessèchement total et des taches blanchâtres sur le fruit.
Le flétrissement bactérien	<i>Ralstonia solanacearum</i>	Cette bactérie, provoque un flétrissement des Solanacées. Les premiers symptômes peuvent être repérés par la présence de décoloration unilatérale de certaines feuilles. Peu à peu, l'ensemble de la plante flétrit et meurt. Une coupe longitudinale de la tige révèle un noircissement des tissus conducteurs de la sève.

I.10. Phytopathogènes fongiques des tomates

Il y a plusieurs maladies des tomates qui dans certaines conditions, causent des pertes considérables aux producteurs. L'une de ces causes c'est les maladies fongiques de tomate

Tableau3.

Tableau 3. Les Principales maladies fongiques de la tomate (Leroux, 2003).

Nom de la maladie	Agent causal	Symptômes
Botrytis (ou pourriture grise)	<i>Botrytis cinerea</i>	Présence des taches brunâtres accompagnées d'un duvet grisâtre sur les feuilles et les tiges. Une pourriture molle grise sur le fruit est aussi notée.
Alternariose	<i>Alternaria solani</i>	Apparition de taches arrondies noirâtres sur les feuilles et des taches chancreuses qui peuvent se manifester sur les tiges.
Oïdium	<i>Leveillula taurica</i>	Apparition de taches jaunes sur la face supérieure des feuilles, et d'un duvet blanc sur la face inférieure. Après le jaunissement des feuilles, ces dernières se dessèchent puis tombent.
Mildiou	<i>Phytophthora infestans</i>	Le pathogène forme un duvet blanc, grisâtre sur la face inférieure des feuilles, il dissémine les spores. Les tiges attaquées noircissent et la plante meurt en quelques jours.
Fusariose	<i>Fusarium oxysporum</i>	Au début, les symptômes ne sont visibles que sur une seule moitié de la surface des feuilles et des branches. Ces symptômes sont un jaunissement des feuilles et un flétrissement qui se propagent à partir de la base de la tige.

I.11. Phytopathogènes virales des tomates

I.11.1. Tomato mosaic virus (TMV)

Le symptôme dépendra de la variété, l'âge de la plante au moment de l'infestation, et l'état de l'environnement. Le virus provoque des marbrures et des rugosités des feuilles. Le TMV réduit les rendements en roussissant les fruits (**Benton, 2008**). Il est à noter que la transmission se fait par des pucerons (**Trottin-Caudal, 2011**).

I.11.2. Virus de la maladie bronzée de la tomate (TSWV)

Les symptômes du TSWV sont très variés. Les symptômes observés sur les feuilles sont des mosaïques vertes claires à vertes foncées, des taches chlorotiques à nécrotiques, parfois en anneaux, apparaissant sur les faces supérieures puis inférieures, des plages rouge brun, plus nombreuses et confluentes à la base des folioles, qui deviennent légèrement enroulées (**Marchaux et al., 2008**). Le principal agent de transmission de TSWV est le thrips. Neuf espèces de cet insecte ont été rapportées vecteurs de ce virus (**Marchaux et al., 2008**).

I.11.3. Virus du jaunissement des feuilles (TYLCV)

Le virus peut bloquer ou même ralentir la croissance des plantes en leur conférant un aspect chétif. Les symptômes sont généralement des réductions nœuds, un aspect buissonnant avec des folioles de petite taille qui jaunissent et deviennent incurvé (cuillère) et parfois filiforme. Les fruits sont petits et peu nombreux. Il est à noter que si l'infection est précoce la récolte est nulle (**Trottin-Caudal, 2011**). Ce type de virus est transmis par les aleurodes (**Benton, 2008**).

I.12. Méthodes de lutte

La lutte contre les maladies des plantes est basée sur différentes méthodes. La plupart de ces méthodes est orientée pour protéger les plantes saines des maladies plutôt que de guérir les plantes malades. Les méthodes de lutte appliquées en agriculture varient considérablement d'une maladie à une autre en fonction du phytopathogène, de la plante hôte et de leur interaction chacun avec l'autre et avec l'environnement. Le but final de toutes les méthodes de lutte utilisées est de combattre les maladies des plantes et par conséquent accroître la quantité et améliorer la qualité des produits agricoles (**Nasroaui, 2006**). Les méthodes de luttés sont divisées en deux méthodes à savoir des méthodes biologiques, et des méthodes chimiques (**Nasroaui, 2006**).

I.12.1. Lutte chimique

La lutte chimique contre les maladies des tomates est largement appliquées, elle s'est révélée depuis toujours une méthode de lutte efficace et indispensable (**Leroux, 2003; Pezet et al., 2004**).

Les pesticides sont les produits les plus utilisés dans la lutte chimique, ils sont également appelés les produits agro-pharmaceutiques ou produits phytosanitaires (**Leroux, 2003**). L'utilisation des composés chimiques, toxiques aux pathogènes, est le moyen le plus commun pour le contrôle des maladies des plantes. Quand ces produits chimiques ont pour cible les pathogènes fongiques, ils sont appelés fongicides. Ils éradiquent ou inhibent la germination, la croissance et/ ou la multiplication des pathogènes (**Nasraoui, 2006**).

L'utilisation de ces produits d'une manière non contrôlée devient néfaste pour les milieux naturels, pour la biodiversité et pour la santé de l'Homme. Il est recommandé de choisir les pesticides présentant une plus grande spécificité pour les ravageurs avec une faible toxicité pour l'environnement (**Pinutreau, 2009**). Le tableau 4 présente quelques types de pesticides utilisés durant la culture des tomates.

Tableau 4. Les types des produits phytosanitaires (El Mrabet, 2008).

Type des pesticides	Spectre d'action	Exemples
Herbicides	Les végétaux rentrant en concurrence avec les plantes à protéger en ralentissant leur croissance.	Les Triazines, Les Dinitroanilines, Les Diphényles-éthers...
Fongicides	Les champignons ou encore les bactéries responsables des phytomaladies.	les dérivés de benzène, les sulfamides, les dithiocarbamates...
Insecticides	Protection des plantes contre les insectes.	Carbamates, Organochlorés, organophosphorés...
Acaricide	Acariens.	Carboxanilide, diphenyl ether, hydrazide...
Némantocides	Contre les vers du groupe Nématodes.	les carbamates, les hydrocarbures halogénés, les organophosphorés.
Rodenticides	Contre les rongeurs	l'alphachloralose, la crimidine, le scilliroside...
Molluscicides	Contre les limaces et les escargots	Chlorure de baryum, carbonate de baryum, oxyde de zinc...
Taupicides	Contre les taupes	Les phosphures d'aluminium et de calcium
Corvicides et corvifuges	Contre les corbeaux et les autres oiseaux, ravageurs des cultures.	Chloralose, endrin, 4-aminopyridine...

I.12.2. Lutte biologique

Afin de limiter les toxicités causées par les produits chimiques, les chercheurs installent une nouvelle plateforme de protection de culture et s'orientent vers l'utilisation d'organisme vivant comme moyen de lutte, cette méthode est appelée lutte biologique (Pinutreau, 2009).

La lutte biologique recommande l'utilisation d'organisme vivants inoffensif et antagoniste en vue de réduire ou empêcher les pertes et les dommages causés par les divers organismes nuisibles, ces organismes nuisibles peuvent être des bactéries, des champignons, et des insectes phytopathogènes **Tableau 5 (Simon, 1994)**.

Tableau5. Lutte biologique contre les nuisibles (Simon, 1994)

Antagoniste	organismes nuisibles
Acariens du genre : Neoseiulus sp Amblyseius swirskii. Neoseiulus cucumeris Neoseiulus californicus	Thrips
Syrphe Episyrphus balteatus	Différentes espèces de pucerons
Chrysope Crysoperla carnea <i>Trichogramma sp</i>	Polyphages ; pucerons, aleurodes, jaunes stades de cochenilles, thrips, œufs de papillons, acariens... <i>Tuta absoluta.</i>
Coccinelle Adalia bipunctatta <i>Pseudomonas fluorescens.</i>	Différentes espèces de pucerons Un large spectre d'activité contre plusieurs champignons pathogènes des plantes.
<i>Bacillus cereus,</i> <i>B.subtilis</i>	Les champignons pathogènes des plantes.

I.12.2.a. Utilisation des actinomycètes dans la lutte biologique

Les critères que renferment les actinomycètes laissent supposer que ce groupe de micro-organismes peut jouer un rôle primordial dans le domaine de la protection des plantes contre leurs bio-agresseurs (**Yuan et Crawford, 1995; Jones et Samac, 1996**). Ces critères sont :

- Le taux de multiplication élevé.
- La forte sporulation qui permet une bonne dissémination.
- Leur capacité à coloniser la rhizosphère.
- Leur capacité de croître sur les tiges et les feuilles les mettent en contact direct avec de nombreux pathogènes.
- Leur capacité phytopathogène est inconnue.

Généralité sur les actinomycètes.

II. Généralité sur les actinomycètes

II.1. Définition des actinomycètes

Le mot « Actinomycètes » provient de deux substantifs grecs « Actino » et « Mycète » et signifie « champignons à rayon » ou « champignons rayonnants », expression utilisée pour désigner en anglais (Ray fungi) et aussi en allemand et en russe (**Loqman, 2009**).

Les actinomycètes sont des bactéries filamenteuses dont la croissance donne lieu à des colonies constituées d'hyphes, qui irradient par croissance centrifuge tout autour du germe qui leur a donné naissance (**Rastogi et Kishore, 1997**). Ce sont des bactéries Gram-positif dont certaines peuvent produire des spores. Elles sont productrices des métabolites secondaires, ces métabolites sont très diversifiés et renferment des activités biologiques très variées. Leur génome renferme une forte teneur en GC% généralement comprise entre 60% à 75% (**Stackebrandt et al, 1997**).

Les actinobactéries sont classées dans l'ordre des *Actinomycetales* (**Mariat et Sebald, 1990**), leur famille est constituée d'une quarantaine de genres qui se distinguent par leur morphologie, la majorité d'entre eux sont des hétérotrophes ou des chimio-autotrophes. De nombreuses espèces jouent un rôle majeur dans la minéralisation du sol (espèces telluriques), elles sont également capables de fixer l'azote atmosphérique et à synthétiser les antibiotiques (**Mariat et Sebald, 1990**),

II.2. Propriétés des actinomycètes

II.2.1. Propriétés morphologiques

Morphologiquement, les actinomycètes peuvent être classés en deux groupes. Le premier se compose d'organismes qui ne présentent pas de caractéristiques morphologiques particulières et forment seulement une masse de filaments ramifiés (mycélium). Le second comprend les organismes qui sont morphologiquement plus complexes que le premier (**Lechevalier, 1985**).

Ils ont une croissance lente par rapport aux autres bactéries, le temps de génération moyen est environ de 2 à 3 heures (**Beckers et al., 1982**), ils forment des mycéliums (filaments minces et ramifiés) de surface et à l'intérieur des substrats solides (**Prescott, 2010**). Le diamètre de leurs hyphes est plus petit que celui des champignons. La plupart des actinomycètes sont sensibles aux agents antibactériens (**Kitouni, 2007**).

II.2.2. Physiologie et métabolisme

La croissance et le développement des actinomycètes sont influencés par :

II.2.2.a. L'oxygène

Selon le type respiratoire, les actinomycètes sont classés en deux groupes :

- Les formes fermentatives anaérobies, représentées par le genre type *Actinomyces*, qui sont des commensales obligatoires des cavités naturelles de l'Homme et des animaux supérieurs (Avril et al., 1992).
- Les formes oxydatives aérobies, telles que les *Streptomyces*, sont abondantes dans la nature en particulier dans le sol (Avril et al., 1992).

II.2.2.b. La température

Les actinomycètes sont généralement mésophiles avec une température optimale de croissance située entre 25 à 30°C (Omura, 1992). D'autres sont thermophiles et tolèrent des températures avoisinant 50 à 60°C (Rangaswami et al., 2004).

II.2.2.c. Le pH

La plupart des actinomycètes se comportent comme des bactéries neutrophiles, et font une croissance optimale dans un intervalle de pH compris entre 7 et 8. La croissance est aussi observée à des valeurs de pH inférieurs à 4 pour quelques espèces (McKinney, 2004).

II.2.2.d. La Tolérance a NaCl

Selon leurs besoins en NaCl, les actinomycètes sont divisés en deux groupes,

- **Les halophiles** : exigent une forte concentration en NaCl pour leurs croissances, cette concentration peut varier de 1 à 6 % (P/V) pour les faibles halophiles, et entre 15 à 30 % pour les bactéries halophiles extrêmes (Nanjani, 2011).
- **Les halotolérants** : acceptent des concentrations modérées en NaCl. Certaines espèces de ce groupe sont extrêmement tolérantes et capables de se développer dans des concentrations d'NaCl allant de 0 % jusqu'à la saturation (Nanjani, 2011).

II.2.2.e. L'activité de l'eau (Aw)

La germination des spores de la pluparts des actinomycètes est observée à des valeurs d'activité d'eaux supérieures ou égales à 0,67, l'activité d'eau optimale pour la croissance et le développement des actinomycètes est égal à 0,98 (Zvyagintsev et al., 2005).

II.3. Taxonomie des actinomycètes

Selon la classification de « Bergey's Manual of Systematic Bacteriology », Le phylum *Actinobacteria*, comprend 6 classes à savoir : *Actinobacteria*, *Acidimicrobidiia*, *Coriobacteriia*, *Nitriliruptoria*, *Rubrobac-teria*, et *Thermoleophilia* (Ludwig et al., 2015). Le tableau 5 présente les principaux classes, ordres, et familles du phylum *Actinobacteria*.

Tableau 6. Classes, ordres, et familles du phylum *Actinobacteria* (Ludwig et al., 2015).

Phylum <i>Actinobacteria</i>		
Classes	Orders	Familles
<i>Actinobacteria</i>	<i>Actinobacteria</i>	<i>Actinomycetaceae</i>
	<i>Frankiales</i>	/
	<i>Corynebacteriales</i>	/
	<i>Streptomycetales</i>	<i>Streptomycitaceae</i>
	<i>Streptosporangiales</i>	<i>Streptosporangiaceae</i>
		<i>Nocardiopsaceae</i>
		<i>Catenulisporaceae</i>
	<i>Catenulisporales</i>	<i>Actinospicaceae</i>
	<i>Micromonosporales</i>	<i>Micromonosporaceae</i>
	<i>Propionibacteriales</i>	<i>Propionibacteriaceae</i>, <i>Nocardiodaceae</i>
	<i>Bifidobacteriales</i>	<i>Bifidobacteriaceae</i>
	<i>Kineosporales</i>	<i>Kineosporaceae</i>
	<i>Jiangellales</i>	<i>Jiangellaceae</i>
	<i>Actinopolysporales</i>	/
	<i>Glycomycetales</i>	<i>Glycomycetaceae</i>
	<i>Micrococcales</i>	<i>Micrococcaceae</i>, <i>Beutenbergiaceae</i>, <i>Micobacteriaceae</i>
<i>Pseudonocardiales</i>	<i>Pseudonocardiaceae</i>	
<i>Acidimicrobiia</i>	<i>Acidimicrobiales</i>	<i>Acidimicrobiaceae</i>
<i>Nitriliruptoria</i>	<i>Nitriliruptorales</i>	<i>Nitriliruptoraceae</i>
	<i>Euzebyales</i>	<i>Euzebyaceae</i>
<i>Rubrobacteria</i>	<i>Rubrobacterales</i>	<i>Rubrobacteraceae</i>
		<i>Conexibacteraceae</i>
		<i>Solirubrobacteraceae</i>
		<i>Thermoleophilaceae</i>
<i>Thermophilia</i>	<i>Thermoleophilales</i>	<i>Thermoleophilaceae</i>
	<i>Solirubrobacterales</i>	<i>Solirubrobacteraceae</i>
	<i>Rubrobacterales</i>	<i>Conexibacteraceae</i> <i>Patulibacteraceae</i>
<i>Coribacteria</i>	<i>Coriobacteriales</i>	<i>Coriobacteriaceae</i>

II.4. Cycle de développement

Le cycle de vie de nombreux actinomycètes commence par la germination des spores (**Fig9**), un processus qui nécessite la présence des ions de calcium. Cette germination donne naissance à un mycélium primaire ramifié (**O'Gara et al., 2008**). Un mycélium aérien vient de se dresser au-dessus du mycélium de substrat. En effet, ce dernier s'autolyse et les produits de la lyse sont utilisés par le mycélium aérien, c'est à ce moment-là que les composés médicalement utiles sont synthétisés. Il s'agit des métabolites secondaires (**Smaoui, 2010**).

A l'extrémité du mycélium aérien se forme des spores asexuées à paroi fine appelées conidies ou conidiospores. Ces spores naissent par séptation du mycélium primaire habituellement en réponse à un stress d'environnement (manque de nutriments). Les spores produites résistent bien à la dessiccation (**Prescott et al., 2010**).

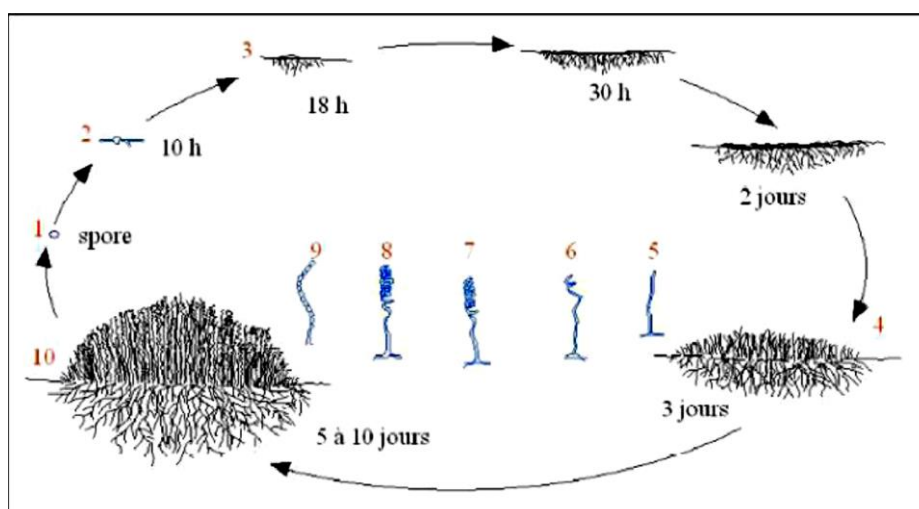


Fig8. Cycle de développement des actinomycètes (**Scherr et Nguyen, 2009 ; Harir, 2018**).

1: spore, 2: tube germinal, 3: mycélium végétatif, 4: colonie jeune, 5: mycélium aérien, 6: sporophore, 7: sporulation, 8 et 9: maturation des spores, 10: colonie mature.

II.5. Ecologie des actinomycètes

Les actinomycètes sont un groupe de bactérie omniprésent qui se produisent dans l'environnement naturel et synthétique. Ils se trouvent dans différentes niches tels que le sol, l'air, l'eau douce, les océans et sur une variété de matériel comme l'engrais, les résidus de végétaux, les composts, et les produits alimentaires (**Kumar et al., 2003**). Le tableau 6 présente quelques habitats des actinomycètes.

Tableau 7. Distribution des actinomycètes dans la nature (Larpent, 1989).

Genre	Habitats
<i>Actinomadura</i>	Sol
<i>Actinoplanes</i>	Sol, eau, litière
<i>Frankia</i>	Nodules des racines
<i>Microbispora</i>	Sol
<i>Micromonospora</i>	Sol, eau
<i>Nocardia</i>	Sol, eau
<i>Rhodococcus</i>	Sol, eau, fumier, litière
<i>Saccharomonospora</i>	Matière en décomposition
<i>Streptomyces</i>	Sol, eau, litière
<i>Streptosporangium</i>	Sol
<i>Thermomonospora</i>	Matière en décomposition et fermentation

II.5.1. Les actinomycètes du sol

Le sol est un habitat naturel pour divers genres de microorganismes dont les actinomycètes présentent généralement 10 à 50% de la totalité de la communauté microbienne (Nonomura, 1969). Les actinomycètes sont présents dans tous les sols. Ils sont surtout présents dans la couche comprise entre la surface du sol et jusqu'à 2m de profondeur c'est-à-dire dans la rhizosphère (Nonomura, 1969).

Le genre *Streptomyces* représente 80 à 95% des actinomycètes présentent dans le sol, il est suivi par les deux genres *Nocardia* et *Micromonospora*. Les autres genres ne constituent qu'une fraction minime. Autrement, ils sont peu fréquents ou même assez rares (Boucheffa, 2011).

II.5.1.a. Actinomycètes des rhizosphères des plantes

La majorité des actinomycètes sont isolés des champs agricoles, des forêts tropicales et des grottes naturelles (Gomes et al., 2000 ; Nakaew et al., 2009). Certains actinomycètes sont distribués dans les parties rhizosphériques du sol. Le terme rhizosphère est utilisé par Martin et Kemp, il définit la zone du sol qui entoure les racines des plantes (Hiltner, 1904).

Au niveau de la rhizosphère, les actinomycètes font des relations symbiotiques avec la plante. Le genre *Frankia* est le genre le plus étudié, il est extrêmement important pour de nombreux types des plantes. Les espèces de ce genre sont des bactéries fixatrices d'azote, elles

forment des nodules au niveau des racines, et confère donc à la plante un avantage pour croître dans un sol pauvre en azote. Cette association est appelée association actinorhizienne (Prescott et al., 2007).

II.5.1.b. Actinomycètes des composts

Les actinomycètes font partie des microorganismes décomposeurs de la matière organique par exemple les *Thermoactinomyces* et les *Frankia*. Ils agissent plus tardivement que les bactéries et les champignons. Ils sont spécialisés dans les derniers stades de compostage en attaquant des structures résistantes comme la lignine (Mincer et al., 2002).

II.5.2. Actinomycètes de l'air

L'air est considéré comme un moyen de transport et non pas un habitat pour les actinomycètes (Gazenko et al., 1998 ; Reponen et al., 1998). Les actinomycètes se développent et libèrent leurs spores dans l'air, ce dernier dissémine les spores dans les différents environnements en provoquant dans certains cas des maladies respiratoires (Gazeno et al., 1985 ; Suntari et al., 2002).

II.5.3. Actinomycètes marins

II.5.3.a. Actinomycètes d'eaux douces

Les actinomycètes sont largement distribués dans les environnements aquatiques, mais cela ne prouve pas qu'ils fassent partie de la flore microbienne indigène. Les genres les plus fréquents dans l'eau douce sont *Actinoplanes*, *Micromonospora*, *Nocardia*, *Streptomyces*, *Rhodococcus* et *Thermoactinomyces* (Williams et al., 1984). L'occurrence et l'importance des actinomycètes dans l'eau douce ont été étudiés par plusieurs chercheurs (Erikson, 1941 ; Bnrman, 1973 ; Rowbotham et Cross, 1977 ; Makkar et Cross, 1982).

Les actinomycètes des eaux douces jouent un rôle important dans la décomposition des débris végétaux et donnent à l'eau son odeur de terre et sa saveur (Williams et al., 1984).

II.5.3.b. Actinomycètes marins

Plusieurs espèces d'actinomycètes sont isolées des environnements marins (Singh et al, 2006 et Imada et al., 2007), et dans des sédiments situés à plus de 4000 m de profondeur (Khatabi et al., 2002). La colonisation normale du milieu marin est un point controversé, selon les uns, il existerait une flore d'actinomycètes spécifique aux sédiments marins

caractérisée par sa barotolérance, son halophilie et une température optimale de croissance faible. Pour d'autre, les actinomycètes isolés de ces milieux correspondraient à des souches terricoles adaptées à la salinité marine (**Larpen et Sanglier, 1989**).

II.6. Rôle et importance des actinomycètes

Les actinomycètes possèdent des rôles importants dans le sol et dans leur interactions avec les plantes, ils sont aussi capables de synthétiser une large gamme de métabolites secondaire d'intérêt biotechnologique (enzymes, antibiotiques, composés antifongiques, et pesticides... etc.) (**Conn, 2005**).

Il a été estimé que sur 16500 antibiotiques connus, 8700 (53%) sont produits par les actinomycètes dont 6550 (40%) sont d'origines des espèces de *Streptomyces* (**Choulet, 2006**). Ces microorganismes ont la capacité de dégrader certaines molécules aromatiques en plus de la pectine et de la kératine, de décomposer des substances organiques tels que : le caoutchouc et ils contribuent dans la fertilisation et la minéralisation de sol. Les actinomycètes produisent également une molécule appelée Géosmine qui donne au sol son odeur caractéristique (**Goodfellow et al., 2012**). Les actinomycètes contribuent à la stimulation de la croissance des plantes par des effets directs et indirects. Les effets directs comprennent la solubilisation du phosphate, la fixation d'azote, la production de phytohormones (**El-Mehalawy et al., 2004**). Cependant, les effets indirects concernent le contrôle des agents pathogènes par la production des métabolites secondaires, tel que les antibiotiques (**Barreto et al., 2008**), ou par la compétition nutritionnelle vis-à-vis des agents pathogènes, comme par exemple la synthèse des sidérophores, qui sont des chélateurs du fer (**Getha et al., 2005**).

II.7. Métabolites secondaire des actinomycètes

Plusieurs substances issues des actinobactéries sont utilisées pour inhiber la croissance des bactéries, des champignons, des insectes, et des virus phytopathogènes.

II.7.a. Activité antibactérienne

Les actinomycètes sont bien connus par la production des substances bioactives pour inhiber la croissance des bactéries phytopathogènes tel que *Xanthomonas*, *Pseudomonas*, *Erwinia*, etc... **Tableau 8 (Promnuan et al., 2020)**.

Tableau 8. Activités antibactériennes de quelques molécules bioactives provenant des actinomycètes contre certaines phytopathogènes.

Substance bioactif	Actinobactérie	Phytopathogènes cibles	Références
Streptomycine	<i>Streptomyces griseus</i>	<i>Xanthomonas Oryzae</i> <i>Xanthomonas citri</i> <i>Pseudomonas tabaci steven</i> <i>Pseudomonas lachrymans</i>	(Copping et Menn, 2000; Errakhi, 2008).
Actinomycine D	<i>Streptomyces panaciaradis</i>	<i>Ralstonia solanacearum</i>	(Bai et al., 2019 ; Ling et al., 2020).
Glucopiercidine A	<i>Streptomyces sp</i>	<i>Erwinia carotovora</i>	(Shang et al., 2018 ; Kang et al., 2015 ; Zhang et al., 2018).
Zelkovomycine	<i>Streptomyces sp</i>	<i>Xanthomonas oryzae</i>	(Tabata et al., 1999 ; Zhang et al., 1999).
Oxazolomycine	<i>Streptomyces albus</i>	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	(Zhao et al., 2010 ; Kanzaki et al., 1999).

II.7.b. Activité antifongique

Les actinomycètes ont la capacité d'inhiber la croissance d'un large éventail des phytopathogène fongiques par la production des substances bioactives antifongiques **Tableau9 (Hery Rado et al., 2017).**

Tableau 9. Activités antifongiques de quelques molécules bioactives provenant des actinomycètes contre certaines phytopathogènes.

Substance bioactif	Actinobactérie	Moisissure cible	Références
Natamycine	<i>Streptomyces natalensis</i> <i>Streptomyces Chattanoogaensis</i>	<i>Fusarium oxysporum</i>	(Aouar, 2012)
Polyoxine	<i>Streptomyces Cacaoi</i> var <i>asoensis</i>	<i>Alternaria spp.</i> <i>Botrytis cinerea</i> <i>Rhizoctonia solani</i>	
Validamycine	<i>Streptomyces hygroscopicus</i>	<i>Rhizoctonia solani</i>	
Cyclo(4-hydroxy-L-Pro-L-Trp)	<i>Streptomyces glauciniger</i>	<i>Aspergillus niger</i>	(Amorn et al., 2016)

II.7.c. Activité insecticide

Parmi les substances bioactif produites par les actinomycètes sont utilisées comme agent de contrôle contre les insectes nuisibles des plantes **Tableau10**, Afin de protéger les cultures agricoles contre les insectes ravageurs, de plus, les molécules bioactives sont moins dangereux pour l'Homme et l'environnement (**Barka et al., 2016**).

Tableau 10. Activités insecticides de quelques molécules bioactives provenant des actinomycètes contre certaines phytopathogènes.

Substance bioactif	Actinobactérie	Insecte cible	Références
Chitinase	<i>Actinoplanes sp</i>	<i>Culex quinquefasciatus</i>	(Gadelhak et al., 2005)
Macrotetrolide	<i>Streptomyces aureus</i>	<i>Callostfruchus chinensis</i>	(Kekuda et al., 2010)
Quinomycine A	<i>Streptomyces sp</i>	<i>Spodoptera exigua</i> <i>Dendrolimus punctatus</i> <i>Plutella xylostella</i> <i>Aphis glycines</i> et <i>Culex pipiens</i>	(Kekuda et al., 2010)
Avermectine B1	<i>Streptomyces sp</i>	<i>Helicoverpa armigera</i>	(Kekuda et al., 2010)

II.7.d. Activité antivirale

Plusieurs études ont rapporté que les actinomycètes sont capables de produire une variété des composés antiviraux **Tableau 11** agissant contre les phytopathogènes (**Rajkumar et al.,2018**).

Tableau 11. Activités antivirales de quelques molécules bioactives provenant des actinomycètes contre certaines phytopathogènes (**Chen et al., 2019**).

Antivirus	Actinobactérie	Virus cible Virus agent antagonistes
Cytosinpeptidemycin (CYTPM)	<i>Streptomyces ahygroscopicus</i>	Tobacco mosaic virus (TMV) Rice stripe virus (RSV)
Glycoprotéine (GP-1)	<i>Streptomyces kansasensis</i>	TMV
ϵ - poly-L-lysine (ϵ -pl)	<i>Streptomyces sp.</i>	TMV

Partie II :
Etude expérimentale

Matériels et méthodes

I. Matériels et méthodes

Ce travail est réalisé au sein du laboratoire pédagogique de microbiologie, Département de Biologie, Faculté des Sciences. Université Ammar Telidji – Laghouat.

I.1. Matériel biologique

I.1.1. Souches microbiennes utilisées

La souche bactérienne utilisée pour la réalisation de ce travail est un actinomycète, elle appartient au genre *Streptomyces*. La souche est désignée V003, elle provient de la collection microbienne du Dr Gacem M A (Enseignant de biologie à l'université de Laghouat).

Les souches fongiques utilisées pour démontrer l'activité biologique de l'actinomycète provient de la collection microbienne du Dr Gacem M A (**Tableau 12**).

Tableau 12. Souches fongiques utilisées pour démontrer l'activité biologique de l'actinomycète V003.

Souches fongiques	Origine
<i>Aspergillus flavus</i>	Collection microbienne du Dr Gacem M A (Enseignant à l'université de Laghouat, Département de Biologie. Faculté des Sciences).
<i>Aspergillus ochraceus</i>	
<i>Fusarium graminearum</i>	
<i>Penicillium expansum</i>	

I.2. Vérification de la pureté des souches fongique par micro culture

La technique de micro-culture décrite par **HARIS (1989)** consiste à inoculer les spores des moisissures sur une lame menée de petits carrés de milieu PDA acidifié et les recouvrir par une lamelle. Les spores sontensemencées sur les limites périphériques du milieu pour leur fournir un potentiel d'oxygène élevé afin qu'elles puissent germer. L'ensemble est conditionné dans une chambre stérile et humide puis incubé à 27 °C pendant 5 jours. Après incubation, les lamelles auxquelles s'adhèrent le mycélium sont transférées sur d'autres lames stériles contenant une goutte de bleu de lactophénol. Les observations microscopiques sont effectuées aux grossissements $\times 10$, $\times 40$ et $\times 100$ (**fig9**). Les genres sont déterminés par les caractères culturaux et microscopiques en se référant au manuel de **Barnett Et Hunter (1972)**.

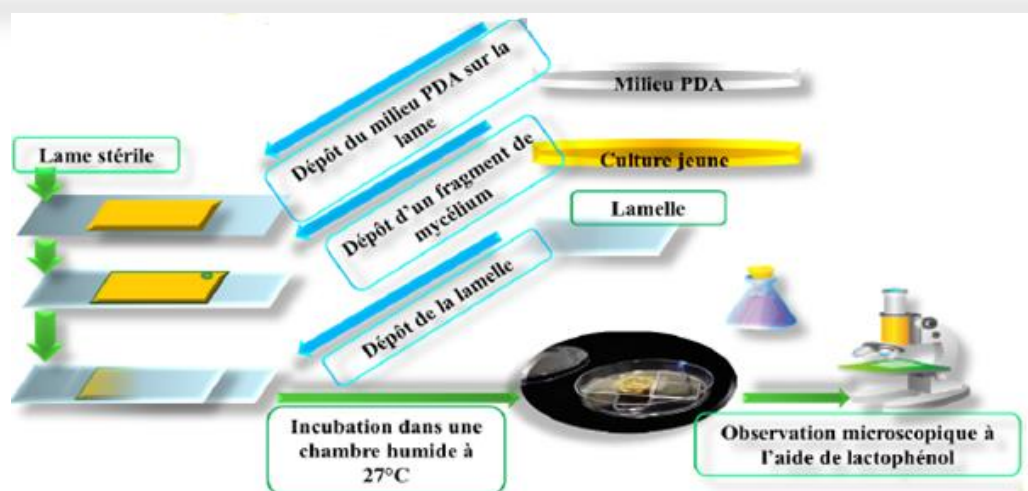


Fig9. Vérification de la pureté des souches fongiques par micro-culture.

I.3. Evaluation du pouvoir antifongique de l'isolat d'actinomycète V003

I.3.1. Préparation des suspensions fongiques

Pour chaque moisissure, l'inoculum doit être préparé à partir d'une culture jeune de 7 jours préparée sur milieu PDA. La récupération des spores est effectuée par un écouvillon stérile imbibé dans le Tween 80, les spores sont par la suite transférées dans 9ml d'eau physiologique stérile. A l'aide d'un vortex, la suspension des spores préparée est mélangé vigoureusement pendant 15-20 secondes afin d'empêcher l'agglutination des spores.

La solution est ajustée à 10^6 spores/ml à l'aide d'un spectrophotomètre réglé à 530 nm (**Fig10**). La densité optique à laquelle l'inoculum est ajusté varie en fonction de l'espèce fongique et la taille des spores (**Tableau 13**). Les suspensions fongiques sont enfin ensemencées sur la surface des milieux GYM et Bennett déjà coulé et solidifié dans les boîtes de Pétrie.

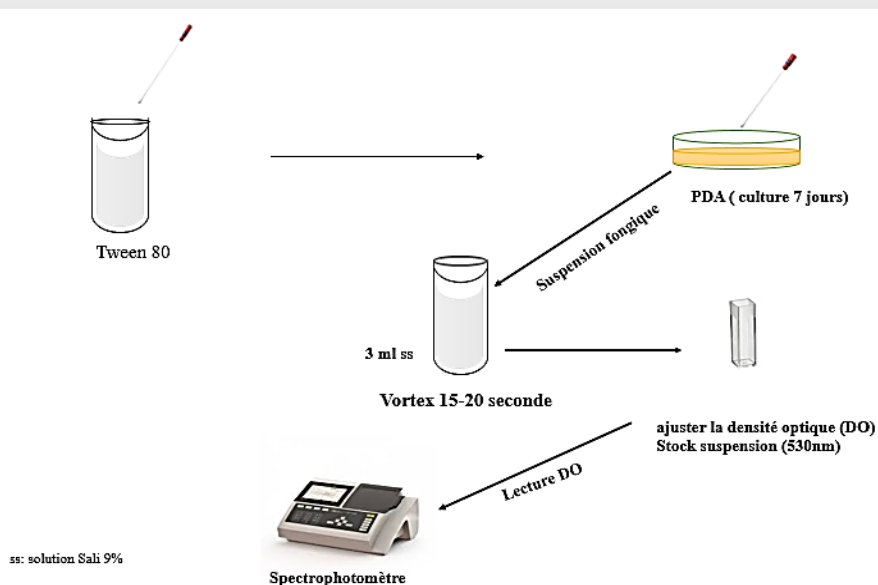


Fig10. Préparation des suspensions fongiques (inoculum) par la méthode de micro-dilution en milieu liquide (Boudjema, 2022).

Tableau 13. Densité optique recherchée pour chaque espèce de moisissures utilisée (Boudjema, 2022).

Souches fongiques	DO
<i>Aspergillus flavus</i>	0.09-0.11
<i>Aspergillus ochraceus</i>	0.09-0.11
<i>Fusarium graminearum</i>	0.15-0.17
<i>Penicillium expansum</i>	0.09-0.11

L'effet antagoniste de la souche V003 n'est possible qu'après leur inoculation sur les surfaces des milieux GYM et Bennett déjàensemencés par les spores fongiques. Pour se faire, des disques bactériens de 1 cm de diamètre sont découpés des cultures V003 préparés précédemment (culture de 10 jours sur milieu GYM) puis déposés au centre des boîtes de Pétrie préalablement préparés. L'incubation se fait à 30°C pendant 7 jours (Fig11)

Les boîtes de Pétrie présentant des zones d'inhibitions au tour des disques bactériens déposés au centre des boîtes sont considérées comme des résultats positifs (présence d'activité antifongique).

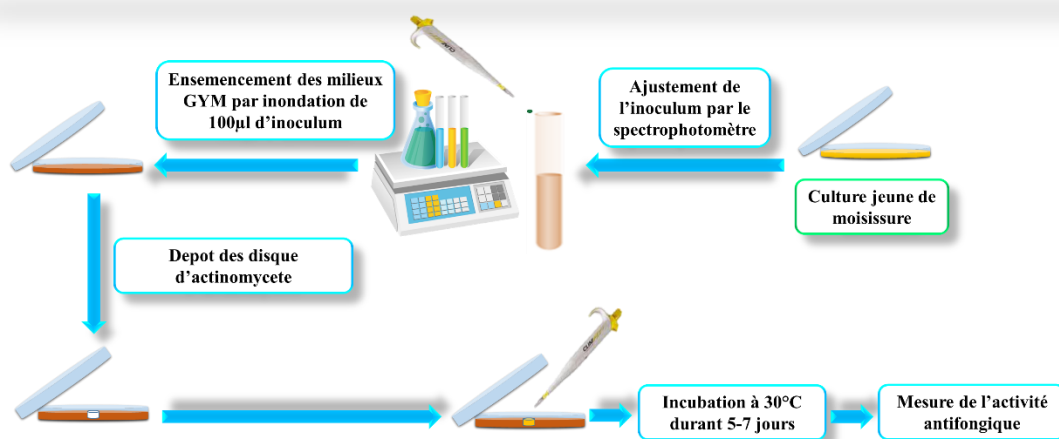


Fig11. Technique d'évaluation de l'activité antifongique par la méthode des disques.

I.4.Evaluation *In Vivo* de l'activité antifongique de la souche V003

I.4.1. Prélèvement du sol

Le sol utilisé dans l'évaluation de l'activité antifongique *In vivo* provient de la région agricole de Hamda. Le sol prélevé est un sol salubre de tout produit chimique y compris les pesticides et les engrais.

Le prélèvement de sol est effectué à l'aide d'une grande spatule, en effet, les quinze premiers centimètres de la couche superficielle du sol sont écartés. La quantité du sol prélevé est placée dans une grande boîte soigneusement fermée et transportée au laboratoire (Kitouni, 2007). Les caractéristiques physico-chimiques et biologiques étaient :

- pH 7,6
- Matière organique totale (1,6%)
- C/N(9,0)
- Phosphate (0,07‰)
- Potasse (0,3‰)
- CaCO₃ (1,2%)
- Numération bactérienne aérobie totale $1,54 \times 10^8$ UFC g⁻¹
- Numération fongique totale $3,9 \times 10^4$ UFC g⁻¹.

Le sol est stérilisé trois fois dans un autoclave à 120°C pendant 60 min sur trois jours consécutifs.

I.4.1.a. Traitement du sol

Le sol destiné à l'évaluation de l'activité antifongique est traité rigoureusement. En effet, les gros débris tels que les pierres, les racine, etc. sont écartés. Ensuite, un tamisage est effectué afin qu'il conditionne la qualité des analyses ultérieures. Le sol est par la suite placé dans des pots stériles.

I.4.2. Enrobage de graines de tomates

Les graines de tomates sont stérilisées en surface en utilisant la méthode de **Coa et al. (2004)**. Les graines stérilisées ont été enrobées par trempage pendant 30 min dans les suspensions de spores d'actinomycètes puis séchées.

I.4.3. Préparation des sols infestés

Les sols stérilisés sont infestés selon une méthode similaire à celle utilisée par **Dhanasekaran et al. (2005)**. Les sols sont conditionnés dans des pots en plastique (12 cm de haut × 10 cm de diamètre) et infestés avec 10 ml de suspension d'agents pathogènes. Les pots ont été recouverts d'un en film plastique et incubés pendant une semaine à température ambiante pour favoriser la croissance des agents pathogènes.

1.5. Tests de bio contrôle

La sélection des moisissures pour le contrôle biologique *in vivo* est basée sur leurs sensibilités antifongiques *in vitro*. Les expériences sont menées dans des sols stérilisés.

Quatre traitements sont effectués :

- Contrôle négatif : en semant des graines de tomates non enrobées dans des sols non infestés.
- Contrôle positif : en semant des graines de tomates enrobées dans des sols non infestés pour évaluer la sensibilité variétale
- Semer des graines de tomates non enrobées dans des sols infestés pour évaluer la capacité dévastatrice des moisissures sur les graines
- Semer des graines de tomates enrobées dans des sols infestés pour évaluer la capacité de lutte biologique de la souche V003 contre les moisissures.

Pour chaque traitement, 20 graines de tomates sont semées par pot, elles sont déposées à 5 mm de la surface du sol avec 3 répétitions par traitement en utilisant un bloc complet entièrement randomisé. Les cultures de tomates sont cultivées dans des conditions standard dans une salle de culture de plantes (22-26 °C, 16 h de lumière/8 h d'obscurité).

Les pots sont arrosés quotidiennement avec 10 ml d'eau distillé stérile pour maintenir un niveau d'humidité favorable à la germination des graines.

Après 30 jours, les semis sont soigneusement retirés du sol et lavés à l'eau du robinet. La gravité de la maladie a été évaluée à l'aide d'une échelle telle que décrite par **Altier et Thies (1995)**.

Résultat et discussion

II. Résultat et discussion

L'actinomycète utilisé dans cette étude pour évaluer son activité biologique fait partie de la collection personnelle du Dr Gacem M A, Département de Biologie. Université de Laghouat (**photo1**).



Photo1. Aspect de la souche d'actinobactérie V₀₀₃ sur milieu GYM (**Photo original**)

II.1. Vérification de la pureté des souches fongique par la technique de micro culture

II.1.1. Résultats obtenus par la méthode de micro-culture

Sur la base de l'observation microscopique de la souche fongique **A** mettant en évidence les têtes conidiennes, unisériées ou bisériées, d'abord radiées, puis reparties en plusieurs colonnes de spores individualisées, jaunâtres au début, puis vert-jaune foncé. Les conidiophores sont verruqueux. Les vésicules sont sub-globuleuses. Les phialides sont insérées directement sur la vésicule ou portées par des métules. Les conidies sont globuleuses à sub-globuleuses, de couleur verte pâle, verruqueuses. Les sclérotés, fréquents dans les isolats récents, sont globuleux à subglobuleux, d'abord blanc puis virant au brunrouge foncé et au noir. Nous confirmons qu'il s'agit d'*Aspergillus flavus* (**photo2**).

L'observation microscopique de la souche fongique **B** permet de distinguer les têtes conidiennes bisériées, d'abord globuleuses puis se séparent en 2 ou 3 colonnes divergentes, bien individualisées, de couleur jaune, ocre-jaune ou chamois. Les conidiophores sont rugueux, jaunes à brun pâle et longs. Les vésicules sont globuleuses, et hyalines. Les phialides sont portées par des métules, de dimensions variables. Les conidies sont sub-globuleuses à globuleuses. Elles sont finement échinulées ou lisses. Les sclérotés, souvent présents, de

couleur lavande à pourpre, sont globuleux, ovales ou cylindriques. Nous pouvons déduire qu'il s'agit d'*Aspergillus ochraceus* (photo2).

L'observation microscopique de la souche fongique **C** permet de distinguer des organisations en pinceau. Le thalle, formé de filaments mycéliens septés et hyalins, porte des conidiophores lisses ou granuleux, simples ou ramifiés qui se terminent par un pénicille. Les conidiophores peuvent être isolés, groupés en faisceaux lâches ou agrégés en corémies bien individualisés. Nous pouvons déduire qu'il s'agit de *Penicillium expansum* (photo2).

Sur la base de l'observation microscopique de la souche fongique **D** mettant en évidence les phialides peuvent s'agréger en sporodochies. Les microconidies sont fusiformes, courbées. La cellule terminale est longue et pointue. Les chlamydospores, intercalaires, formées par le mycélium rarement dans les conidies, sont globuleuses, hyalines à brun pâle. Nous pouvons déduire qu'il s'agit *Fusarium graminearum* (photo2).

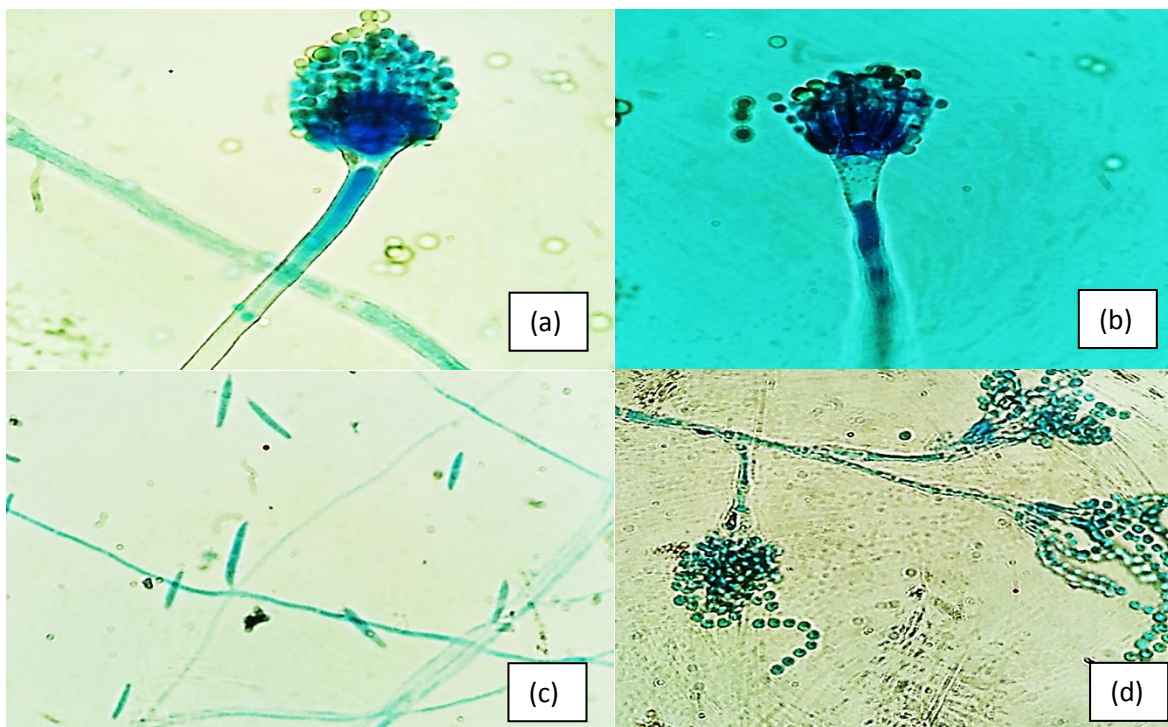


Photo 2. Aspect microscopique des souches fongiques (Photo original).

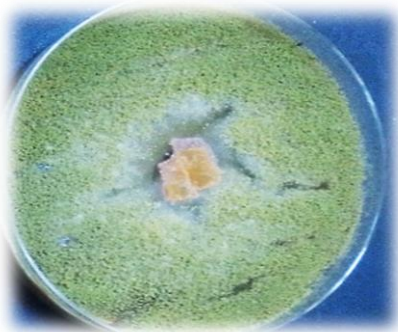


(a) *Aspergillus flavus*, (b) *Aspergillus ochraceus*, (c) *Fusarium graminearum*., (d) *Penicillium exponsum*.

II.2. Résultat de l'activité antifongique

Selon les résultats affichés sur le tableau 14, la souche V₀₀₃ a démontré une activité antifongique modérée contre la majorité des moisissures sélectionnées. Sur les deux milieux de cultures utilisées (Bennett et GYM), des zones d'inhibitions remarquables sont obtenues sur les cultures fongiques d'*Apergilus flavus*, *Penicillium expansum*, *Fusarium graminearum*, *Aspergillus ochraceus*.

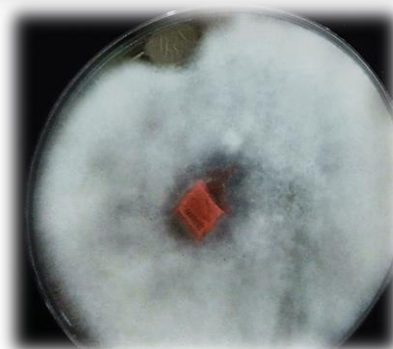
Ces résultats confirment que la souche V₀₀₃ renferme un bon potentiel antifongique contre les moisissures sélectionnées.

Tableau 14. Résultat de l'activité antifongique de souche V003

Souche fongique	Activité antifongique enregistrée	Photo original
<i>Apergilus flavus</i>	Présence d'une activité antifongique	
<i>Aspergillus ochraceus</i>	Présence d'une activité antifongique	
<i>Penicillium expansum</i>	Présence d'une activité antifongique	

Fusarium graminearum

Présence d'une activité antifongique



II.3. Résultat de l'activité antifongique *In vivo*

Selon les résultats affichés dans les tableaux 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 et 24 et les photos 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 et 12, la souche V₀₀₃ renferme une activité antifongique modérée contre les moisissures inoculées dans le sol stérile:

- Dans sol stérile infecté par les actinomycètes plus les souches fongiques, le résultat démontre une faible germination des graines de tomates.
- Dans le sol stérile qui infecté par les souches fongiques le résultat démontre une bonne germination du graines de tomates.

Un bon moyenne de vie des plantes qui traité par les actinomycètes par contre les plantes qui infecté par les moisissures seul sont faible moyenne.

L'aspect des feuilles son normal dans le sol qui infecté par les moisissures et traités par les actinomycètes, Mais dans le sol qui infecté par les moisissures on a remarqué que il y a des tâches blanche et noir qui signifie la malade des plantes des tomates.

L'aspect des racines son normal, mais la longueur des plantes Sont déférente, C'est ce que l'on remarque dans le sol stérile plus tomates infectés par les moisissures et traités par les actinomycètes les plantes plus longs que les plantes infectés par les moisissures seuls, par exemple dans *Fusarium graminearum*.

Tableau 15. Résultat de la germination des graines de tomate dans le sol stérile.

Durée de traitement	Durée de la germination des graines	Couleur des feuilles	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 1	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 2	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 3	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 4	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot5	Moyenne de la longueur des tiges pour chaque lot (Cm)	Couleur des racines	Longueur des racines (Cm)	Longueur de la plante (Cm)
9 jours 04/05/2023			1	0.96	1.07	0.71	0.97	0.94			
11 jours 06/05/2023			1.74	2.6	1.48	1.74	2	1.91			
13 jours 08/05/2023			2.15	2.08	2.04	2.25	2.75	2.25			
15 jours 10/05/2023	6 jours	Verte	2.42	2.57	2.36	2.14	2.62	2.42	Blanche	6.22	16.63
17 jours 12/05/2023			2.44	2.2	2.29	2.61	2.31	2.37			
20 jours 15/05/2023			2.99	2.47	2.63	2.99	2.25	2.66			
24 jours 19/05/2023			3.15	2.59	2.83	3.11	2.38	2.81			
27 jours 22/05/2023			3	2.72	2.89	2.8	2.64	2.81			
32 jours 27/05/2023			5.36	4.13	4.94	4.53	4.4	4.67			
37 jours 01/06/2023			7.7	5.87	7.25	5.64	5	6.29			



Photo 3. Résultat de la germination des graines de tomates dans le sol stérile.

Tableau 16. Résultat de la germination des graines de tomate sur le sol stérile traitées par l'actinomycète.

Durée de traitement	Durée de la germination des graines	Couleur des feuilles	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 1	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 2	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 3	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 4	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot5	Moyenne de la longueur des tiges pour chaque lot (Cm)	Couleur des racines	Longueur des racines (Cm)	Longueur de la plante (Cm)
9 jours 04/05/2023			1.85	1.25	1.53	1.33	0.95	1.38			
11 jours 06/05/2023			1.87	1.78	3.83	2.17	2.08	2.34			
13 jours 08/05/2023			1.96	1.96	2.64	2.46	2.63	2.33			
15 jours 10/05/2023	6 jours	Verte	2.13	1.87	2.63	2.83	2.78	2.44	Blanc	4.28	9.72
17 jours 12/05/2023			2.21	2.04	2.95	2.93	2.69	2.56	he		
20 jours 15/05/2023			2.35	2.18	3.36	3.23	2.90	2.80			
24 jours 19/05/2023			2.25	2.24	3.82	3.04	3.14	2.89			
27 jours 22/05/2023			2.29	2.39	3.45	3.35	3.26	2.94			
32 jours 27/05/2023			3.72	2.86	5.73	5.25	4.67	4.44			
37 jours 01/06/2023			3.79	3.98	7.31	7.5	6.48	5.81			



Photo 4. Résultat de la germination des graines de tomates dans le sol stérile traitées par l'actinomycète.

Tableau 17. Résultat de la germination des graines de tomate infectées par *Aspergillus flavus*.

Durée de traitement	Durée de la germination des graines	Couleur des feuilles	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 1	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 2	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 3	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 4	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot5	Moyenne de la longueur des tiges pour chaque lot (Cm)	Couleur des racines	Longueur des racines (Cm)	Longueur de la plante (Cm)
9 jours 04/05/2023			1.61	1.70	1.58	1.1	2.05	1.60			
11 jours 06/05/2023			2.66	2.45	2.33	1.7	2.65	2.37			
13 jours 08/05/2023	6 jours	Verte	3	3.05	3.08	2.45	3.26	2.96	Blanche	4.31	12.84
15 jours 10/05/2023			3.16	3.34	3.45	2.87	3.44	3.25			
17 jours 12/05/2023			3.3	3.97	3.6	2.75	3.55	3.43			
20 jours 15/05/2023			3.62	4.11	4.01	3.13	4.22	3.81			
24 jours 19/05/2023			3.95	4.2	4.21	3.25	4.13	3.94			
27 jours 22/05/2023			4.16	4.48	4.22	3.45	4.26	4.11			
32 jours 27/05/2023			4.91	5.68	4.93	4.12	5.32	4.99			
37 jours 01/06/2023			6.53	7.89	5.83	4.87	6.07	6.23			



Photo 5. Résultat de germination des graines de tomate infectées par *Aspergillus flavus*.

Tableau 18. Résultat de la germination des graines de tomate infectées par *Penicillium expansum*.

Durée de traitement	Durée de la germination des graines	Couleur des feuilles	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 1	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 2	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 3	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 4	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 5	Moyenne de la longueur des tiges pour chaque lot	Couleur des racines	Longueur des racines (Cm)	Longueur de la plante (Cm)
9 jours 04/05/2023	6 jours	Verte	1.97	1.84	1.36	1.90	1.42	1.69	Blanche	5.21	18.42
11 jours 06/05/2023			2.56	2.59	3.22	2.90	3.11	2.87			
13 jours 08/05/2023			3.07	2.74	3.14	3.96	3.45	3.27			
15 jours 10/05/2023			3.39	3.38	3.65	4.06	3.98	3.69			
17 jours 12/05/2023			3.71	3.38	3.96	4.53	4.41	3.99			
20 jours 15/05/2023			4.11	3.71	4.19	4.62	4.94	4.31			
24 jours 19/05/2023			4.39	3.96	4.39	4.75	4.92	4.48			
27 jours 22/05/2023			4.85	4.29	4.68	5.01	5.7	4.90			
32 jours 27/05/2023			6.89	5.94	6.16	7.32	7.26	6.71			
37 jours 01/06/2023			8.53	7.87	8.95	9.88	8.93	8.83			



Photo 6. Résultat de la germination des graines de tomate infectées par *Penicillium expansum*.

Tableau 19. Résultat de la germination des graines de tomate infectées par *Fusarium graminearum*.

Durée de traitement	Durée de la germination des graines	Couleur des feuilles	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 1	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 2	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 3	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 4	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot5	Moyenne de la longueur des tiges pour chaque lot (Cm)	Couleur des racines	Longueur des racines (Cm)	Longueur de la plante (Cm)
9 jours 04/05/2023			1.45	2.6	2.08	1.83	1.54	1.9			
11 jours 06/05/2023			2.9	2.67	2.35	2.87	2.21	2.6			
13 jours 08/05/2023			2.96	3.22	3.51	3.75	2.95	3.27			
15 jours 10/05/2023	6 jours	Verte	3.62	3.06	3.64	3.92	3.46	3.54	Blanche	4.04	15.24
17 jours 12/05/2023			3.76	3.02	3.94	4.46	3.51	3.73			
20 jours 15/05/2023			4	2.85	4.14	4.44	3.60	3.80			
24 jours 19/05/2023			3.3	3.26	4.35	4.84	3.9	3.93			
27 jours 22/05/2023			3.85	3.5	4.58	5.18	4.06	4.23			
32 jours 27/05/2023			5.37	4.75	6.66	6.56	5.56	5.78			
37 jours 01/06/2023			5.93	5.58	7.66	7.56	6.42	6.63			



Photo 7. Résultat de la germination des graines de tomate infectées par *Fusarium graminearum*.

Tableau 20. Résultat de la germination des graines de tomate infectées par *Aspergillus ochraceus*.

Durée de traitement	Durée de la germination des graines	Couleur des feuilles	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 1	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 2	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 3	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 4	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot5	Moyenne de la longueur des tiges pour chaque lot (Cm)	Couleur des racines	Longueur des racines (Cm)	Longueur de la plante (Cm)
9 jours 04/05/2023	6 jours	Verte	2.21	1.91	1.58	1.8	2.07	1.91	Blanche	3.05	15.5
11 jours 06/05/2023			3.10	2.52	2.82	2.97	3.22	2.92			
13 jours 08/05/2023			3.96	3.35	3.32	5.72	3.80	4.03			
15 jours 10/05/2023			4.4	3.82	3.5	3.86	4.58	4.03			
17 jours 12/05/2023			4.46	3.15	3.75	3.96	4.46	3.95			
20 jours 15/05/2023			8.17	4.4	4.2	4.44	4.07	4.24			
24 jours 19/05/2023			5.18	4.79	4.45	4.59	4.33	4.66			
27 jours 22/05/2023			6.03	5.04	4.62	4.77	4.46	4.98			
32 jours 27/05/2023			7.53	6.37	6.87	6.82	5.39	6.59			
37 jours 01/06/2023			8.46	7.73	8	7.42	6.68	7.65			



Photo 8. Résultat de la germination des graines de tomate infectées par *Aspergillus ochraceus*.

Tableau 21. Résultat de la germination des graines de tomate infectées par *Aspergillus flavus* et traitées par les actinomycètes.

Durée de traitement	Durée de la germination des graines	Couleur des feuilles	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 1	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 2	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 3	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 4	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot5	Moyenne de la longueur des tiges pour chaque lot (Cm)	Couleur des racines	Longueur des racines (Cm)	Longueur de la plante (Cm)
9 jours 04/05/2023			0.5	1.9	1.5	1.14	1.33	1.27			
11 jours 06/05/2023			2.93	1.42	1.63	1.62	1.85	1.89			
13 jours 08/05/2023			2.3	3.23	1.8	2.15	3.75	2.64			
15 jours 10/05/2023	6 jours	Verte	2.22	1.8	2.45	2.22	2.38	2.21	Blanche	5.07	16.75
17 jours 12/05/2023			2.08	1.94	2.44	2.23	2.21	2.18			
20 jours 15/05/2023			2.65	2.04	2.82	2.74	2.58	2.56			
24 jours 19/05/2023			2.59	2.08	2.82	2.97	2.78	2.64			
27 jours 22/05/2023			2.89	2.11	3	3.25	3.11	2.87			
32 jours 27/05/2023			3.89	3.27	4.20	4.70	4.18	4.04			
37 jours 01/06/2023			5.82	5.42	6.18	6.37	5.5	5.85			

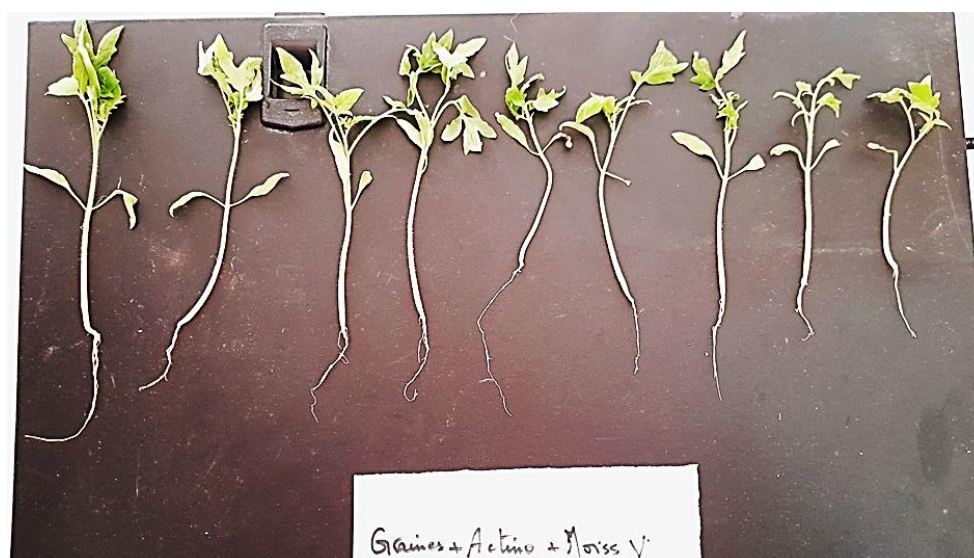


Photo 9. Résultat de la germination des graines de tomate infectées par *Aspergillus flavus* et traitées par les actinomycètes.

Tableau 22. Résultat de la germination des graines de tomate infectées par *Penicillium expansum* et traitées par les actinomycètes.

Durée de traitement	Durée de la germination des graines	Couleur des feuilles	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 1	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 2	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 3	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 4	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 5	Moyenne de la longueur des tiges pour chaque lot (Cm)	Couleur des racines	Longueur des racines (Cm)	Longueur de la plante (Cm)
9 jours 04/05/2023	6 jours	Verte	0.88	0.93	1	1.15	0.83	0.95	Blanche	5.22	12.2
11 jours 06/05/2023			1.58	1.5	1.33	1.4	2.1	1.58			
13 jours 08/05/2023			1.36	1.7	1.6	1.98	2.74	1.87			
15 jours 10/05/2023			1.97	3.76	1.7	1.38	2.58	2.27			
17 jours 12/05/2023			2.31	2.17	1.92	1.79	2.94	2.22			
20 jours 15/05/2023			2.48	2.2	2.12	2.19	2.81	2.36			
24 jours 19/05/2023			2.71	2.2	2.08	2.34	2.92	2.45			
27 jours 22/05/2023			2.79	2	2.3	2.43	3.05	2.51			
32 jours 27/05/2023			3.98	3.1	2.83	3.36	3.78	3.41			
37 jours 01/06/2023			4.4	3.21	3.88	4.18	4.26	3.98			



Photo 10. Résultat de la germination des graines de tomate infectées par *Penicillium expansum* et traitées par les actinomycètes.

Tableau 23. Résultat de la germination des graines de tomate infectées par *Fusarium graminearum* et traitées par les actinomycètes.

Durée de traitement	Durée de la germination des graines	Couleur des feuilles	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 1	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 2	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 3	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 4	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 5	Moyenne de la longueur des tiges pour chaque lot (Cm)	Couleur des racines	Longueur des racines (Cm)	Longueur de la plante (Cm)
9 jours 04/05/2023			1.55	0.88	0.97	1.33	0.84	1.11			
11 jours 06/05/2023			1.05	1.35	1.64	1.63	1.05	1.27			
13 jours 08/05/2023	6 jours	Verte	1.56	1.82	1.96	2.29	1.67	1.86	Blanche	3.85	15.88
15 jours 10/05/2023			1.58	2.28	2.28	2.13	2.06	2.06			
17 jours 12/05/2023			1.94	2.43	2.66	2.46	1.86	2.68			
20 jours 15/05/2023			2.11	2.55	2.38	2.66	2.14	2.36			
24 jours 19/05/2023			2.15	2.60	2.62	2.93	2.3	2.52			
27 jours 22/05/2023			2.20	2.75	2.85	5.06	2.73	3.11			
32 jours 27/05/2023			3.58	4.40	4.57	5.06	5.4	4.60			
37 jours 01/06/2023			5.7	6.53	6.76	7.14	5.40	6.30			

**Photo 11.** Résultat de la germination des graines de tomate infectées par *Fusarium graminearum* et traitées par les actinomycètes.

Tableau 24. Résultat de la germination des graines de tomate infectées par *Aspergillus ochraceus* et traitées par les actinomycètes.

Durée de traitement	Durée de la germination des graines	Couleur des feuilles	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 1	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 2	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 3	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot 4	Longueur de la tige (Moyenne en Cm) Pot5	Moyenne de la longueur des tiges pour chaque lot (Cm)	Couleur des racines	Longueur des racines (Cm)	Longueur de la plante (Cm)
9 jours 04/05/2023	6 jours	Verte	0	0	1.2	1.6	1	0.76	Blanche	4.21	10.63
11 jours 06/05/2023			0	0	1.95	2.26	1.6	1.16			
13 jours 08/05/2023			0	2	2.25	2.96	2.4	1.92			
15 jours 10/05/2023			1.6	1.9	2.05	2.57	2.56	2.13			
17 jours 12/05/2023			1.65	1.65	2.21	3.17	3.02	2.34			
20 jours 15/05/2023			1.89	2.07	2.43	3.62	2.72	2.54			
24 jours 19/05/2023			2	2.22	2.8	3.88	3.28	2.83			
27 jours 22/05/2023			2.08	2.44	3.23	3.85	3.72	3.06			
32 jours 27/05/2023			2.83	2.8	4.09	5.28	4.47	3.89			
37 jours 01/06/2023			3.5	3.43	5.26	6.22	6.14	4.91			

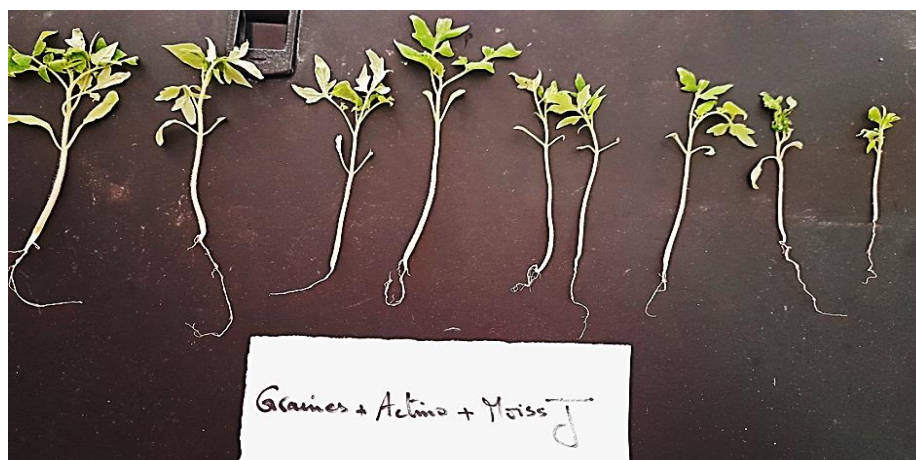


Photo 12. Résultat de germination des graines de tomate infectées par *Aspergillus ochraceus* et traitées par les actinomycètes.

II.4. Discussion

Les actinomycètes sont les meilleurs candidats pour la production des molécules bioactives qui utilisées dans la lutte biologique des phytopathogènes (Sujatha *et al.*, 2005).

L'activité antagoniste des *Streptomyces* contre les champignons et les agents pathogènes est généralement liée à la production des composés antifongiques (Fguira *et al.*, 2005; Atta, 2009), et / ou des enzymes extracellulaires (Mukherjee *et Sen*, 2006; Prapagdee *et al.*, 2008). La production de métabolites secondaires dépend des sources nutritionnelles comme le carbone, l'azote et les facteurs environnementaux tels que la période d'incubation, le pH et la température (Himabindu *et Jetty*, 2006).

Durant cette étude, nos résultats indiquent que la souche V₀₀₃ renferme un bon potentiel à produire des molécules dotées d'une activité antifongique. Nous constatons que la souche V₀₀₃ a montré une bonne activité contre certaines souches fongiques testées. Une activité moyenne est enregistrée contre *Aspergillus flavus* et *Fusarium graminearum*. Par contre, une faible activité est marquée contre *Aspergillus ochraceus* et *Penicillium expansum*. Dans une autre étude menée sur l'activité antifongique réalisée par Mr Gacem et ses collaborateurs en 2019, une activité antifongique moyenne contre le genre *Aspergillus*, *Fusarium* et *Penicillium* est enregistrée.

L'activité antifongique *In vivo* indiquent que la souche V₀₀₃ réduit l'incidence de la maladie dans les graines des tomates germées avec une bonne activité contre la totalité des souches fongiques testées. Ces activités antifongiques induites par les actinomycètes sont déjà signalées par d'autres chercheurs (Goudjal *et al.*, 2013).

Il est à noter que ces activités sont contrôlées par les substances bioactives générées par l'actinomycète (Shinji, 2004).

Conclusion.

Conclusion et perspectives

Les actinomycètes sont une source prolifique des métabolites secondaires, y compris des antibactériens, des antifongiques, des antiviraux et les biopesticides.

Au cours de notre étude, menée sur l'activité antifongique d'une souche d'actinomycète désigné V003, le premier objectif identifié fut l'étude de l'activité antifongique *in vitro* sur quelques moisissures toxigènes sélectionnées.

Pour répondre à cet objectif, des tests antifongiques sont réalisés par des suspensions fongiques et des cultures de V003.

Selon les analyses effectuées, l'actinomycète V003 renferme une activité antifongique modérée contre *Apergilus flavus*, *Penicillium expansum*, *Fusarium graminearum*, *Aspergillus ochraceus*.

Pour reprendre au second objectif évaluant *In vivo* l'activité antifongique de l'isolat V003, des expériences sont réalisées dans des pots contenant des sols stériles.

Les résultats obtenus affirment clairement que la souche V003 possède un pouvoir stimulant la germination des graines de tomates et protège les graines germées contre les infections fongiques provoquées.

A l'issue de cette étude et afin d'élucider certains points restés peu claires, il apparaît nécessaire d'effectuer d'autres études approfondies qui se résument dans les points suivants :

- Identification et caractérisation des substances bioactive.
- Etude de l'activité antibactérienne des substances sur des bactéries et des insectes phytopathogènes.
- Etude de la toxicité de l'isolat V003 et de leurs substances bioactives.

*Références
Bibliographiques.*

Références bibliographiques



Amorn, W P., Charoenwongsa, W., Williams, C., Crump, M. P., & Apichaisataienchote, B. (2016). Antibacterial activity of cyclo (L-Pro-L-Tyr) and cyclo (D-Pro-L-Tyr) from *Streptomyces* sp. strain 22-4 against phytopathogenic bacteria. *Natural product research*. Vol 30(17). Pp1980-1983.

André C., Michel J., Serge H., et Dominique N. (1997). L'amélioration des plantes tropicales. Repères.

Aouae, L. (2012). Isolement et identification des actinomycètes antagonistes des microorganismes phytopathogènes. Thèse de doctorat. Université Mentouri-Constantine. Pp 45-47.

Avril, J, L., & al. (1992). Bactériologie clinique. 2 éd. Paris : ellipses. Pp. 511.



Babadoost, M. (2014). Powdery mildew of tomato. Report on plant disease. Univ. Of Illinois, RPD. 974. Page 2.

Bai, L., Chen, P., Xiang, J., Sun, J., Lei, X. (2019). Enantiomeric NMR discrimination of carboxylic acids using actinomycin D as a chiral solvating agent. *Organic and biomolecular chemistry*. 17.1466-1470.

Barbara van Dam., Shankara Naika., Joep van Lidt de Jeude., Marja de Goffau., Martin Hilmi.(1989). La culture des tomates production, transformation et commercialisation, Première édition, p6-7.

Barka Essaid .,Parul Vatsa., Lisa Sanchez., Nathalie Gaveau-Vaillant., Cedric Jacquard., Hans-Peter Klenk., Christophe Clément., Yder Ouhdouch ., Gilles P., van Wezeld.(2016). Article . Taxonomy, Physiology, and Natural Products of Actinobacteri .

Beckers.h. J. A. Van Der Hoeven. J. S. (1982).Growth Rates of *Actinomyces viscosus* and *Streptococcus mutans* During Early Colonization of Tooth Surfaces in. Gnotobiotic Rats. *Infection and immunity*. Vol. 35. N°. 2. Pp: 583-587.

Benchaalal ;(1983).Généralités sur la tomate ,production végétal, production céréalières et fourragère . Aurès agronome. P 2-6 .

Benton J.(2008). Tomato plant culture. Ed : CRC press. Seconde edition. Newyork. Pp 399.

Benton J.(2008). Tomato plant culture. Ed : CRC press. Seconde edition. Newyork. Pp 399.

Bentvel S C.I.M.(1980). Réponses des rendements à l'eau .Ed. Dunod.p 235.

Bergey's Manual of Systematic Bacteriology (1989). 8th Williams S.T., Sharpe M.E. and Holt J.G. (eds). Vol,4. Williams and Wilkins Co. Baltimore.

Blancard D., 2009. Les maladies de la tomate identifier connaître maîtriser .Ed .Quae c/o INRA, Paris, 690 p.

Boucheffa K., (2011). Criblage de souches d'actinomycètes productrices d'antifongiques nonpolyèniques : Identification des souches productrices et Essai de caractérisation des antifongiques produits. Thèse Magister En microbiologie appliquée aux substances antimicrobiennes. Université Abderrahmane Mira Bejaia.90p.

Boudjemaa M. (2022). Etude de l'activité antifongique et insecticide d'une bactérie du genre Streptomyces sur quelques phytopathogènes (étude *In Vivo*). Université de Laghouat P 24.

Bressan W. (2003). Biological control of maize seed pathogenic fungi by use of actinomycetes. *Biocontrol*. 48, 233-240.



Carre G.; Jussiaux P. et Gonde R., (1968)- Cour d'agriculture moderne. Ed la maison Rustique. 619 p.

Cerkauskas, R. (2005). Gray Leaf Spot. AVRDC Publication. page 05-634.

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

Chen, J., Liu, H., Xia, Z., Zhao, X., Wu, Y., & An, M. (2019). Purification and structural analysis of the effective anti-TMV compound ϵ -Poly-L-lysine produced by *Streptomyces ahygroscopicus*. *Molecules*. vol 24(6). Pp 11.

Choulet, F. (2006). Evolution du génome des Streptomyces : transfert horizontal et variabilité des extrémités chromosomiques. Thèse de Doctorat. Université Henri Poincaré, Nancy 1, pp 210.

Cirad (Organisme, France Ministère des affaires étrangères, Cirad, centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement France), **et Gret** (groupe de recherche et d'échanges technologique, ministère des affaires étrangères). (2002). Mémento de l'agronomie. Edition Quae. 1045-1046.

Conn. V.M. (2005). Molecular Interactions of Endophytic Actinobacteria in Wheat and Arabidopsis. Thèse de Doctorat. Flinders University.

Copping, L.G. and Menn, J.J. (2000). Biopesticides: A Review of Their Action. Applications and Efficacy. Pest Management Science. vol 56. Pp 652-657.



Dakar., (2012) .Techniques de production de semences de tomate au Sénégal.

Dal bello, G. (2008). First report of *Trichothecium roseum* causing postharvest fruit rot of tomato in Argentina. Australasian Plant Disease Notes, 3. 103-104.

Davies, J.N.; Hobson, G.E. (1981). The constituents of tomato fruit - the influence of environment, nutrition, and genotype. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 15: 205-280.

Dommergues, Y. Mangenot, F.(1970) ecologie microbienne du sol .Masson et Cie, paris, pp972(796).

Doolittle,S.P.; Taylor,A.L.; Danielson,L.L.(1962). Les maladies de la tomat, Troisieme edition. P11-12.

Dufour, M. (2011). Moisissures des aliments peu-hydratés, les moisissures. Collection sciences et techniques agroalimentaires. Edition Lavoisier. 39-41.



El Mrabet K., Charlet P., (2008). Les pesticides. Laboratoire National de métrologie et d'Essai „LNE“, Janvier 2008. France.

El-Mehalawy A.A., Hassanein N.M., Khater H.M., Karam-El-Din E.A. and Youssef Y.A. (2004). Influence of maize root colonization by the rhizosphere Actinomycetes and yeast fungi on plant growth and on the biological control of late wilt disease. *Int. J. agric. Biol.* 6, 599-605.

Elmhirst J. (2006). Profil de la culture des tomates de serre au Canada. Edition : agriculture et agroalimentaire Canada. Canada.50p.

Errakhi, R., Bouteau, F., and Lebrihi,A.(2007). Evidences of biological control capacities of *Streptomyces* ssp. Against *Sclerotium rolfsii* responsible for damping-off disease in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *World J Microbiol Biotechnol.* Vol 23. Pp 1503-1509.



Fguira LF, Fotso S, Ameer-Mehdi RB, Mellouli L, Laatsch H (2005). Purification and structure elucidation of antifungal and antibacterial activities of newly isolated *Streptomyces* sp. strain US80. *Res. Microbiol.*, 156: 341-347.



Gacem Mohamed Amine ., Alia Telli1 ., Hiba Gacem., Aminata Ould-El-Hadj-Khelil (2019). Article Phytochemical screening, antifungal and antioxidant activities of three medicinal plants from Algerian steppe and Sahara(preliminary screening studies).

Gadelhak, G. G., El-Tarabily, K. A., & Al-Kaabi, F. K. (2005). Insect control using chitinolytic soil actinomycetes as biocontrol agents. *Int J Agri Biol.* vol 7(4). Pp 627-628.

Gazenko SV., Reponen TA., Grinshpun SA., Willeke K. (1998). Analysis of airborne actinomycete spores with fluorogenic substrates. *Appl Environ Microbiol.*, 64:4410–4415.

Getha K., Vikineswary S., Wong W.H., Seki T., Ward A., Goodfellow M. 2005. Evaluation of *Streptomyces* sp. strain g10 for suppression of *Fusarium* wilt and rhizosphere colonization in pot-grown banana plantlets. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* Vol: 32. Pp: 24-32.

Goodfellow M. and Trujillo M.E. (2012). In *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*.(2012). The actinobacteria, Part 4. Genus *Nocardopsis*. Second Edition volume five.

Goudjala Yacine ., Omrane Toumatiaa, Amine Yekkoura., Nasserline Sabaoua, Florence Mathieuc, Abdelghani Zitounia, (2013). Article . Biocontrol of *Rhizoctonia solani* damping-off and promotion of tomato plant growth by endophytic actinomycetes isolated from native plants of Algerian Sahara.

ℋ

Haslay C., Leclerc H. 1993. Microbiologie des eaux d'alimentation. Lavoisier TEC & DOC. France.

Hery Rado rakotomalali., Vincent Emile rasamison , Sylvain ramananivo ., Romaine Hiltner, L. (1904). Über neue Erfahrungen und Probleme auf dem Gebiet der Bodenbakteriologie und unter besonderer Berücksichtigung der Grundzügen und Brauche. *Archiv für Landwirtschaftswissenschaften* 98:59–78.

Himabindu M, Jetty A (2006). Optimization of nutritional requirements for gentamicin production by *Micromonospora echinospora*. *Indian J. Exp. Biol.*, 44: 842-848.

ı

Imada. C; Koseki. N; Kamata. M; Kobayashi. T; and Hamada-Sato. N. (2007). Isolation and characterization of antibacterial substances produced by marine actinomycetes in the presence of seawater. *Actinomycetologica*, 21 (1), 27-31.

ℑ

Jones C.R., Samac D.A., 1996. Biological control of fungi causing alfalfa seedling damping-off with a disease-suppressive strain of *Streptomyces*. *Biol. Control.*, 7 : 196–204.

℔

Kang, J. E., Han, J. W., Jeon, B. J., & Kim, B. S. (2015). Efficacies of quorum sensing inhibitors, piericidin A and glucopiericidin A, produced by *Streptomyces xanthocidicus* KPP01532 for the control of potato soft rot caused by *Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*. *Microbiological research*, 184, 32-41.

Kanzaki, H., Wada, K. I., Nitoda, T., & Kawazu, K. (1998). Novel bioactive oxazolomycin isomers produced by *Streptomyces albus* JA3453. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 62(3), 438-442.

Kekuda, T. P., Shobha, K. S., & Onkarappa, R. (2010). Fascinating diversity and potent biological activities of Actinomycete metabolites. *Journal of Pharmacy Research*.vol 3(2). Pp 250-256.

Kenneth, W.S. (2011). Late Blight of Tomato. Plant Pathology Fact Sheet, University of Kentucky, PPFS-VG-13. Page 22.

Khattabi A, Hilali L, Dari K, Assobhei O, Gavini F. (2002). Isolement de microorganismes d'origine marine (Maroc) antagonistes de *Yersinia ruckeri* et *Yersinia pseudotuberculosis*. *Rev. Biol. Biotech.*;2:28–32.

Kitouni M., (2007). Isolement de bactéries actinomycétales productrices d'antibiotiques à partir d'écosystèmes extrêmes. Identification moléculaires des souches actives et caractérisation préliminaires des substances élaborées. Thèse de Doctorat. Université Mentouri de Constantine (Algérie). P. 100, 118.

Kumar.A, Bohra.C, singh.C.K.(2003).Environment pollution and management. India: New delhi-110035(Ed), Pp532-534.



Larpent, J.P., Sanglier, J.J. (1989). Biotechnologie des antibiotiques. Paris : Elsevier/Masson .481p-(biotechnologies).

Laumonier R.,1979. Culture légumière et maraichère. Tome 3 Ed Bailliere paris .279P.

Lechevalier, H. (1985). Biology of actinomycetes not belonging to genus *Streptomyces* In: *Biology of industrial microorganisms*. The Benjamin Cummings Publishing Company, INC. pp 315–360.

Lepoivre P., 2003. Phytopathologie. Ed. De Boeck. 428p.

Leroux P. (2003). Mode d'action des produits phytosanitaires sur les organismes pathogènes des plantes. *Comptes rendus Biologies*, 326 : 09-21.

Lindholm, P., Kortemaa, H., Kokkola, M., Haahtela, K., Salkinoja-Salonen, M., Valkonen, J.P.T. (1997). Streptomyces spp. Isolated from potato scab lesions under Nordic conditions in Finland. Plant Dis, 81(11): 1317–1322.

Ling, L., Han, X., Li, X., Zhang, X., Wang, H., Zhang, L., ...& Xiang, W. (2020). A Streptomyces sp. NEAU-HV9: Isolation, identification, and potential as a biocontrol agent against Ralstonia solanacearum of tomato plants. Microorganisms, 8(3), 351.

Loqman, S. (2009). La lutte biologique contre la pourriture grise de la vigne : Isolement, caractérisation de souches de bactéries Actinomycétales antagonistes à partir des sols rhizosphériques de vignes saines sauvages d'origine marocaine. Thèse de Doctorat en Biologie et Physiologie Végétale. Université de Reims Champagne-Ardenne. France. 216p.

Ludwig W, Euzéby J, Schumann P et al (2015). Road map of the phylum Actinobacteria. In: Whitman WB, Rainey F, Kämpfer P et al (eds). Bergey's manual® of systematic bacteriology. Wiley, Hoboken, pp 1–37.

M

Marchaux G., Gogmalons P., Gebre K. ET Coord. (2008). Virus des solanacées: du génome viral à la protection des cultures. Edition : Quae. Paris. 896 p.

Mariat F. et Sebald M. (1990). Actinomycetes In : Bactériologie Médicale. Le Minor L. et véron M. 2éme édition, Flammarion. Paris. 935-949.

McKinney,R.E. (2004). Environmental Pollution Control Microbiology. New York: CRC Press. Pp: 448-(Civil and Environmental Engineering).

Mincer, T. L., P. R. Jensen, C. A. Kauffman & W. Fenical, (2002). Wide spread and persistent populations of a major new marine actinomycete taxon in ocean sediments. App. Environ. Microbiol. 68: 5005-5011.

N

Naika S ., De Jeude JVL., De Goffau M., Hilmi M. et Van Dam B. (2005). La culture de latomate (production, transformation et commercialisation) cinquième édition, Edition:Wageningen. Pays-Bas. 105 p.

Nyabyenda P., 2007. Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique :

Cultures industrielles et d'exportation, cultures fruitières, cultures maraîchères. Presses Agronomiques de Gembloux. 2 : 238p.

Nanjani. S. G &Soni. H. P. (2011). Isolation and characterization of extremely halotolerant and halophilic organisms from dwarka and veraval. *Bioinformatica* .1(1), Pp: 1-15.

Nasraoui, B. (2006). Les champignons parasites des plantes cultivées, biologie, systématique, pathologie, maladies.

Nechadi S., Benddine F.,Moumene A. et Khaddam M. (2002). Etat des maladies virales de la tomate et stratégies de lutte en Algérie. *Bulletin OEPP*, 32(1) : 21-24.

Nonomura, H. and Ohara, Y. (1969). The distribution of Actinomycetes in soil. VI. A selective plate-culture isolation method for Microbispora and Streptosporangium strains. Part I. *JFerment. Technol.*47:463–469.



O'Gara. F. Dowling. D. N, Boesten. B. (2008). *Molecular Ecology of Rhizosphere Microorganisms: Biotechnology and the Release of GMOs.* John Wiley& Sons: Weinheim. Pp: 192.

Omura S., (1992). The search for bioactive compounds from microorganisms. Ed: Springer Verlag: New York. Inc. 281-303. actinomycetes. *Biotechnology and Applied Biochemistry* 42: 161-179.p4; p6.



Pezet R., Viret O. & Gindro K., 2004. Plant-microbe interaction: the Botrytis grey mould of grapes, biology, biochemistry, epidemiology, and control management. *Advances in Plant Physiology* 7, 71 – 116.

Pintureau, B. (2009). La lute biologique. Application auxarthropods ravageurs et aux adventices.Ellipses edition Marignolles, Paris. 19-22, 80-106.

Polese, K.M. (2007). La culture de tomate. Edition Artémis. Page 95.

Prapagdee B, Kuekulvong C, Mongkolsuk S (2008). Antifungal Potential of ExtracellularMetabolites Produced by Streptomyces hygroscopicus against Phytopathogenic Fungi. *Int. J. Boil. Sci.*, 4(5): 330-337. 2842 *Afr. J. Agric. Res.*

Prescott L. ML, Harley J. and Klein D. A^ (2007). Microbiologie. Edition de boeck et lancier.

Prescott. L. M, Harley. J. P, Klein. D. A. (2010). Microbiologie. De Boeck : Bruxelles. 2eme édition Pp : 1088.

Promnuan, Y., Promsai, S., Meelai, S. (2020). Antimicrobial activity of *Streptomyces* spp. isolated from *Apis dorsata* combs against some phytopathogenic bacteria. PeerJ, vol 8. Pp 10512.



Rajkumar,T., Manimaram M., Taju G., Vimal S., Majeed S A., Lannabiran K., ... & Hameed A S., (2018). Antiviral viral compound from *Streptomyces ghanaensis* like strain against white spot syndrome virus (WSSV) of shrimp. BioRxiv, 340265.

Ramananivo et Rado rasolomampianina. (2017). Article. Propriétés biologiques de *Streptomyces* isolé à partir du sol rhizosphérique d'une espèce de baobab (*Adansonia*) endémique de Madagascar P9. 10.

Rangaswami. G. Bagyaraj. D. J. Bagyaraj D.G. (2004). Agricultural Microbiology. PHI: New Delhi. Pp: 440.

Rastogi. B. V, Kishore. B. 1997. A Complete Course in ISC Biology. Pitambar Publishing: New Delhi. Pp: 592.

Reponen, T.A., Gizenko, S.V., Grinshpun, S.A., Willeke, K., Cole, E.C. (1998). Characteristics of Airborne Actinomycete Spores. Appl Environ Microbiol, 64 (10) : 3807–3812.

Rotem, J., Cohen,Y., et Putter, J. (1970). Relativity of limiting and optimum inoculum loads, wetting durations, and temperatures for infections by *Phytophthora infestans*. Phytopathology, 61. 275-278.

Rugthaworn P., Dilokkunanant U., Sangchote S., Piadang N and Kitpreechavanich V. (2007). Search and improvement of actinomycete strains for biological control of plant pathogens. *Kasetsart. J. (Nat. Sci.)*. 41, 248-254.



Sharoni Y. et Levi Y., 2006. Cancer prevention by dietary tomato lycopene and its molecular mechanisms. In A. V. Rao. Ed. Tomatoes, lycopene & human health. Barcelona :Caledonian Science Press : 111–125p.

Shang, N. N., Zhang, Z., Huang, J. P., Luo, L. W. J., Yang, J., Peng, T., Man, Y. Y., T. and Huang, S. X. (2018). Glycosylated piercidins from an endophytes *Streptomyces* with cytotoxicity and antimicrobial activity .*The journal of antibiotics* .71.672-676.

Shankara, N., Van Lidt, D.J., De goffau, M., Hilmi, M., Van Dam, B. et Florijn, A. (2005). La culture de la tomate: Production, transformation et commercialisation. 5^{ème} édition. Foundation Agromis et CTA, Wageningen. Page 40.

Shinji Kawasaki. (Rice blast : interaction with rice and control : proceedings of the 3rd International Rice Blast Conference). Dordrecht, NE ; Boston : Kluwer Academic Publishers, (2004).

Simon H., 1994. La protection des cultures. Ed. Tee et Doc, Paris, 351p.

Singh. S.L; Baruah. I; and Bora. T.C. (2006). Actinomycetes of Lake Loktat Habitat: Isolation and screening for Antimicrobial Activities. *Biotechnol.*, 5 (2), 217- 221.

Smaoui. S. (2010). Purification et Caractérisation de Biomolécules à partir de microorganismes nouvellement isolés et identifiés. Thèse doc : Institut National Polytechnique de Toulouse (INP Toulouse). Pp : 207.

Stackebrandt E., Rainey F.A., Ward-Rainey N.L. 1997. Proposal for a new hierarchic classification system, Actinobacteria classis nov. *Journal of Systematic Bacteriology*. 47: 479 - 491.

Sujatha P., Bapi-Raju K. V. V. S. N. and Ramana T. (2005). Studies on a new marin streptomycete BT-408 producing polyketide antibiotic SBR-22 effective against methicillin resistant *Staphylococcus aureus*. *Microbiol Res*160: 119-126.

Suntari M., Lignell U., Hyvarinen A. and Nevalailen A., (2002). Media for cultivation of indoor streptomycetes. *J. Microbiol. Meth.* 1668-1674.



Tabata, N., Tomoda, H., Zhang, H., Uchida, R., Omura, S. (1999). Zelkovamycin a new cyclic peptide antibiotic from *Streptomyces* sp. K 96-0670. Structure elucidation .52 (1) , 34-39.

Trottin-Caudal Y., 2011. Tomate sous serre et abris : Maîtrise de la protection intégrée : Ctifl : 281 p.

W

Van der Vossen YAM, Nono-Womdim R, Messiaen CM, 2004. *Lycopersicon esculentum* Mill. Fiche Protabase. Gruben, G.J.H. & Denton, O.A.(Editeurs). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa) Wageningen, Pays-Bas, pp: 419-427.

Verolet J-F., RAFFIN R., JAGU L. ET BERRY D. (2001). Tomate sous grand tunnel froid, Fiche technique, 9 p.

W

Wilcox J. K., Catiganig G. L. et Lazaruss., 2003. Tomates and cardiovascular health. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 43: 451-463.

Waksman, S.A. (1959). The actinomycetes: nature, occurrence and activities. The Williams and Wilkins Company, Baltimore, 1: 29-46.

Williams, S.T., Lanning, S., Wellington, E.M.H. (1984). Ecology of Actinomycetes. In: The Biology of the Actinomycetes. Eds : M. Goodfellow, M. Mordarski and S.T. Williams. Academic press, London, New York, Sydney, Tokyo, Sao Paulo. 481-528.

X

Xiao K., Kinkel L. L. and Samac D. A. (2002). Biological control of *Phytophthora* root rots on alfalfa and soybean with *Streptomyces*. *Biol. Control.* 23, 285-295.

Y

Yuan W.M., Crawford D.L., 1995. Characterization of *Streptomyces lydicus* WYEC108 as a potential biocontrol agent against fungal root and seed rots. *Applied and Environmental Microbiology*, 61: 3119–3128.



Zhang, H., Tomoda, H., Tabata, N., Oohori, M., Shinose, M., Takahashi, Y., & Omura, S. (1999). Zelkovamycin, a New Cyclic Peptide Antibiotic from *Streptomyces* sp. K96-0670 I. Production, Isolation and Biological Properties. *The Journal of antibiotics*, 52(1), 29-33.

Zhang, W., Wei, S., & Wu, W. (2018). Preliminary studies on the antibacterial mechanism of Yanglingmycin. *Pesticide biochemistry and physiology*, 147, 27-31.

Zhao, C., Pienkowski, E. W., Zhu, D. Q., Wang, Z., Deng, B. Z. (2010). Oxazolomycin biosynthesis in *Streptomyces albus* JA3453 Featuring an —Acyltransferase less —Type I polyketide synthase that incorporates two distinct extender units. *Journal of biological chemistry*, 285, 20097-20108.

Zuang A. (1982). la fertilisation des cultures légumières. Ed1: N.V.U.F.L.E.C, Paris p393 .

Zvyagintsev. D. G; Zenova. G. M; Sudnizin. I. I; Doroshenko. E. A. (2005). The Ability of Soil Actinomycetes to Develop at an Extremely Low Humidity. Vol: 405. Pp 461-463.

Annexes.

Annexe : Les différents milieux de culture utilisée

❖ **Gélose dextrosée à la pomme de terre (PDA)**

Pomme de terre	200 g
Dextrose	15 g
Agar-Agar	20 g
Eau distillée	1000 g

❖ **Bennett**

Glucose 10 g	
Peptone pancréatique de caséine	2 g
Extrait de levure	1 g
Extrait de viande	1 g
Agar-Agar	15 g
Eau distillée	1000 ml

❖ **GYM**

Agar-Agar	12g
Extrait de malt	10 g
Extrait de levure	4g
CaCO ₃	2g
Glucose	4g
Eau distillée	1000 ml