



Université Mohamed Khider de Biskra  
Faculté des sciences exactes et des sciences de la nature et de la  
vie  
Département des sciences de la nature et de la vie  
Filière : Sciences biologiques

Référence...../ 2022

# MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité : Microbiologie Appliquée

---

Présenté et soutenu par :  
**Haïag ASMA**  
**Mechehat OUM ELKHIR**

Le.....2022

## Isolement et identification des actinomycètes extrémophiles du sud Algérienne

---

### Jury :

Titre	1ier membre du jury	Grade	Université	Statut
Titre	Benbelaid Fethi	MCB	Université	Rapporteur
Titre	3e membre du jury	Grade	Université	Statut

Année universitaire : 2021-2022

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# Remerciements

Nous tenons à remercier en tout premier lieu **ALLAH** le tout puissant

de nous avoir donné la santé, le courage et la patience pour

mener à terme ma formation et pouvoir

réaliser ce travail

Nous tenons particulièrement à adresser nos remerciements à :

Dr. BENBELAID Fethi, de nous avoir accepté pour l'encadrement, pour ses orientations et ses conseils tout au long de notre travail. Sous sa direction, nous avons trouvé toute l'aide nécessaire pour finaliser le présent travail

Nous tenons également à remercier les membres du jury d'avoir révisé notre  
manuscrit.

Nous remercions tous les enseignants et le cadre administratif du département des  
sciences biologiques.

# Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers au monde ma mère et mon père qui m'ont soutenu et encouragé durant ces années d'études

A mes frères **Maamar, ismail,abdelmalek** et mes sœurs **nesrine et fatima el zohra**

Pour leur appui et leur soutien tout au long de mon parcours universitaire

Et je n'oublierai pas de mentionner le plaisir de mon foie et l'âme de mon cœur, ma chère fille  
**Hadjer**

A toutes ma famille

A mon binôme **asma**

A mes amies, spécialement mes meilleures amie, **faiza et hana.**

A toutes les personnes qui ont partagé avec moi des moments appréciables **surtout mon directrice dans mon travail saim masseouda**

Je dédie aussi mon travail à l'âme de mes grands-parents **abdelmalek** et **ismail** , que Dieu leur fasse miséricorde.

***MECHEHAT Oum elkhir***

# Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

*إلى روح أبي الطيبة .. عراب نجاحي .. ملهمي في الكفاح .. هذا النجاح منك وإليك*

A ma mère mon petit pays

A ma fille " **Ibtihel**" la seule raison de mon combat dans la vie

A mon binôme **Mechehat oum elkhir**

A tout et tous mes amis et collègues spécialement **Faiza** et **Hanaa**

A ma famille qui m'ont soutenu jusqu'au bout grâce à vous je suis :

strong independent woman

***Haiag Asma***

# Table des matières

Liste des tableaux .....	I
Liste des figures .....	II
Liste des abréviations .....	III
Introduction.....	1
Partie bibliographique .....	3
Chapitre 1. Généralité sur les actinomycètes .....	3
1.1. Définition et caractères générales .....	3
1.2. Classification des actinomycètes.....	3
1.2.1. Caractères morphologiques.....	5
1.2.2. Caractère chimio taxonomiques.....	5
1.2.3. Critères physiologiques et taxonomie numérique.....	6
1.2.4. Taxonomie moléculaire.....	6
1.3. Cycle de développement des actinomycètes.....	7
1.4. Les actinomycètes dans les milieux extrêmes .....	7
1.4.1. Les actinomycètes halophiles et halotolérantes.....	7
1.4.2. Les actinomycètes alcalophiles .....	7
1.4.3. Les actinomycètes acidophiles .....	8
1.4.4. Les actinomycètes thermophiles.....	8
1.4.5. Les actinomycètes psychrophiles.....	9
Chapitre 02. Intérêts des actinomycètes .....	10
2.1. Domaine agronomique.....	10
2.2. Production des substances biologiquement actives .....	10
2.2.1. Antibiotiques.....	10

# Table des matières

2.2.2. Production des enzymes.....	11
2.2.2.1. Protéases.....	11
2.2.2.2. Chitinases .....	12
2.2.2.3. Amylases.....	12
2.2.2.4. Xylanases.....	12
2.2.2.5. Lipases.....	12
2.2.2.6. Cellulases.....	13
Partie expérimentale .....	14
Chapitre 3. Matériel et méthodes.....	14
3.1. Souches d'actinomycète étudiées.....	15
3.1.1. Echantillonnage .....	16
3.1.2. Isolement des actinomycètes.....	16
3.1.3. Identification.....	16
3.2. Activités antimicrobiennes étudiées .....	18
3.2.1. Souches testées .....	18
3.2.2. Activité antibactérienne.....	19
3.2.3. Activité antifongique.....	20
Chapitre 4. Résultats et Discussion.....	23
4.1. Résultats.....	23
4.1.1. Résultats phylogénétique des Actinomycètes.....	23
4.1.2. Résultats des activités antibactérien et antifongique.....	26
4.2. Discussion.....	28
Conclusion .....	30
Références Bibliographiques.....	32
Résumés .....	40

# Liste des tableaux

<b>Tableau 1. Propriétés générales des actinomycètes .....</b>	<b>3</b>
<b>Tableau 2. Classification des actinomycètes .....</b>	<b>3</b>
<b>Tableau 3. Exemples d'antibiotiques produits par des actinomycètes .....</b>	<b>10</b>
<b>Tableau 4. Données sur les souches étudiées. ....</b>	<b>15</b>
<b>Tableau 5. Méthodes utilisées pour identifier les souches des Actinomycètes.....</b>	<b>17</b>
<b>Tableau 6. Souches microbiennes testées.....</b>	<b>18</b>



# Liste des figures

Figure 1. Le cycle de développement d'un actinomycète sporulant .....	7
Figure 2. Test de mise en évidence de l'activité antibactérienne par la méthode des cylindres d'agar .....	20
Figure 3. Arbre phylogénétique des espèces du genre <i>Actinopolyspora</i> . . .....	23
Figure 4. Arbre phylogénétique de la souche <i>Streptomyces</i> spp. <i>BTS40</i> basées sur les séquences du gène de l'ARNr 16S.....	24
Figure 5. Arbre phylogénétique dérivé de séquences de gènes d'ARNr 16S montrant les relations entre les isolats d'actinomycètes et leurs voisins phylogénétiques .....	25

# Liste des abréviations

**GLM** : Glucose – Extrait de levure – Malt

**ISP** : Gélose d'extrait de malt de levure du projet international Streptomyces

**LBSM** : Le Laboratoire de Biologie des Systèmes Microbiens (LBSM)

**MA**: Mycélium aérien

**MS**: Mycélium du substrat

**PCR**: Polymerase Chain Reaction

**YMA** : Gélose à base de mannitol et d'extrait de levure

# **Introduction**

## Introduction

Les actinomycètes sont des procaryotes décrits pour la première fois par Ferdinand Cohn en 1875 (Waksman, 1961). Ce sont des microorganismes qui se trouvent dans de nombreux habitats naturels, tels que les eaux douces, l'eau de mer, les animaux à sang froid et chaud et le compost. Toutefois, le sol demeure leur habitat adéquat et favorable dans lequel on peut isoler jusqu'à 20 genres par gramme (Williams *et al.* 1983). Le premier dénombrement des actinomycètes du sol a été réalisé par Hiltner et Stormer (1903) selon lequel les auteurs ont indiqué que le pourcentage des actinomycètes représente 13 à 30 % de la masse microbienne (Jensen *et al.*,1991).

Les actinomycètes sont des bactéries reconnues principalement par leur morphologie spécifique, du fait que ces procaryotes sont capables de former des hyphes ramifiés à un certain stade de leur développement (Goodfellow, 1983). C'est pour ça ces bactéries sont nommées mycètes due à cette ressemblance avec les champignons. Cependant, la morphologie des actinomycètes n'est pas la seule chose qui les caractérise. En effet, ces bactéries sont dotées d'un métabolite secondaire très riche avec la production de nombreuses molécules impliquées dans différents volets de biotechnologie dont les antibiotiques, les antifongiques, les antiviraux, les anticancéreux, les immunosuppresseurs et autres composés (Mobolaji *et al.*, 2012). Ainsi, des enzymes qui sont utilisées dans l'industrie alimentaire (Isomérase du glucose) ainsi comme détergents (protéases). De même, certaines enzymes issues des actinomycètes peuvent avoir des applications médicales (neuraminidases, estérases et oxydases des stérols) (Aisaka *et al.*, 1987), et même en biologie moléculaire (endonucléases de restriction) ( Imada, 2005) .

Néanmoins, les actinomycètes sont très réputés par leur production des molécules à effet antimicrobien vis-à-vis à la fois les bactéries et les champignons. Sachant que plus de deux tiers des antibiotiques isolés jusqu'aujourd'hui sont produits par ce groupe de bactéries filamenteuses (actinomycine, streptomycine, néomycine, candidicine,... ) (Sanglier *et al.*, 1993 ; Lazzarini *et al.*, 2000), donc L'isolement de nouvelles espèces de Streptomyces est très fortement recommandé pour la production de nouvelles molécules biologiquement actives et leur importance clinique (Smaoui et al., 2012).

Dans le même cadre de recherche focalisé sur l'identification de nouvelles molécules issus des actinomycètes, nous nous sommes intéressés dans cette étude à synthétiser les

résultats de tous les auteurs ayant travaillé sur les actinomycètes dans notre région. La présente synthèse est conçue donc pour voir à quel progrès les recherches locales ont été avancées dans la caractérisation et la valorisation des molécules antimicrobiennes issues des actinomycètes endémiques de l'Algérie.

# **Partie bibliographique**

# **Chapitre 1**

## **Généralité sur les actinomycètes**

### 1.1. Définition et caractères générales

Etymologiquement, le mot actinomycète dérive de mot grec « Aktis » qui veut dire rayon et « mykes » champignon. Les actinomycètes ont été longtemps considérés comme un groupe intermédiaire entre bactéries et champignons avant d'être reconnus comme des organismes procaryotes (Prescott, 2013). Ce sont des bactéries à Gram positif classés dans l'ordre des Actinomycetales ayant la possibilité de former des hyphes ramifiés (généralement 0,5-1,0 µm de diamètre) sous forme de mycélium. C'est ainsi leur identification est effectuée par des méthodes appliquées pour la caractérisation des champignons malgré leur position taxonomique (**Tableau 1**) (WILLIAMS *et al.* 1983).

**Tableau 1.** Propriétés générales des actinomycètes (Lechevalier *et* Lechevalier, 1967).

Propriétés fongiques	Propriétés bactériennes
	❖ Diamètre des hyphes environ 1 µm.
	❖ Procaryose.
	❖ Flagelles, lorsqu'ils sont produits, de type bactérien.
❖ Hyphes avec une véritable ramification	❖ Anaérobiose stricte (certaines formes).
	❖ Chimioautotrophie (certaines formes).
❖ Formation de spores de dissémination	❖ Sensibilité aux phages.
	❖ Sensibilité aux antibiotiques antibactériens.
❖ Véritables endospores inconnues	❖ Manque de stérols.
	❖ Synthèse de la lysine par la voie de l'acide.
	❖ Diaminopimélique.
	❖ Les parois cellulaires contiennent des Mucopeptides.
	❖ Relations immunologiques.

### 1.2. Classification des actinomycètes

Les différents taxons des actinomycètes sont présentés dans le **Tableau 02**.

**Tableau 2.** Classification des actinomycètes. (M. Goodfellow 1983).

Groupe	Les caractéristiques	Genres
Actinomycètes	Aérobie, facultativement anaérobie ou	<i>Actinomyces</i> , <i>Agromyces</i> ,



	anaérobie ; se présentent sous forme de bâtonnets ou de cocci ou forment des filaments ramifiés qui se fragmentent ; pas de mycélium aérien; composition de la paroi variable mais comprend les chémotypes I, II, V, VI, VII et VIII.	<i>Arachnia,</i> <i>Arcanobacterium,</i> <i>Arthrobacter,</i> <i>Bactérie</i> <i>Brevi,</i> <i>Cellulomonas,</i> <i>Curtobacterium,</i> <i>Microbactérie.</i>
Actinoplanètes	Sporoactinomycètes aérobies ; les spores non motiles peuvent être enfermées dans des vésicules; pas de mycélium aérien; mur chémotype II; les états hydrolytiques de l'organisme entier contiennent de l'arabinose et du xylose	<i>Actinoplanes.</i> <i>Amorphosporangium.</i> <i>Ampularielle.</i> <i>Dactylosporange.</i> <i>Micromonospora.</i>
Maduromycètes	Sporoactinomycètes aérobies ; des chaînes simples ou courtes de spores peuvent être portées sur le mycélium aérien ou formées dans des vésicules; spores mobiles ou non mobiles ; mur chémotype III; les hydrolysats d'organismes entiers contiennent du madurose (3-0-méthyl-D-galactose)	<i>Actinomadure,</i> <i>Microbispora.</i> <i>Microtétraspore.</i> <i>Planobispora.</i> <i>Planomonospora.</i> <i>Spirillospore.</i> <i>Streptosporange</i>
Micropolyspora	Sporoactinomycètes aérobies ; des chaînes simples ou courtes de spores peuvent être présentes sur le substrat et le mycélium aérien; mur chémotype IV; ne contiennent pas d'acides mycoliques.	<i>Actinopolyspora.</i> <i>Micropoly spores.</i> <i>Pseudonocardie,</i> <i>Saccharomonospora.</i> <i>Saccharopolyspora.</i>
Multiloculaire	Aérobie à anaérobie facultatif ; le mycélium se divise dans tous les plans ; pas d'hyphes aériens ; mur chémotype III.	<i>Dermatophile.</i> <i>Frankie.</i> <i>Géodermatophilus.</i>
Nocardioforme	Aérobie, peut être acido-alcoolique; se présentent sous forme de bâtonnets, de cocci et de filaments ramifiés ou forment un substrat et un mycélium aérien qui se fragmentent ; mur chémotype IV; contiennent des acides mycoliques	<i>Caseobacter.</i> <i>Corynébactérie.</i> <i>Mycobactérie.</i> <i>Nocardie.</i> <i>Rhodococcus.</i>
Streptomycètes	Sporoactinomycètes aérobies ; forment un substrat ramifié extensivement et un mycélium aérien ; spores portées par l'antenne mycélium, occasionnellement sur le mycélium du substrat; mur chémotype I	<i>Intrasporangium,</i> <i>Kineospora,</i> <i>Kitasatoa,</i> <i>Nocardioides</i> <i>Sporichthya,</i> <i>Streptomyces.</i>
Thermo-	Sporoactinomycètes aérobies ; forment un substrat largement ramifié et un	<i>Actinosynnème.</i> <i>Nocardiosis.</i> <i>Streptoalloteichus.</i>

---

monospores	mycélium aérien, qui peuvent tous deux porter des spores simples ou des chaînes de spores ; spores mobiles ou non mobiles ; mur chémotype III.	<i>Thermomonospora.</i>
------------	--	-------------------------

---

### 1.2.1. Caractères morphologiques

Les caractères macromorphologiques et culturels des actinomycètes sont déterminés sur différents milieux de culture. Ils contribuent dans la différenciation des genres d'actinomycètes. Il s'agit d'observer à l'œil nu la production ou non du mycélium aérien (MA) et la présence ou non de mycélium du substrat (MS), ainsi que la production ou non de pigments mélanoides. Les couleurs du mycélium aérien, du mycélium de substrat ainsi que la production et la couleur des pigments diffusibles dans le milieu de culture sont obtenus à l'aide d'une charte de couleur (Kelly *et al.*, 1976). La détermination des caractères micromorphologiques se fait par l'observation directe au microscope optique ou électronique des cultures poussant sur des milieux gélosés (Tresner *et al.*, 1961 ; Holt *et al.*, 1994). Les observations portent sur les mycéliums aériens et du substrat. Il s'agit d'observer la présence ou non de sporophores sur le mycélium, la présence ou non de sporanges, de sclérotés ou de *synnemata* tel que *Actinosynnema*, la présence de spores mobiles tel que *Planomonospora*, *Actinoplanes*, ou non mobiles tel que *Streptomyces*, *Streptosporangium*, leur forme, leur disposition sur les hyphes et leurs nombres *Streptomyces violaceusniger* *Micromonospora sp.* (Hayakawa *et al.*, 2004 *et* Hayakawa, 2008) *Nonomuraea sp.*; *Actinomadura spp.* Photographies au microscope électronique d'isolats d'actinomycètes non mobiles dotés d'oligospores (Hayakawa, 2008).

### 1.2.2. Caractère chimio taxonomiques

Si les caractères morphologiques peuvent être suffisants pour la détermination de certains genres, la grande majorité nécessite une étude chimique ou chimiotaxonomique des constituants de leur paroi cellulaire (Becker *et al.* 1965 ; Yamaguchi, 1965 *et* Lechevalier, 1970) ont pu fournir des méthodes pratiques afin de différencier les genres d'actinomycètes et divisèrent les actinomycètes en chimio types sur la base de l'analyse de la composition cellulaire en acides aminés pariétaux, en glucides cellulaires, en phospholipides membranaires, en ménaquinones, en acides gras membranaires et en acides mycoliques pariétaux.

### 1.2.3. Critères physiologiques et taxonomie numérique

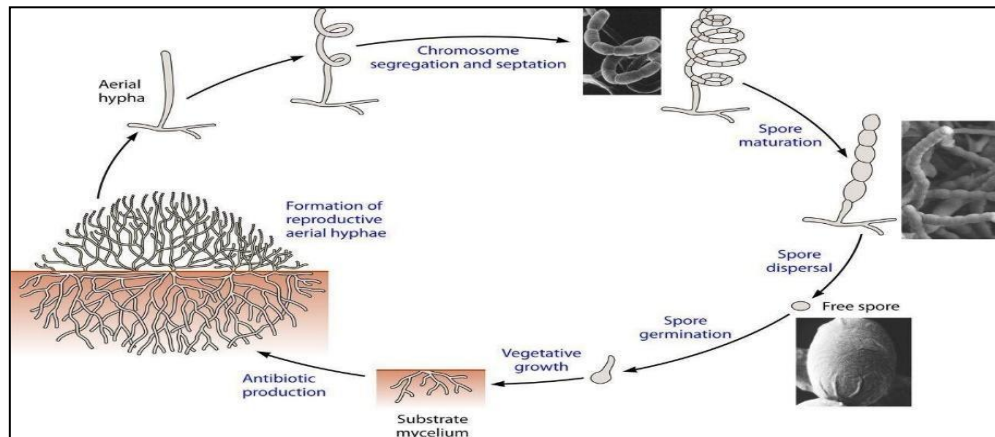
Pour la détermination des espèces, il est important d'utiliser des tests physiologiques de type de dégradation de différents composés glucidiques, lipidiques, protéiques, polymères complexes, stéroïdes, etc., des tests de tolérance à différents agents physiques (température et pH) et chimiques (chlorure de sodium, phénol, lysozyme, antibiotiques, ...etc.). La taxonomie numérique a aussi apporté plus de clarté dans la reconnaissance, auparavant très confuse des espèces (Goodfellow, 1971) fut l'un des premiers à avoir appliqué cette analyse aux actinomycètes. Mais vu le nombre important de tests à effectuer, cette méthode est très peu utilisée surtout depuis l'avènement des critères moléculaires.

### 1.2.4. Taxonomie moléculaire

Dès l'avènement de la biologie moléculaire vers le début des années 1980, les méthodes traditionnelles de classification ont commencé à être remplacées par les techniques moléculaires qui reposent sur les analyses des séquences de l'ADN codant pour l'ARN ribosomique 16S (ADNr 16S), l'hybridation ADN-ADN et la détermination du pourcentage de guanine-cytosine (GC%) pour déterminer la position taxonomique des actinomycètes (Stackebrandt *et al.*, 1981). Séquençage de l'ADN ribosomique 16S Le premier à avoir utilisé cette technique pour la taxonomie des actinomycètes a été Stackebrandt *et ses* collaborateurs en 1981 et 1983. Le gène codant pour l'ARN ribosomique 16S est un gène chromosomique d'une taille de 1500 paires de bases, présent chez toutes les bactéries dont la séquence est spécifique de chaque espèce et dont les extrémités 5' et 3' (15 premières et 15 dernières bases) sont conservées dans toutes les espèces bactériennes. L'étude de l'ADNr 16S utilise deux techniques de base la PCR (Polymerase Chain Reaction) et le séquençage. Le gène ADNr est amplifié par PCR, puis les séquences du produit sont analysées. Les séquences ainsi obtenues des différents taxons sont comparées entre elles ou bien avec des espèces de références répertoriées dans des banques de données génomiques (Rainey *et al.*, 1996 ; Labeda *et* Kroppenstedt, 2000) accessibles sur internet telles que « Ez Taxon ». Ainsi, le séquençage de l'ADNr 16S constitue un outil très rapide pour l'identification des taxa. représente les valeurs de GC des actinomycètes. La détermination du coefficient de Chargaff (G+C%) est un critère important non seulement dans l'identification des genres mais aussi des familles d'actinomycètes.

### 1.3. Cycle de développement des actinomycètes

Tout comme les eucaryotes multicellulaires, les actinomycètes possèdent un cycle de vie complexe, qui est le résultat de trois processus physiologiques majeurs à savoir la croissance végétative, la différenciation cellulaire puis la mort. (Tighidet, 2011 *et* Danilenko *et al.* 2005), Leur cycle de vie commence par la germination des spores qui nécessite la disponibilité d'ions calcium. Puis, la germination donne naissance à un mycélium primaire ramifié (Figure 01) (O'Gara *et al.*, 2008).



**Figure 1.** Le cycle de développement d'un actinomycète sporulant (Barka *et al.* 2016).

### 1.4. Les actinomycètes dans les milieux extrêmes

#### 1.4.1. Les actinomycètes halophiles et halotolérantes

L'osmoadaptation chez les bactéries et les archées a généralement été étudiée dans des milieux où l'activité de l'eau est réduite par l'ajout du sel, de sorte que ces microorganismes sont classés en fonction de leur relation avec le NaCl dans l'environnement. Le terme halotolérant est utilisé pour les organismes dont la croissance ne nécessite pas plus que de faibles quantités de Na<sup>+</sup>, mais qui peuvent se développer dans des environnements avec des concentrations de sel qui inhibent la croissance d'organismes moins tolérants. Les organismes qui ont besoin de Na<sup>+</sup> pour leur croissance sont classés comme légèrement halophiles, modérément halophiles ou extrêmement halophiles, en fonction de la concentration du NaCl qui permet leur croissance (da Costa *et al.*, 1998).

#### 1.1.1. Les actinomycètes alcalophiles

Les alcalophiles contiennent des polymères au niveau de la paroi cellulaire chargés négativement qui stabilisent la membrane cellulaire en réduisant la densité de charge à

la surface de la cellule (Honghui Zhu *et al.* 2011). Des formes alcalophiles ont été trouvées non seulement chez les *Streptomyces*, mais également parmi d'autres genres : *Nocardioides*, *Streptoverticillium*, *Elytrosporangium*, *Microellobosporia*, *Chainia*, *Sporichthia*, *Nocardiosis*, *Saccharothrix* et *Micromonospora*. La recherche des actinomycètes alcalophiles a permis de découvrir de nouveaux taxons et des substances biologiquement actives produites par de nouvelles espèces ; à savoir : de nouveaux antibiotiques et des protéases alcalines (Shivlata *et Satyanarayana*, 2015).

### 1.1.1. Les actinomycètes acidophiles

Contrairement aux champignons et autres bactéries, la plupart des actinomycètes cessent de croître à pH 5,0. Dans les sols très acides, ils représentent souvent moins de 1% de la numération microbienne totale (Jiang *et Xu*, 1993). Les actinomycètes acidophiles sont fréquemment rencontrés dans les habitats terrestres tels que les forêts acides et les sols de drainage minier, où ils sont un constituant majeur de la communauté actinomycète. Il a été démontré que les actinomycètes acidophiles forment systématiquement deux grands taxons distincts (à savoir le groupe des acidophiles neutrotolérants et celui des acidophiles strictes) qui partagent des propriétés morphologiques et chimiotaxonomiques communes (Kim *et al.* 2004). Les acidophiles strictes poussent dans la gamme de pH allant de 3,5 à 6,5, avec des vitesses optimales à pH 4,5 à 5-5, alors que les actinomycètes neutrotolérants croissent entre pH 3,5 et 7,5, mais de manière optimale autour du pH 5,5 (Park *et al.* 1991). Le genre *Streptoacidophilus* a été proposé par (Kim *et al.* 2003) pour accueillir les actinomycètes acidophiles isolés à partir des sols acides et de la litière.

### 1.1.2. Les actinomycètes thermophiles

Les actinomycètes thermophiles en tant que producteurs d'antibiotiques, d'enzymes et d'autres métabolites bioactifs sont attractifs en raison de leur vitesse de croissance rapide et de leur autolyse du mycélium. Ce sont également des supports utiles pour étudier les mécanismes d'évolution et d'adaptation aux environnements extrêmes.

Les actinomycètes thermophiles se développent à des températures relativement élevées, comprises entre 40 et 80 °C. Ils sont répandus et se trouvent couramment dans le foin moisi, les résidus végétaux auto-échauffants, les céréales, la bagasse de canne à sucre, les matières végétales en décomposition et les tas de compost. Celles-ci sont de deux types : actinomycètes strictement thermophiles et modérément thermophiles. Les premiers peuvent atteindre une température comprise entre 37 et 65 °C, mais une prolifération optimale se produit entre 55 et 60 °C. Les actinomycètes modérément thermophiles prospèrent entre 28 et 60 °C et

nécessitent une température comprise entre 45 et 55 °C pour une croissance optimale. Un autre groupe appelé actinomycètes thermotolérantes peut survivre à des températures allant jusqu'à 50 °C (Shivlata *et* Satyanarayana, 2015).

### **1.1.3. Les actinomycètes psychrophiles**

Chez les microorganismes psychrotolérants, la capacité de croissance rapide sur des températures basses, par rapport aux mésophiles, est corrélée à leur contenu élevé en lipides insaturé, ainsi qu'à leur conformation protéique spécifique assurant leur fonctionnement à basse température. Dans les écosystèmes terrestres, les bactéries psychrotolérantes jouent un rôle important dans la décomposition de la matière organique par temps froid (Djaballah Chamss Eddine ,2021).

# **Chapitre 02**

## **Les intérêts des actinomycètes**

## 2.1. Domaine agronomique

La fonction écologique principale des actinomycètes au sein des écosystèmes est la décomposition des substances organiques (Prescott *et al.*, 2010), grâce à leurs capacités de produire une large gamme d'enzymes hydrolytiques, comme les protéases, les nucléases, les lipases (Prakash *et al.*, 2012), ainsi que les enzymes d'hydrolyse des sucres complexes comme : la cellulose, hémicellulose. Certaines attaquent même la carapace chitineuse des cadavres d'insectes (Maier *et al.*, 2009). Ils peuvent dégrader les substances organiques non biodégradables par les champignons et les bactéries (Goodfellow *et al.* 1983).

## 2.2. Production des substances biologiquement actives

### 2.2.1. Antibiotiques

Les antibiotiques constituent la part la plus importante des applications industrielles des actinomycètes, ces molécules d'origine naturelle manifestent à faibles concentrations des activités biologiques de nature principalement antibactérienne, antifongique, anticancéreuse, antivirale, ou antiparasitaire. Les antibiotiques sont des molécules issues du métabolisme secondaire qui ont été particulièrement étudiées du fait de leur importance en thérapie humaine et vétérinaire. Les antibiotiques produits par les actinomycètes sont de différentes classes, y compris les aminosides, les anthracyclines, glycopeptides,  $\beta$ -lactames, macrolides nucléosides, peptides, polyènes, polyéthers, terpènes et tétracyclines, qui possèdent une large gamme des activités (**Tableau 3**) (Ravi Ranjan, 2015).

**Tableau 3.** Exemples d'antibiotiques produits par des actinomycètes (Boughachich, 2012).

Principales classes	Exemples	Espèces
Aminocyclitols	Gentamicine Paromomycin Streptomycine	<i>Micromonospora purpurea</i> <i>Streptomyces rimosus</i> <i>Streptomyces griseus</i>
Ansamycines	Rifamycine	<i>Nocardia mediterranei</i>



---

Anthracyclines	Daunorubicine	<i>Streptomyces peucetius</i>
B-lactamines	Céphamycine Thiénamycine	<i>Streptomyces clavuligerus</i> <i>Streptomyces cattleya</i>
Macrolides	Avermectine Spiramycine Tylosine	<i>Streptomyces avremutilis</i> <i>Streptomyces ambofaciens</i> <i>Streptomyces fradiae</i>
Nucléosides	Polyoxine	<i>Streptomyces cacaoi</i>
Peptides	Nosiheptide Pristinamycine Thiostrepton	<i>Streptomyces actuosus</i> <i>Streptomyces pristinaespiralis</i> <i>Streptomyces azureus</i>
Polyénes	Amphotérine Nystatine	<i>Streptomyces nodosus</i> <i>Streptomyces noursei</i>
Polyéthers	Lasaloside Mononsine	<i>Streptomyces lasaliensis</i> <i>Streptomyces cinnamomensis</i>
Tétracycline	Chlortétracycline Oxytétracycline	<i>Streptomyces aureofaiens</i> <i>Streptomyces aureofaiens</i>

---

### 2.2.2. Production des enzymes

Les actinomycètes sont d'excellents producteurs d'enzymes à utilisation industrielle variée telles que des protéases, des chitinases, des amylases, des cellulases, des xylanases et des lipases (Park *et al.*, 2002).

#### 2.2.2.1. Protéases

La protéase est une enzyme importante sur le plan industriel applications en pharmaceutiques, cuir, blanchisserie, alimentaire et les industries de traitement des déchets

(Vonothini *et al.*, 2008), qui sont produites par *Thermoactinomyces sp.*, *Nocardiopsis sp.*, *Streptomyces pactum*, *Streptomyces thermoviolaceus* et *Streptomyces sp.*

#### 2.2.2.2. Chitinases

Les chitinases utilisées dans la protection contre les champignons phytopathogènes et dans le traitement des déchets des crustacés. Elles sont généralement produites par *Streptomyces thermoviolaceus* et *Nocardiopsis prasina* (Tsujiho *et al.* 2003).

#### 2.2.2.3. Amylases

Les amylases (produites par *Streptomyces erumpens* et *Thermobifida fusca*) sont utilisées dans l'industrie alimentaire comme conservateur dans la production des gâteaux, les jus des fruits et les sirops à base d'amidon et dans l'élimination des polluants environnementaux (la bioremediation) (Mobini-Dehkorde *et Javan*, 2012).

#### 2.2.2.4. Xylanases

Les xylanases sont utilisées dans la biotransformation des textiles et la fabrication des aliments pour animaux (exemple des producteurs : *Streptomyces sp.* et *Actinomadura sp.*) (Soumaya, H. 2014).

#### 2.2.2.5. Lipases

Les lipases sont couramment utilisées en boulangerie, en biscuiterie, en chocolaterie et dans le traitement des sols contaminés par des hydrocarbures comme celles produites par *Streptomyces exfoliates* et *Nocardiopsis alba*.

#### 2.2.2.6. Cellulases

Les cellulases sont utilisées dans l'industrie du textile, l'industrie des pâtes et du papier et dans la production des vins. Elles sont synthétisées par *Streptomyces ruber* et *Thermobifida halotolerans* (El-Sersy, 2010 ; Mukhtar, 2017).

# **Partie expérimental**

# **Chapitre 3**

## **Matériel et méthodes**

### 3.1. Souches d'actinomycète étudiées

Dans le tableau ci-dessous (Tableau 4), toutes les informations sont récapitulées concernant les souches sur lesquelles les auteurs de notre synthèse ont travaillé. Les auteurs ont établi leurs choix de souches dépendamment de leurs propres objectifs ainsi que la région dans laquelle ils se trouvent.

**Tableau 4.** Données sur les souches étudiées.

N°	Souches étudiées	Région	Origine de prélèvement	Référence
01	Six souche d'actinomycètes thermophiles	Biskra et Ouargla	Sols et des eaux	<b>Loucif. K et al, 2020</b>
02	<i>H 19</i>	Ouargla	Sol	<b>Meklat. A et al. 2012</b>
03	52 actinomycètes halophiles	Adrar, Béchar Djelfa, El Goléa El Oued, Ghardaïa Laghouat, Ouargla Tolga	18 Sols Sols sahariennes	<b>Meklat. A et al, 2011</b>
04	<i>H254 A. halophile DSM 43834J, A. saharensis DSM 45459 A. algeriensis DSM 45476</i>	Biskra	Sol	<b>Sacre. R et al, 2014</b>
05	55 de souches d'actinomycètes	Biskra	Sol aride	<b>S. Reghioua et al, 2006</b>
06	27 souches	Sud d'Ourgla, de Biskra et d'ElOued	Eau. Sols ... écorces des arbres	<b>A. Boudemagh et al. 2004</b>
07	<i>Streptomyces spp. BTS40</i>	Province de Batna	Sol d'un site naturel à Ghasrou	<b>N. Djemouai et al. 2022</b>
08	25 souches	La Sebkh	Eau. Sols ...	<b>M.Kitouni et al</b>

		d'Ain M'lila	écorces des arbres	
<b>09</b>	<i>Streptomyces</i>	Biskra	Sols de palmeraies africaines (Algérie)	<b>A. LAJAMA et al, 2007</b>
<b>10</b>	798 isolats	Tolga, Touggourt, Ouargla, El Goléa, Ghardaïa, Timimoun et Adrar	Sols de 7 palmeraies sahariennes	<b>S.Mokrane et al, 2013</b>

### 3.1.1. Echantillonnage

Tout les auteur ont été prélevés Les échantillons à partir de plusieurs écosystèmes sahariens du sud Algérien. Les échantillons sont mis à part selon la technique de Pochon et Tardieu (**A. Boudemagh et al. 2004**). La collecte des échantillons du sol a été réalisée à la surface (les 15 premiers centimètres) ensuite conservés dans des sacs stériles en polyéthylène fermés hermétiquement (**S. Mokrane et al. 2013**). Par la suite, les échantillons ont été transportés dans une glacière au laboratoire où ils ont été stockés à 4°C en attendant les analyses. (**N. Djemouai et al. 2022**).

### 3.1.2. Isolement des actinomycètes

L'isolement a été réalisé à partir des échantillons par dilution en série sur gélose milieu complexe (CM) additionné de 15 % (p/v) de NaCl et 50 mg de l-lactidione. Après incubation, les souches ont été prélevées, purifiées puis conservées sur milieu gélosé.

### 3.1.3. Identification

La plupart des auteurs ont identifié leurs souches d'actinomycète par analyse phylogénétique basée sur séquençage de l'ARNr 16s (Tableau 5). L'identification des voisins phylogénétiques les plus proches a été réalisée à l'aide de la base de données EzTaxon. Les séquences alignées ont été utilisées pour reconstruire l'arbre phylogénétique en utilisant la méthode de jointure voisine par MEGA version 7. La matrice de distance évolutive a été générée comme décrit par Jukes et Cantor (1969), et une analyse Bootstrap a été effectuée avec 1000 répétitions (**N. Djemouai et al. 2022**).

**Tableau 5.** Méthodes utilisées pour identifier les souches des Actinomycètes.

Méthodes	Référence		
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ La technique d'étalement par dilution</li> <li>○ analyse chimique des composants cellulaires (ont été réalisées par chromatographie descendante sur papier chromatographique)</li> <li>○ la méthode de Tresner <i>et al.</i> (1961) (Caractéristiques micro-morphologiques observée au microscope électronique à transmission )</li> <li>○ les méthodes de Locci (1989) (déterminées caractéristiques physiologiques)</li> <li>○ l'ARNr 16S</li> </ul>	<b>S.Mokrane <i>et al.</i>, 2013</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Les caractéristiques morphologiques ont été observées par microscopie optique</li> <li>○ les méthodes de Locci <i>et al.</i> ( caractéristiques physiologiques, y compris l'utilisation des seules sources de carbone et d'azote )</li> <li>○ les études chimiques et moléculaires</li> <li>○ l'ARNr 16S</li> </ul>		<b>Rafika Sacre <i>et al.</i> 2014</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Les caractéristiques macro et micro-morphologiques (observés sous un microscope électronique à balayage )</li> <li>○ Les tests biochimiques (évalués comme décrit par Gordon <i>et al.</i> 1974 )</li> <li>○ ARNr 16S</li> </ul>			<b>N. DJEMOUAI <i>et al.</i> 2022</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ ADNr 16S</li> </ul>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ ADNr 16S</li> </ul>		<b>M.Kitouni <i>et al.</i> ; 2004)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Caractéristiques morphologiques et physiologiques : utilisant FAI média (adopté pour Projet international Streptomyces) La morphologie a été examinée au microscope optique.</li> </ul>	<b>A. LAJAMA <i>et al.</i>, 2007</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Caractéristiques culturelles et micromorphologiques : au microscope optique et au microscope électronique à</li> </ul>			

balayage

- la méthode de Gordon *et al.* (1974) (Caractérisation physiologique)
- les analyses chimiotaxonomiques
- ARNr 16S

- caractéristique morphologique ( observation microscopique ) **S. Reghioua *et al.* 2006**

- Etude Les caractéristiques morphologiques (étudiées sur International Streptomyces Milieu de projet (ISP) 2, milieu ISP 4 et gélose de milieu complexe)

**Meklat *et al.* 2012**

- Etude physiologique (La dégradation de différents substrats organiques et la résistance à certains agents chimiques et physiques ont été déterminées comme décrit par Locci 1989 )
- ARNr 16S

### 3.2. Activités antimicrobienne étudiées

#### 3.2.1. Souches testées

L'activité antimicrobienne des souches étudiées a été testée vis-à-vis des microorganismes pathogènes qui sont présentées dans (Tableau 6) ci-dessous.

**Tableau 6.** Souches microbiennes testées.

Souches testées	Référence
<i>Aspergillus niger</i>	<b>K.Loucif <i>et al.</i>, 2020</b>
<i>Actinopolyspora halophila</i> DSM 43834	<b>Meklat <i>et al.</i>, 2012</b>
<i>Actinopolyspora</i>	<b>R.Sacre <i>et al.</i>, 2014</b>
<i>Escherichia coli</i>	<b>S. Reghioua <i>et al.</i>, 2006</b>
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	
<i>Bacillus cereus</i>	
<i>Streptococcus faecalis</i>	
<i>Staphylococcus aureus</i>	
<i>Actinopolyspora</i>	<b>A.Meklat <i>et al.</i>, 2011</b>
<i>Nocardiopse</i>	
<i>Saccharomonospora</i>	
<i>Streptomonospora</i>	
<i>Saccharopolyspora</i>	



*Candida albicans* UMIP 48.72**A. Boudemaghun et al, 2004***Candida albicans* UMIP 884.65*Candida tropicalis* R2 UMIP 1275.81*Aspergillus fumigatus* UMIP 1082.74*Aspergillus niger* ATCC 16404*Fusarium oxysporum* UMIP 625.7*Candida albicans* UMIP 48.72**M.Kitouni et al, 2004***Candida albicans* UMIP 884.65*Candida tropicalis* R2 UMIP 1275.81*Aspergillus fumigatus* UMIP 1082.74.*Aspergillus niger* ATCC 16404*Fusarium oxysporum* UMIP 625.7

### 3.2.2. Activité antibactérienne

Les souches d'actinomycètes obtenues en cultures pures sont testées pour la production de substances à activité antibactérienne vis-à-vis des bactéries testées. Les méthodes utilisées pour évaluer l'activité antimicrobienne sont récapitulées ci-dessous :

#### 3.2.2.1 Le méthode Diffusion sur milieu gélose

Selon (S.Mokrane *et al*, 2013) et (N.Djemouai *et al*, 2022) et (M.Kitouni *et al*,2004) ; Les expériences ont été réalisées en striant une ligne droite de l'inoculum d'actinomycètes sur la surface du milieu gélosé ISP-2. Après incubation pendant 7 jours à 30°C, les organismes du bio essai ont été striés perpendiculairement aux isolats d'actinomycètes (ligne droite). Les plaques ont été incubées à 30°C et observées pour l'antibiose le premier et le deuxième jour. L'ampleur de l'inhibition de la croissance des organismes de bioessai a été enregistrée en mesurant la longueur de la plage d'inhibition à partir des isolats d'actinomycètes.

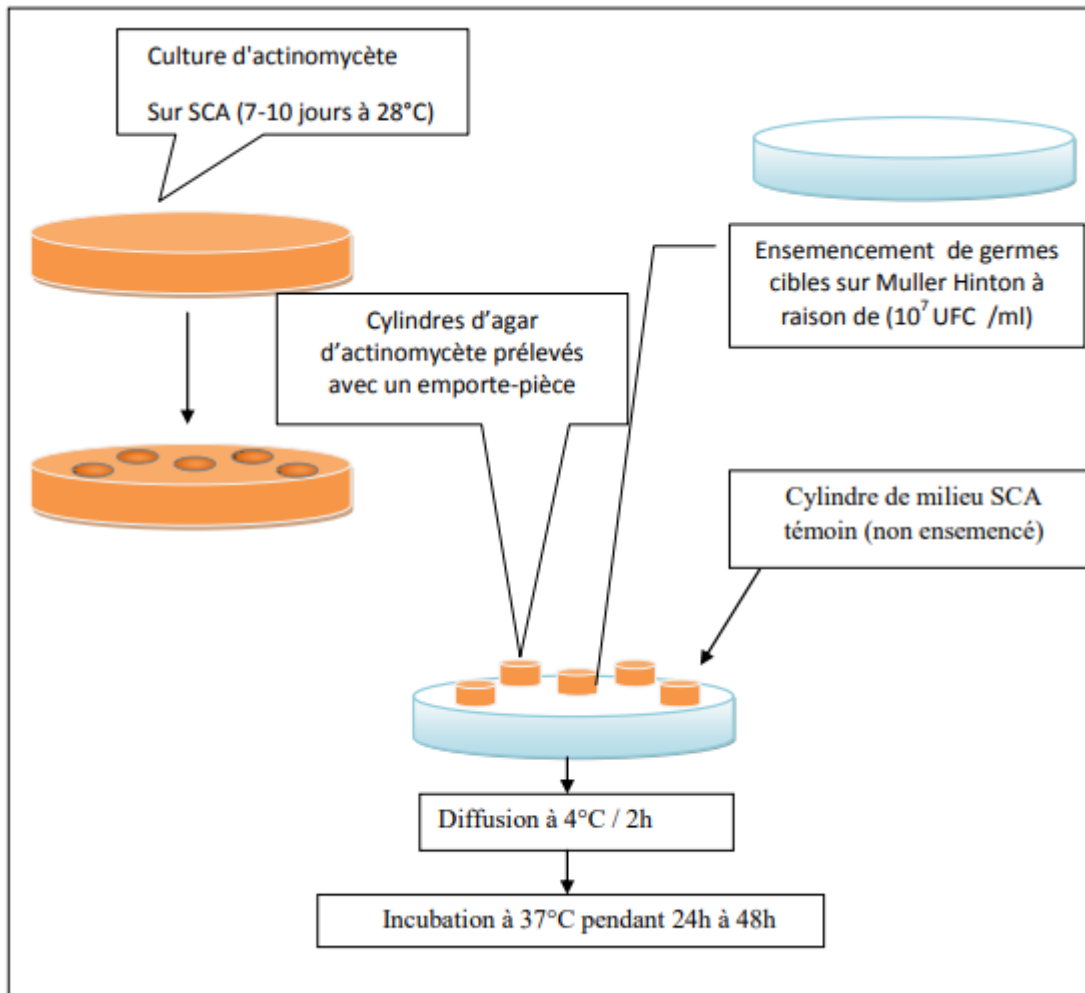
#### 3.2.2.2 Technique des doubles couches

Selon (S. Reghioua *et al*,2006) : Les souches d'actinomycètes sont testées par une technique voisine de celle utilisée par Peterson. Cette méthode consiste à ensemercer en touches les souches d'actinomycètes, en bordure d'une boîte de pétri contenant le milieu M1 ou le milieu M2 Les inocula des souches d'actinomycètes proviennent de cultures de 7 jours d'incubation et sont constitués d'un mélange de spores et de fragments mycéliens. Les souches d'actinomycètes sont incubées 12 jours à 28 °C, puis les cultures sont recouvertes avec le milieu Mueller-Hinton faiblement gélosé (0,7 % d'Agar) ensemençé en masse avec une bactérie-test en diluant l'inoculum standard au 1/10 dans cette gélose molle. Les boîtes sont observées après 24 heures d'incubation à 37 °C et les zones d'inhibition apparues sont mesurées avec un double décimètre du bord de la colonie d'actinomycète à la limite de

la zone où la bactérie-test n'est pas inhibée.

### 3.2.2.3 Technique des cylindres d'agar

Selon (S. Reghioua *et al*,2006) et (A.Meklat *et al.* 2011) : Cette technique consiste à ensemencer en stries serrées les souches d'actinomycètes sur deux milieux gélosés : le milieu M1 et le milieu M2. Les souches d'actinomycètes sont incubées à 28 °C pendant 12 jours. Après incubation on prélève sur chaque milieu, à l'aide d'un emporte pièce stérile, des cylindres de gélose de 5 mm qui sont déposés sur milieu Mueller-Hinton ensemencé en sur couche. La couche inférieure stérile contient 10 g d'agar par litre. La couche supérieure faiblement gélosée est ensemencée en masse avec l'inoculum de bactéries-tests. Toutes les géloses ensemencées, portant des cylindres sont laissées 2 heures à 4 °C pour permettre une diffusion des molécules actives. Elles sont ensuite incubées à 37 °C pendant 24 heures. Les zones d'inhibition apparues entre les bords des cylindres d'agar et les limites des zones où les bactéries test ne sont pas inhibées sont mesurées.



**Figure 2:** Test de mise en évidence de l'activité antibactérienne par la méthode des cylindres d'agar

### 3.2.3. Activité antifongique

La majorité des auteurs ont déterminé l'activité antifongique en utilisant la méthode de la plaque cylindrique sur le milieu ISP 2 contenant 15 % de NaCl. Toutes les méthodes utilisées sont

### 3.2.3.1 Diffusion on milieu gélose

Selon (S. Mokrane *et al*, 2013) Les expériences ont été réalisées en striant une ligne droite de l'inoculum d'actinomycètes sur la surface du milieu gélosé ISP-2. Après incubation pendant 7 jours à 30°C, les organismes du bioessai ont été striés perpendiculairement aux isolats d'actinomycètes (ligne droite). Les plaques ont été incubées à 30°C et observées pour l'antibiose le premier et le deuxième jour. L'ampleur de l'inhibition de la croissance des organismes de bioessai a été enregistrée en mesurant la longueur de la plage d'inhibition à partir des isolats d'actinomycètes.

### 3.2.3.2 méthode des cylindres d'agar

Selon (A. Boudemagh *et al*, 2004) et (M.Kitouni *et al*, 2004) et (K. Loucif *et al*, 2020) et (A. Meklat *et al*, 2011) Les souches d'actinomycètes sontensemencées dans des stries resserrées en milieu Bennett et GLM simultanément et incubées à 28 °C pendant 7 jours. Des cylindres (3 mm de diamètre) sont découpés et placés sur le milieu casitone ou YMA, déjàensemencé par les germes à tester. Les plaques ont été maintenues à 4 °C pendant 4 h pour une bonne diffusion du métabolite antifongique, puis incubées à 28 °C. Les diamètres d'inhibition sont déterminés après 24 h pour *C. albicans* et 48h pour *C. tropicalis* R2 et champignons filamenteux.

# **Chapitre 4**

## **Résultats et Discussion**

## 4.1. Résultats

### 4.1.1. Résultats phylogénétique des Actinomycètes

Les résultats des auteurs ayant travaillé sur l'identification des nouvelles souches d'Actinomycètes sont présentés ci-dessous:

selon (S. Mokrane *et al*, 2013) Les résultats de blast ont montré des pourcentages élevés de similarités avec les souches types correspondantes comme suit: : Ouargla 18 (99,8 % avec *Streptomyces griseoincarnatus* LMG 19316J), Ouargla 34 (99,7 % avec *S. griséochromogènes* DSM 40499J), Tolga 42 (99,8% avec *Streptomyces cyaneofuscatus* JCM4364J), Touggourt 9 (99,6 % avec *Streptomyces olivaceus* NBRC 12805J), El Goléa 85 (99,9% avec *Micromonospora fulvoviolacea*MM-18J), Touggourt 68 (99,8% avec *Micromonospora echinofusca*43913J), Ouargla 54 (99,7 % avec *Chalcée Micromonospora* DSM 43026J), El Goléa 87 (99,7% avec *Micromonospora aurantiaca* ATCC 27029J) et Tolga 73 (99,7% avec *Nocardia astéroïdes* APN 00071J) L'espèce la plus indubitablement fréquente était *S. griseoincarnatus*, avec 93 isolats. Cette espèce a été retrouvée dans tous les sols de palmeraies qu'ils soient salins ou non, cultivés ou non.

Selon (R. Saker *et al*, 2014) L'analyse phylogénétique d'une séquence presque complète du gène de l'ARNr 16S (1 491 pb, numéro d'accès GenBank KJ574180) a montré que la souche *H254J* était apparenté aux membres du genre *Actinopolyspora*. (Fig 03)

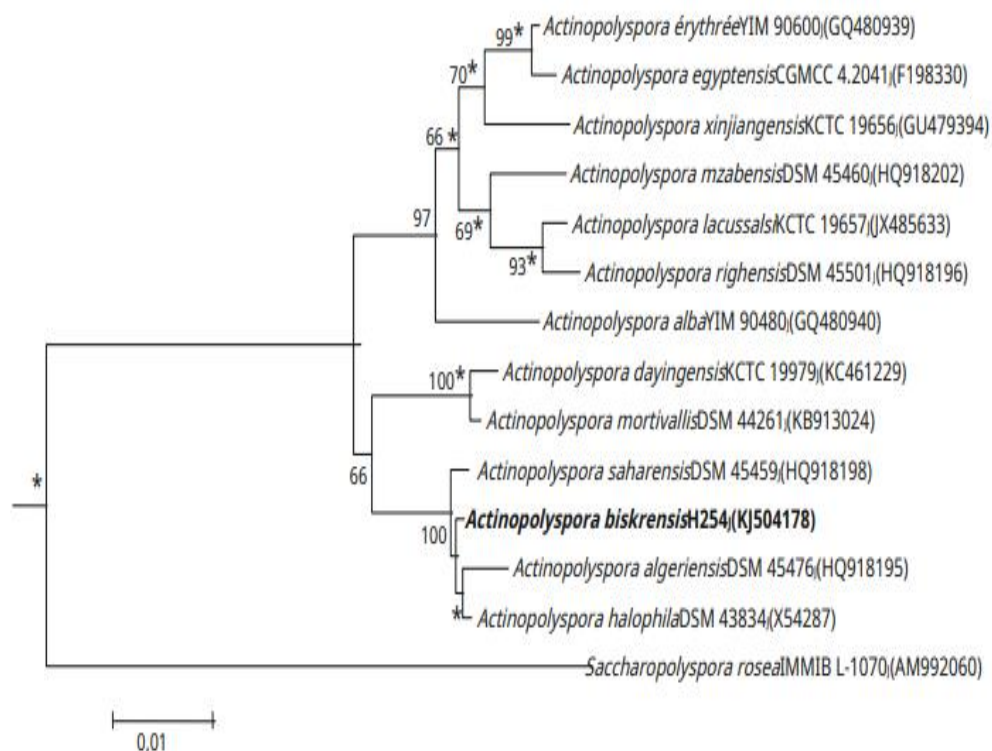
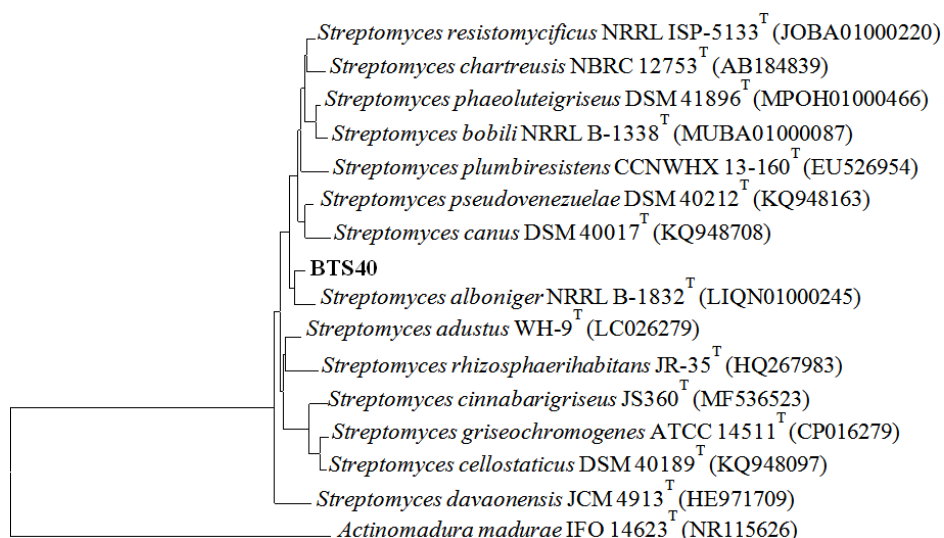


Fig 03. Arbre phylogénétique des espèces du genre *Actinopolyspora*. (R. Saker *et al*. 2014)

Selon (A. Boudemagh *et al*, 2004) Les résultats obtenus pour la souche 30 sont *Streptomyces caviscabies*, *Streptomyces griseus* et *Streptomyces setonii* avec un pourcentage d'homologie identique de 100 %. La souche C3 avec un pourcentage d'homologie de 99% pour l'ensemble des espèces *Streptomyces himgiriensis*, *Streptomyces virginie*, *Streptomyces lavendulae* et *Streptomyces subbrutilus*.

Selon (N. Djemouai *et al*, 2022) L'alignement de la séquence du gène ARNr 16S (1448 nucléotides) de la souche *BTS40*, déposée dans GenBank sous le numéro d'accèsion OK255502, avec celles de *Streptomyces* les espèces de référence disponibles dans le serveur EzTaxon-e peuvent être vues dans le dendrogramme voisin (Fig 04). L'analyse phylogénétique a révélé que la souche *BTS40* est similaire à 99,45 % à *Streptomyces alboniger* NRRL B-1832J.



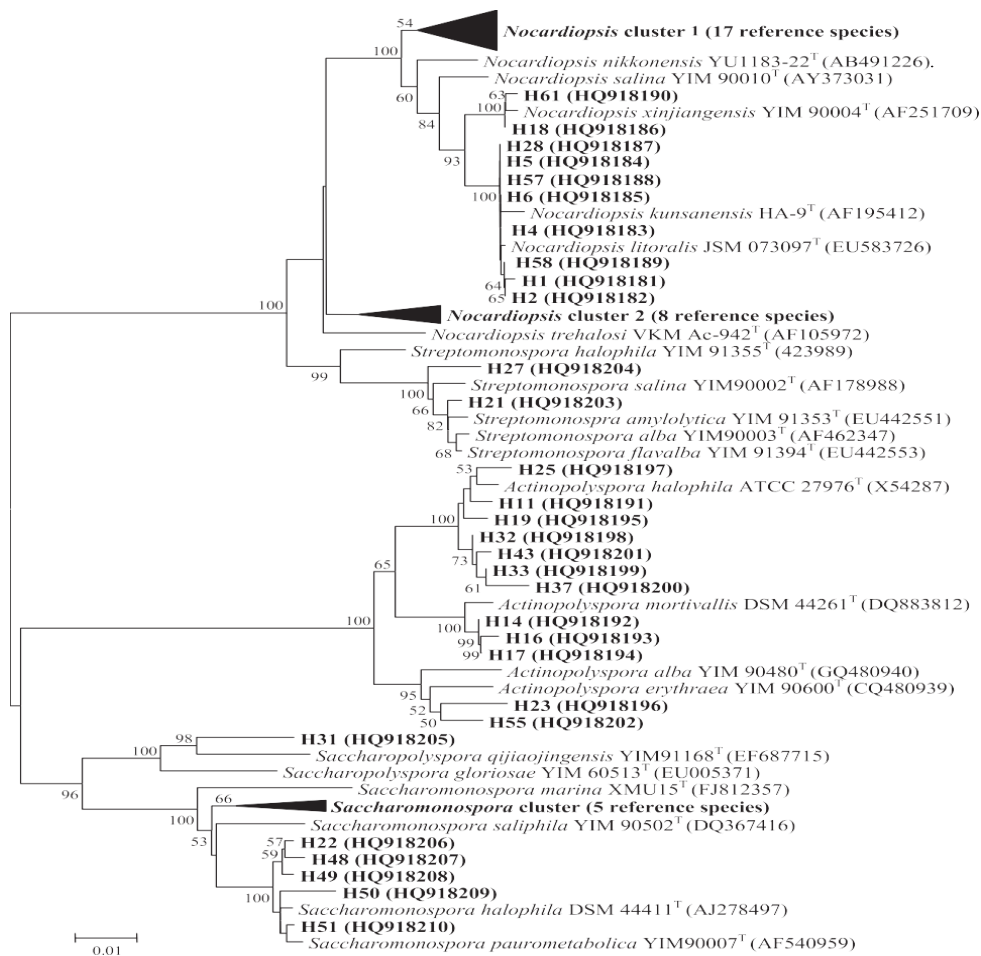
**Figure 04.** Arbre phylogénétique de la souche *Streptomyces* spp. *BTS40* basées sur les séquences du gène de l'ARNr 16S. ( N. Djemouai *et al*. 2022 )

Selon (M. Kitouni *et al*, 2004) Résultats obtenus après séquençage et balancement des séquences obtenues en Gen-bank ([www.ncbi.nih.gov/blast/blast.cgi](http://www.ncbi.nih.gov/blast/blast.cgi)) d'où cela révèle que 93% des actinomycètes actifs appartiennent au genre *Streptomyces* et 7% au genre *Actinomadura*. Ces résultats confirment l'abondance de *Streptomyces* dans les écosystèmes telluriques par rapport aux autres genres d'actinomycètes.

Selon (A. Meklat *et al*, 2012) Le niveau de similarité était de 98,5 % avec *Actinopolyspora halophila* DSM 43834 (Gochner *et al*.1975), l'espèce la plus proche. Cependant, les similitudes de séquence du gène de l'ARNr 16S entre la souche *H19* et autres restants *Actinopolyspora* espèces étaient inférieures à 97%.

Selon (A. Meklat *et al*, 2011) La similarité de la séquence du gène de l'ARNr 16S des souches *Nocardiose* variaient entre 99,1 et 99,9 %. Cependant, des similitudes élevées du gène de l'ARNr

16S ont été trouvées entre des représentants de *Nocardiopsis* espèces, comme celle entre les souches types de *N. valliformis* et *N. exhale* (99,9 %). Ainsi, plusieurs souches de *Nocardiopsis* pourraient être assimilées à de nouvelles espèces. Les souches de *Saccharomonospora* étaient liées à *S. paurométabolique* et *S. halophile*. Ils partageaient des similitudes dans la fourchette de 98,7 à 99,3 %. Les deux souches de *Streptomonospora* ont été affectés à *S. alba* et *S. amylolytique* à 98,5 et 99,5 % de similarité, respectivement. Ces valeurs de similarité de séquence de gène d'ARNr 16S sont approximativement égales ou inférieures aux valeurs de similarité entre des *Streptomonospora* espèces, comme celle entre *S. flavalba* et *S. alba* (99,6 %) et celle entre *S. amycolata* et *S. alba* (99,3 %). Ces données indiquent que ces souches appartiennent probablement à de nouvelles espèces. La souche unique *H31* a été identifiée comme *Saccharopolyspora*. Cette souche formait une lignée phylétique distincte au sein du clade *Saccharopolyspora* mais n'a montré que 96,6% de similitude avec *Saccharopolyspora jingensis*, l'espèce la plus proche. Cette valeur de similarité de la séquence du gène de l'ARNr 16S était inférieure à 97 %, ce qui est considéré comme valeur seuil pour l'identité de l'espèce. Par conséquent, la souche *H31* représente une nouvelle espèce du genre *Saccharopolyspora*. À l'exception de la dernière souche, des études d'appariement d'ADN doivent être effectuées pour toutes les souches afin de confirmer l'affiliation de ces espèces (**Fig 05**)



**Figure 05.** Arbre phylogénétique dérivé de séquences de gènes d'ARNr 16S montrant les relations entre les isolats d'actinomycètes et leurs voisins phylogénétiques (Meklat *et al.* 2011).

#### 4.1.2. Résultats des activités antibactérien et antifongique :

Plusieurs maladies causées par les agents microbiens menacent la santé des êtres vivants. Cela inspirât les chercheurs pour trouver des moyens de lutte. Les articles sélectionnés pour notre étude ont abordé cette thématique à travers laquelle les auteurs ont évalué l'activité antimicrobienne de leurs actinomycètes envers des souches microbiennes pathogènes bactériennes et fongiques.

Selon les résultats de (S. Mokrane *et al*, 2013) 15% des actinomycètes étaient actifs contre le phytopathogène *F. oxysporum* *F. sp. albedinis*. Les Bactéries à Gram positif (*Microcoque jaune* ; *Bacillus subtilis*) étaient plus sensibles (une moyenne de 53,5% d'actinomycètes actifs), Les bactéries Gram-négatives (*Proteus mirabilis* ; *Escherichia coli* ; *Pseudomonas fluorescens*; *Agrobacterium tumefaciens* ) étaient relativement résistantes, la plus sensible étant *Proteus mirabilis* et les plus résistants *Agrobacterium tumefaciens*. La majorité des actinomycètes antagonistes appartiennent au genre *Streptomyces*.

(N. Djemou *et al*, 2022) leur résultat de Teste antibactérienne : La souche *BTS40* n'a montré aucune activité antibactérienne contre les souches testées de bactéries Gram-négatives et une faible activité antibactérienne contre les Gram-positifs.

(A. Boudemag *et al*, 2004) montré que Parmi les 27 souches isolées d'actinomycètes, deux souches sur les souches cibles de levures et de champignons filamenteux présentent une activité antifongique qui représente 7 % de la population d'actinomycètes isolés. Le pourcentage le plus élevé de souches actives est observé sur les actinomycètes issus du milieu GLM. La souche *C3* cultivée sur un milieu GLM montre une activité antifongique très importante sur l'ensemble des souches testées utilisées. Cependant, il présente peu ou pas d'activité lorsqu'il est cultivé sur le milieu de Bennett. La souche *30* cultivée sur milieu GLM agit sur toutes les levures testées et *A.niger*. Il est totalement inactif lorsqu'il est mis en croissance sur le milieu de Bennett. Cependant, les germes témoins utilisés montrent qu'ils ont une préférence pour le milieu de Bennett pour une bonne production d'antibiotiques.

Et les résultats de (M. Kitouni *et al*, 2004) Parmi les 25 isolats testés, seules 14 souches (56 %) étaient actives contre au moins une des bactéries tests. Les isolats *13* et *D3* qui ont montré une activité contre toutes les bactéries testées. Seul l'isolat *EC7c* présente une activité uniquement contre *S. aureus* *Mu 50* et *L2* et *382* contre *Escherichia coli* *ATCC 25922*, *EC3* et *EC1* inhibent toutes les bactéries Gram-positives, les isolats *1(3)* et *EC10* étaient les seuls actinomycètes qui inhibe seulement *P. vulgaris* *ATCC 13315* Parmi les actinomycètes actifs, seules deux souches (*13* et *L'2*) présente une activité antifongique. L'isolat *13* inhibe tous les champignons testés, comme pour le *L'2*, n'a pas inhibé *A. fumigatus* *UMIP 1082.74* et *F. oxysporum* *UMIP 625.72*. le taux d'isolement des



actinomycètes à activité antibactérienne était de 48% alors que celle des actinomycètes à activité antifongique était de 8%. L'activité antibactérienne la plus intense a été obtenue avec le milieu de Bennett.

Selon les résultats de (K. Loucif *et al*, 2020) Toutes les souches d'actinomycètes présentent une activité antifongique contre *Aspergillus niger*. Le pourcentage le plus élevé de souches actives est observé sur les actinomycètes issus du milieu PELG. L'activité antifongique de la souche était différente en fonction du milieu de culture. Sur milieu PELG, 4 souches (67 %) ont montré une activité antifongique. Sur le milieu de Bennett, 3 souches (50 %) ont montré une activité antifongique, et le pourcentage maximal d'inhibition de la croissance a été observé pour la souche *WCD* (73 %). Sur milieu GLM, 3 souches ont montré une activité antifongique (50%). Dans ce milieu, la souche *OTH 1.3.1* a montré le pourcentage d'inhibition de croissance le plus élevé (70 %). Le pourcentage d'inhibition de croissance le plus faible a été enregistré pour la souche *OTH 2.2.2.3* (41 %).

(S. Reghioua *et al*, 2006) les résultats de 3 test comme suit :

- ❖ **Dans la technique des doubles couches :** les dix souches d'actinomycètes cultivées sur les milieux M1, 7 souches présentent une activité inhibitrice, sur le milieu M2, les dix souches présentent une activité inhibitrice nulle, faible ou variable vis-à-vis de l'ensemble des bactéries-cibles utilisées et la souche *A9* reste la meilleure souche productrice d'antibactériens avec des zones de lyse parfois deux fois plus importantes que celles observées sur le milieu M1. mais les différences entre les 2 milieux ne sont pas significatives pour les bactéries à Gram positif.
- ❖ **Dans la technique des cylindres d'agar:** l'activité antibactérienne des dix souches d'actinomycètes cultivées sur les milieux M1 et M2 apparaît notablement réduite ou n'est pas mise en évidence comparativement à la technique précédente.
- ❖ **Effet du milieu de culture sur l'activité antibactérienne :** Les résultats obtenus Ils montrent que le meilleur milieu de culture pour la production d'antibactériens est le milieu GB sur lequel toutes les souches d'actinomycètes se sont montrées actives contre toutes les bactéries-test.

Selon (A. Meklat *et al*, 2011) Vingt-six des 52 souches (50 %) étaient actives contre au moins un des microorganismes pathogènes testés. Environ 46,1 % uniquement une activité antifongique et 42,3 % à la fois une activité antibactérienne et antifongique. Il était intéressant de noter que les 16 souches de *Nocardiopse* étaient actifs. L'activité était présente dans 27% des *Actinopolyspora* souches et 33 % des *Saccharomonospora* et *Streptomonospora* souches, alors que la seule souche de *Saccharopolyspora* n'a montré aucune activité. ceux des autres genres rares, comme *Actinopolyspora*, *Saccharomonospora*, et *Streptomonospora*, sont très rarement mentionnés. Parmi les 26 souches

testées pour la présence des gènes PKS et NRPS, 23 souches (88,5 %) ont produit au moins un type de séquences biosynthétiques. Les gènes NRPS étaient les plus fréquents ; ils ont été détectés dans 20 souches (76,9 %). Des gènes PKSE ont été détectés dans 10 souches (38,5 %), des gènes PKS-II dans 6 souches (23 %) et des gènes PKS-I dans seulement 3 souches (11,5 %).

## 4.2. Discussion

La présente recherche a été conçue pour synthétiser les résultats des études dont les auteurs ayant évalué l'activité antimicrobienne des actinomycètes dans divers régions Algérienne.

Parmi les études réalisées dans ce contexte, (Boudemagh *et al*, 2020) ont montré que parmi les 27 souches isolées d'actinomycètes des sols sahariens (Biskra et Ouargla), deux souches ont montré une activité envers les levures et les champignons filamenteux. Tandis que les travaux de (Hilali *et al*, 2002), montrent que le criblage initial de 85 souches d'actinomycètes isolées de plusieurs milieux naturels (sols, eaux et sédiments marins), seules 18 souches ont présenté une activité antifongique contre *Fusarium culmorum* et *Fusarium graminearum*.

(Nadjette Djemaoui *et al*, 2022) ont trouvé que la souche BTS40 n'a aucune activité antibactérienne contre les bactéries à Gram-négatif testées et une faible activité envers les bactéries à Gram-positif. Le dépistage de l'activité antimicrobienne contre certaines bactéries cliniques a montré que la souche BTS40 a été active uniquement contre les bactéries Gram-positif *S. aureus*, *B. subtilis* et *L. monocytogenes*. De plus, (M. kitouni *et al*, 2005), ont trouvé que 14 souches parmi les 25 isolats testés (56 %) étaient actives contre au moins une des bactéries testées. Les isolats 13 et D3 isolés du sol de sebkha ont été les plus efficaces vis-à-vis de toutes les souches pathogènes. L'isolat EC7c présente une activité uniquement contre *S. aureus*, et L2 et 382 contre *Escherichia coli* ATCC 25922, EC3 et EC1 inhibent toutes les bactéries Gram-positif. Cependant, les isolats 1(3) et EC10 étaient les seuls actinomycètes ayant inhibé *P. vulgaris* ATCC 13315.

Concernant l'activité antifongique, (M. kitouni *et al*, 2005), ont trouvé que l'isolat 13 a inhibé tous les champignons testés, tandis que la souche L'2, n'a inhibé que les espèces *A. fumigatus* UMIP 1082.74 et *F. Oxysporum* UMIP 625.72. Dans des études antérieures, (Boudemaghet *et al*, 2005), ont été montré que la composition du milieu influence sur la production de molécules antifongiques. Cela est confirmé par (Karima Loucif *et al*, 2020), ayant trouvé que l'activité antifongique des souches d'actinomycète étudiées était différente

en fonction du milieu de culture. Sur milieu PELG, quatre souches (67 %) ont montré une activité antifongique. Par contre sur les milieux de Bennett et GLM, seulement trois souches (50 %) étaient actives.

A travers notre approche de synthèse, nous avons remarqué que la recherche des souches d'actinomycètes est réalisée beaucoup plus dans les rhizosphères des plantes endémique du Sahara Algérienne. Notamment la rhizosphère de l'*armoise blanche* *Artemisia herba-alba* a été fait l'objet de d'étude de plusieurs recherches dont les auteurs ont pu caractériser des souches d'Actinomycète actives envers les micro-organismes pathogènes. (Nadjette DJEMOUAI *et al*, 2022). Alors que concernant l'activités antibactériens les souches d'actinomycètes testées inhibent deux bactéries très résistantes à savoir *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas*. Concernant l'activité antifongique la plus part des actinomycètes isolés à partir du sol agricole, présentent une activité importante contre *Aspergillus niger* et *Fusarium Oxysporum* tandis que seulement quatre souches actinomycétales sont actives contre la levure qui apparait comme la souche la plus résistante *Candida albicans* .

Nos résultats sont intéressants et montrent clairement que les actinomycètes qui proviennent des écosystèmes extrêmes (sahara algérienne) sont très actifs contre les bactéries et les champignons les plus résistants. Ces recherches méritent d'après nous, des études approfondies. Nous espérons rechercher les actinomycètes dans d'autres écosystèmes inexplorés afin d'augmenter les chances de trouver des molécules innovantes qui possèdent un potentiel important. Nous espérons également dans l'avenir, identifier au niveau de l'espèce et par des méthodes moléculaires, les actinomycètes actifs.

## Conclusion

Les actinomycètes sont des procaryotes très étudiés en biotechnologie à cause de leur richesse en composés bioactifs. Ce groupe de bactérie a fourni un nombre considérable d'enzymes, de composés anti tumoraux, d'agent immunosuppresseurs, d'insecticides, d'antiparasites, d'herbicides, d'antioxydants et surtout d'antibiotiques (Solanki *et al.*, 2008).

Dans le même contexte, la présente étude est conçue pour synthétiser les résultats de tous les auteurs ayant travaillé sur les actinomycètes isolés du Sahara Algérien. Différentes méthodes ont été employées par les auteurs pour la recherche des nouvelles espèces productrices de métabolites secondaires intéressants. L'identification a été effectuée par la plupart des auteurs en utilisant des milieux de cultures spécifiques dont le GB, gélose Bennett et GLM. Par la suite, les isolats ont été classés selon des caractéristiques macroscopiques et microscopiques. Néanmoins, des méthodes moléculaires ont été appliquées pour confirmer l'identification des souches lesquelles, malheureusement, étaient effectuées à l'étranger tel que le séquençage de l'ARN16s ainsi que d'autres méthodes.

La recherche des activités biologiques a été effectuée pour la mise en évidence des molécules nouvelles et actives. Nous avons constaté que les auteurs ont focalisé leurs efforts sur l'évaluation de l'activité antimicrobienne dans le but de la découverte des nouveaux antibiotiques, surtout face au problème des infections liées aux soins causées par des bactéries multirésistantes. Selon les résultats obtenus, nous avons remarqué que les extraits obtenus à partir de certains isolats étaient efficaces surtout les *Streptomyces*, auparavant connus comme le groupe des actinobactéries (DJEMOUAI *et al.* 2022).

Ainsi, ce travail nous a permis d'analyser des données intéressantes sur la distribution des genres et espèces d'actinomycètes dans les sols des palmeraies. Nous avons eu l'occasion d'apprendre plus sur l'écologie, les propriétés antagonistes et les activités biologiques des actinomycètes endémiques de l'Algérie. Par conséquent, on espère bien de réaliser des études pratiques plus approfondies sur des nouvelles souches isolées dans des écosystèmes extrêmes dans le but d'identifier de nouvelles molécules biologiquement actives qui peuvent être exploitées.

# **Références**

# **Bibliographiques**

## Références Bibliographique

### A

- ❖ **Adegboye. M. F., et Babalola. O. O. (2012).** Taxonomy and ecology of antibiotic producing actinomycetes. *African Journal of Agricultural Research*, 7(15), 2255-2261..

### B

- ❖ **Becker, B., Lechevalier. M.P. and Lechevalier. H. A. (1965).** Chemical Composition of CellWall Preparations from Strains of Various Form-Genera of Aerobic Actinomycetes. *Appl. Environ Microbiol*, 13(2): 236-243.
- ❖ **Becker,B.,Lechevalier,MP.,Gordon,RE.,Lechevalier.HA.(1964).**Rapid differentiation between Nocardie et Streptomyces par chromatographie sur papier d'hydrolysats de cellules entières. *Appl Microbiol* 12:42–43.
- ❖ **Bouchlaghem, W., Aggoun, A., & Aouar, L. (2020).** Activités antimicrobienne et antioxydante des actinobactéries.
- ❖ **Boudemagh, A., Kitouni, M., Boughachiche, F., Hamdiken, H., Oulmi, L., Reghioua, S., ... & Boiron, P. (2005).** Isolation and molecular identification of actinomycete microflora, of some saharian soils of south east Algeria (Biskra, EL-Oued and Ourgla) study of antifungal activity of isolated strains. *Journal de Mycologie Médicale*, 15(1), 39-44.
- ❖ **Boughachiche.(2012).** Étude de molécules antibiotiques secrétées par des souches appartenant au genre Streptomyces, isolées de Sebkha. Thèse doc. Université Mentouri Constantine. 150 p.

### D

- ❖ **Da Costa, M. S., Santos, H., & Galinski, E. A. (1998).** An overview of the role and diversity of compatible solutes in Bacteria and Archaea. *Biotechnology of extremophiles*, 117-153.
- ❖ **Danilenko,V.N., Mironov,V.A.,Elizarov,S.M.(2005).**Calcium as a Regulator of Intracellular Processes in Actinomycetes .A Review *App Biochem Microbiol* 41(4):319–329.

- ❖ **Djemouai, N., Meklat, A., Gaceb-Terrak, R., Oulad Hadj, Y., Mokrane, S., ... & Verheecke-Vaessen, C. (2022).** Biological activities of *Streptomyces* sp. Bts40 isolated from the rhizosphere of *Artemisia herba-alba* Asso.

## **E**

- ❖ **El-Sersy, N., Abd-Elnaby, H., Abou-Elela, G. M., Ibrahim, H. A. H. and El-Toukhy, N., M. K. (2010).** Optimization, economization and characterization of cellulase produced by marine *Streptomyces ruber*. *Afr Journal Biotechnol* 9 (38): 6355-6364.

## **G**

- ❖ **Goodfellow, M. (1971).** Numerical taxonomy of some nocardioform bacteria. *Journal of General Microbiology*, 6: 33-90.
- ❖ **Goodfellow, M., & Williams, S. T. (1983).** Ecology of actinomycetes. *Annual review of microbiology*, 37(1), 189-216.

## **H**

- ❖ **Hayakawa, H., Yoshida, Y., and Iimura, Y. (2004).** Selective isolation of bioactive soil actinomycetes belonging to the *Streptomyces violaceusniger* phenotypic cluster. *J. Appl. Microbiol*, 96: 973-981.
- ❖ **Hayakawa, M. (2008).** Studies on the Isolation and Distribution of Rare Actinomycetes in Soil. *Actinomycetologica*, 22 (1): 12-19.
- ❖ **Holt J.G., Kreig N.R., Sneath P.H.A., Staley J.T. and Williams S.T. (1994).** In: *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, 9th edition. Williams and Wilkins Co., Baltimore.

## **J**

- ❖ **Jensen, P.R., Dwight R., Fenical, W. (1991).** Distribution of actinomycetes in near-shore tropical marine sediments. *Apple Environ Microbiol* 57(4):1102–1108.
- ❖ **Jukes, TH., Cantor, CR. (1969)** . Évolution des molécules de protéines. Dans : Munro, HN, (Ed.) : *Métabolisme des protéines de mammifères*. Academic Press, New York, p. 21-132.

## **K**

- ❖ **Kelly, K.L., and Judd D.B. (1976).** Color. Universal Language and Dictionary of Names (National Bureau of Standards Special Publication 440). Washington, DC: US Department of Commerce.
- ❖ **Kim S., Seong C., Jeon S., Bae K., Goodfellow M. (2004).** Taxonomic study of neutrotolerant acidophilic actinomycetes isolated from soil and description of *Streptomyces yeochonensis* sp. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*,
- ❖ **Kitouni, M. (2005).** Biodiversité des actinomycètes halophiles et halotolérants isolés à partir de trois sites Ramsar situés au niveau de la Wilaya d'Oum El Bouaghi (Doctoral dissertation, جامعة الخوة مننظورة).
- ❖ **Kitouni, M., Boudemagh, A., Oulmi, L., Reghioua, S., Boughachiche, F., & Zerirer, H. (2005).** Isolement d'actinomycètes producteurs de substances bioactives à partir d'échantillons d'eau, de sol et d'écorces d'arbres du nord-est de l'Algérie. *J Mycol Med*, 15, 45-51.

## L

- ❖ **Labeda, D.P., and Kroppenstedt R.M. (2000).** Phylogenetic analysis of *Saccharothrix* and related taxa: proposal for *Actinosynnemataceae* fam. nov. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*, 50: 331-336.
- ❖ **Ladjama, A., Taibi, Z., & Meddour, A. (2007).** Production of pectinolytic enzymes using *Streptomyces* strains isolated from palm grove soil in Biskra area (Algeria). In African crop science conference proceedings (Vol. 8, pp. 1155-1158).
- ❖ **Lechevalier, H. A., & Lechevalier, M. P. (1967).** Biology of actino myceies. *A, Rev. Microbiol.*, 21, 71-100.
- ❖ **Locci, R. (1989).** *Streptomyces* et les genres apparentés. Manuel de Bergey de Bactériologie systématique. Williams & Wilkins Company, Baltimore. Vol. 4 : pp. 2451-2508.
- ❖ **Loucif, K., Boulahrouf, A., & Duez, P. (2020).** Thermophilic Actinobacteria Derived From Algerian Ecosystem as an alternative strategy for salt tolerance in *Triticum durum*. In Presented at the 1st International Electronic Conference on Plant Science (Vol. 1, p. 15).

## M



- ❖ **Maier ,R. M.; Pepper I. L.; Gerba C. P., (2009).** Environmental microbiology. Academic Press: London. Pp: 598.
- ❖ **Meklat, A., Bouras, N., Zitouni, A., Mathieu, F., Lebrihi, A., Schumann, P., ... & Sabaou, N. (2012).** Actinopolyspora algeriensis sp. nov., a novel halophilic actinomycete isolated from a Saharan soil. *Extremophiles*, 16(5), 771-776.
- ❖ **Meklat, A., Sabaou, N., Zitouni, A., Mathieu, F., & Lebrihi, A. (2011).** Isolation, taxonomy, and antagonistic properties of halophilic actinomycetes in Saharan soils of Algeria. *Applied and Environmental Microbiology*, 77(18), 6710-6714.
- ❖ **Mobini-Dehkordi, M., & Javan, F. A. (2012).** Application of alpha-amylase in biotechnology. *J. Biol. Today World*, 1(1), 39-50.
- ❖ **Mukhtar S., Zaheer A., Aiysha D., Abdulla Malik K and Mehnaz S.(2017).** Actinomycetes: A Source of Industrially Important Enzymes. *J Proteomics Bioinform* 10: 316-319.

❖

## O

- ❖ **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.

## P

- ❖ **Park ,Y., Yim, D., Kim ,E., Kho, Y., Mheen ,T., Lonsdale, J., Goodfellow, M. (1991).** Classification of acidophilic, neutrotolerant and neutrophilic streptomycetes by nucleotide sequencing of 5S ribosomal RNA. *Microbiology*, 137(9) : 2265-2269.
- ❖ **Pochon, J., & Tardieux, P.(1962).** Techniques d'analyse en microbiologie du sol. Edition de la Tourelle, Saint Mandé.
- ❖ **Prakash, A.; Satyanarayana, T.; Johri, B. N.(2012).** Microorganisms in Environmental Management. Springer. Pp: 819
- ❖ **Prescott, L.M., Sherwood, L.M., Woolverton, C.J.(2010).** Microbiologie. De Boeck Edition. ISBN-978-2-8041-6012-8
- ❖ **Prescott., Willey J., Sherwood,L. M., Woolverton ,C.(2013).** Microbiologie. 4éme edition, de boeck, Paris, 1070p.

## R

- ❖ **Rainey ,F.A., Ward-Rainey ,N., Kroppenstdt ,R.M. and Stackebrandt .(1996).** The genus *Nocardiopsis* represents a phylogenetically coherent taxon and a distinct actinomycetes lineage proposal of *Nocardiopsaceae* fam. nov. *Int. J. Syst. Bacteriol.*, 46: 1088-1092.
- ❖ **Ravi Ranjan ,K.,Vasantba ,J., Bhoomi, M., Bonisha ,T., Bhumika ,C.(2015).**Antibacterial Potentials of Actinomycetes Isolated from Gujarat. *Int Journal Pharm Sci Rev Res* 30(15) :78-83.
- ❖ **Reghioua, S., Boughachiche, F., Zerizer, H., Oulmi, L., Kitouni, M., Boudemagh, A., & Boulahrouf, A.(2006).** Activité antibactérienne d'actinomycètes rares isolés d'échantillons de sol aride du Sud-est Algérien. *Antibiotiques*, 8(3), 147-152.

## S

- ❖ **Saker, R., Bouras, N., Meklat, A., Zitouni, A., Schumann, P., Spröer, C., ... & Sabaou, N.(2015).** *Actinopolyspora biskrensis* sp. nov., a novel halophilic actinomycete isolated from Northern Sahara. *Current microbiology*, 70(3), 423-428.
- ❖ **MOKRAN, S et al. (2013).** Actinomycetes from saline and non-saline soils of Saharan palm groves: Taxonomy, ecology and antagonistic properties. *African Journal of Microbiology Research*, 7(20), 2167-2178.
- ❖ **Shivlata, L., & Satyanarayana, T.(2015).** Thermophilic and alkaliphilic Actinobacteria: biology and potential applications. *Frontiers in microbiology*, 6, 1014.
- ❖ **Stackebrandt, E. and Woese ,C.R. (1981).** The evolution of prokaryotes. *Symposia of the Society for General Microbiology*, 32: 1-31.
- ❖ **Soumaya, H. (2014).** Production, optimisation et étude de xylanases chez une nouvelle souche d'Actinomycète thermophile isolée du compost de poulet (Doctoral dissertation, Université Badji Mokhtar-Annaba).

## T

- ❖ **Tighidet, S. (2011).** Caractérisation d'antifongiques non polyéniques produits par des souches d'actinomycètes et essai d'optimisation de leurs milieux de production. Mémoire de Magister, Université Abderrahmane Mira Bejaia, Pp. 3-7.
- ❖ **Tresner ,H.D., Davies ,M.C. and Backus, E.J. (1961).** Electron microscopy of *Streptomyces* spores morphology and its role in species differentiation. *Journal of Bacteriology*, 81: 70–80.

- ❖ **Tsujibo, H., Okami, Y., Tanno, H., Inamori, Y. (2003).** Cloning, sequence and expression of a chitinase gene from a marine bacterium, *Alteromonas* sp. strain O-7. *Journal of Bacteriology*: 175-181.

## V

- ❖ **Vonothini ,G., Murugan ,M., Sivakumar ,K.,and Sudha ,S.(2008).**Optimization of protease production by an actinomycete Strain, PS-18A isolated from an estuarine shrimp pond .*Agriculture and Forestry Journal* 7(18) :3225-3230.

## W

- ❖ **Waksman, S. A.(1961).**The Actinomycetes, II. Classification, Identification and Descriptions of Genera and Species. (Williams & Wilkins, Baltimore, 359 pp).
- ❖ **Williams, S. T., & Wellington, E. M. H. (1983).** Actinomycetes. *Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties*, 9, 969-987.
- ❖ **Wellington, E. M. H., & Toth, I. K. (1994).** Actinomycetes. *Methods of Soil Analysis: Part 2 Microbiological and Biochemical Properties*, 5, 269-290.

## Y

- ❖ **Yamaguchi ,T.(1965).** Comparison of the Cell-Wall Composition of Morphologically Distinct Actinomycetes. *Journal of Bacteriology*, 89 (2): 444- 453.

## Z

- ❖ **Zhu, H., Jiang, S., Yao, Q., Wang, Y., Chen, M., Chen, Y., & Guo, J. (2011).** *Streptomyces fenghuangensis* sp. nov., isolated from seawater. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 61(12), 2811-2815.

# **Annexes**

## Annexes

ISP2: (extrait de levure, 4 g ; extrait de malt, 10 g ; D-glucose, 4 g ; eau distillée, 1 000 ml ; Agar, 20 g ; pH, 7,3).

ISP-3: (gélose à l'avoine).

ISP-4 : (gélose amidon-sels minéraux).

ISP-5: (gélose glycérol-asparagine).

Bennett : (Extrait de levure, 1 g-1, Extrait de boeuf, 1 g-1, Casaminoacide, 2 g-1, Glucose, 10 g-1, Gélose, 15 g-1, pH 7,3).

M1 : (D-glucose, 10 g ; peptone, 2 g ; extrait de levure, 2 g ; extrait de viande, 2 g ; eau distillée, 1 000 ml ; agar, 15 g ; ph 7.3 ),

M2: (extrait de malt, 10 g ; extrait de levure, 4 g ; D-glucose, 2 g ; NaCl, 2,5 g ; CaCO<sub>3</sub>, 1 g ; eau distillée, 1 000 ml, Agar, 15 g ; pH, 7,0).

GB: (glycérol, 20 g ; amidon soluble, 20 g ; peptone, 10 g ; extrait de viande, 5 g ; CaCO<sub>3</sub>, 3 g ; eau distillée, 1 000 ml, Agar, 15 g ; pH, 7,0).

الفطريات الشعاعية (الأكثينومييسات) هي أكثر منتجي المضادات الحيوية لفاءة في العالم الحي. الهداف من هذه الدراسة هو تجميع جميع البعثات التي من خلالها ركز المؤلفون على اختبار النشاط المضاد للميكروبات للفطريات الشعاعية المعزولة من التربة والمياه والسيخة الواقعة في جنوب الجزائر. تم توثيق النشاط المضاد للميكروبات من خلال توثيق اسطوانة الآجار ضد العديد من البكتيريا مثل *Staphylococcus aureus* و *Escherichia coli* و *Pseudomonas aeruginosa* و *Bacillus cereus* و *Streptococcus faecalis* والفطريات الخيطية (*Aspergillus niger*) ممرض نباتي (*Fusarium oxysporum*) و خميرة المبيضات البيض. يُظهر النشاط المضاد للبكتيريا للفطريات الشعاعية المختبرة أن حوالي 90% من الفطريات الشعاعية المختبرة لها نشاط مرندع ضد واحد على الأقل من الكائنات الحية الدقيقة المختبرة. كما أن الجرانيم المنتجة لدينا فعالة ضد *Pseudomonas sp* و *Staphylococcus aureus* و هما نوعان من البكتيريا السريرية المقاومة للعناية. يُظهر النشاط المضاد للفطريات أن جميع الفطريات الشعاعية نشطة في واحد على الأقل من نظريات التخنيار. الأكثر نشاطا هي الأكثينومييسات المعزولة من التربة.

**الكلمات المفتاحية:** الفطريات الشعاعية ، المضادات الحيوية ، النشاط المضاد للميكروبات ، النشاط المضاد للبكتيريا ، النشاط المضاد للفطريات ، السيخة .

## Résumés

Les actinomycètes sont les producteurs d'antibiotiques les plus efficaces du monde vivant. L'objectif de cette étude est de synthétiser l'ensemble des recherches à travers lesquelles les auteurs ont focalisé et testé l'activité antimicrobienne des actinomycètes isolés à partir du sol, des eaux et d'une sebkha située dans le sud Algérien. L'activité antimicrobienne a été évaluée par la technique des cylindres d'agar vis-à-vis de plusieurs bactéries telles que *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus cereus*, *Streptococcus faecalis*, et champignons filamenteux *Aspergillus niger* (phytopathogène) *Fusarium oxysporum* (phytopathogène) *Aspergillus fumigatus* (pathogène pour l'homme) et une levure *Candida albicans*. L'activité antibactérienne des actinomycètes testés montre qu'environ 90 % des actinomycètes testés, possèdent une forte activité vis-à-vis d'au moins un des microorganismes-tests. Nos germes producteurs sont également actifs contre *Pseudomonas sp* et *Staphylococcus aureus* qui sont deux bactéries cliniques très résistantes. L'activité antifongique montre que la totalité des actinomycètes sont actifs au moins sur un des champignons-tests. Les actinomycètes isolés à partir du sol sont les plus actifs.

**Mots clés:** Actinomycètes, antibiotiques, activité antimicrobienne, activité antibactérienne, activité antifongique, sebkha

## Abstract

Actinomycetes are the most efficient producers of antibiotics in the living world. The objective of this study is to synthesize all the research through which the authors have focused on testing the antimicrobial activity of actinomycetes isolated from soil, water and a sebkha located in southern Algeria. The antimicrobial activity was evaluated by the agar cylinder technique against several bacteria such as *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus cereus*, *Streptococcus faecalis*, and filamentous fungi *Aspergillus niger* (phytopathogen) *Fusarium oxysporum* (plant pathogen) *Aspergillus fumigatus* (pathogenic for humans) and a *Candida albicans* yeast. The antibacterial activity of the actinomycetes tested shows that approximately 90% of the actinomycetes tested have a high activity against at least one of the test microorganisms. Our producer germs are also active against *Pseudomonas sp* and *Staphylococcus aureus* which are two very resistant clinical bacteria. The antifungal activity shows that all of the actinomycetes are active on at least one of the test fungi. Actinomycetes isolated from soil are the most active.

**Keywords:** Actinomycetes, antibiotics, antimicrobial activity, antibacterial activity, antifungal activity, sebkha.