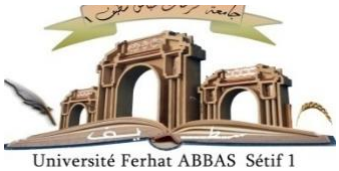
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Université Sétif 1, Ferhat ABBAS
Faculté des Sciences de la



جامعة ، سطيف 1، فرحات عباس
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DÉPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIE

N°..... ...../SNV/**2026**

MEMOIRE
Présenté par

Mefredj sara

Mezeache Hanane

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Biotechnologie

Spécialité : Biotechnologie et Pathologie Moléculaire

Thème

Lutte biologique contre les bactéries phytopathogènes par les actinomycètes : revue comparative des stratégies et des potentialités dans les régions arides et semi-arides d'Algérie

Devant le Jury :

PRÉSIDENT: Daroui Atika	**GRADE**	**MCA**	**UFA Sétif 1**
ENCADRANT : Boukelloul Inas	**GRADE**	**MAB**	**UFA Sétif 1**
EXAMINATEUR : Ramdan Asma	**GRADE**	**MCB**	**UFA Sétif 1**

ANNÉE UNIVERSITAIRE : 2025/2026

Table des matières

Table des matières

LISTE DES ABRÉVIATIONS

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

Résumé

Introduction générale 1

Chapitre I: Phytopathologie 4

1. Généralités sur la phytopathologie 4

2. Historique de la phytopathologie 5

3. Importance économique des maladies bactériennes 5

4. Modes de transmission 6

5. Principales bactéries phytopathogènes 7

5.1. Pseudomonas syringae 7

5.2. Ralstonia solanacearum 9

5.3. Pectobacterium carotovorum 10

5.4 *Xanthomonas* campestris 12

6. Lutte contre les bactéries phytopathogènes 14

6.1. Lutte chimique 14

6.2. Lutte biologique 15

Chapitre II : Actinomycètes 16

1.Généralités sur les actinomycètes 16

2. Caractéristiques des actinomycètes 17

2.1. Caractéristiques morphologiques 17

2.2. Caractéristiques physiologiques 20

2.2.1. Température 20

2.2.2. Ph 20

2.2.3. Tolérance au NaCl 20

2.2.4. Activité de l'eau (*aw*) 20

3. Écologie et habitat des actinomycètes 20

4. Métabolites secondaires et biotechnologie des actinomycètes 21

4.1. Production d'antibiotiques 22

4.2. Production d'enzymes hydrolytiques 22

4.3. Production de sidérophores 22

4.4. Fixation biologique de l'azote 23

4.5. Solubilisation du phosphate 23

4.6. Production de phytohormones 24

4.7. Production de pigments 24

4.8. Production de composés organiques volatils (VOCs) 25

5. Induction de la résistance chez la plante 26

6. Principes et importance de la lutte biologique contre les bactéries phytopathogènes 27

6.1. Exclusion 27

6.2. Éradication 27

6.3. Protection 28

6.4. Résistance 28

6.5. Thérapie 28

7. Mécanismes d'action de la lutte biologique 28

7.1. Parasitisme 28

7.2. Antibiose 29

7.3. Compétition 29

7.4. Inhibition du quorum sensing (quorum quenching) 29

Chapitre III: Matériel et méthodes 31

1. Méthodes d'isolement des actinomycètes 31

1.1. Techniques de prélèvement des échantillons de sol 31

1.2Principales méthodes de prétraitement des échantillons de sol 32

1.3. Méthodes d'isolement sélectif des actinomycètes 33

1.4. Purification et conservation des isolats 35

1.5. Identification préliminaire des souches d'actinomycètes 35

2. Évaluation de l'activité antimicrobienne des actinomycètes 37

2.1. Isolement et préparation des bactéries phytopathogènes 37

2.2. Préparation des microorganismes tests 38

2.3. Évaluation de l'activité antimicrobienne 38

3. Biocontrôle de la pourriture molle par les actinomycète*s* (essai *in vivo*) 39

Chapitre IV: Résultats et disscution 41

Conclusion 46

Références bibliographiques 48

Résumé

Les maladies bactériennes des plantes figurent parmi les principales contraintes de la production agricole mondiale en raison des pertes considérables qu'elles occasionnent sur le rendement et la qualité des cultures. Parmi les bactéries phytopathogènes les plus redoutables figurent *Pseudomonas syringae*, *Ralstonia solanacearum*, *Pectobacterium carotovorum* et *Xanthomonas campestris*, capables d'infecter un large éventail d'espèces végétales grâce à divers mécanismes de virulence.

Pendant de nombreuses années, la lutte contre ces agents pathogènes a reposé principalement sur l'utilisation de pesticides chimiques. Toutefois, leur usage intensif a favorisé l'émergence de souches résistantes et engendré des effets néfastes sur l'environnement, la biodiversité ainsi que la santé humaine. Face à ces enjeux, le développement de méthodes alternatives, durables et respectueuses de l'environnement est devenu une nécessité.

Cette étude bibliographique a pour objectif de mettre en évidence le potentiel des actinomycètes, en particulier ceux appartenant au genre *Streptomyces*, dans la lutte biologique contre les bactéries phytopathogènes. Ces microorganismes sont reconnus pour leur remarquable capacité à produire une grande diversité de métabolites bioactifs, notamment des antibiotiques, des enzymes hydrolytiques, des sidérophores, des composés organiques volatils ainsi que des substances favorisant la croissance des plantes. Ces molécules jouent un rôle essentiel dans l'inhibition des agents pathogènes et le renforcement des mécanismes de défense des plantes.

Les données rapportées dans la littérature soulignent également que les régions arides et semi-arides de l'Algérie constituent un réservoir important d'actinomycètes possédant un fort potentiel biotechnologique. Ces microorganismes représentent ainsi une ressource prometteuse pour le développement de stratégies de biocontrôle innovantes et efficaces, contribuant à l'émergence d'une agriculture durable, respectueuse de l'environnement et moins dépendante des intrants chimiques.

Mots-clés : Actinomycètes, *Streptomyces*, lutte biologique, bactéries phytopathogènes, métabolites bioactifs, biocontrôle, agriculture durable.

Abstract

Bacterial plant diseases are among the major constraints on agricultural production worldwide due to the significant losses they cause in crop yield and quality. Among the most destructive phytopathogenic bacteria are *Pseudomonas syringae*, *Ralstonia solanacearum*, *Pectobacterium carotovorum*, and *Xanthomonas campestris*, which are capable of infecting a wide range of plant species through various virulence mechanisms.

For many years, the control of these pathogens has relied mainly on the use of chemical pesticides. However, their intensive application has promoted the emergence of resistant strains and generated adverse effects on the environment, biodiversity, and human health. In this context, the development of sustainable and environmentally friendly alternative control strategies has become a necessity.

This bibliographic study aims to highlight the potential of actinomycetes, particularly those belonging to the genus *Streptomyces*, in the biological control of phytopathogenic bacteria. These microorganisms are well known for their remarkable ability to produce a wide variety of bioactive metabolites, including antibiotics, hydrolytic enzymes, siderophores, volatile organic compounds, and plant growth-promoting substances. These compounds play a crucial role in suppressing pathogens and enhancing plant defense mechanisms.

The literature also indicates that the arid and semi-arid regions of Algeria constitute an important reservoir of actinomycetes with considerable biotechnological potential. Therefore, these microorganisms represent a promising resource for the development of innovative and effective biocontrol strategies, contributing to sustainable agriculture that is environmentally friendly and less dependent on chemical inputs.

Keywords: Actinomycetes, *Streptomyces*, biological control, phytopathogenic bacteria, bioactive metabolites, biocontrol, sustainable agriculture.

الملخص

تُعدّ الأمراض البكتيرية النباتية من بين أهم العوائق التي تواجه الإنتاج الزراعي على مستوى العالم، بسبب الخسائر الكبيرة التي تُسببها في مردود المحاصيل وجودتها .ومن بين أكثر البكتيريات النباتية الممرِضة تدميرًا نجد Pseudomonas syringaeو Ralstonia solanacearumو Pectobacterium carotovorumو Xanthomonas campestris، والتي تمتلك القدرة على إصابة طيف واسع من النباتات من خلال آليات ضراوة مختلفة.

ولسنوات عديدة، اعتمدت مكافحة هذه الممرضات أساسًا على استخدام المبيدات الكيميائية .غير أن الاستعمال المكثف لهذه المواد أدى إلى ظهور سلالات مقاومة، كما تسبب في آثار سلبية على البيئة والتنوع البيولوجي وصحة الإنسان .وفي هذا السياق، أصبح تطوير استراتيجيات بديلة ومستدامة وصديقة للبيئة أمرًا ضروريًا.

تهدف هذه الدراسة البيبليوغرافية إلى إبراز الإمكانات الكبيرة للأكتينوميسات، وخاصة التابعة لجنس Streptomyces، في المكافحة البيولوجية للبكتيريات النباتية الممرضة .وتُعرف هذه الكائنات الدقيقة بقدرتها المتميزة على إنتاج مجموعة واسعة من المستقلبات الحيوية الفعالة، بما في ذلك المضادات الحيوية، والإنزيمات المحلِّلة، والسيديروفورات، والمركبات العضوية المتطايرة، والمواد المحفزة لنمو النبات .وتؤدي هذه المركبات دورًا أساسيًا في تثبيط الممرضات وتعزيز آليات الدفاع لدى النبات.

كما تشير الدراسات إلى أن المناطق الجافة وشبه الجافة في الجزائر تُعدّ خزانًا مهمًا للأكتينوميسات ذات الإمكانات البيوتكنولوجية الكبيرة .ولذلك، تمثل هذه الكائنات الدقيقة موردًا واعدًا لتطوير استراتيجيات مبتكرة وفعّالة للمكافحة البيولوجية، تسهم في تحقيق زراعة مستدامة، صديقة للبيئة، وأقل اعتمادًا على المدخلات الكيميائية.

الكلمات المفتاحية: الأكتينوميسات ،Streptomyces ، المكافحة البيولوجية، البكتيريات النباتية الممرِضة، المستقلبات الحيوية الفعالة، المكافحة الحيوية، الزراعة المستدامة .

Introduction générale

À l'horizon 2030, la sécurité alimentaire constitue l'un des principaux défis mondiaux et figure au cœur des Objectifs de Développement Durable (ODD) définis par les Nations Unies. L'Objectif de Développement Durable n° 2 vise notamment à éliminer la faim, à assurer la sécurité alimentaire et à promouvoir une agriculture durable capable de répondre aux besoins d'une population mondiale en constante augmentation (**FAO *et al.*, 2024**). Dans ce contexte, l'amélioration de la productivité agricole apparaît comme une nécessité pour satisfaire la demande croissante en denrées alimentaires tout en préservant les ressources naturelles et les équilibres environnementaux **(Zheng *et al*., 2024).**

Toutefois, la production agricole est confrontée à de nombreuses contraintes biotiques et abiotiques qui limitent les rendements et compromettent la durabilité des systèmes de production. Parmi ces contraintes figurent les changements climatiques, la désertification, la salinisation des sols, la sécheresse ainsi que les maladies des plantes (**Peñuelas *et al*., 2023**). Ces dernières représentent une menace majeure pour de nombreuses cultures d'intérêt agronomique et sont responsables de pertes importantes en quantité et en qualité des récoltes à l'échelle mondiale (**Savary *et al*., 2019**).

Parmi les agents responsables de ces maladies, les bactéries phytopathogènes occupent une place importante. Elles provoquent diverses affections telles que les flétrissements vasculaires, les pourritures molles, les chancres, les galles et les nécroses, entraînant des conséquences économiques considérables pour les filières agricoles (**Mansfield *et al*., 2012 ; FAO, 2021**). La maîtrise de ces agents pathogènes constitue ainsi un enjeu majeur pour la protection des cultures et la sécurité alimentaire, notamment en raison de la diversité des espèces impliquées telles que Xanthomonas campestris, Pectobacterium carotovorum, Ralstonia solanacearum et Pseudomonas syringae **(Agrios, 2005).**

Pendant plusieurs décennies, la lutte contre les maladies bactériennes des plantes a reposé principalement sur l'utilisation de pesticides chimiques. Bien que ces produits aient permis de réduire les pertes agricoles et d'améliorer les rendements, leur usage intensif a entraîné plusieurs conséquences négatives, notamment la contamination des sols et des ressources hydriques, la perturbation des écosystèmes, l'apparition de phénomènes de résistance chez certains microorganismes ainsi que des risques potentiels pour la santé humaine et animale (**Popp *et al*., 2013 ; Sundin et Wang, 2018**). Face à ces limites, la recherche de méthodes de lutte alternatives, efficaces et respectueuses de l'environnement est devenue une priorité pour le développement d'une agriculture durable (**Köhl *et al*., 2019**).

Dans cette optique, le biocontrôle apparaît comme une approche prometteuse reposant sur l'utilisation d'organismes vivants ou de leurs métabolites afin de limiter le développement des agents phytopathogènes tout en réduisant l'impact environnemental des pratiques agricoles (**O'Brien, 2017**). Parmi les microorganismes les plus étudiés dans ce domaine figurent les actinomycètes, et plus particulièrement les espèces appartenant au genre *Streptomyces*. Ces bactéries filamenteuses sont reconnues pour leur exceptionnelle diversité métabolique et leur aptitude à produire une grande variété de composés bioactifs, notamment des antibiotiques, des enzymes hydrolytiques, des sidérophores et divers métabolites secondaires impliqués dans l'inhibition des microorganismes pathogènes (**van der Meij *et al*., 2017 ; Alam *et al*., 2022**).

Outre leur activité antagoniste, de nombreuses espèces d'actinomycètes possèdent des propriétés favorisant la croissance et le développement des plantes. Elles peuvent produire des phytohormones, solubiliser les phosphates minéraux, améliorer l'acquisition du fer grâce à la production de sidérophores et stimuler les mécanismes de défense des végétaux (**Vurukonda *et al*., 2018**). Cette double fonction de protection et de promotion de la croissance confère aux actinomycètes un intérêt particulier dans le développement de solutions biologiques innovantes destinées à une agriculture plus durable (**Olanrewaju et Babalola, 2019**).

L'Algérie constitue un terrain d'étude particulièrement intéressant pour la recherche de nouveaux agents de biocontrôle. En effet, les régions arides et semi-arides couvrent une grande partie du territoire national et abritent des écosystèmes soumis à des conditions environnementales extrêmes (**Novello *et al*., 2023**). Ces milieux renferment une biodiversité microbienne encore largement inexplorée, notamment en ce qui concerne les actinomycètes. L'adaptation de ces microorganismes à des conditions de stress importantes laisse supposer l'existence de souches capables de produire de nouvelles molécules bioactives présentant un fort potentiel pour la lutte contre les bactéries phytopathogènes (**Djinni *et al.,* 2019 ; Menasria *et al.,* 2022**). L'exploration et la valorisation de ces ressources microbiennes constituent ainsi une voie prometteuse pour le développement de stratégies de biocontrôle adaptées aux exigences de l'agriculture moderne (**Compant *et al*., 2019**).

Dans ce contexte, le présent mémoire a pour objectif général de réaliser une synthèse bibliographique sur le potentiel des actinomycètes en tant qu'agents de biocontrôle des bactéries phytopathogènes.

Les objectifs spécifiques sont les suivants :

- Présenter l'importance des bactéries phytopathogènes et leurs impacts sur la production agricole ;

- Analyser les limites de l'utilisation des pesticides chimiques dans la gestion des maladies bactériennes des plantes ;
- Décrire les principales stratégies de biocontrôle impliquant les actinomycètes ainsi que leurs mécanismes d'action ;
- Évaluer, à partir des données de la littérature, le potentiel des actinomycètes isolés des régions arides et semi-arides algériennes dans la lutte contre les bactéries phytopathogènes.

Afin de répondre à ces objectifs, le présent mémoire est structuré en deux chapitres de synthèse bibliographique, suivis d'une partie consacrée au matériel et aux méthodes ainsi que d'une discussion des résultats. Le premier chapitre est consacré aux bactéries phytopathogènes et aux stratégies de lutte utilisées contre ces agents pathogènes. Le deuxième chapitre présente les actinomycètes, leurs caractéristiques biologiques ainsi que leur potentiel en tant qu'agents de biocontrôle. La partie « Matériel et méthodes » décrit les approches expérimentales mises en œuvre pour l'isolement, l'identification et l'évaluation de l'activité antibactérienne des actinomycètes. Enfin, la discussion des résultats propose une analyse critique des travaux recensés, met en évidence leurs limites et présente les perspectives futures dans le domaine du biocontrôle des bactéries phytopathogènes.