



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 / 2021

MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité : Microbiologie Appliquée

Présenté par :
BENLEGHRIB Nour el Houda, BOUBEKEUR Roumaïssa

Le : lundi 28 juin 2021

Isolement et caractérisation phénotypiques des actinomycètes de sol hyper aride

Jury :

M.	BELLOUCIF Nasser	MAA	Université de Biskra	<i>Président</i>
Mme.	BABA ARBI Souad	MCB	Université de Biskra	<i>Rapporteur</i>
M.	BENKADOUR Bachir	MAA	Université de Biskra	<i>Examineur</i>

Année universitaire : 2020-2021

Remerciement

Avant toute chose, nous tenons à remercier « Allah » gloire à Dieu qui nous a donné la force et la volonté pour terminer ce modeste travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à notre encadreur Mme Baba Arbi Souad, Maître de Conférences à la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'Université de Biskra, pour son encadrement, pour le temps qu'il a consacré à m'apporter les outils méthodologiques indispensables à la conduite de cette recherche. Son exigence m'a grandement stimulé, ses conseils scientifiques, son efficacité et sa bienveillance, qui nous a permis de bien faire ce modeste travail.

Nous remercions ensuite l'ensemble des membres du jury, qui m'ont fait l'honneur de bien vouloir étudier avec attention mon travail.

Nous adressons également des remerciements à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation et à notre éducation durant ces cinq années, et nous ont préparés à cette dernière année de notre master. Merci pour votre soutien et votre patience avec nous tout ce temps.

Enfin, nous remercions tous ceux qui ont participé directement ou indirectement à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie entièrement ce travail à mon père et à ma mère, mes piliers, mes exemples mes premiers supporteurs et notre plus grande force. Merci pour votre présence, votre soutien, votre aide financière, et surtout votre amour, merci de n'avoir jamais douté de nous. Tout ce que j'espère, c'est que vous soyez fiers de nous aujourd'hui.

À mes frères et mes sœurs et leurs enfants : Ayoub, Yaakoub, Ishak, Younes, Aya, Amira, Halla.

À mes très chères amies Fatima, Kaouther, Aisha, Ferial.

Sommaire

Remerciement

Dédicace

Liste des tableaux I

Liste des abréviations II

Introduction 1

Chapitre 1 : Généralités sur les actinomycètes

1.1 Définition et caractéristiques5

1.2 Morphologiques5

1.3 Ecologies5

1.4 Physiologie6

1.5 Classification6

Chapitre 2 : L'intérêt des actinomycètes

2.1 L'application des antibiotiques synthétisés par les actinomycètes
.....10

2.2 Les enzymes11

2.2.1 Amylase.....11

2.2.2 Cellulase11

2.2.3 Chitinase11

2.2.4 protéase12

2.2.5 Lipase12

2.2.6 Pectinase12

2.2.7 Kérotinase12

2.3 Vitamine12

2.4 Les Pigments13

Chapitre 3 : Matériels et méthodes

3.1 Prélèvement des échantillons	16
3.2 Traitements des échantillons	16
3.3 Isolements, Purification et conservation des actinomycètes	16
3.4 Identification phénotypiques	18
3.4.1 Etude morphologique.....	18
3.4.1.1 Etude macromorphologique	18
3.4.1.2 Etude micromorphologique.....	18
3.4.2 Etude physiologique	18
3.4.2.1 Croissance à différentes températures	18
3.4.2.2 Croissance à différents PH.....	18
3.4.2.3 Tolérance au Chlorure de Sodium.....	18
3.4.2.4 Test d'hydrolyse	18
A. Hydrolyse d'amidon	18
B. Hydrolyse de caséine	18
C. Hydrolyse gélatine	19
D. Hydrolyse de Tween 80	19
E. Hydrolyse de xanthine	19
F. Hydrolyse de l'Esculine	19
G. Hydrolyse de l'Adénine	19
H. Hydrolyse de Cellulose	20
I. Hydrolyse de pectine	20
G. Test des lipases	20
K. Test catalase	20

L. Utilisation des carboxyles comme source de carbone	20
3.5 Identifications moléculaires des souches représentatives	22
3.5.1 Analyse phylogénique.....	22
3.5.1 Analyse d'ARN 16S.....	22
3.6 Etudes préliminaires des antimicrobiens produites par des souches représentatives.....	22
3.6.1 La méthode des stries croisées.....	23
3.6.2 La méthode du cylindre de gélose.....	23

Chapitre 4 : résultats et discussions

4.1 Isolement des souches d'actinomycètes	25
4.2 Etudes morphologiques	25
4.2.1 Macromorphologique	25
4.2.2 Micro- morphologique	26
4.2.3 Résultat de tolérance aux températures, pH, NaCl	30
4.2.4 Résultat des tests d'activité enzymatique.....	30
4.2.5 Résultat d'utilisation des carboxyles	32
4.3 Résultats d'analyse d'ARN 16s des souches d'actinomycètes	33
4.4 Résultats de la recherche sur l'activité antimicrobienne	36

Conclusion et perspectives

Référence bibliographique

Annexe

Résumé

Liste des tableaux

Tableau 1. Classification des actinomycètes de l'ordre actinomycétales basé sur l'ARNr 16S	8
Tableau 2. Les différentes applications des agents bioactifs produites par variétés souches d'actinomycètes.	10
Tableau 3. Isolement des actinomycètes prélevés à partir sol saharien des différentes régions.	17
Tableau 4. Les microorganismes choisis pour tester l'activité antimicrobienne d'actinomycètes.	23
Tableau 5. Les caractères cultureux des actinomycètes du sol à partir des différentes régions	28
Tableau 6. Les résultats génotypiques obtenus par l'analyse de séquence d'ARNr 16S.....	33
Tableau 7. Les résultats obtenus après les tests génotypiques et phénotypiques.....	35

Liste des abréviations

ISP: The International *Streptomyces* Project

BM: Milieu Basale

GLM: Glucose – Extrait de levure – Malt

GYP: Glucose Yeast Extract Peptone

PDA: Gélose Pomme de Terre-Dextrose

Introduction

Introduction

Les actinomycètes sont des bactéries à Gram positif morphologiquement diverses, aérobies et anaérobies, à forte teneur en nucléotides G+C (>55%), mycélien et largement réparti dans les habitats naturels, en particulier le sol. Considérée comme une source prolifique d'antibiotiques depuis la découverte de l'actinomycine à partir d'*Actinomyces antibioticus* (Chavan *et al.*, 2013).

Le nom du groupe des actinomycètes est dérivé de la première espèce anaérobie décrite, *Actinomyces bovis*, qui provoque l'actinomycose, la maladie des champignons des rayons du bétail. À l'origine, ils étaient considérés comme un groupe intermédiaire entre les bactéries et les champignons mais sont maintenant reconnus comme des micro-organismes procaryotes (Chavan *et al.*, 2013).

Étant un grand groupe de ressources microbiennes d'une large utilisation pratique et d'une grande valeur commerciale, les actinomycètes contribuent à environ 70% de la source d'antibiotiques et produisent également de nombreux métabolites bioactifs non antibiotiques, tels que des enzymes, des inhibiteurs d'enzymes, des régulateurs immunologiques, des antioxydants, réactifs...etc. (Harwani, 2013).

Les actinomycètes trouvent dans tous types de sol parmi lesquelles y compris les actinomycètes du sol hyper aride, comme les sols désertiques. Cette région a des conditions environnementales difficiles qui permettent de donner de nouvelles propriétés et des grandes capacités de résistance à différentes caractéristiques physico-chimiques et biologiques.

Au cours des dernières années, l'intérêt pour les microbes du désert a augmenté en raison des recherches sur les nouveaux métabolites bioactifs, en particulier les antibiotiques et les enzymes. L'écosystème inhabituel et peu exploré du désert pourrait être précieux pour l'isolement de nouvelles souches d'actinomycètes, qui pourraient potentiellement produire de nouveaux métabolites utiles. Beaucoup de ces métabolites possèdent des activités antimicrobiennes et ont le potentiel d'être développés comme agents thérapeutiques (Chavan *et al.*, 2013).

L'objectif principal de notre étude consiste en caractérisation phénotypique de souches d'actinomycètes isolées à partir de sol de différentes régions hyper aride et la recherche des activités enzymatiques et antibactériennes de ces souches.

L'étude a porté sur les étapes suivantes :

- Première partie est une synthèse bibliographique qui contient deux chapitres :
 - Chapitre 1 : Généralités Sur les actinomycètes
 - Chapitre 2 : Intérêts des actinomycètes
- Deuxième partie est partie expérimentale qui contient deux chapitre :
 - Chapitre 3 : Matériel et méthodes
 - Chapitre 4 : Résultats et discussion

Synthèse bibliographique

Chapitre 1
Généralités
Sur les actinomycètes

Chapitre 1 : Généralités Sur les actinomycètes

1.1 Définition et caractéristiques

Le mot « Actinomycètes » est dérivé du mot grec « atkis » (un ray) et « mykes » (champignon), ayant les caractéristiques des deux bactéries et champignons. La plupart des actinomycètes se nourrissent de protéines ou matières organiques non protéiques mais certains actinomycètes sont des autotrophes. Ils sont des procaryotes Classés comme *Actinobacteria* (Bhat *et al.*, 2017). Le taxon actuellement accueille les bactéries Gram-positives qui ont un ADN à forte teneur en guanine et cytosine (69 à 73% molaires) et qui forment de vastes substrats ramifiés et aériens mycélium (Mahajan et Balachandran, 2012).

1.2 Morphologiques

Les actinomycètes sont des procaryotes fortement cosmopolites qui comprennent à la fois des bactéries en forme bâtonnet et filamenteuses (Meji *et al.*, 2017).

Leur croissance (prothallus) est caractérisée par la formation de fils et tiges normalement ramifiés, donnant fréquemment naissance à un mycélium typique, qui est unicellulaire, en particulier pendant les premiers stades de croissance. Généralement non cloisonnés, les hyphes peuvent devenir cloisonnés sous conditions spéciales. Le mycélium est prostré, c'est-à-dire végétatif, et poussant dans le substrat, ou aérien, quand un mycélium spécial est produit au-dessus de la croissance végétative. Sur le d'autre part, le mycélium aérien peut être constitué de quelques filaments courts, qui semblent parfois comme de simples granules. Lorsque les actinomycètes anaérobies ont sauf les mycéliums végétatifs. Ils se reproduisent par corps sporulant spéciaux ou provenant de parties du mycélium végétatives (Mahajan et Balachandran, 2012).

1.3 Ecologies

Les actinomycètes sont représentés un groupe omniprésent dans la nature comme les sols, l'habitat aquatique (les rivières, les lacs et autres habitats d'eau douce), racines, composts et fourrages moisissés ainsi que dans les environnements extrêmes. Ce sont les organismes les plus abondants qui forment des filaments filiformes dans le sol et trouvée dans des nombreux sols, lorsqu'ils sont dépassés souvent le million pour chaque gramme. Les actinomycètes sont saprophytes avec un rôle majeur dans la décomposition de matière organique du sol. Aussi, ils jouent un rôle crucial dans plusieurs processus biologiques tels que les cycles

biogéochimiques, bioremédiation et bio-intempéries... etc (Bawazir et Shantaram, 2018) trouvée dans insectes, pollen céréales, sable (Mahajan et Balachandran, 2012).

1.4 Physiologie

Les actinomycètes sont deux groupes le premier est anaérobie, appartenant principalement à la flore commensale d'humain de l'oropharynx, du tractus gastro-intestinale et tractus urogénital. Lorsque, le genre *Actinomyces* est le plus répandu dans laquelle (Braun *et al.*, 2014). Les autres sont associés avec des parasites ou mutualisme avec des plantes et des animaux. Le deuxième est aérobie, trouvé principalement dans le sol, Lorsque 95% des isolats appartenaient à genre *Streptomyces*.

Les facteurs environnementaux influencent le type et la population d'actinomycètes dans le sol. La plupart des isolats d'actinomycètes se comportent comme des neutrophiles en culture, avec une plage de croissance de pH 5,0 à 9,0 et un pH optimal d'environ 7,0. Les neutrophiles sont moins nombreux dans les sols acides inférieurs à pH 5,0, tandis que les streptomycètes acidophiles et acidoduriques sont nombreux dans les sols acides. Cependant, il y a peu de rapports de 9,5 a été isolé du sol près d'un lac salé. La plupart des actinomycètes se comportent comme des mésophiles en laboratoire, avec une température de croissance optimale de 25 à 30°C. Tandis que les actinomycètes thermophiles obligatoires ou facultatifs capables de croître à des températures supérieures à 40° C (Chavan *et al.*, 2013).

1.5 Classification

La classification des actinomycètes basés sur différents caractères quelque soit phénotypique par exemple morphologique (les spores, Gram positif ou négatif, la forme...), chimiotaxonomiques, physiologiques, écologiques, production des antibiotiques, immunologiques et cytologique, la sensibilité aux antibiotiques (Adegboye et Babalola, 2012).

Ou soit génotypiques qui basée sur l'analyse phylogénique de ARNr 16S ou certains gènes spécifiques. Aussi, basé sur l'analyse de séquences de ces derniers ou le séquençage de génome

À l'heure actuelle, une nouvelle espèce ne peut être revendiquée sans analyse génétique basée sur le séquençage du gène de l'ARNr 16S et de l'hybridation ADN-ADN et même le séquençage du génome devient une routine. Il est principalement basé sur ARNr 16S (Barka

et al., 2016). Lorsque la classification des actinomycètes de l'ordre actinomycétales basé sur l'ARNr 16S présentés dans le tableau 1.

Tableau 1. Classification des actinomycètes de l'ordre actinomycétales basé sur l'ARNr 16S (Zhi *et al.*, 2009 ; Mahajan et Balachandran, 2012 ; Barka *et al.*, 2016).

	Classification	Basé sur composition moléculaire et chimique
Domaine	<i>Bacteria</i>	
Phylum	<i>Actinobacteria</i>	
Classe	<i>Actinobacteria</i>	
Sous-classe	<i>Actinobacteridae</i>	
Ordre	<i>Actinomycetales</i>	
Sous-ordre	<i>Actinomycineae, Actinopolysporineae, Catenulitsporineae, Corynebacterineae, Streptomycineae, Streptosporangineae, Frankineae, Glycomycineae, Jiangellineae, Kineosporineae, Micrococcineae, Micromonosporineae, Propionibacterineae, Pseudonocardineae</i>	
Famille	<i>Nocardiaceae, Mycobacteriaceae, Tsukamurellaceae, Dieziaceae, Corynebacteriaceae, Segniliparaceae, Actinosynnemataceae, Pseudonocardiaceae, Streptomycetaceae, Actinospicaceae, Micromonosporaceae, Nakamurellaceae, Cryptosporangiaceae, Sporichthyaceae, Geodermatophilaceae, Acidothermaceae, Frankiaceae, Kineosporiaceae, Dermacoccaceae, Intrasporangiaceae, Dermatophilaceae, Yaniellaceae, Micrococcaceae, Brevibacteriaceae, Dermabacteraceae, Jonesiaceae, Rarobacteraceae, Sanguibacteraceae, Microbacteriaceae, Beutenbergiaceae, Promicromonosporaceae, Bogoriellaceae, Cellulomonadaceae, Thermomonosporaceae, Streptosporangiaceae, Nocardiopsaceae – Nocardioidaceae, Propionibacteriaceae, Actinopolysporaceae, Actinomycetaceae, Actinomycineae, Glycomycetaceae, Bifidobacteriaceae, Acidimicrobiaceae, Coriobacteriaceae, Rubrobacteraceae, Thermoleophilaceae, Patulibacteraceae, Conexibacteraceae, Solirubrobacteraceae, Propionibacterium, Mycobacterium, Nocardia, Rhodococcus, Leifsonia, Streptomyces, Frankia, Thermobifida...</i>	Basé sur L'ARN 16S
Genre		
Espèce	<i>Micromonospora tuberculosis, Noncardiaasteroides, Rhodococcus hodochrous, Streptomyces lincolnensis, thermobifidifusca...</i>	

Chapitre 2

Intérêts des actinomycètes

Chapitre 2 : Intérêts des actinomycètes

Les actinomycètes présentent un intérêt biologique et l'écologie pour la recherche. Qui sont largement distribués dans divers habitats, parmi eux ceux qui existent dans sol. Il est connu pour améliorer la disponibilité des nutriments et des minéraux et améliorer la croissance des plantes. Il est également capable de survivre dans un environnement difficile à des températures élevées (> 50°C) (Sharma *et al.*, 2014).

Plusieurs actinomycètes sont réputés comme dégradants de matières toxiques et ils ont de multiples utilisations dans différents domaines, dans pollution, médecine actuelle, l'agriculture, l'alimentation industrie et autres branches de l'économie (Nauanova *et al.*, 2018).

2.1 L'application des antibiotiques synthétisés par les actinomycètes

Les actinomycètes ont montré une grande importance dans le domaine de la biotechnologie, car les actinomycètes sont capables de décomposer les polymères complexes (lignine, chitine, xylène, cellulose... etc.). Elles sont les plus abondants de tous les micro-organismes en raison de leur capacité à produire des composés biologiquement actifs, qui comprennent des antibiotiques, des enzymes, des vitamines et d'autres substances, produite par plusieurs espèces différentes d'actinomycètes (Nauanova *et al.*, 2018).

Largement utilisés dans et ils ont des multiples d'application : la biorestauration, composé agro-actifs, biocorrosion, biopesticides, pharmaceutique, outils de biocontrôle, hormone de croissance des végétaux... etc. (Sharma *et al.*, 2014) (Tableau 2).

Tableau 2. Les différentes applications des agents bioactifs produites par variétés souches d'actinomycètes (Barka *et al.*, 2016).

Application	Antibiotique	Souche produite
Antifongique	Carboxamycine	<i>Streptomyces</i> spp.
	Fongichromine	<i>Streptomyces padanus</i>
	Tétracénomycine	<i>Streptomyces canus</i>
	Validamycine	<i>Streptomyces hygroscopicus</i>
Antivirale	9 - D-Arabino furanosyladénine	<i>Streptomyces antibioticus</i>
	Hygromycine	<i>Streptomyces hygroscopicus</i>

	Panosialines	<i>Streptomyces</i> spp.
Antiparasitaire	Avermectines	<i>Streptomyces avermitilis</i>
	Prodiginine	<i>Streptomyces coelicolor</i>
	Trioxacarcine	<i>Streptomyces bottropensis</i>
Anti-tumorale	Anthraquinones	<i>Micromonospora</i> spp
	Marinomycine	<i>Marinospora</i> spp
	Tétrocarcine	<i>Micromonospora</i> spp
Immuno-suppressive	Brasilicardin	<i>Nocardia brasiliensis</i>
	Hygromycine	<i>Streptomyces filipinensis</i>
	Pentalénolactone	
Bioherbicide / biopesticide	Herbimycine	<i>Streptomyces hygroscopicus</i>
Antibactérienne	Streptomycine	<i>Streptomyces griseus</i>
	Néomycine	<i>Streptomyces fraiae</i>

2.2 Les enzymes

2.2.1 Amylases

Les amylases sont des enzymes extracellulaires pour dégradant l'amidon (Sharma, et al., 2014). Elle produit par *Streptomyces sp*, *Streptomyces erumpens*, *Nocardiosis sp*, *Thermobifida fusca*. Ces enzymes utilisées dans l'industrie du détergent, boulangerie, Papier et pâte (désencrage), Textile (Anandan *et al.*, 2016).

2.2.2 Cellulases

Les cellulases sont des enzymes qui hydrolysent les liaisons glucosidiques de la cellulose (Sharma *et al.*, 2014). Les cellulases de *Streptomyces ruber*, *S. lividans* et *S. rutgersensis* sont principalement utilisées comme complément dans les détergents, le textile, les additifs animaux et l'industrie du papier et de la pâte à papier (Mukhtar *et al.*, 2017).

2.2.3 Chitinase

Les enzymes chitinases ont la capacité d'hydrolyser la chitine et produites par certains actinomycètes tels que *Streptomyces thermoviolaceus* et *Microbispora sp* sont utilisées dans l'industrie biomédicale et alimentaire (Mukhtar *et al.*, 2017).

2.2.4 Protéases

La production de protéases à partir d'actinomycètes a une plusieurs utilisations en médecine, cuir, Détergent, Alimentation, brassage. Les souches qui sont produisent la sont: *Thermoactinomyces sp*, *Nocardiopsis sp*, *Streptomyces pactum*, *Streptomyces thermoviolaceus*, *Streptomyces sp* (Anandan *et al.*, 2016).

2.2.5 Lipase

Un certain nombre de souches d'actinomycètes ont la capacité d'hydrolyser les huiles et les graisses. Les souches d'actinomycètes le *Streptomyces exfolie* et *Nocardiopsis alba* par ex peuvent être utilisées dans le traitement des huiles et des graisses, des cosmétiques, du diagnostic et des détergents (Mukhtar *et al.*, 2017).

2.2.6 Pectinases

Les pectinases sont produites par plusieurs espèces de *Streptomyces* comme *S. lydicus*. Ces enzymes sont utilisées dans l'industrie alimentaire pour l'extraction et la clarification de vins, jus, huiles, composés aromatisants et dans l'industrie textile pour la préparation de tissus de lin et la fabrication de chanvre (Mukhtar *et al.*, 2017).

2.2.7 Kératinases

Les kératinases sont des enzymes importantes sur le plan industriel produites par une certaine souche d'actinomycètes telles que *Streptomyces spp* et *Actinomadura*. Il existe une forte demande pour le développement d'alternatives biotechnologiques (recyclage des déchets kératiques, la conversion des plumes de poulet, des poils, des ongles) (Mukhtar *et al.*, 2017).

2.3 Vitamine

La vitamine B12, aussi nommé cobalamine. Il est essentiel à la formation des globules rouges et sa carence provoque une anémie pernicieuse. C'est une vitamine (hydrosoluble)

essentielle largement utilisée dans les industries médicales et alimentaires (Sumathy et Veronica, 2020). Elle synthétise par plusieurs souches d'actinomycètes, les plus importants sont *Streptomyces chromogenws*, *S. griseus* et *S. antibioticus* (Saunders *et al.*, 1952).

2.4 Les Pigments

Les pigments sont des composés présentant des caractéristiques importantes pour de nombreuses industries. Dans l'industrie alimentaire, ils sont utilisés comme additifs, intensificateurs de couleur, antioxydants... etc. Les actinomycètes produisent des colonies pigmentées au cours de leur croissance normale (des pigments rouges, l'orange, le jaune...etc.) (Ramalingam *et al.*, 2017).

Pigments mélanoides sont des polymères avec diverses structures moléculaires. Les mélanines ne sont pas essentielles à la croissance et au développement des organismes, mais elles jouent un rôle crucial dans l'amélioration de leur survie et de leur compétitivité (Barka *et al.*, 2016).

L'activité antimicrobienne du pigment brut a été évaluée contre des agents pathogènes résistant aux médicaments tels que *Staphylococcus aureus* résistant à la méthicilline, à la vancomycine, les cultures productrices de β -lactamases à spectre étendu de *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Klebsiella sp* (Balagurunathan *et al.*, 2009).

Parité expérimentale

Chapitre 3

Matériel et méthodes

Chapitre 3 : Matériel et méthodes

3.1 Prélèvement des échantillons

Les échantillons ont été isolés du sol saharien collectés à partir différentes régions de zone hyper aride (de prélèvement 1 jusqu'à 13) et zone aride (prélèvement 14,15) qui sont présentées dans le tableau 3. Ils étaient pris à des profondeurs allant jusqu'à 20 cm, après avoir retiré environ 3 cm de la surface du sol à l'aide d'une spatule stérile et placée dans sacs en polyéthylène stériles (pour minimiser les pertes d'humidité pendant transport qui ont été fermés hermétiquement, étiquetés et stockés à 4°C jusqu'à l'analyse (Mokrane *et al.*, 2020).

3.2 Traitements des échantillons

Des traitements thermiques ont été effectués pour tous les échantillons de sol. Cent grammes d'échantillons de sol ont été prélevés dans des boîtes de pétris stériles séparément. Les échantillons ont été placés dans un four à air chaud à 70 ° C pendant 10 min. Les échantillons traités ont été utilisés pour isolement des actinobactéries (Nithya *et al.*, 2015) pour éliminer les bactéries Gram-négatifs indésirables (Fortas *et al.*, 2017).

3.3 Isolements, Purification et conservation des actinomycètes

L'isolement des actinomycètes est effectué par technique de dilution en série et d'étalement sur des différents milieux. On prépare une suspension bactérienne (1g du sol dans 9ml d'eau bidistillée stérile) et fait une dilution jusqu'en 10^{-2} . Puis déposé 0.1 ml de la suspension diluée (10^{-2}) avec un étalement sur la surface de gélose d'isolement des actinomycètes (Fortas *et al.*, 2017 ; Mokrane *et al.*, 2020).

En utilisant différents milieux d'isolement varie selon la région de prélèvement présentée dans le tableau 3. Ces milieux supplémentés avec 40 mg / ml d'actidione (cycloheximide) pour inhiber le développement de micro-organismes eucaryotes et ces inhibiteurs diffèrent selon article. Alors que, les boîtes ont été incubées à 30° C pendant 7 à 10 jours (Fortas *et al.*, 2017). Puis, ils ont été observés par intermittence pour voir la croissance des actinomycètes pendant l'incubation. Après incubation, les colonies d'actinomycète morphologiquement distinct ont été prélevées sur les boîtes de gélose ISP2. Ensuite, on purifie ces colonies par la méthode des stries répétées puis incubées à 30° C pendant 10 jours (Mokrane *et al.*, 2020). Les boîtes à culture pure sur milieu ISP2 ont été conservées à 4° C (Fortas *et al.*, 2017).

Tableau 3. Isolement des actinomycètes prélevés à partir sol saharien des différentes régions.

N° de prélèvement	La région	Les milieux d'isolement	Référence
1	Des zones sahariennes au sud de l'Algérie	ISP2 ou GLM	(Fortas <i>et al.</i> , 2017)
2	Échantillons de sols sahariens Béni-Abbès (Béchar, région de Saoura, sud-ouest de l'Algérie)	Gélose chitine-vitamine B	(Chaabane Chaouch <i>et al.</i> , 2016)
3	Échantillons de sols sahariens de la région de Ghardaïa (centre de l'Algérie).	Gélose chitine-vitamines	(Aouiche <i>et al.</i> , 2012)
4	Sol collecté à Mletlili, province du Sahara algérien.	Gélose chitine-vitamines	(Belghit <i>et al.</i> , 2016)
5	Sol hyper-aride extrême du désert d'Atacama, chili.	Gélose raffinose-histidine	(Okoro <i>et al.</i> , 2012)
6	Sol hyper aride collecté par l'un d'entre nous (ATB) de la Chaxa de Laguna, Salar d'Atacama près de Tocana.	acide humique vitamine agar	(Goodfellow <i>et al.</i> , 2017)
7	Echantillon de sol collecté dans le désert oriental de l'Egypte.	milieu A	(Hozzein <i>et al.</i> , 2004)
8	Échantillon de sol saharien prélevé dans l'Hoggar, Tamanrasset (sud de l'Algérie).	Gélose chitine-vitamine b	(Khebizi <i>et al.</i> , 2018)
9	Sol saharien collecté à Metlili (Ghardaïa, centre de l'Algérie)	acide humique vitamine agar	(Driche <i>et al.</i> , 2015)
10	Un sol désertique hyper-aride du Salar d'Atacama dans le désert d'Atacama.	Gélose raffinose-histidine	(Santhanam <i>et al.</i> , 2012)
11	Un sol hyper aride du désert d'Atacama.	Gélose à l'extrait de glucose-levure	(Santhanam <i>et al.</i> , 2013)
12	Sol désertique de LopNur de Luozhong, Xinjiang, nord-ouest de la chine.	Gauze's no. 1	(Zhanget <i>al.</i> , 2016)

13	Echantillon de sol saharien collecté dans une palmeraie à Beni-Abbes, Algérie.	Gélose chitine-vitamine B	(Badji <i>et al.</i> , 2006)
14	L'échantillon de sol a été collecté dans la région de Bikaner au Rajasthan. La région se trouve dans la zone aride du Thar dans le territoire indien.	Milieu gélosé Modified Actinomycete Selective (MAS)-DH-1	(Harwani <i>et al.</i> , 2019)
15	L'échantillon de sol provenant de, une zone aride du sud de l'Algérie (Hoggar).	acide humique vitamine agar	(Boubetra <i>et al.</i> , 2013)

3.4 Identification phénotypiques

3.4.1 Etude morphologique

3.4.1.1 Macromorphologiques

L'aspect phénotypique et les caractères cultureux sont observés sur différents milieux de cultures : ISP2, ISP3, ISP4, ISP5, gélose nutritive et milieu Bennett (Fortas *et al.*, 2017) (la composition des milieux dans l'annexe 1).

3.4.1.2 Micromorphologiques

- **Observation microscopique**

A partir les colonies isolées sur le milieu ISP2 à 4°C, on prit des colonies pures à l'aide d'une boucle stérile d'inoculation. Après, on pose sur la lame en verre et observe sous microscopie optique (Fortas *et al.*, 2017).

3.4.2 Etude physiologique

3.4.2.1 Croissance à différentes températures

La température de croissance est déterminée dans un milieu liquide d'ISP3, après culture des souches pendant 7 jours. Puis, incubé à différentes températures (de 10 à 55°C), (Zerizer *et al.*, 2006). La présence d'un trouble dans le milieu de culture indique la croissance des souches (Thami-Alami *et al.*, 2010).

3.4.2.2 Croissance à différents pH

Le pH de croissance est déterminé sur le milieu GYP (voire annexe 1) tamponné à différents pH (de 3 à 12), en cultivant les souches (28 à 30° C) pendant 5 jours (Chaphalkar et Dey, 1996).

3.4.2.3 Tolérance au Chlorure de Sodium

Le support de test consiste en une gélose d'extrait de levure complétée par une série graduée de concentrations de NaCl (de 0 à 13%). La culture d'actinomycète inclinée d'extrait de levure-agar âgée de 14 jours, a été utilisée pour inoculer 5 ml de milieu d'extrait de levure-NaCl. Ces inclinaisons ont été incubées pendant 10 jours à (28 à 30° C); la présence d'un trouble de milieu de culture indique la croissance de la souche (Tresner *et al.*, 1968).

3.4.2.4 Test d'hydrolyse

A. Hydrolyse d'amidon

Les cultures ont été inoculés sur le milieu BM (voire annexe 1) de 0,5% (p / v) de l'amidon puis incubé à température optimale (28 à 30°C) pendant 14 jours (Schaal et Schofield, 1981).Après croissance culturelle, on recouvrit 10 ml du soluté de lugol sur la gélose, lorsque, ils sont créés une zone claire autour des colonnes cela indique l'absence d'amidon. Tandis que les zones qui contiennent l'amidon restent colorées en brun (Dornelas *et al.*, 2017).

B. Hydrolyse de caséine

Les souches sontensemencées en stries sur gélose contenant 10% (p / v) de lait écrémé (voir annexe 1) (Schaal et Schofield, 1981). Après 7 jours d'incubation (28 à 30°C), la présence d'une zone claire autour des colonies indique une dégradation de la caséine (Mansour*et al.*, 2015).

C. Hydrolyse gélatine

Sur un milieu de gélose nutritif ajouté 0,4% (p / v) de gélatine,ensemencé les souches. Puis, en incubé (28 à 30°C) pendant 14 jours (Schaal et Schofield, 1981).Après, on additionner le chlorure mercurique qui permet observation des zones claires autour les colonies qui hydrolysaient la gélatine (Fortas *et al.*, 2017).

D. Hydrolyse de Tween 80

Un milieu gélosé à la peptone (voir annexe 1) a été préparé puis ajouté 1% de tween 80 (ester d'acide oléique) (Gonzalo, 1956). Ensuite, ensemercer les souches d'actinomycètes par strie. Après, l'incubation à (30 - 37°C) pendant trois semaines, la présence des halos opaques autour les colonnes bactériennes se traduit que le test est positif (Ballesteros *et al.*, 1998)(Gonzalo, 1956).

A. Hydrolyse de xanthine

Les souches sont ensemençées sur la gélose nutritive (additionnée 0,4g de xanthine mélangé avec 10 ml d'eau distillée). Puis, incubée (28 à 30°C) pendant 3 semaines. L'apparition des zones claires autour les colonies dues à l'hydrolyse de xanthine (Berd, 1973)

B. Hydrolyse de l'Esculine

Un tube à essai stérile a été rempli par gélose de bile-esculine (voir annexe 1) contenant 0,1% d'esculine et 0,05% de citrate ferrique et en créant une inclinaison. Après solidification, les souches ont été inoculés dans le milieu par un piquer puis en faisant des stries en zigzag sur la surface de l'inclinaison. Après incubation (28 à 30°C), les tubes étaient observés chaque semaine pendant 4 semaines. La réaction est considérée comme positive lorsque l'inclinaison est devenue bleu-noir et négative si il y'a aucun changement (Pradhan *et al.*, 2015) (Berd, 1973).

C. Hydrolyse de l'Adénine

Les souches testées sont inoculées sur le milieu de gélose GYP à 0,5% (p / v) de l'adénine (Schaal et Schofield, 1981) (Chaphalkar et Dey, 1996). Après 5 jours d'incubation (28 à 30°C), le test est positif lorsqu'on obtient une zone transparente autour de la colonie (Chaphalkar et Dey, 1996).

D. Hydrolyse de Cellulose

Sur un milieu de sel minéral (voir annexe 1) additionné de 0,5% de Carboxyl-Méthyle Cellulose (CMC) (Mansour *et al.*, 2015). Ensemercer les souches d'actinomycètes. Après incubation (28 à 30°C) pendant 7 jours, ont ajouté 10 ml d'une solution de rouge Congo (0,5%) sur les colonies (Dornelas *et al.*, 2017). Après 15 minutes, la solution est lavée

avec NaCl (1 M). Se laissant 30 minutes, pour visualisation les halos autour des colonies (Valéria *et al.*, 2015).

E. Hydrolyse de pectine

Le test est réalisé sur un milieu de pectine agar (voir annexe 1) contient 1 % de pectine, les souches sontensemencées par stries. Après incubation (28 à 30°C) pendant 7 jours, 10 ml de solution d'iode ont été ajoutés aux colonies. La production de pectinase est détectée lors de l'observation d'un halo transparent (Saoudi *et al.*, 2015).

F. Test de dégradation des lipides

L'activité lipasique a été réalisée sur des boîtes de gélose au jaune d'œuf (voir annexe 1) pour les réactions lipasiques. Après, les souches ont été inoculées et examinées quotidiennement pendant 7 jours. La présence d'un reflet huileux sur et autour de la croissance bactérienne a été interprétée comme un résultat positif pour l'activité lipasique de la lipase. *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa* ont été utilisés comme témoins positifs, *Lactobacillus crispatus* comme témoin négatif (Moncla et Pryke, 2009).

G. Recherche de catalase

Posez une lame de microscope dans une boîte de Pétri. À l'aide d'une anse d'inoculation stérile, prélevez une petite quantité d'une colonie bien isolée, et placez-la sur la lame de microscope. En utilisant une pipette Pasteur, déposez 1 goutte de H₂O₂ à 3% sur l'organisme sur la lame de microscope. Ne pas mélanger. Les réactions positives se manifestent par une formation de bulles (Reiner, 2010).

H. Utilisation des carboxyles comme source de carbone

On le réalise sur un milieu gélosé ISP9 (voire annexe 1), les souches sont testées pour leur utilisation de différentes sources de carbone qui sont: mannitol, xylose, rhamnose, glucose, le lactose, le saccharose, mannose, fructose, maltose, sucrose. A une concentration à 1% (P/V).

Ces sources de carbone sont stérilisées par filtration (filtre bactériologique), et ajoutées à la gélose aux sels minéraux basaux. Puis, les bactéries sontensemencées dans le milieu, après l'incubation (28 à 30°C) pendant 14 jours, la lecture s'effectue par deux contrôles est:

Pas de source de carbone (contrôle négatif), D-glucose source de carbone (contrôle positif) (Shirling et Gottlieb, 1966).

3.5 Identifications moléculaires des souches d'actinomycètes représentatives

3.5.1 Analyse phylogénique

3.5.1.1 Analyse de gène de L'ARN 16S

ADN génomique des actinomycètes bioactifs était extrait pour l'analyse du gène de l'ARNr 16S par le procédé de phénoI- chloroforme. Le gène de l'ARNr 16S a été amplifié par PCR à partir de l'ADN génomique en utilisant les amorces spécifiques des actinomycètes 8F et 907R. Les produits d'amplification étaient analysés par électrophorèse sur gel d'agarose et purifiés par PCR par la méthode PEG-NaCl.

Toutes les réactions de séquençage ont été réalisées à l'aide d'un kit de séquençage de BigDye® Terminator v1.1 contenant tous les composants nécessaires (Tiwari *et al.*, 2014).

Les séquences génétiques de l'ARNr 16S de ces isolats ont été déposées auprès de GenBank. Ensuite, les séquences ont été alignées avec les séquences homologues d'actinomycètes d'un ARNr 16S les plus proches dans GenBank et un arbre phylogénétique a été construit en utilisant le logiciel Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) version 5.05 (Tiwari *et al.*, 2014).

3.6 Etudes préliminaires des antimicrobiens produits par des souches représentatives

L'activité antimicrobienne a été évaluée par méthode de stries croisées et la méthode de cylindre d'agar contre différents microorganismes présenté dans le tableau 4. Les souches des bactéries et levures pathogènes ont été maintenues sur les boîtes de pétri contenant de la gélose nutritive à 4°C et repiqué tous les 2 mois et les champignons étaient maintenu sur des boîtes de pétri contenant de la pomme de terre gélose de dextrose (PDA) à 4°C et repiquée tous les 2 mois (Fortas *et al.*, 2017).

Tableau 4. Les microorganismes choisis pour tester l'activité antimicrobienne d'actinomycètes.

Les microorganismes			
Bactéries Gram positif	Bactéries Gram négative	Levures	Champignons
<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> .	<i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Pseudomonas fluorescens</i> .	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>Candida albicans</i> .	<i>Fusarium culmorum</i> , <i>F. oxysporum</i> , <i>Aspergillus carbonarius</i> .

3.6.1 La méthode des stries croisées

La souche teste d'actinomycète a été inoculée pour la première fois en traçant une ligne droite de son inoculum sur milieu ISP2. Les boîtes ont ensuite été incubées pendant 10 jours (28 à 30°C). Après ça, les micro-organismes cibles (en suspension) ont étéensemencés en stries perpendiculaires à la marge de l'actinomycète (Yekkour *et al.*, 2014). En mesurant la distance d'inhibition entre marges des colonies d'actinomycètes et le microorganisme cible (les bactéries pathogènes et levures) après incubation à 30°C pendant 24 h et champignons après incubation à 25°C pendant 48h (Fortas *et al.*, 2017).

3.6.2 La méthode du cylindre de gélose

Les isolats d'actinomycètes ont été cultivés sur des géloses Bennett et GLM (voir annexe 1) pendant 7 jours (28 à 30°C). Des cylindres de gélose (3 mm de diamètre) ont ensuite été prélevés à l'aide d'un poinçon creux et déposés sur la surface des plaques de gélose Mueller-Hinton, qui avait été préalablementensemencé avec chaque bactérie à tester. Les boîtes ont été conservées à 4°C pendant 4 h, puis incubées à 37°C pendant 18-24 h. Les diamètres d'inhibition autour de cylindre ont ensuite été mesurés (Kitouni *et al.*, 2005).

Chapitre 4

Résultats et discussion

Chapitre 4 : Résultats et discussion

4.1 Isolement des souches d'actinomycètes

Après l'incubation, les actinomycètes commencent à apparaître et se développent lentement. Elles sont repérées d'après leur aspect macroscopique caractéristique et purifiées afin d'obtenir des cultures pures pour la conservation. L'isolement des bactéries actinomycétales à partir des échantillons traités ou non sur plusieurs milieux complétés ou non en antibiotiques a conduit à différents résultats.

Un total de 17 isolats a été obtenu à partir de 15 prélèvements différents (le prélèvement 1 donne trois souches 10, C et MS1). On trouve que les différents prélèvements donnent différentes souches PM18, PAL111, G61, HG29, G60, AC104 et SA181^T... qui appartiennent de différentes régions (Fortas *et al.*, 2017 ; Chaabane Chaouch *et al.*, 2016 ; Aouiche *et al.*, 2012 ; Belghit *et al.*, 2016 ; Okoro *et al.*, 2012 ; Goodfellow *et al.*, 2017 ; Hozzein *et al.*, 2004 ; Khebizi *et al.*, 2018 ; Driche *et al.*, 2015 ; Santhanam *et al.*, 2012; Santhanam *et al.*, 2013 ; Zhang *et al.*, 2016 ; Badji *et al.*, 2006 ; Harwani *et al.*, 2019 ; Boubetra *et al.*, 2013).

4.2 Etudes morphologiques

4.2.1 Macromorphologique

Après ensemencement sur les différents milieux de culture gélosés, la plupart des colonies des différentes souches sont filamenteuses, poussent soit de façon abondante ou modérée (Fortas *et al.*, 2017 ; Chaabane Chaouch *et al.*, 2016 ; Aouiche *et al.*, 2012 ; Belghit *et al.*, 2016 ; Okoro *et al.*, 2012 ; Goodfellow *et al.*, 2017 ; Hozzein *et al.*, 2004 ; Khebizi *et al.*, 2018 ; Driche *et al.*, 2015 ; Santhanam *et al.*, 2012; Santhanam *et al.*, 2013 ; Zhang *et al.*, 2016 ; Badji *et al.*, 2006 ; Harwani *et al.*, 2019 ; Boubetra *et al.*, 2013), avec la présence d'une seule croissance négative dans le milieu ISP2 (Zhang *et al.*, 2016). Ainsi que, les résultats de la culture dans ces milieux permettent d'observer la présence d'un mycélium aérien et de substrat chez toutes les souches avec différentes couleurs varient d'une souche à l'autre, la variation des couleurs présentent dans le tableau 6 (Fortas *et al.*, 2017 ; Chaabane Chaouch *et al.*, 2016 ; Aouiche *et al.*, 2012; Belghit *et al.*, 2016 ; Okoro *et al.*, 2012 ; Goodfellow *et al.*, 2017 ; Hozzein *et al.*, 2004 ...etc). D'après les résultats de Fortas *et al.* (2017) ; Hozzein *et al.* (2004) ; Santhanam *et al.* (2012) ; Chaabane Chaouch *et al.* (2016) ; Aouiche *et al.* (2012) ; Driche *et al.* (2015) et Belghit *et al.* (2016) 48% des souches ne possèdent pas des pigments diffusibles.

Ainsi que, la présence d'un pigment dans 52% des souches de façon faible parce qu'il présent dans quelques milieux. Tandis que la souche 10 possède un pigment vert foncé dans les milieux ISP2 et Bennett (Fortas *et al.*, 2017). D'après les résultats de Santhanam *et al.* (2013) ; Santhanam *et al.* (2012) ; Khebizi *et al.* (2018) et Zhang *et al.* (2016), la présence d'un pigment marron pour la souche C2^T, C63^T, HG29 et TRM 49605^T et les résultats de Badji *et al.*(2006), indiquent que la souche AC104 possède un pigment jaune dans le milieu ISP2. Ainsi que, la souche KNN35.1b^T possède un pigment gris jaunâtre dans le milieu ISP2 et des pigments Orange jaunâtre clair dans les milieux ISP3 et ISP4 (Goodfellow *et al.*, 2017).

4.2.2 Micro- morphologique

Les résultats d'observation microscopique de différents isolats d'actinomycètes qu'a été obtenus par Hozzein *et al.* (2004) ; Okoro *et al.* (2012) ; Goodfellow *et al.* (2017) ; Zhang *et al.* (2016) ; Santhanam *et al.* (2013) ; Santhanam *et al.* (2012) ; Zerizer *et al.* (2006) et Boubetra *et al.* (2013) montrent que les souches bactériennes sont filamenteuses de taille (1 – 5µm).

Les résultats de Chaabane Chaouch *et al.*, (2016) ; Aouiche *et al.*, (2012) ; Belghit *et al.*, (2016) ; Khebizi *et al.*, (2018) ; Badji *et al.*, (2006) indiquent que La majorité de mycélium de substrat est non fragmenté, ramifié dans les souches C2T, C63T, C60T, PM18 et KNN35.1bT (Santhanam *et al.*, 2013 ; Santhanam *et al.*, 2012 ; Okoro *et al.*, 2012 ; Chaabane Chaouch *et al.*, 2016 ; Goodfellow *et al.*, 2017). Aussi d'après Boubetra *et al.* (2013), il trouve sous forme fragmentée en bâtonnets non mobiles pour la souche SA181^T.

Le mycélium aérien présent chez toutes les souches (Fortas, *et al.*, 2017 ; Chaabane Chaouch *et al.*, 2016 ; Aouiche *et al.*, 2012 ; Belghit *et al.*, 2016 ; Okoro *et al.*, 2012; Goodfellow *et al.*, 2017; Hozzein *et al.*, 2004 ...etc.) où il apparaîtra non mobile dans les souches G61et PAL111 qui provient du Sahara algérien (Belghit *et al.*, 2016 ; Aouiche *et al.*, 2012). Le mycélium aérien est fragmenté à chaîne de spores ramifié de différentes formes (Hozzein *et al.*, 2004 ; Belghit *et al.*, 2016). Alors que, il y'a la spore en surface portée en chaîne droite et bouclée pour la souche C63T de désert d'Atacama (Santhanam *et al.*, 2012). Ainsi que, Belghit *et al.* (2016) trouve que la souche G61 du Sahara algérien est modérément ramifié et fragmenté en crochet et bouclé avec des chaînes de spores de 3 à 10 spores.

Selon Okoro *et al.* (2012) et Chaabane Chaouch *et al.* (2016) les souches C60T et PM18 à chaînes droites des spores cylindriques d'une surface lisse. Tandis que, les souches C2T,

G60 et HG29 ont des spores en spirales à surface lisse (Santhanam *et al.*, 2013 ; Driche *et al.*, 2015 ; Khebizi *et al.*, 2018) et la souche KNN35.1bT du désert d'Atacama à chaîne en spirale ouverte de spore ornementée velue (Goodfellow *et al.*, 2017). Ainsi que, Boubetra *et al.* (2013) trouve que la souche AC104 du Sahara algérien a des courtes chaînes de 3 à 10 spores qui ont la forme de crochets ou de spirales irrégulières avec 1 à 2 spires.

Tableau 5. Les caractères cultureux des actinomycètes du sol à partir des différentes régions (Fortas *et al.*, 2017 ; Chaabane Chaouch *et al.*, 2016 ; Aouiche *et al.*, 2012 ; Belghit *et al.*, 2016 ; Okoro *et al.*, 2012 ; Goodfellow *et al.*, 2017 ; Hozein *et al.*, 2004 ; Khebizi *et al.*, 2018 ; Driche *et al.*, 2015 ; Santhanam *et al.*, 2012 ; Santhanam *et al.*, 2013 ; Zhang *et al.*, 2016 ; Badji *et al.*, 2006 ; Harwani *et al.*, 2019 ; Boubetra *et al.*, 2013).

	Mycélium de substrat					Mycélium aérien						
	ISP2	ISP3	ISP4	ISP5	GN	Bennett	ISP2	ISP3	ISP4	ISP5	GN	Bennett
Milieux Souches	Jeune orangé brillant											
10	Gris jaunâtre											
MS1	Gris											
C	Gris											
YIM 80379T	Marron jaunâtre	Jaune pâle	Jaune pâle	Jaune pâle	Jaune pâle	Jaune grisâtre	Blanche	Blanc jaunâtre	Blanche	Blanche	Blanc jaunâtre	Blanche
C2T	Marron foncé	Brun rougeâtre	Mauve	Marron foncé	/	/	Blanc grisâtre foncé	Gris blanchâtre	Rouge grisâtre	Grey foncé	/	/
C63T	Brun jaunâtre	Vert olive clair	Blanc brunâtre	Crème légère	/	/	Blanche	Blanche	Crème	/	/	/
C60T	Blanche	Olive verte	Blanc brunâtre	Jaune clair	/	/	Gris	Gris	Blanche	Jaune clair	/	/
PAL111	Brun pâle	Brun pâle	Brun pâle	Brun pâle	/	/	Blanc grisâtre	Gris verdâtre	Gris	Gris	/	/
PM18	Orange	Orange	Orange rose	Beige pâle	/	Beige	-	Blanche	Blanche	Blanche	/	Blanche
KNN35.1Bt	Blanche	Blanc jaunâtre	Orange jaunâtre	Gris	/	/	Orange	Orange jaunâtre clair	Gris	Gris	/	/

G60	Jaune clair	Incolore	Incolore	Jaune clair	Jaune clair	Jaune clair	Jaune clair	Gris verdâtre	/	Gris clair	Blanc verdâtre
TRM 49605T	-	Jaune pâle	Jaune pâle	Marron	/	-	Jaune pâle	Jaune pâle	Jaune	Blanche	/
G61	Gris clair	/	Gris clair	Jaune clair	Gris jaunâtre	Gris blanchâtre	/	/	/	Gris blanchâtre	Gris blanchâtre
HG29		Beige pâle	Beige pâle	Beige pâle	Beige pâle	Bleu verdâtre	Bleu verdâtre foncé	Bleu verdâtre	/	Bleu verdâtre foncé	
AC104	Jaune vif	Beige pâle	Beige pâle	/	/	Jaune et rose	Jaune et rose	Jaune et rose	/	/	/
D8	jaune pâle	jaune pâle	jaune pâle	/	/	gris-blanc	gris-blanc	gris-blanc	/	/	/
SA181T	brun jaunâtre modéré à foncé	brun foncé	brun jaunâtre modéré à foncé	jaune pâle à jaune clair	brun clair	bleu grisâtre clair	/	/	/	blanc jaunâtre	brun rosâtre

4.2.3 Résultat de tolérance aux températures, pH, NaCl

Afin d'évaluer l'effet de la salinité contre ces souches d'actinomycètes, on trouve que la majorité des souches poussent en concentration des NaCl de 4-10%, donc ils sont des bactéries halophiles (Fortas et *al.*, 2017 ; Chaabane Chaouch et *al.*, 2016 ; Belghit et *al.*, 2016 ; Okoro et *al.*, 2012 ; Driche et *al.*, 2015 ; Santhanam et *al.*, 2012; Santhanam et *al.*, 2013 ; Harwaniet *al.*, 2019). Ainsi que, la présence de certaines souches pousse en concentration de NaCl de 0 – 7% qui sont les suivants : PAL111, YIM 80379^T, HG29, KNN35.1b^T, AC104, TRM 49605^T et SA181^T, cette tolérance à la salinité parmi de classifier les souches avec les bactéries halotolérantes (Aouiche et *al.*, 2012 ; Hozzein et *al.*, 2004 ; Khebizi et *al.*, 2018 ; Goodfellow et *al.*, 2017 ; Badji et *al.*, 2006 ; Zhang et *al.*, 2016 ; Boubetra et *al.*, 2013).

La température est un facteur important pour la croissance des souches d'actinomycètes, après l'étude de la tolérance au ce facteur. Les résultats obtenus indiquent que toutes les souches de l'actinomycète sont mésophiles parce qu'ils poussent en température de 16 à 45°C avec optimum entre 28 à 37°C (Fortas et *al.*, 2017 ; Chaabane Chaouch et *al.*, 2016 ; Aouiche et *al.*, 2012 ; Belghit et *al.*, 2016 ; Okoro et *al.*, 2012 ; Goodfellow et *al.*, 2017 ; Hozzein et *al.*, 2004 ...etc). Sauf Harwani et *al.* (2019) trouvent que la souche D8 du Thar dans le territoire indien (une zone aride) pousse en température entre 25-55°C avec optimale 45°C, ce qui indique que la souche est thermophile.

Les résultats de Fortas et *al.*, (2017) ; Chaabane Chaouch et *al.*, (2016) ; Aouiche et *al.*, (2012) ; Belghit et *al.*, (2016) ; Okoro et *al.*, (2012) ; Goodfellow et *al.*, (2017) ; Khebizi et *al.*, (2018) ; Khebizi et *al.*, (2018) ; Driche et *al.*, (2015) ; Santhanam et *al.*, (2012) ; Santhanam et *al.*, (2013) ; Zhang et *al.*, (2016) ; Harwani et *al.*, (2019) ; Boubetra et *al.*, (2013) obtenus après l'étude de l'effet de pH indiquent que la plupart des souches poussent en pH de 4 à 11 avec optimum entre 7 et 8, donc ces résultats permettent de classifier les souches avec les bactéries neutrophiles. Ainsi que, Badji et *al.* (2006) et Hozzein et *al.* (2004) trouvent que la souche AC104 et YIM 80379^T qui provient du désert de l'Algérie et l'Egypte successivement ont un pH optimal entre 9 et 10 ce qui permet de considérer ces deux souches comme alcalinophiles.

4.2.4 Résultat des tests d'activité enzymatique

D'après les résultats des différents travaux, on remarque une biodiversité métabolique entre les souches d'actinomycètes.

Les résultats des activités enzymatiques des 17 souches étudiées montrent que 58% des souches ont une activité amylolytique qui dégrade l'amidon par l'enzyme amylase selon Fortas et *al.* (2017) ; Badji et *al.* (2006) ; Aouiche et *al.* (2012) ; Chaabane Chaouch et *al.* (2016) ; Harwani et *al.* (2019) ; Driche et *al.* (2015) ; Belghit et *al.* (2016) et Khebiziet *al.* (2018).

Les résultats obtenus de dégradation de caséine par Fortas et *al.* (2017) ; Chaabane Chaouch et *al.* (2016) ; Goodfellow et *al.* (2017) ; Khebiziet *al.* (2018) et Badji et *al.* (2006) montrent que toutes des souches ont une activité protéolytique comme la caséine est hydrolysée, cela signifie la production de caséinase et le reste article n'étudie pas le test.

Au niveau du test gélatine les résultats obtenus par Chaabane Chaouch et *al.* (2016) ; Driche et *al.* (2015) ; Belghit et *al.* (2016) ; Khebiziet *al.* (2018) et Badji et *al.* (2006) indiquent que 29% des souches hydrolysent la gélatine, causée par la production d'enzymes gélatinase. Aussi les résultats de Zhang et *al.* (2016) et Fortas et *al.* (2017) indiquent que 23% des souches ne dégradent pas la gélatine.

D'après les résultats de tween 80, la présence des halos opaque en forme de précipitation sont des indicatifs d'une activité enzymatique, dans lesquelles les acides gras libérées avec des ions de Ca^{+2} par enzyme estérases. On remarque que 41% des souches possèdent l'enzyme estérase (Zhang et *al.* 2016 ; Goodfellow et *al.* 2017 ; Badji et *al.* 2006 ; Chaabane Chaouch et *al.* 2016 ; Santhanam et *al.* 2013 ; Santanam et *al.* 2012 et Boubetra et *al.* 2013).

Concernant la dégradation dexanthine, on remarque que 29 % des souches testées par Santhanam et *al.* (2013) ; Aouiche et *al.* (2012) ; Driche et *al.* (2015) ; Belghit et *al.* (2016) et Khebiziet *al.* (2018) sont capables d'hydrolyser ce substrat par l'enzyme xanthine déshydrogénase par contre Okoro et *al.* (2012) ; Santanam et *al.* (2012) et Chaabane Chaouch et *al.* (2016) indiquent que 17% des souches sont incapables à dégrader la xanthine.

Les résultats rapportés par Chaabane Chaouch et *al.* (2016); Driche et *al.* (2015) ; Belghit et *al.* (2016) et Khebizi et *al.* (2018) montrent que 23% des souches d'actinomycètes testées ont la capacité à l'hydrolyser l'esculine par l'enzyme esculinase. Alors que, la souche C2^T du désert d'Atacama incapable d'hydrolyser l'esculine selon Santhanam *et al.* (2013).

Les résultats présentés par Santanamet *al.* (2012); Dricheet *al.* (2015) et Belghit et *al.* (2016) indiquent que 17%des souches étudiées capables de dégrader l'adénine ce qui indique leur aptitude à produire l'enzyme adénine désaminase par rapport Chaabane Chaouch et *al.*

(2016) ; Khebiziet *al.* (2018) et Badji et *al.* (2006) montrent que 17% des souches testées n'hydrolysent pas l'adénine.

Selon Santhanam et *al.* (2013) et Harwani et *al.* (2019) les souches C2^T et D8 possèdent une activité cellulolytique due à la présence d'enzymes cellulase qui dégrade la cellulose alors que les résultats d'Okoro et *al.* (2012) ; Santanam et *al.* (2012) ; Chaabane Chaouch et *al.* (2016) ; Zhang et *al.* (2016) ; Khebizi et *al.* (2018) montrent que 29% les souches n'avaient pas cette activité.

A partir du résultat de Harwani *et al.* (2019) la souche D8 du Thar dans le territoire indien possède une activité pectinolytique qui permet la dégradation de pectine, et selon Badji *et al.* (2006) la souche AC104 du Sahara algérien ne possède pas cette activité.

Les résultats Harwani *et al.* (2019), la souche D8 présente une activité lipolytique permettant la dégradation des lipides par l'enzyme lipase.

Selon Harwani et *al.* (2019) et Zhang et *al.* (2016) les souches D8 et TRM 49605^T produisent l'enzyme catalase.

D'après les résultats ces dessus, ont remarqué que 35% des souches possède une forte activité enzymatique aussi 29% des souches sont moyennes et 35% des souches avec une faible d'activité. Donc les souches d'actinomycètes du sol hyper aride indiquent une grande activité enzymatique (activité amylolytique et protéolytique aussi l'enzyme estérase) et certains capables d'hydrolyser gélatine, xanthine, esculine, adénine.

La présence de deux souches C2^T et D8 possèdent enzyme cellulase, deux souches D8 et TRM 49605^T qui province de désert d'Inde et Chine successivement produise l'enzyme catalase et une seule souche D8 possède une activité pectinolytique et lipolytique.

4.2.5 Résultat d'utilisation des carboxyles

Les résultats présentés par Fortas et *al.*, (2017) ; Chaabane Chaouch et *al.*, (2016) ; Aouiche et *al.*, (2012) ; Belghit et *al.*, (2016) ; Okoro et *al.*, (2012) ; Goodfellow et *al.*, (2017) ; Hozzein et *al.*, (2004) ; Khebizi et *al.*, (2018) ; Driche et *al.*, (2015) ; Santhanam et *al.*, (2012) ; Santhanam et *al.*, (2013) ; Zhang et *al.*, (2016) ; Badji et *al.*, (2006) ; Harwani et *al.*, (2019) ; Boubetra et *al.*, (2013) montrent que les souches d'actinomycètes utilisent les carboxyles comme suivants : 64% mannitol, 52% fructose, 52% glucose, 52% xylose, 41%

lactose, 41% rhamnose, 35% raffinose, 35% sucrose, 29% mannose, 29% maltose, 17% salicine et 11% saccharose.

Mais il y a certains travaux montrent que les souches n'ont pas utilisé certains carboxyles : 29% raffinose, 23% lactose, 23% salicine, 17% mannitol, 17% xylose, 17% fructose, 17% sucrose, 11% maltose, 5% rhamnose et 5% mannose. Alors que 41% des souches possèdent une forte capacité d'utilisation des différents substrats carbonés. Selon Goodfellow et *al.* (2017) et Badji et *al.* (2006) les souches KNN35.1b^T et AC104 qui provient du Sahara d'Atacama et l'Algérie successivement ont une activité modérée et 41% des travaux indiquent que les souches sont à faible activité.

Donc les souches d'actinomycètes du sol hyper aride ont une grande capacité d'utilisation des différents carboxyles cela signifie une grande activité enzymatique. Alors les souches ont fortement utilisés le mannitol, fructose, glucose. Ensuite, moyennement lactose, xylose, rhamnose, raffinose et sucrose. Enfin, maltose, mannose, salicine et Saccharose sont à faible utilisation.

4.3 Résultats d'analyse d'ARN 16s des souches d'actinomycètes

Après l'analyse de l'ARNr 16S des souches d'actinomycètes isolés des différentes régions et leur pourcentage de similarité avec d'autres souches, on cite les résultats dans le tableau 6. Les résultats signifient que la plupart des souches appartaient au genre *Streptomyces* (9 souches) (Aouiche et *al.*, 2012 ; Belghit et *al.*, 2016 ; Okoro et *al.*, 2012 ; Goodfellow et *al.*, 2017; Khebizi et *al.*, 2018 ; Driche et *al.*, 2015 ; Santhanam et *al.*, 2012 ; Santhanam et *al.*, 2013 ; Zhang et *al.*, 2016). Ainsi que, la présence de quelques souches de différents genres (*Planomonospor*, *Nocardiopsis*, *Actinomadura*, *Saccharothrix*) (Chaabane Chaouch et *al.*, 2016 ; Hozzein et *al.*, 2004 ; Badji et *al.*, 2006 ; Harwaniet *al.*, 2019 ; Boubetra et *al.*, 2013).

Tableau 6. Les résultats génotypiques obtenus par l'analyse de séquence d'ARNr 16S.

Les souches	Genre, l'espèce ou la souche avec pourcentage de similarité	Référence
PM18	<i>Planomonospora</i> rapproché à <i>P. sphaerica</i> JCM 9374 ^T (99,2%) et <i>P. parantospora subsp Antibiotica</i> JCM 3094 ^T (98,81%)	(Chaabane Chaouch et <i>al.</i> , 2016)

PAL11 1	<i>Streptomyces</i> Rapproché à <i>S. ambofaciens</i> ATCC 23877 ^T (99,7%), et par 98% pour <i>Streptomyces collinus</i> NBRC 12759 ^T et <i>Streptomyces violaceochromogenes</i> NBRC 13100 ^T	(Aouiche <i>et al.</i> , 2012)
G61	<i>Streptomyces Mutabilis</i> NBRC 12800 ^T (100% de similarité)	(Belghit <i>et al.</i> , 2016)
C60 ^T	<i>Streptomyces</i> rapproché à <i>S. radiopugnans</i> (99.4 %), <i>Streptomyces sanyensis</i> et <i>Streptomyces nanhaiensis</i>	(Okoro <i>et al.</i> , 2012)
KNN35 .1b ^T	<i>Streptomyces</i> étroitement liée aux souches de <i>S. ghanaensis</i> et <i>S. viridosporus</i>	(Goodfellow <i>et al.</i> , 2017)
YIM 80379 ^T	<i>Nocardioopsis</i> étroitement liées avec <i>N. metallicus</i> et <i>N. exhalans</i> (99,4 %), <i>N. halotolerans</i> et <i>N. dassonvillei</i> (98,4 %), <i>N. listeri</i> et <i>N. prasina</i> (98,8 %), <i>N. dassonvillei</i> et <i>N. synnemataformans</i> (99,3 %), et <i>N. alba</i> et <i>N. prasina</i> (99,0 %)	(Hozzein <i>et al.</i> , 2004)
HG29	<i>Streptomyces</i> rapproché à <i>S. gancidicus</i> NBRC 15412 ^T (99.3%)	(Khebizi <i>et al.</i> , 2018)
G60	<i>Streptomyces</i> rapproché à <i>S. coerulescens</i> ISP 5146 ^T and <i>S. bellus</i> ISP 5185 ^T (100 % pour chacun)	(Driche <i>et al.</i> , 2015)
C63 ^T	<i>Streptomyces</i> rapproché à <i>S. coeruleorubidus</i> NBRC 12844 ^T et <i>Streptomyces lusitanus</i> NBRC 13464 ^T (99.1%) et <i>Streptomyces lomondensis</i> NBRC15426 ^T (98.9%)	(Santhanam <i>et al.</i> , 2012)
C2 ^T	<i>Streptomyces</i> rapproché à la souche type de <i>S. chromofuscus</i> NRRL B-12175 ^T (99.1 %) et <i>S. fragilis</i> NRRL 2424 (98.9 %)	(Santhanam <i>et al.</i> , 2013)
TRM 49605 ^T	<i>Streptomyces</i> rapproché à <i>S. roseolilacinus</i> NBRC 12815 ^T (98.62 %), <i>S. flavovariabilis</i> NRRL B-16367 ^T (98,45 %) et <i>S. variegatus</i> NRRL B-16380 ^T (98,45 %).	(Zhang <i>et al.</i> , 2016)
AC104	<i>Actinomadura</i> rapproché à <i>A. citrea</i> et <i>A. mexicana</i> (99.3%), <i>A. citrea</i> et <i>A. mexicana</i> (99.3%), <i>A. madura</i> et <i>A. macra</i> (99.2%), <i>A. kijaniata</i> et <i>A. namibiensis</i> (99.2%), et <i>A. fibrosa</i> et <i>A. macra</i> (98.3%).	(Badji <i>et al.</i> , 2006)
D8	rapproché à <i>Nocardioopsis sp</i> (97%) et rapproché à <i>N. dassonvillei</i>	(Harwani <i>et al.</i> , 2019)
SA181 ^T	<i>Saccharothrix</i> étroitement liée aux la souche <i>S. longispora</i> NRRL B-16113 ^T (98,9 %), <i>S. xinjiangensis</i> NBRC 101911 ^T (98,4 %), <i>S. texasensis</i> NRRL B61634 ^T (98,2 %) et similitudes avec les autres membres restants du genre <i>Saccharothrix</i> étaient inférieurs à 97,9 %.	(Boubetra <i>et al.</i> , 2013)

Après les résultats basés sur les critères phénotypiques et l'analyse de l'ARNr 16S des souches d'actinomycètes isolés de différentes régions présentent dans le tableau 7. On peut déterminer les souches PAL111, C60^T, G60, TRM 49605^T et C63^T comme *Streptomyces sp* (Aouiche et al., 2012 ; Okoro et al., 2012 ; Driche et al., 2015 ; Zhang et al., 2016 ; Santhanam et al., 2012), les souches YIM 80379^T et D8 définie comme *Nocardiopsis sp* (Hozzein et al., 2004; Harwaniet al., 2019).

Ainsi que les résultats de Chaabane Chaouch et al. (2016) indiquent que la souche PM18 du Sahara algérien est *Planomonospora sp.nov* et de Badji et al. (2006) indiquent que la souche AC104 du sol saharien de l'Algérie est *Actinomadura sp.nov*. Aussi Boubetra et al. (2013) trouvent que la souche SA181^T d'une zone aride du sud de l'Algérie est *Saccharothrix sp.nov*.

D'après les résultats de Belghit et al. (2016) ; Goodfellow et al. (2017) ; Khebizi et al. (2018) et Santhanam et al. (2013), les souches G61, KNN35.1b^T, HG29 et C2^T sont *Streptomyces Mutabilis*, *Streptomyces asenjonii sp*, *Streptomyces gancidicus* et *Streptomyces bullii sp. nov* successivement.

Selon Fortas et al. (2017), Les souches 10, C, MS1 identifient par les critères phénotypiques uniquement et les résultats indiquent qui les trois souches sont des *Streptomyces sp*.

Tous les résultats ci-dessus signifient que la plupart des souches apparentent au genre *Streptomyces* (12 souches) (Aouiche et al., 2012 ; Belghit et al., 2016 ; Okoro et al., 2012 ; Goodfellow et al., 2017 ; Khebizi et al., 2018 ; Driche et al., 2015 ; Santhanam et al., 2012 ; Santhanam et al., 2013 ; Zhang et al., 2016). Ainsi que, la présence de quelques souches de différents genres (*Planomonospora*, *Nocardiopsis*, *Actinomadura*, *Saccharothrix*) (Chaabane Chaouch et al., 2016 ; Hozzein et al., 2004 ; Badji et al., 2006 ; Harwaniet al., 2019 ; Boubetra et al., 2013).

Tableau 7. Les résultats obtenus après les tests génotypiques et phénotypiques.

Les souches	Genre, l'espèce ou la souche	Références
PM18	<i>Planomonospora sp. Nov</i>	(Chaabane Chaouch et al., 2016)
PAL111	<i>Streptomyces sp</i>	(Aouiche et al., 2012)

G61	<i>Streptomyces Mutabilis</i>	(Belghit <i>et al.</i> , 2016)
C60 ^T	<i>Streptomyces sp.</i> Nov	(Okoro <i>et al.</i> , 2012)
KNN35.1 b ^T	<i>Streptomyces asenjonii sp</i>	(Goodfellow <i>et al.</i> , 2017)
YIM 80379 ^T	<i>Nocardiopsis sp.</i> Nov	(Hozzein <i>et al.</i> , 2004)
HG29	<i>Streptomyces gancidicus</i>	(Khebizi <i>et al.</i> , 2018)
G60	<i>Streptomyces sp.</i> Nov	(Driche <i>et al.</i> , 2015)
C63 ^T	<i>Streptomyces sp</i>	(Santhanam <i>et al.</i> , 2012)
C2 ^T	<i>Streptomyces bullii sp.</i> Nov	(Santhanam <i>et al.</i> , 2013)
TRM 49605 ^T	<i>Streptomyces sp</i>	(Zhang <i>et al.</i> , 2016)
AC104	<i>Actinomadura sp.</i> Nov	(Badji <i>et al.</i> , 2006)
D8	<i>Nocardiopsis sp</i>	(Harwani <i>et al.</i> , 2019)
SA181 ^T	<i>Saccharothrix sp.</i> Nov	(Boubetra <i>et al.</i> , 2013)

4.4 Résultats de recherche de l'activité antimicrobienne

L'activité antimicrobienne et antifongique des souches d'actinomycètes provenant des sols du Sahara de différentes régions a été mise en évidence par la technique des cylindres agar et la technique des stries croisée. Parmi les 17 souches actinomycète isolées des sols du Sahara, on a 7 souches a été étudié leur activité antimicrobienne (nommée C, MS1 et 10, PAL111, G61, HG29, AC104).

Les résultats présentés par Aouiche *et al.* (2012) ; Khebizi *et al.* (2018) et Badji *et al.* (2006) montrent que 42% des souches ont la capacité de produit des substances contre *Bacillus subtilis*. Aussi les résultats de Fortas *et al.* (2017) ; Aouiche *et al.* (2012) ; Belghit *et al.* (2016) ; Khebizi *et al.* (2018) (Badji *et al.* (2006) montrent que toutes les souches ont une grande activité antimicrobienne contre *Staphylococcus aureus*.

Les résultats de Fortas *et al.* (2017) ; Aouiche *et al.* (2012) et Badji *et al.* (2006) montrent que 71% des souches testées ont une activité antimicrobienne contre *Escherichia coli* au contraire à la souche G61 que ne a pas une activité antimicrobienne selon les résultats Belghit *et al.* (2016).

Aussi, on trouve que la souche HG29 n'a pas une activité antimicrobienne contre *Klebsiella pneumoniae* selon Khebizi et al. (2018). Au contraire des résultats de Fortas et al. (2017) ; Aouiche et al. (2012) et Badji et al. (2006) indiquent la présence de 57% des souches possèdent une activité antimicrobienne. En plus, les travaux d'Aouiche et al. (2012) ; Khebizi et al. (2018) et Badji et al. (2006), montrent qu'il y a aucune souche a une activité antimicrobienne contre *Pseudomonas aeruginosa*.

Les résultats rapportés par Fortas et al. (2017) indiquent que 42% des souches sont capables de produire des substances contre *Pseudomonas fluorescens* et la souche 10 à une forte activité antimicrobienne vis-à-vis de cette bactérie. Alors que, Fortas et al. (2017) ; Aouiche et al. (2012) indiquent que 42% des souches sont capables de produire des substances contre *Saccharomyces cerevisiae* par contre Badji et al. (2006) montrent que la souche AC104 n'a pas une activité antimicrobienne.

Les résultats de Fortas et al. (2017) ; Belghit et al. (2016) et Badji et al. (2006) montrent que 57% des souches ont une activité antimicrobienne contre *Candida albicans*. Ainsi que, Aouiche et al. (2012) ; Khebizi et al. (2018) et Badji et al. (2006) indiquent que 42% des souches n'ont pas une activité antimicrobienne contre *Candida albicans*.

Les résultats obtenus par Aouiche et al. (2012) ; Belghit et al. (2016) et Khebizi et al. (2018) montrent que 42% des souches possèdent une grande activité contre *Fusarium culmorum* et *Aspergillus carbonarius*. Ainsi que, Khebizi et al. (2018) et Belghit et al. (2016) indiquent que 28% des souches ont une activité antimicrobienne contre *Fusarium oxysporum*.

Les résultats indiquent que la souche *Streptomyces sp* (10) présentait une activité antimicrobienne supérieure aux autres souches suivie par les souches *Streptomyces sp* (PAL111), *Streptomyces gancidicus* (HG29) *Actinomadura sp* et *Streptomyces Mutabilis* successivement. À la suite il y'a une activité mais moindre que l'autre pour *Streptomyces sp* (MS1) et *Streptomyces sp* (C) successivement.

Conclusion

Conclusion

L'objectif essentiel de ce travail était la mise en évidence des caractères phénotypique des souches d'actinomycètes de sol hyper aride où les conditions physicochimiques (température, pH, salinité...) sont extrêmes et de voir l'activité antimicrobienne des souches.

À partir de quinze prélèvements ensemencés dans des différents milieux d'isolement puis purifié on obtient dix-sept souches d'actinomycètes. Après caractérisation morphologique, les colonies d'actinomycètes sont filamenteuses la plupart n'ont pas des pigments diffusibles, d'un mycélium aérien et de substrat de différentes couleurs selon la souche.

La majorité de mycélium de substrat est non fragmenté, ramifie pour certains souches *Streptomyces* (*Streptomyces sp. nov* (C60^T), *Streptomyces sp* (C63^T), *Streptomyces asenjonii sp* ; *Streptomyces bullii sp.nov*) et *Planomonospora sp. nov*. Aussi il se trouve sous forme fragmentée en bâtonnets non mobiles pour la souche *Saccharothrix sp.nov*. La majorité de mycélium aérien est fragmenté à chaine de spores ramifie de différent formes (cylindriques, spirale, droite et bouclée... etc). La présence d'un mycélium aérien non mobile dans les souches de *Streptomyces* (*Streptomyces Mutabilis et Streptomyces sp* (PAL111))

Les résultats de tolérance aux températures, pH et NaCl montrent que la majorité des souches d'actinomycètes sont pousse en gamme de pH entre 4 et 11, en température de 16 à 45°C et en concentration de NaCl entre 4 et 10% avec la présence de certaines souches halotolérantes, deux souches alcalinophiles (*Nocardiosis sp.nov* (YIM 80379^T) et *Actinomadura sp*) et une souche thermophile (*la souche D8 : Nocardiosis sp*).

D'après les résultats des tests enzymatiques, on remarque la grande activité enzymatique des actinomycètes du sol hyper aride, la majorité a une activité amylolytique et protéolytique et sont capables d'hydrolyser le Tween 80, Certain hydrolyse la gélatine, xanthine, esculine, adénine. La présence de deux souches (*Streptomyces bullii sp* et *Nocardiosis sp* (D8)) possèdent l'enzyme cellulase, deux souches (*Nocardiosis sp* (D8) et *Streptomyces sp* (TRM 49605^T)) produisent l'enzyme catalase et une souche *Nocardiosis sp* (D8) possède une activité pectinolytique et lipolytique.

On conclut que les souches d'actinomycètes ont une grande capacité d'utilisation de différents carboxyles. Ils ont fortement utilisé le mannitol suivi fructose, glucose et xylose ;

mais on remarque une utilisation moyenne pour le lactose, rhamnose, raffinose et sucrose et Mannose. Enfin Maltose, salicine et saccharose est utilisé à faible pourcentage.

Après des critères basés sur ARN 16S et caractéristique phénotypique, on trouve que *Streptomyces* était le genre prédominant dans les souches actinomycètes isolés à partir de sol hyper aride suivi avec faible pourcentage le genre *Nocardiopsis* le reste genre de *Planomonospor*, *Actinomadura* et *Saccharothrix* sont présenté avec très faible pourcentage.

Parmi les 17 actinomycètes isolés des sols du Sahara, on a 7 souche a été étudié leur activité antimicrobienne (nommée C, MS1 et 10,PAL111, G61, HG29, AC104) ont été soumis à un dépistage antimicrobien contre les bactéries pathogènes, les levures et les champignons, les résultats obtenus indiquent que la majorité des souches ont une forte activité contre les bactéries Gram positive (*Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*), les bactéries négatives (*Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas fluorescens*), les levures (*Saccharomyces cerevisiae*) et les champignons (*Fusarium culmorum*, *Fusarium oxysporum*, *Aspergillus carbonarius*). Aussi les moitiés présentent une forte activité contre *Candida albicans* mais pas pour *Pseudomonas aeruginosa*. Ces résultats signifient que les actinomycètes ont des activités antimicrobiennes à large spectre contre différentes bactéries pathogènes, levures et même champignons

Les perspectives

Les résultats obtenus indiquent que les actinomycètes des sols du Sahara sont des sources potentielles de nouveaux composés antimicrobiens. Des recherches futures seront nécessaires pour identifier les composés antimicrobiens produits, ce qui impliquera leur purification et utilisation de différentes analyses chimiques par différents techniques.

Référence bibliographique

Référence bibliographique

A

- Adegboye M., & Babalola O. 2012. Taxonomy and ecology of antibiotic producing. *African Journal of Agricultural Research* 7(15): 2255-2261.
- Anandan R., Dharumadurai D., & Manogaran G. P. 2016. An Introduction to Actinobacteria. Dans D. Dharumadurai, & J. Yi, *Actinobacteria - Basics and Biotechnological Applications*. 4-37. Croatia.

B

- Balagurunathan R., Selvameenal L., & Radhakrishnan M. 2009. Antibiotic Pigment from Desert Soil Actinomycetes; Biological Activity, Purification and Chemical Screening. *Indian Journal of Pharmaceutical Science* 71(5): 499–504.
- Ballesteros A., Plou, F., Ferrer, M., Calvo, M., Alcalde, M., Reyes, F., & Nuero, O. (1998). Analysis of Tween 80 as an esterase/ lipase substrate for lipolytic activity assay. *Biotechnology Techniques* 12(3): 183–186.
- Barka E., Vatsa P., Sanchez L., Gaveau-Vaillant N., Jacquard C., Clément C., . . . Wezel V. G. 2016. Taxonomy, Physiology, and Natural Products of Actinobacteria. *American Society For Microbiology* 80(1): 1-43.
- Bawazir A., & Shantaram M. 2018. Ecology And Distribution Of Actinomycetes In Nature. *International Journal Of Current Research* 10: 71664-71668.
- Berd D. 1973. Laboratory Identification of Clinically Important Aerobic Actinomycetes. *American Society for Microbiology* 25(4): 665-681.
- Bhat R., Bhatti A., & Haq S. 2017. Actinomycetes benefaction role in soil and plant health. *Microbial Pathogenesis*, 458-467.
- Braun E., Sénéchal A., Karsenty J., Valour F., Ferry T., Ader F., . . . Bousset L. 2014. Actinomycosis: etiology, clinical features, diagnosis, treatment, and management. *Dove Press journal* 183–197.

C

Chaphalkar S. R., & Dey S. 1996. Computer Assisted Identification Of Streptomyces Species With High Extracellular Protease Activity. University of Udine, Mycology Department, India.

Chavan D., Mulaje S., & Mohalkar R. 2013. A review on actinomycetes and their biotechnological application. International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research 4(5): 1730-1742.

D

Dornelas J., Marriel I., Figueiredo J., Lana U., Oliveira C., & Abreu C. 2017. Characterization and phylogenetic affiliation of Actinobacteria from tropical soils with potential uses for agro-industrial processes. Genetics and Molecular Research 16.

G

Gonzalo, S. (1956, July 24). A simple method for the detection of lipolytic activity of micro-organisms and some observations on the influence of the contact between cells and fatty substrates. Spain, Department of Biochemistry.

H

Harwani D. 2013. Biodiversity Of Rare Thermophilic Actinomycetes In The Great Indian Thar Desert: An Overview. Indo American Journal of Pharmaceutical Research 3(11): 9349-9356.

K

Kitouni M., Couble A., Mouniee B., Boiron P., Boudemagh A., Oulmi L., . . . Boulahrouf A. 2005. Isolation of actinomycetes producing bioactive substances from water, soil and tree bark samples of the north-east of Algeria. Journale de Mycologie Médicale, 45–51.

M

Mahajan G., & Balachandran L. 2012, janvier 1. Antibacterial agents from Actinomycetes. India.

Mansour S., Abdel-Azeem A., & Abo-Deraz S. 2015. A new record of Actinobacteria isolated from soil in Jerusalem and their enzymatic potential. F1000Research.

- Masayuki H., & Hideo N. 1987. Humic Acid-Vitamin Agar, a New Medium for the Selective Isolation of Soil Actinomycetes. *Journal of Fermentation Technology* 65(5): 501-509.
- Meji A., Wezel G., Worsley S., & Hutchings M. 2017. Chemical ecology of antibiotic production by actinomycetes. *FEMS journals* 41(3): 392–416.
- Mokrane S., Zitouni A., Sabaou N., Meklat A., Bouras N., Djemouai N., . . . Mathieu, F. 2020. Isolation, Classification and Antagonistic Properties of Alkalitolerant Actinobacteria from Algerian Saharan Soils. *Geomicrobiology Journal* 826-836.
- Moncla B., & Pryke K. 2009. Oleate lipase activity in *Gardnerella vaginalis* and reconsideration of existing biotype schemes. *BMC Microbiology* 9: 1-5.
- Mukhtar S., Abdulla M. k., Mehnaz S., Zaheer A., & Dalaq A. 2017. Actinomycetes: A Source of Industrially Important Enzymes. *Journal of Proteomics & Bioinformatics* 10: 316-319.

N

- Nauanova A., Baimbetova E., Kazangapova N., Bekenova S., Aidarkulova R., Anuarbekova S., & Yerpasheva D. 2018. Ecology of Actinomycetes in Different Soil Ecosystems Common in North Kazakhstan: Assessment and Genotyping. *Foundation Environmental Protection & Research* 27(106): 1841-1856.
- Nithya K., Muthukumar C., Duraipandiyar V., Dhanasekaran D., & Thjuddin N. 2015. Diversity and Antimicrobial Potential of Culturable Actinobacteria from Desert Soils of Saudi Arabia. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research* 7(3): 117-122.

P

- Pradhan S., Mishra B., & Rout S. 2015. Screening of Novel Actinomycetes from Near Lake Shore Sediment of the Chilika Lake, Odisha, India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 4(8): 66-82.

R

- Ramalingam S., Udhyakumar K., Saravanan R., & Dheebe B. 2017. Extraction of Actinomycetes (*Streptomyces sp.*) Pigment and Evaluation of its Anticancer Property on HeLa Cell Line. *Der Pharma Chemica* 9(24): 106-113.

Reiner K. 2010, November 11. Catalase Test Protocol. American Society For Microbiology, 1-9.

S

Saoudi B., Ladjama A., Habbeche A., Kerouaz B., Haberra S., Tichati L., . . . Gargouri A. 2015. Purification and characterization of a new thermoalkaliphilic pectate lyase from *Actinomadura keratinilytica* Cpt20. Process Biochemistry 8.

Saunders A. P., Otto R. H., & Sylvester J. C. 1952. The Production Of Vitamin B12 By Various Strains Of Actinomycetes. Journal of Bacteriology are provided of American Society for Microbiology (ASM) 64(5): 725–728.

Schaal K. P., & Schofield G. M. 1981. A Numerical Taxonomic Study of Members of the Actinomycetaceae and Related Taxa. Journal of General Microbiology 127: 237-259.

Sharma M., Dangi P., & Choudhary M. 2014. Actinomycetes: Source, Identification, and Their Applications. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 3(2): 801-832.

Shirling E., & Gottlieb D. 1966. Methods for Characterization of *Streptomyces* Species. International Journal of Systematic Bacteriology 16(3): 313-340.

Sumathy J. H., & Veronica R. 2020. Production Of Vitamin B12 Using Enriched Oil Cakes By *Streptomyces Spp* Isolated From Soil Samples. International Journal of Current Research in Multidisciplinary (IJCRM) 5(1): 45-61.

Sunitha V. H., Nirmala D. D., & Srinivas C. 2013. Extracellular Enzymatic Activity of Endophytic Fungal Strains Isolated from Medicinal Plants. Department of Microbiology and Biotechnology. World Journal of Agricultural Sciences 9(1): 01-09.

T

Thami-Alami I., Elboutahiri N., & Udupa S. M. 2010. Variability in natural populations of *Sinorhizobium meliloti* in Morocco.

Tiwari K., Mösker E., Upadhyay D., Sussmuth R., & Gupta R. 2014, December 25. Culturable bioactive actinomycetes from the Great Indian Thar Desert. Annals of Microbiology and Immunology.

Tresner H. D., Hayes J. A., & Backus E. J. 1968, May 31. Differential Tolerance of *Streptomyces* to Sodium Chloride as a Taxonomic Aid. *Applied Microbiology* 16(8): 1134-1136.

V

Valéria M., Araújo S., Esteves de Brito F., Ramos K., Maciel da Silva R., Martins C., & Silveira M. S. 2015. Atividade Enzimática de Actinobactérias do Semiárido. *Revista Brasileira de Geografia Física* 8:560-572.

Vickers J., Williams S., & Ross G. 1984. A taxonomic approach to selective isolation of *Streptomyces* from soil. Mexico.

Viswanathan K., Jeyanthi R. L., Arumugam P., & Anbarasu K. 2015. Isolation and screening of protease producing marine Actinomycetes from Chennai coastal region. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences* 2(8): 153–157.

Y

Yekkour A., Goudjal Y., Riba A., Sabaou N., Zitouni A., Toumatia O., . . . Mathieu F. 2014. Antifungal properties of an actinomycin D-producing strain. *Journal of Basic Microbiology* 54: 1-8.

Z

Zerizer H., Oulmi L., Boughachiche F., Rechioua S., Boudemagh A., Kitouni M., & Boulahrouf A. 2006. Identification d'une actionmycètes, productrice d'antibacériens , isolée de sols aride de la région de biskra. *Sciences & Technologie* (24): 17-22.

Zhi X., Li W., & Stackebrandt E. 2009. An update of the structure and 16S rRNA gene sequence-based definition of higher ranks of the class Actinobacteria, with the proposal of two new suborders and four new families and emended descriptions of the existing higher taxa. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 59: 589–608.

Annexes

Annexe 1

Les compositions des milieux de culture

Milieu	Composition	Quantité	Références
ISP2	Extrait de levure Extrait de malt Dextrose Gélose Eau distillée	4 g 10 g 4 g 20 g 1 litre	(Shirling et Gottlieb, 1966)
ISP3	Farine d'avoine Gélose L'eau distillée solution de sel	20 g 18,0 g 1000 ml 1,0 ml	(Shirling et Gottlieb, 1966)
ISP4	amidon soluble K ₂ HP0 ₄ MgS0 ₄ .7H ₂ O NaCl (NH ₄) ₂ S0 ₄ CaC0 ₃ Eau distillée Solution de sels	10 g 1 g 1 g 1 g 2 g 2 g 500 ml 1 ml	(Shirling et Gottlieb, 1966)
ISP5	L-asparagine Glycérol K ₂ HP0 ₄ Eau distillée Solution de sels Agar	1 g 10 g 1 g 1 l 1 ml 20 g	(Shirling et Gottlieb, 1966)
ISP9	Des sources de carbone stérilisées : (Mannitol, Xlyose, Rhammose, glucose, le lactose, le saccharose, mannose, fructose, maltose, sucrose) Milieu de sel minéral Sels traces de Pridham et Gottlieb	1 ml/l	(Shirling et Gottlieb, 1966)
milieu Bennett	Extrait de levure	1 g/L	(Kitouni <i>et al.</i> , 2005)

	Extraitde bœuf casaminoacides Glucose gélose	1 g /L 2 g/L 10 g/L 15 g/L	
le milieu BM	(NH ₄) ₂ SO ₄ NaCl KH ₂ PO ₄ K ₂ HPO ₄ MgSO ₄	2g/L 2g/L 0.5g/L 1g/L 0.2 g/L	(Driche <i>et al.</i> , 2015)
géloسلait écrémé	Caséine Extraitde levure, Dextrose Lait écrémé gélose	5,0 g / l 2,5 g / l 1,0 g / l 28,0 g / l 20 g / l	(Viswanathan <i>et al.</i> , 2015)
pectine agar	Pectine Extraitde levure Peptone KH ₂ PO ₄ MgSO ₄ . 7H ₂ O gélose	5g / l 5g / l 5g / l 1g / l 0,01g / l 20g / l	(Saoudiet <i>al.</i> , 2015)
milieu de sel minéral	(NH ₄) SO ₄ KH ₂ P0 ₄ K ₂ HPO ₄ * 3H ₂ O MgSO ₄ * 7H ₂ O Eau distillé agar	2.64 g 2,38 g 5,65 g 1,00 g 1,00 litre 15,0 g	(Shirling et Gottlieb, 1966)
gélose de bile- esculine	Extrait de viande Peptones Extrait de levure Citrate de sodium Citrate de fer Chlorure de sodium Esculine Bile de bœuf Azide de sodium Agar	3g / L 17g / L 5g / L 1g / L 0,5g / L 5g / L 1g / L 10g / L 0,25g / L 13g / L	http://stl.bgb.liberte. free.fr/microbio_fiches/bea1.pdf
GYP	Glucose Extrait de levure Peptone Agar Eau distillé	1 g 0,1 g 0,5 g 16 g 1000 ml	(Sunitha <i>et al.</i> , 2013)
Milieu pomme	Gélose	15 g / L	https://www.lustiner.com/Articles

de terre de dextrose (PDA)	Dextrose Extrait de pomme de terre	20 g / L 4 g / L	/1834037/Pomme-de-terre-gelose-Potato-Dextrose-Agar-PDA-Bio-Chemika-pour-microbiologie-/search
GLM	Extrait de levure Extrait de malt Peptone Glucose gélose	3 g / l 3 g / l 5 g / l 10 / l 20 g / l	(Kitouni <i>et al.</i> , 2005)
gélose au jaune d'œuf	Digestion pancréatique de caséine Vitamine K1 Chlorure de sodium Digestion papa de farine de soja Extrait de levure L-cystine Hémine Émulsion de jaune d'œuf gélose	15 g 10 g 5 g 5 g 5 g 0,4 g 5g 100,0 ml 20 g	https://microbiologie-clinique.com/l%C3%A9cithinase.html
Gélose chitine-vitamines	Chitine K ₂ HPO ₄ KH ₂ PO ₄ MgSO ₄ NaCl CaCO ₃ FeSO ₄ 7H ₂ O ZnSO ₄ 7H ₂ O MnCl ₂ 4H ₂ O Gélose Eau distillée	2 g 0,35 g 0,15 g 0,2 g 0,3 g 0,02 g 10 mg 1 mg 1 mg 18 g 1 Litre	(Belghit <i>et al.</i> , 2016)
Milieu A	Glucose Peptone Extrait de levure K ₂ HPO ₄ .3H ₂ O MgSO ₄ .7H ₂ O Na ₂ CO ₃ Gélose	10 g / L 5 g / L 5 g / L 1 g / L 0,2 g / L 10 g / L 15 g / L	(Hozzein <i>et al.</i> , 2004)
Gauze's no. 1	Amidon soluble	20 g / L	(Zhang <i>et al.</i> , 2016)

	KNO ₃ K ₂ HPO ₄ MgSO ₄ ·5H ₂ O NaCl FeSO ₄ ·7H ₂ O Gélose	1 g / L 0,5 g / L 0,5 g / L 20 g / L 0,01 g / L 20 g / L	
Gélose chitine- vitamines B	Chitine K ₂ HPO ₄ KH ₂ PO ₄ MgSO ₄ , 7H ₂ O NaCl CaCO ₃ FeSO ₄ , 7H ₂ O ZnSO ₄ , 7H ₂ O MnCl ₂ , 4H ₂ O Agar Eau distillée	2 g 0,35 g 0,15 g 0,2 g 200 g 0,02 g 10 mg 1 mg 1 mg 18 g 1000 ml	(Masayuki et Hideo, 1987)
Gélose acide humique vitamine	Acide humique NaH ₂ PO ₄ KCl MgSO ₄ , 7H ₂ O FeSO ₄ ·7H ₂ O CaCO ₃ Vitamines B Cycloheximide bourrin Gélose Eau distillée	1 g * 0,5 g 1,71 g 0,05 g 0,01 g 0,02 g ** 50mg 18 g 1 Litre	(Masayuki et Hideo, 1987)
Gélose raffinose histidine	La raffinose L-histidine MgSO ₄ ·7H ₂ O FeSO ₄ ·7H ₂ O K ₂ HPO ₄ bacto-agar (Difco) Eau distillée	10 g 1 g 0,5 g 0,01 g 1,0 g 12,0 g 1 Litre	(Vickers <i>et al.</i> , 1984)
gélifié à la peptone	Difco Bacto- peptone NaCl CaCl ₂ ·1H ₂ O Eau distillée	10 g 5 g 0,1 g 1000 ml	(Gonzalo, 1956)

Les réactifs utilisés aux milieux

Réactif / solution	Composition	Quantité	Utilisation
solution de sel	FeSO ₄ · 7H ₂ O	0.1 g	Utiliser dans les milieux ISP 3, 4, 5 et 7 (Shirling et Gottlieb, 1966)
	MnCl ₂ · 4H ₂ O	0.1 g	
	ZnSO ₄ · 7H ₂ O	0.1 g	
	Eau distillée	100 ml	
Sels traces de Pridham et Gottlieb	CuSO ₄ * 5 H ₂ O	0.64 g	Pour ISP9 (Shirling et Gottlieb, 1966)
	FeSO ₄ *7H ₂ O	0.11 g	
	MnCl ₂ * 4H ₂ O	0.79 g	
	ZnSO ₄ * 7H ₂ O	0.15 g	
	Eau distillé	100 ml	
trace éléments	MnCl ₂ · 7H ₂ O	1 g / l	Pour pesctine agar (Saoudiet <i>al.</i> , 2015)
	FeSO ₄ · 7H ₂ O	1 g / l	
	ZnSO ₄ · 7H ₂ O	1 g / l	

Annexe 2**Les articles utilisés dans les résultats**

- Aouiche A., Sabaou N., Meklat A., Zitouni A., Mathieu F., & Lebrihi A. 2012. Activité antimicrobienne de *Streptomyces sp.*PAL111 d'origine saharienne contre divers microorganismes cliniques et toxigènes résistants aux antibiotiques. *Journal de Mycologie Médicale*22: 42—51.
- Badji B., Zitouni A., Mathieu F., Lebrihi A., & Sabaou N. 2006. Antimicrobial compounds produced by *Actinomadura sp.* AC104 isolated from an Algerian Saharan soil. *Canadian Journal of Microbiology* 52: 373–382.
- Belghit S., Driche E., Zitouni A., Sabaou N., Badji B., Bijani C., & Mathieu F. 2016. Activity of 2,4-Di-tert-butylphenol produced by a strain of *Streptomyces mutabilis* isolated from saharan soil against *Candida albicans* and other pathogenic fungi. *Journal of Medical Mycology* 26(2): 160-169.
- Boubetra D., Zitouni A., Bouras N., Sabaou N., Mathieu F., Lebrihi A., . . . Klenk H. 2013. *Saccharothrix hoggarensis sp. nov.*, an actinomycete isolated from Saharan soil. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*63: 549–553.
- Chaabane Chaouch F., Bouznada K., Bouras N., Tata S., Meklat A., Mokrane S., . . . Sabaou N. 2016. *Planomonospora sp.* PM18: Isolation and Taxonomy of ew actinobacterial strain isolated from Algerian saharan soil. *Algerian journal of arid environment* 6(2): 16-23.
- Driche E., Belghit S., Bijani C., Zitouni A., Sabaou N., Mathieu F., & Badji B. 2015. A new *Streptomyces* strain isolated from Saharan soil produces di-(2-ethylhexyl) phthalate, a metabolite active against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. *Annals of Microbiology and Immunology*65:1341–1350.
- Fortas Z., Bellahcene M., Harir M., José M., Antonio V., & Susana R. 2017. Isolation and Characterization of Actinobacteria from Algerian Sahara Soils with Antimicrobial Activities. *Internatinal Journal of Molecular and Clinical Microbiology*6(2):110-120.
- Goodfellow M., Busarakam K., Idris H., Labeda D., Nouioui I., Brown R., . . . Bull A. 2017. *Streptomyces asenjonii sp. Nov.*, isolated from hyper-arid Atacama Desert soils and

- emended description of *Streptomyces viridosporus* Pridham et al. 1958. Cross Mark 110:1133–1148.
- Harwani D., Begani J., & Lakhani J. 2019. A broad-spectrum antimicrobial activity of thermophilic *Nocardioopsis* producing multiple extracellular enzymes of industrial and therapeutic use. *Asian Journal of Pharmacy and Pharmacology* 5(3):525-534.
- Hozzein W., Ali M., Hammouda O., Mousa A., Li W., Xu L., & Jiang C. 2004. *Nocardioopsis alkaliphila* sp. nov., a novel alkaliphilic actinomycete isolated from desert soil in Egypt. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 54: 247–252.
- Khebizi N., Boudjella H., Sabaou N., Bouras N., Bijani C., Klenk H., . . . Mathieu F. 2018. Oligomycins A and E, major bioactive secondary metabolites produced by *Streptomyces* sp. strain HG29 isolated from a Saharan soil. *Journal of Medical Mycology* 28(1): 150-160.
- Okoro C., Santhanam R., Rong X., Huang Y., Bull A., Weon H., . . . Goodfellow M. 2012. *Streptomyces atacamensis* sp. nov., isolated from an extreme hyper-arid soil of the Atacama Desert, Chile. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 62: 2680–2684.
- Santhanam R., Okoro C., Rong X., Huang Y., Bull A., Andrews B., . . . Goodfellow M. 2012. *Streptomyces deserti* sp. nov., isolated from hyper-arid Atacama Desert soil. *Springer Science+Business Media* 101: 575–581.
- Santhanam R., Rong X., Huang Y., Andrews B., Asenjo J., & Goodfellow M. 2013. *Streptomyces bullii* sp. nov., isolated from a hyper-arid Atacama Desert soil. *Springer Science+Business Media Dordrecht* 103: 367–373.
- Zhang R., Han X., Xia Z., Luo X., Wan C., & Zhang L. 2016. *Streptomyces luozhongensis* sp. nov., a novel actinomycete with antifungal activity and antibacterial activity. CrossMark.

المخلص

تم عزل سبعة عشر سلالة من الـ Actinomyces من خلال عينات لمناطق مختلفة من تربة شديدة الجفاف. بعد دراسة النمط الظاهري تكون سلالات الـ Actinomyces خيطية، ذات الحجم (1 - 5 ميكرومتر) مع نشاط إنزيمي كبير وقدرة على استخدام الكربوكسيل المختلفة. غالبية سلالات الـ Actinomyces هي halophiles و neutrophiles و mésophiles.

بعد المعايير المستندة إلى 16S rRNA والخصائص المظهرية وجد أن *Streptomyces* كانت الجنس السائد في سلالات الـ Actinomyces المدروسة يليها بنسبة منخفضة جنس *Nocardiopsis* ، بينما تم تقديم باقي اجناس *Actinomadura*, *Planomonospor*, و *Saccharothrix* بنسبة منخفضة جداً بالإضافة للنتائج التي تم الحصول عليها لدراسة 7 سلالات خلال فحص النشاط المضاد للميكروبات تشير إلى أن العزلات لديها نشاط مضاد للميكروبات عالي ضد معظم الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض التي تم اختبارها

الكلمات المفتاحية: الـ Actinomyces، دراسة النمط الظاهري، 16S rRNA، النشاط المضاد للميكروبات

Résumé

Dix-sept souches d'actinomycètes ont été isolées à partir des échantillons provenant des différentes régions du sol hyper aride. Après l'étude phénotypique les souches d'actinomycètes sont filamenteuses de taille (1 – 5µm) avec une grande activité enzymatique et capacité d'utilisation des différents carboxyles. La majorité des souches d'actinomycètes sont mésophiles, neutrophiles et halophiles.

Après des critères basés sur 16S rRNA et caractéristique phénotypique on trouve que *Streptomyces* est le genre prédominant entre les souches actinomycètes étudiée suivi avec faible pourcentage le genre *Nocardiopsis* le reste genres de *Planomonospor*, *Actinomadura* et *Saccharothrix* sont présents avec très faible pourcentage. Ainsi que, les résultats obtenus de 7 souches après un dépistage antimicrobien indiquent que les isolats ont une grande activité antimicrobienne contre la plupart des microorganismes pathogènes testés.

Mots clés : actinomycètes, étude phénotypique, 16S rRNA, activité antimicrobienne

Abstract

Seventeen strains of actinomycetes were isolated from samples from different regions of the hyper arid soil. After the phenotypic study, the strains of actinomycetes are filamentous in size (1 - 5µm) with great enzymatic activity and capacity to use different carboxyls. The majority of strains of actinomycetes are mesophiles, neutrophils and halophiles.

After criteria based on 16S rRNA and phenotypic characteristic, found that *Streptomyces* was the predominant genus among actinomycete strains studies followed with low percentage the genus *Nocardiopsis* the rest genus of *Planomonospor*, *Actinomadura* and *Saccharothrix* are presented with very low percentage. The results obtained from 7 strains between them after antimicrobial screening indicate that the isolates have high antimicrobial activity against most of the pathogenic microorganisms tested.

Keywords: actinomycetes, phenotypic study, 16S rRNA, antimicrobial activity