

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET
POPULAIRE
UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Biologique**



**Mémoire En vue de l'obtention du diplôme de
MASTER ACADEMIQUE**

Domaine : Science de la Nature et de la Vie

Filière : Biologie

Spécialité : Qualité des produits et sécurité alimentaire

Thème

*Synthèse bibliographique sur la recherche de souches
bactériennes locales productrices de substances
antimicrobiennes de la région de Ouargla*

**Présenté par : Bousnina Hadjer
Ghedeir ali Saàdia**

**Soutenu publiquement
Le : 30/09/2020**

Devant le jury :

**Mme HADJADJ Soumia
Mme BOUAZIZ Sabrina
Mr. BOURICHA Mohamed**

**Présidente
Encadreur
Examineur**

**UKM Ouargla
UKM Ouargla
UKM Ouargla**

Année Universitaire : 2019 /2020

Remerciements

Nous remercions tout d'abord le Dieu qui nous a donné le courage et la patience dans toute notre vie et pour terminer ce modeste travail. Toujours en lui nous allons mis toute nos confiance et IL nous a jamais déçu.

Mme BOUAZIZ Sabrina, enseignante à l'université KASDI MERBAH DE OUARGLA Faculté des sciences De la nature et la vie Département Des Science biologique notre encadreur, Non seulement pour l'aide très précieuse qu'elle nous apporté, mais aussi pour son enthousiasme communicatif, sa patience et sa totale disponibilité pour l'encadrement de ce travail.

Nous exprimons nos profondes reconnaissances et gratitude à toutes les personnes qui ont apporté leur aimable contribution à ce travail par leurs remarques ,leurs conseils, leurs encouragements et leurs compétences et en particulier.

Enfin nous remercions toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce
Travail

Dédicaces

Je tiens en tout premier lieu à remercier Mon père, l'homme qui m'a toujours soutenu et qui m'a assez fait confiance pour me laisser continuer mes études ici sans lui, je ne le ferais jamais

Je lui dédie ce travail à la plus belle créature que Dieu a créée sur terre,,, À cette source de tendresse, de patience et de générosité qui était toujours à mes côtés, et pour son amour inconditionnel,,, À ma mère

à mes frères :Salamo, Talola

À ma sœur : Nona

Et à mes amies : MINA, HANONI, CHAIMA, WIAM, Saadia

Qui étaient toujours là pour moi

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce mémoire soit possible, je vous dis merci.

Hadjer

Dédicace

Je dédie ce mémoire

A mes cher parent ma mère et mon père

Pour leur patience, leur amour, leur soutien et leur

Encouragement

A mes sœurs Hayat et Khadîdja

A mon frère Yousef

Toute ma famille

A tous mes amies et amie qui sont chers : Ibtihel, Tinhenan, Hadile, Hadjer

.....

A tous mes collègues en témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

Et toute la promotion de la 2020 Master Contrôle de Qualité des produits alimentaires.

Saàdia

Liste des figures

Figure 01. Désagrégation du sol (Brady et <i>al.</i> , 2002).....	3
Figure 02. Différents horizons d'un profil de sol (Brady et <i>al.</i> , 2002).	7
Figure 03. Triangle des textures minérales (Gobat et <i>al.</i> , 2010)	10
Figure 04. Coupe de sol montrant la structure (Morel, 1989).	11
Figure 05. Coupe transversale d'une colonie d'actinomycètes avec des hyphes vivant avec le mycélium végétatif et le mycélium aérien (Prescott, 2010).....	14
Figure 06. Système de classification hiérarchique proposé de la classe Actinobactéries basé sur des analyses phylogénétiques des données de séquence ADNr 16S.....	15
Figure 07. Aspect macroscopique des colonies d'actinobactéries sur milieu ISP2 à 30 °C pendant 7 jours (Harir, 2018).	17
Figure 08. Représentation schématique et clichés de microscopie électronique à balayage montrant différents sporanges d'actinomycètes par Belyagoubi (2014).....	18
Figure 09 : Croissance d'un isolat d'actinobactérie sur milieu agar de caséine et amidon. .a. mycélium aérien. b. mycélium de substrat (Anandan, 2016).....	19
Figure 10. Cycle de développement des actinomycètes sur milieu solide	24
Figure 11. Métabolites secondaires bioactifs produits par les actinomycètes (Conn, 2005)...	27
Figure 12. Répartition de production des antibiotiques entre les actinomycètes, les champignons et d'autres bactéries non filamenteuses (Berdy, 2005)	28
Figure13. Le mycélium de substrat et le mycélium aérien chez certains genres d'actinomycètes (Chandrakant, 2008).....	55

Liste des tableaux

Tableau I. Coefficient de Chargaff (GC %) de quelques genres d'Actinomycètes	21
Tableau II. Répartition des actinomycètes dans la nature (Goodfellow et Williams, 1983).	22
Tableau III. Quelques actinobacteries producteurs d'enzymes (Saci, 2012).....	30
Tableau IV. Isolement d'actinobactéries par différentes auteurs.....	32
Tableau V. Activités antimicrobiennes	33
Tableau VI. Identification des isolats.....	35
Tableau VII. Extraction des principes actifs et choix des solvants d'extraction	37
Tableau X. Caractérisation et purification des principes actifs.....	38
Tableau IX. Quelques exemples d'antibiotiques produits par les actinomycètes (Loucif., 2010).....	Annexe

Liste des abréviations

%	: Pourcentage
<	: Inférieur
ADN	: Acide désoxyribonucléique
ADNr	: Acide désoxyribonucléique ribosomal
ARNr	: Acide ribonucléique ribosomal
ATCC	: American type culture collection
C°	: degré Celsius
CCM	: chromatographie sur couche mince
DAP	: Acide 2,6- d iaminopimélique
ESP	: électro pulvérisation ionique
G+C	: Guanine +Cytosine
GC (%)	: coefficient de Chargaff
HIV	: humaine immunodéficienc e virus (Virus de l'immunodéficienc e humaine)
HPLC	: Chromatographie Liquide à Haute Performance (High Performance Liquide Chromatographie)
ISP	: International <i>Streptomyces</i> Project (milieu de culture)
MA	: mycélium aérien
Mm	: millimètre
mmol/m³	: Millimole/cubic meter
MS	: mycélium du substrat
N°	: Nombre
PH	: potentiel d'hydrogène
Sp	: Species (espèce).
UV	: Ultraviolet visible
µm	: micromètre
TLC	: Thin Layer chromatography

Résumé

Les chercheurs s'évertuent à isoler perpétuellement de nombreuses souches d'actinobactéries de divers milieux, surtout des milieux où les conditions de vie sont très difficiles : sols salés, sols alcalins, sols acides, marais salants, sols pollués par du pétrole...

La présente recherche est basé sur d'étude comparative des résultats des études précédentes sur les caractéristiques des actinobactéries des différentes souches isolée à partir du sol de différente régions de Sahara algérienne, dans notre travail nous avons comparé les résultats d'isolement, les tests d'identification (morphologiques, moléculaire , chimique et physiologique, biochimique), ainsi les résultats des activité antimicrobienne contre divers microorganismes pathogène et l'extraction et purification des biomolécule de différentes références.

Les résultats d'isolement montrent que le nombre des isolats trouvé diffèrent d'une référence à l'autre, dont **Bouaziz et al., (2016)** ont isolées **112** de la région de Ouargla, qui représente le nombre le plus élevés. Les résultats d'activité antimicrobienne révèlent des données variables d'où le meilleur est retrouvé avec **Aouiche et al. (2012)**, qui ont trouvé une activité de 31 mm contre *Bacillus subtilis*. L'activité antimicrobiennes a été réalisé par la méthode de stries croisées, cylindre d'agar et méthode de puits, les résultats obtenus montrent que toutes les souches ont des activités antimicrobiennes contre plusieurs germes pathogènes. Les résultats des tests morphologiques, physiologiques, biochimiques et génotypiques, des bactéries étudiées montrent que les actinomycètes isolées appartiennent aux différents genres, cela explique que le sol saharien renferme une très grande variété d'espèces

Les différents extraits révèlent que les souches d'actinobacteries ont une concentration des composés bioactif dans leur extrais, ces dernières ont été extraite par la méthode d'extraction liquide-liquide avec des solvants de différentes polarités.

Les auteurs ont effectués différentes techniques pour caractériser leurs molécules, à savoir les techniques chromatographiques, l'HPLC...etc. Les auteurs ont identifié quelques résidus de leurs molécules et pas la molécule complète

Mots clés : Actinomycètes, sol saharien, étude comparative, identification, activité antimicrobienne, extraction,

Abstract

Researchers strive to isolate perpetually numerous strains of actinobacteria from various environments, especially from environments where living conditions are very difficult: salty soils, alkaline soils, acid soils, salt marshes, soils polluted by petroleum, etc.

The present research is based on comparative study of the results of previous studies on the characteristics of actinobacteria of different strains isolated from the soil of different regions of the Algerian Sahara, in our work we compared the results of isolation, the tests of identification (morphological, molecular, chemical and physiological, biochemical), as well as the results of antimicrobial activity against various pathogenic microorganisms and the extraction and purification of biomolecules of different references.

The isolation results show that the number of isolates found differ from one reference to another, of which **Bouaziz et al., (2016)** isolated 112 from the Ouargla region, which represents the highest number. The results of antimicrobial activity reveal variable data hence the best is found with **Aouiche et al. (2012)**, who found 31 mm activity against *Bacillus subtilis*. The antimicrobial activity was achieved by the cross streak method, agar cylinder and well method, the results obtained show that all strains have antimicrobial activities against several pathogenic germs. The results of morphological, physiological, biochemical and genotypic tests of the bacteria studied show that the isolated actinomycetes belong to different genera, which explains why the Saharan soil contains a very wide variety of species.

The different extracts reveal that the strains of actinobacteria have a concentration of bioactive compounds in their extract; the latter were extracted by the liquid-liquid extraction method with solvents of different polarities.

The authors performed different techniques to characterize their molecules, namely chromatographic techniques, HPLC ... etc. The authors identified some residues of their molecules and not the complete molecule

Key words: Actinomycetes, Saharan soil, comparative study, identification, antimicrobial activity, extraction,.

ملخص

يبقى الباحثون يجد لعزل دائم للعديد من سلالات البكتيريا الشعاعية من بيئات مختلفة، خاصة البيئات التي تكون فيها الظروف المعيشية صعبة للغاية: التربة المالحة، التربة القلوية، التربة الحمضية، المستنقعات المالحة، التربة الملوثة بالنزيت....

يعتمد البحث الحالي على دراسة مقارنة لنتائج الدراسات السابقة على خصائص البكتيريا الشعاعية لسلالات مختلفة معزولة من تربة مناطق مختلفة من الصحراء الجزائرية، في عملنا قمنا بمقارنة نتائج العزلة، تحديد (مورفولوجي، جزيئي، كيميائي، فسيولوجي، كيميائي حيوي)، وكذلك نتائج النشاط المضاد للميكروبات ضد الكائنات الدقيقة المسببة للأمراض المختلفة واستخراج وتنقية الجزيئات الحيوية من مراجع مختلفة.

أظهرت نتائج العزل أن عدد العزلات التي تم العثور عليها يختلف من مرجع إلى آخر، منها **Bouaziz et al., (2016)** عزل 112 من منطقة ورقلة والتي تمثل العدد الأكبر. تكشف نتائج النشاط المضاد للميكروبات عن بيانات متغيرة تم العثور على الأفضل منها مع **Aouiche et al. (2012)**، الذي وجد نشاط 31 ملم ضد *Bacillus subtilis*. تم إجراء النشاط المضاد للميكروبات بطريقة الخطوط المتقاطعة، اسطوانة الاجار وطريقة البئر، وأظهرت النتائج أن جميع السلالات لها أنشطة مضادة للميكروبات ضد العديد من مسببات الأمراض. أظهرت نتائج الاختبارات المورفولوجية والفسولوجية والكيميائية الحيوية والوراثية للبكتيريا المدروسة أن الفطريات الشعاعية المعزولة تنتمي إلى أجناس مختلفة، وهذا يفسر سبب احتواء التربة الصحراوية على مجموعة متنوعة جدًا من الأنواع.

تكشف المستخلصات المختلفة أن سلالات البكتيريا الشعاعية تحتوي على تركيز من المركبات النشطة بيولوجيًا في مستخلصاتها، وقد تم استخلاص الأخيرة بطريقة الاستخلاص السائل-السائل بمذيبات ذات أقطاب مختلفة.

أجرى المؤلفون تقنيات مختلفة لوصف جزيئاتهم، وهي تقنيات الكروماتوغرافيا، HPLC ... إلخ. حدد المؤلفون

بعض بقايا جزيئاتهم وليس الجزيء الكامل

الكلمات المفتاحية: الفطريات الشعاعية، التربة الصحراوية، الدراسة المقارنة، التحديد، النشاط المضاد للميكروبات، الاستخلاص.

Sommaire

REMERCIEMENTS.....

DEDICACE.....

DEDICACE.....

LISTE DES FIGURES.....

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES ABREVIATIONS.....

RESUME.....

ABSTRACT

ملخص.....

SOMMAIRE

INTRODUCTION **1**

CHAPITRE1 : GENERALITE SUR LE SOL

1. SOL 3

 1.1. Définition..... 3

2. CARACTERISTIQUES GENERALES DES PHASES DU SOL 5

 2.1. Phase solide du sol..... 5

 2.1.1. Fraction minérale : 5

 2.1.2. Fraction organique : 5

 2.2. Phase liquide du sol 5

 2.3. Phase gazeuse du sol 6

3. HORIZONS DE SOL 6

4. CARACTERISTIQUES DES SOLS SAHARIENS EN ALGERIE 7

5. CLASSIFICATION DES SOLS SAHARIENS 7

 5.1. Les sols minéraux bruts 8

 5.2. Les sols peu évolués 8

 5.3. Les sols Halomorphes (salins et salins sodiques) 8

6. MICROFLORE DU SOL 8

 6.1. Champignons 8

 6.2. Bactéries 9

 6.3. Algues 9

 6.4. Protozoaires 9

 6.5. Actinomycètes 9

7. FACTEURS INFLUENÇANT L'ACTIVITE DES MICROORGANISMES DU SOL 10

7.1. Facteurs physiques.....	10
7.1.1. Texture du sol.....	10
7.1.2. Structure du sol.....	10
7.2. Factures climatiques	11
7.2.1. Température.....	11
7.2.2. Humidité	11
7.2.3. Influence des saisons	12
7.3. Facteurs chimiques	12
7.3.1. Réaction du sol au pH.....	12
7.3.2. Salinité du sol	12

CHAPITR II: ACTINOMYCETES

1. HISTORIQUE DES ACTINOMYCETES	12
2. DEFINITION ET CARACTERES GENERAUX DES ACTINOBACTERIES.....	13
3. CLASSIFICATION ET TAXONOMIES DES ACTINOBACTERIES	14
3.1. Evolution des critères de classification	15
3.2. Taxonomie.....	16
3.2.1 .Critères taxonomiques de classification des actinobactéries.....	17
3.2.1.1. Critères morphologiques.....	17
3.2.1.1.1. Critères macromorphologiques.....	17
3.2.1.1.2. Critères micro-morphologiques :.....	18
3.2.1.2. Critères chimiques (chimio taxonomie)	19
3.2.1.3. Critères physiologiques et taxonomie numérique	20
3.2.1.4. Critères moléculaires	21
4. ECOLOGIE DES ACTINOMYCETES.....	21
5. CROISSANCE ET CYCLE DE DEVELOPPEMENT DES ACTINOBACTERIES.....	23
6. IMPORTANCE DES ACTINOMYCETES DANS LES DIFFERENTS DOMAINES	24
6.1. Importance écologique des actinobacteries	24
6.2. Importance en domaine médicale et vétérinaire.....	24
6.3. Importance en agronomie	25
6.4. Importance en biotechnologie	26
7. METABOLISME DES ACTINOMYCETES	26
8. SUBSTANCES BIOACTIVES	27
8.1. Antibiotiques	28
8.2. Intérêts des antibiotiques	29

Sommaire

8.3. Enzymes	29
8.4. Vitamines.....	30
8.5. Pigments	31
CHAPITR III: SYNTHÈSE DES ARTICLES	
1. ISOLEMENT	32
2. ACTIVITE ANTIMICROBIENNE.....	33
3. IDENTIFICATION DES ISOLATS	35
4. EXTRACTION DES PRINCIPES ACTIFS ET CHOIX DES SOLVANTS D'EXTRACTION	36
5. CARACTERISATION ET PURIFICATION DES PRINCIPES ACTIFS.....	37
CONCLUSION.....	40
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	40
ANNEXES.....	55

Introduction

Les sols sahariens d'Algérie représentent des écosystèmes particuliers. Leur exploration a permis de mettre en évidence leur richesse et leur biodiversité en actinobactéries rares. De nombreux travaux ont été réalisés dans le but de rechercher des souches productrices d'antibiotiques. Plusieurs souches isolées sont de nouvelles espèces et produisent de nouvelles molécules antimicrobiennes (**Boudjella et al., 2014**).

La découverte des premiers agents antibactériens, sulfamides en 1935, puis pénicilline, avait suscité le grand espoir de voir de diminuer les maladies infectieuses, révolutionné la médecine moderne et a fortement diminué la souffrance humaine. L'usage massif des antibiotiques a abouti, non à l'élimination des infections mais à apprendre aux microbes à résister à ces antibiotiques en exerçant une pression de sélection qui a favorisée l'émergence de gènes de résistance chez les bactéries aboutissant à des souches multi résistantes responsables d'infections graves. Ces dernières années la résistance bactérienne aux antibiotiques est devenue un phénomène mondial inquiétant (**Courvalin et Philippon, 1990 ; Hugues Fleury, 2008**).

Les actinobactéries sont des procaryotes très recherchés en biotechnologie à cause de leur rôle important dans la production des composés bioactifs. ce groupe de bactéries a fourni un nombre considérable d'enzyme, de composés anti tumoraux, d'agent immunosuppresseurs, d'insecticides, d'antiparasites, d'herbicides, d'antioxydant et surtout d'antibiotique (**Solanki et al., 2008**). Cette dernière, sont élaborés par divers organismes vivants notamment les microorganismes (bactéries et champignons). Parmi ceux-ci, les actinobactéries, appelés aussi actinomycètes, constituent l'un des groupes les plus étudiés pour le dépistage de nouvelles molécules bioactives. Ces bactéries sont retrouvées dans divers habitats, même les plus hostiles, et principalement dans les sols. Le genre *Streptomyces* est le principal pourvoyeur en

Antibiotiques, mais d'autres genres sont également producteurs. L'une des stratégies pour augmenter la probabilité d'obtenir de nouveaux antibiotiques d'origine actinobactérienne est d'explorer les environnements extrêmes (sols arides, salés, etc.) et des habitats les moins exploités et également viser des actinobactéries dites 'rares'. Ainsi, Les bioprospections de tels environnements ont été d'un succès remarquable. En effet, plusieurs actinobactéries rares ont été isolées et sont à l'origine de nouveaux antibiotiques (**Boudjella et al., 2014**).

Dans la présente étude, il est cherché à étudier le criblage de souches bactériennes locales productrices de substances antimicrobiennes isolées du sol saharienne de la région d'Ouargla.

Le premier chapitre de ce travail est une synthèse bibliographique, qui représente des informations générales sur sols Saharien. Le deuxième chapitre traite les actinobactéries et enfin un troisième chapitre est consacré pour la synthèse de quelques travaux de même axe que notre travail.

Chapitre 1 : Généralité sur le sol

1. Sol

Le sol est un milieu vivant qui assure de nombreuses fonctions environnementales, il représente aussi un réacteur biologique, qui maintient le développement des êtres vivants (Noomene, 2011). C'est un milieu poreux, contenant une phase liquide et une phase gazeuse susceptible de se déplacer et donc de donner le lieu à des flux de matière. C'est un milieu variable dans l'espace, dont la composition et les caractéristiques présentent un double variabilité, à la fois spatiale et temporelle (Calve, 2013). Le sol est un environnement complexe caractérisé par une grande diversité d'organisme formé par la désagrégation physique, chimique et biologique au cours du temps de plusieurs facteurs génétiques (figure.01) :

- La roche-mère sur laquelle s'est développé.
- Environnementaux tels que le climat, le relief et la végétation.

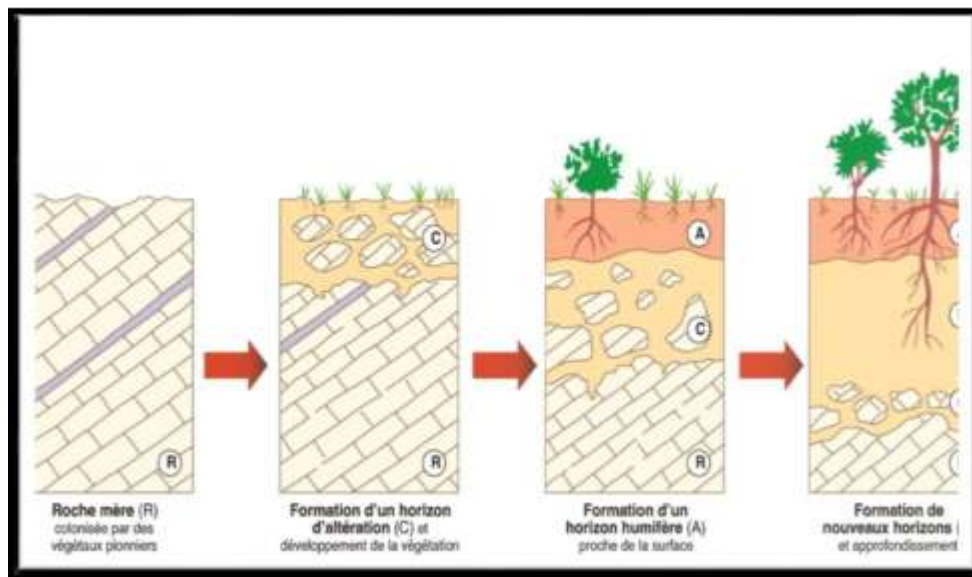


Figure 01. Désagrégation du sol (Brady *et al.*, 2002).

1.1. Définition

Le sol est un volume qui s'étend depuis la surface de la terre jusqu'à une profondeur marquée par l'apparition d'une roche dure ou meuble, peu altérée, ou peu marquée par la pédogenèse. L'épaisseur du sol peut varier de quelques centimètres à quelques dizaines de mètres, ou plus. Il constitue, localement, une partie de la couverture pédologique qui s'étend à l'ensemble de la surface de la terre. Il comporte le plus souvent plusieurs horizons correspondant à une organisation des constituants organiques et/ou minéraux (la terre). Cette organisation est le résultat de la pédogenèse et de l'altération du matériau parental. Il est le lieu d'une intense activité biologique (racines, faune et micro-organismes) (Afes, 2014).

2. Caractéristiques générales des phases du sol

Le sol est constitué de trois phases : solide, liquide et gazeuse. Leurs proportions sont variables en fonction, notamment, de leur état hydrique et des contraintes mécaniques qu'ils subissent (**White, 2006**).

2.1. Phase solide du sol

Elle représente la moitié au deux tiers du volume du sol. Elle est constituée à plus de 90% de minéraux inorganiques primaires . La matière organique, représentant environ 0,5 à 10 % du sol, elle est un mélange complexe de composé soluble ou insolubles, provenant principalement des plantes, animaux et microorganismes. Cette matière organique est importante biologiquement, elle peut être une source d'énergie pour les organismes vivants. Chimiquement joue des rôles importants dans la sorption, les complexations et l'adsorption de cations. Physiquement, elle donne une grande stabilité au sol. D'après **Sposito (1989) et Atlas et al., (1992)**, on distingue deux fractions dans la phase solide :

2.1.1. Fraction minérale

La composition minérale dépend de la nature de la roche-mère, elle constitue en général 95 à 99% du sol. La nature des minéraux peut être extrêmement diverse avec des tailles granulométriques (**Quénéa, 2004**). La texture d'un sol correspond à la répartition des minéraux par catégorie de grosseur, indépendamment de la nature et de la composition de ces minéraux. Les sols sont classés suivant leurs proportions relatives en particules argileuses, limoneuses et sableuses (**Atlas et al., 1992**)

2.1.2. Fraction organique

Elle est définie comme le produit de l'altération biologique provenant du métabolisme d'être vivants (végétaux, animaux et microbiens). La fraction organique d'un sol est constituée à plus de 80% de matière organique morte (**Paul et al., 1996**). On trouve aussi des organismes vivants tels que les bactéries dont beaucoup d'actinomycètes ; des champignons et une microfaune formée de protozoaires, nématodes, insectes, vers de terre (**Quénéa, 2004**). La matière carbonée est composée d'éléments principaux tel que : C, H, O et N et d'éléments secondaires tel que S, P, K, Ca et Mg (**Basile, 1997**)

2.2. Phase liquide du sol

La phase liquide du sol n'est pas de l'eau pure mais une solution dont la composition est complexe et très variable désigné par l'expression « solution du sol ». Elle contient de très nombreuses substances dissoutes organiques et inorganiques, ionisées et non. En générale, la

solution du sol est difficile à décrire et à étudier en raison de sa très grande variabilité. Cependant, on peut distinguer deux catégories de solutés :

- Les micro-éléments : La concentration est inférieure à 1 mmol/m³, beaucoup d'éléments de traces métalliques entrent dans cette catégorie.
- Les macro-éléments : La concentration est supérieure à cette limite 1 mmol/ m³ les éléments les plus fréquents et les composés chimiques correspondants aux : C (HCO₃), NO³⁻, Na⁺, Mg²⁺, Si(OH)⁴, SO⁴²⁻, Cl⁻, K⁺, Ca²⁺ et O₂ (**Calvet, 2000**).

Il y a trois types de solutions (**Mustin, 1987**) :

- Liquide libre qui s'écoule à travers le sol et qui percole par gravité.
- Liquide utilisable par les végétaux qui est retenu plus ou moins fortement par les particules du sol, il occupe les petites lacunes (hiatus) et imbibe les particules par capillarité
- Liquide inutilisable par les végétaux qui est très fortement lié aux particules solides du sol.

2.3. Phase gazeuse du sol

La phase gazeuse du sol est souvent appelée l'atmosphère du sol. Sa composition est souvent voisine de celle de l'air. Elle dépend principalement de deux facteurs, la proximité de l'atmosphère, c'est-à-dire la profondeur dans le sol et l'activité biologique. L'air du sol contient en général les mêmes substances que l'air atmosphérique mais sa composition peut être très différente à cause de l'activité biologique (**Soulas et al., 1983**).

3. Horizons de sol

D'après (**Michaela et al., 2011**), on distingue plusieurs types des horizons tels que :

- **L'horizon O** : Horizon organique formé en milieu aérobie. Située dans la partie supérieure du sol constitué de débris végétaux plus ou moins transformés.
- **L'horizon A** : Horizon organo-minéral, il contient en mélange de la matière organique et de la matière minérale, située sous l'horizon O
- **L'horizon B** : Horizon labouré ou appelé aussi horizon minéral, horizon illuvial ou communément sous-sol , dont la morphologie et le fonctionnement sont liés à une partie agricole
- **L'horizon C** : On note l'absence de matière organique dans cette couche uniquement composée de roche-mère altérée et fragmentée par des facteurs physiques et chimiques. Il peut être sableux, argileux ou dur
- **L'horizon S** : Horizon structural, siège des minéraux primaires, de libération d'oxyhydroxydes de fer, et décarbonations des minéraux primaires
- **L'horizon E** : Horizon appelé aussi horizon éluvial, appauvri en fer ou minéraux argileux ou aluminium, avec accumulation en minéraux résistants.

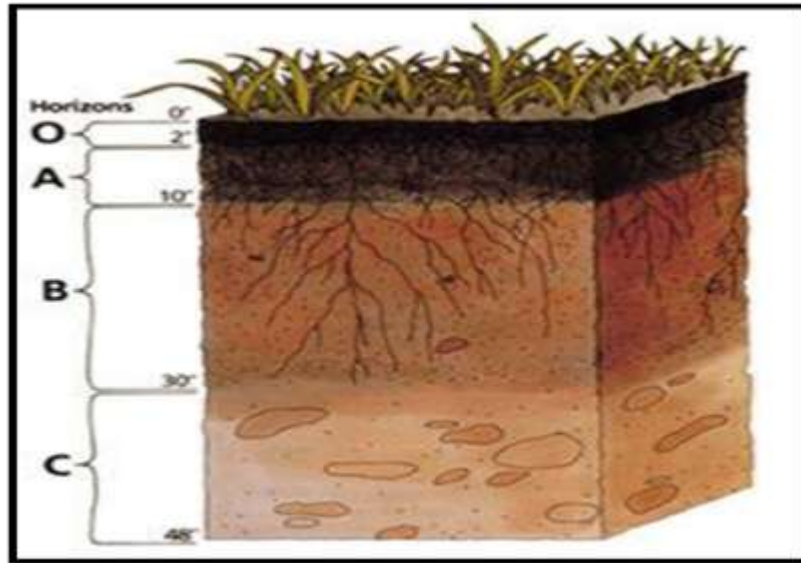


Figure 02. Différents horizons d'un profil de sol (Brady et al., 2002).

4. Caractéristiques des sols sahariens en Algérie

Selon (Daoud et Halitim, 1994), les sols sahariens en Algérie caractérisés par un climat très aride qui influe sur la pédogenèse par très forte évaporation, la forte salinité et sodicité, la pauvreté de la fraction organique et argileuse, l'holomorphie et l'hydromorphie, sont des propriétés physiques, morphologiques et chimiques des sols sahariens (S.E.D.A.T, 2012), où le vent joue un rôle prépondérant. D'où formation de deux grands types de sols éoliens:

- ✓ Sols éoliens d'ablation sans terre fine, et dont le caractère essentiel, l'absence de terre fine, ne dépend pas de la roche mère.
- ✓ Sols éoliens d'accumulation formés par les particules entraînées par le vent qui s'accumulent dans les zones abritées formant des dépôts de sable plus ou moins développés : nebka, dunes, jusqu'aux grands Ergs. Ces accumulations de sable peuvent grimper le long des versants des montagnes et former des placages sableux plus ou moins importants (S.E.D.A.T, 2012)

5. Classification des sols sahariens

La couverture pédologique des sols sahariens, selon la classification française (C.P.C.S, 1967), présente une grande hétérogénéité et se compose de principales classes suivantes (Berkal, 2006) :

5.1. Les sols minéraux bruts

Ils représentent la grande majorité des formations superficielles du Sahara. Ils sont représentés surtout par les sols minéraux bruts d'érosion ou d'ablation sur roche dure, les sols minéraux bruts d'érosion ou d'ablation sur roche meuble et les sols minéraux bruts organisés d'apport (sols de dépressions), formés sur des marnes et les argiles salées et / ou gypseuses, à horizons de surfaces compactes ou pulvérulents (**Berkal, 2006**).

5.2. Les sols peu évolués

Ils sont beaucoup moins répandus et se situent sur les terrasses alluviales des vallées et les fonds des dépressions. Ils ne sont pas affectés par une salinisation excessive. Dans les vallées ou les zones d'épandage des oueds quaternaires, ils sont caractérisés par une richesse plus grande en éléments fins, argiles et limons, et en matière organique.

Les sols peu évolués se trouvent aussi dans les dayas et les dépressions peu accusées des plateaux calcaires. Globalement, ce sont des sols constitués d'une alternance de dépôts grossiers apportés lors du ruissellement et de dépôts fins déposés lentement par la décantation, pendant la période d'infiltration (**Berkal, 2006**).

5.3. Les sols Halomorphes (salins et salins sodiques)

On les retrouve surtout dans les terrains sédimentaires riches en sels, en particulier ceux du trias et du crétacé qui sont salins et gypseux. On les trouve aussi dans les zones basses et endoréiques où l'évaporation intense conduit à la formation d'encroûtements gypso-salins, gypseux ou gypso-calcaires (**Berkal, 2006**).

6. Microflore du sol

Le sol constitue l'habitat de la plus grande diversité d'organismes vivants. Plusieurs milliers d'espèces de microorganismes et vivent dans les sols, à partir des microorganismes invisibles à l'œil nu, jusqu'à la macroflore (**Henri et al., 1969**).

6.1. Champignons

Les champignons du sol peuvent être des champignons supérieurs (basidiomycètes et ascomycètes), des levures ou des champignons inférieurs groupés sous le nom de moisissures (*Penicillium, Aspergillus, Fusarium, Trichoderma, Mucor*, etc.). Ils sont hétérotrophes et leur nombre varie de 10^5 à 10^6 cellules/g de sol (**Maier et al., 2000**).

Les champignons forment un règne à eux tous seuls, leur importance dans la fertilité des sols. Ils ne sont pas les plus nombreux des microorganismes du sol, mais représentent les deux tiers de la biomasse microbienne du sol (**Bourguignon, 2010**).

6.2. Bactéries

Les bactéries sont des organismes procaryotes unicellulaires, présentent différentes formes dont les plus courantes sont les coques (sphère), les bacilles (bâtonnet), et la la forme intermédiaire ou coccobacille (**Guiraud, 2012**). C'est le groupe le plus varié et le plus nombreux, du fait de leur très petite taille. Ce qui donne aux bactéries une place si importante dans le sol, c'est leur extraordinaire variabilité biochimique qui leur permet de transformer toutes les substances du sol et de les faire entrer dans le monde vivant (**Bourguignon, 2010**).

6.3. Algues

Les algues microscopiques, unicellulaires ou en colonies filamenteuses, sont souvent abondantes dans le sol, mais restent localisées à sa surface ou dans des larges fissures. Trois groupes taxonomiques eucaryotes sont représentés: les algues verts (chlorophycées), les algues jaunes -vertes (xanthophycées) et les diatomées (bacillariophycées) (**Gobat et al., 2010**). Les algues n'existent qu'en surface de sol, car elles ont besoin de soleil pour leur photosynthèse. Leur activité est limitée pendant les périodes où le sol est humide. Malgré leur faible nombre, elles ont un rôle important comme source de matière organique et comme fixatrices d'azote en symbiose avec des algues bleues (**Bourguignon et Bourguignon, 2010**).

6.4. Protozoaires

La distribution des protozoaires est large dans la nature. Ce sont des premières formes animales et surtout les moins évoluées. Ils sont considérés comme des formes dérivées de certaines espèces d'algues unicellulaires qui auraient perdu leur pouvoir de photosynthèse. Elles sont caractérisées par leur forme unicellulaire et la mobilité de la plupart d'entre eux (**Dommergues et Mangenot, 1970**). Les formes les plus nombreuses sont aquatiques, d'autres végètent dans le sol et d'autres peuvent se développer sur un autre organisme vivant. Ce sont donc des parasites qui peuvent être soit utiles (symbiose), soit nuisibles, soit indifférents à l'hôte qui les héberge (**Henri, 1969**).

6.5. Actinomycètes

Les actinomycètes sont définis comme des bactéries filamenteuses, septées, ramifiées, formant des colonies circulaires constituées d'hyphes, qui irradient par croissance centrifuge tout autour du centre de développement, ce qui explique leur dénomination «Actinomycètes»

(Aouar, 2006). Les actinomycètes intermédiaires entre les champignons et les bactéries. Les champignons ont l'aspect filamenteux et la capacité de sécréter des antibiotiques, ils sont la possibilité d'effectuer de très nombreuses réactions biochimiques (Bourguignon et Bourguignon, 2010). Ils sont plus sensibles à l'acidité que les moisissures préférant de pH de 6 à 7,5 (Soltner, 2005).

7. Facteurs influençant l'activité des microorganismes du sol

7.1. Facteurs physiques

7.1.1. Texture du sol

La texture c'est la propriété du sol qui traduit sur la gamme de tailles des particules élémentaires du sol d'une manière qualitative (matériau, sol grossier et rugueux ou fin et moelleux) et quantitative (proportion des divers tailles des particules (Gobat et al., 2003) et (Girard et al., 2005). Deux catégories sont respectivement désigner :

- Un sol à texture fine ou légères les particules sont petites ($<2 \mu\text{m}$).
- Un sol à texture grossière ou lourde, comportant des particules suffisamment grandes (Hillel, 1984) comprises entre 2 et $50 \mu\text{m}$ (Gras, 1988).

Les matériaux du sol peuvent être classés selon la nature organique ou minérale et selon le type de l'altération (Gobat et al., 2003). Chaque matériau est désigné par sa classe texturale déterminé sur la base des rapports de masse de trois fractions : sable, limon et argile (Girard et al., 2005)(figure. 03).

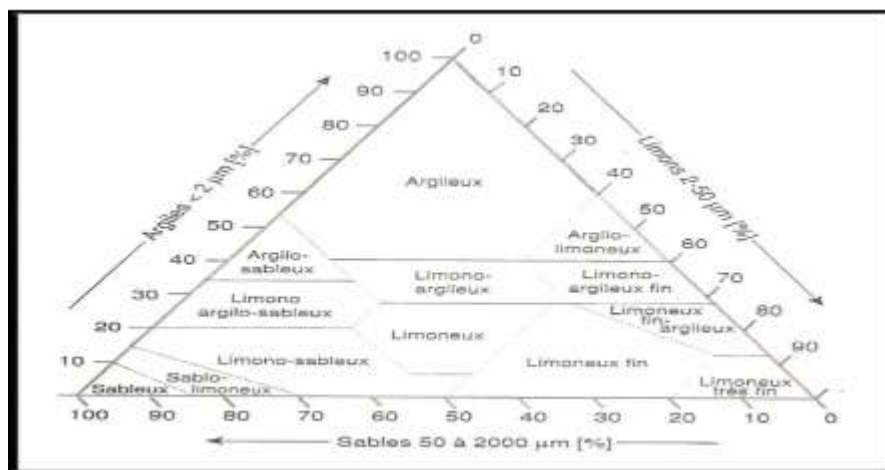


Figure 03. Triangle des textures minérales (Gobat et al., 2010)

7.1.2. Structure du sol

La structure c'est un état du sol qui varie avec le temps selon la texture mais aussi selon le taux d'humidité, l'état des colloïdes et la présence de matière organique,... (Gobat et al.,

1998). Il est défini de la structure du sol selon deux définitions : la première se base essentiellement sur le mode d'arrangement des éléments constitutifs de la phase solide du sol et la seconde s'oriente vers la description du réseau des agrégats générée par la structuration du sol. Pour les deux approches, l'analyse se base essentiellement sur des critères géométriques dont l'évolution se fait par des méthodes non destructives (**Musy et al., 1991**)

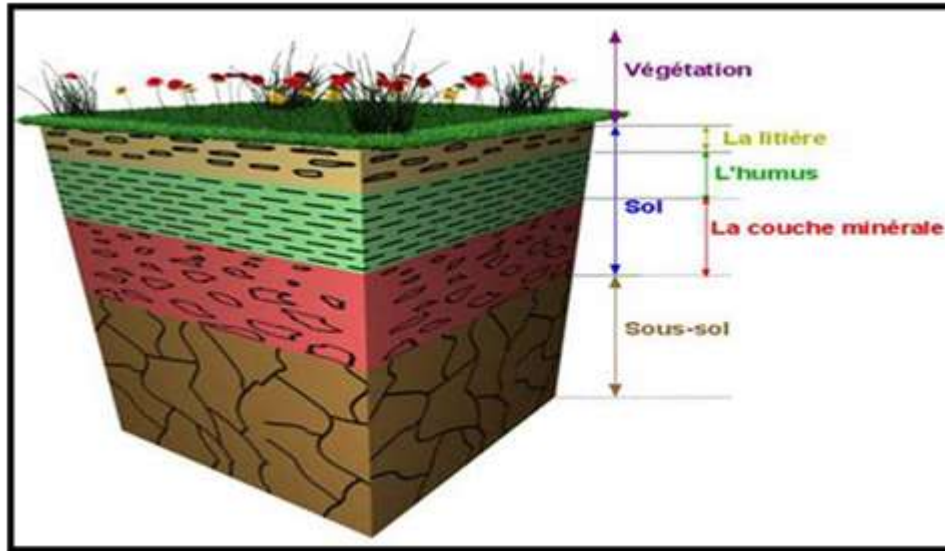


Figure 04. Coupe de sol montrant la structure (**Morel, 1989**).

7.2. Factures climatiques

Le climat des régions sahariennes est un climat hyperaride caractérisé par la faiblesse des précipitations, des températures extrêmement élevées et des vents qui contribuent à augmenter la très forte évaporation (**Berkal, 2006**).

7.2.1. Température

Les températures des régions sahariennes sont très hautes le jour et faibles la nuit. La variation de la température au cours d'une journée a une valeur courante de l'ordre de 50 °C et peut atteindre parfois 65 °C (**Ben Dhia, 1996**). La température du sol représente un facteur écologique très important qui influe la multiplication et la l'activité des microorganismes dans ces régions (**Sasson, 1967**)

7.2.2. Humidité

Les sols secs ne présentent qu'une activité microbienne faible , mais lorsque l'humidité augmente l'activité de micro-organismes augmente progressivement jusqu' à un maximum puis décroît (**Morel, 1989**). Selon (**Salter, 2005**), l'excès d'eau entraîne une aération déficiente et détermine une sélection des germes. Un manque chronique d'eau entraîne également une sélection, mais la microflore inhibée est évidemment différente de la précédente.

7.2.3. Influence des saisons

La succession des saisons exerce un effet très important sur la microflore des sols. L'humidité et la température sont deux facteurs essentiels dont la combinaison oriente l'intensité saisonnière de l'activité microbienne (**Morel, 1989**). Les variations saisonnières de la microflore sont probablement dues en grande partie à des changements en qualité et quantité dans les apports nutritifs que constituent les feuilles et les branches mortes (**Boullard, 1962**).

7.3. Facteurs chimiques

7.3.1. Réaction du sol au pH

Le pH permet d'approfondir les modalités d'interaction entre les ions H^+ et les surfaces absorbantes du sol (**Mirsal, 2004**). Le degré d'acidité du sol constitue un facteur limitant pour les germes. Généralement, certains genres bactériens tels que les actinomycètes sont très sensibles aux variations du pH, ils favorisent des milieux proches de la neutralité, alors que les champignons préfèrent un pH bas (sol acides) (**Boullard, 1962**).

7.3.2. Salinité du sol

L'évolution de la microflore du sol est influencée par le taux de salinité. L'augmentation des taux fait diminuer le nombre de micro-organisme (**Maameri, 2007**). Les sols salés constituent pour les micro-organismes telluriques, un milieu défavorable en raison de la présence d'ions toxiques; du pH parfois très basique ; de la salinité de leur tension osmotique parfois élevée. L'inhibition de l'activité biologique par les sels se traduit par une forte teneur en composés hydro solubles très mobiles. (**Boullard et al., 1962**)

Chapitr II: Actinomycètes

1. Historique des actinomycètes

Le terme actinomycète a été historiquement introduit pour définir des bactéries filamenteuses et ramifiées (**Waksman et Henrici, 1943 ; Kutzner, 1981 ; Larpent et Sanglier, 1989 ; Holt et al., 1994**).

L'histoire des actinomycètes est divisée en quatre grandes périodes :

La première époque qui a commencé de 1874 à 1900 dont **Ferdinand Cohn** fut le premier à décrire un actinomycète en 1875 (**Waksman, 1961**), Le plus ancien genre d'actinobactérie aérobie décrit par Cohn, a été appelé *Streptothrix foerestri*. Cette période nommée la période « médicale » est celle de la découverte de leur rôle dans la pathologie parce que l'intérêt porté à ces organismes était du presque exclusivement aux propriétés pathogènes (**Baldacci, 1962**). En 1877, **Harz**, qui a donné le nom *Actinomyces bovis* à des organismes identifiés au microscope dans des matériaux isolés à partir de mâchoire d'un bovin (**Holmberg et al., 1984**). Dont, les matériaux isolés sont l'agent responsable des actinomycoses du bétail et le nomma *Actinomyces bovis* (**Messoudi, 2013**).

La deuxième période (1900-1919), cette période se basée à la mise en évidence et à l'étude des actinomycètes du sol, dont ces études se sont orientées à la recherche des Actinomycètes du sol. Par les travaux de **Krainsky (1914)**, **Cohn, Curtis et Orla Yensen (1909)**, Ces mêmes auteurs qui créèrent la famille des *Actinomycetaceae* qui comprend un seul genre *Actinomyces*, par la suite **Buchanan (1917)** créa l'ordre des *Actinomycetales*.

La troisième période (1919-1940) au cours cette période de l'histoire des actinomycètes une meilleure connaissance des germes d'actinomycètes a été acquise grâce aux travaux de recherches de **Waksman (1919)**, de **Lieske (1921)**, de **Krassilnikov (1938)**, et **Orskov (1925)**; ce dernier créa le genre *Micromonospora*. Ce genre regroupe et qui comprend les actinomycètes qui ne produisent pas de mycélium aérien.

Quatrième période et la dernière époque historique, est celle des antibiotiques produits par les actinobactéries. Elle commence en **1940 (Leminor, 1989)**. Cette époque commence en **1940**, et correspond à l'époque des antibiotiques produits par les actinomycètes, avec la création du genre *Streptomyces* (en combinant les noms des genres *Streptothrix* et *Actinomyces*) et le mycélium aérien produit des chaînes de spores portées par des sporophores dont **Waksman et Henrici en 1943** ; qui regroupe les actinomycètes. En **1958 Pridham**, proposa un système de classification des *Streptomyces* basé sur la morphologie des chaînes de

spores et la couleur du mycélium aérien, **en 1958 Ettling et al.**, introduit un critère important dans la différenciation des espèces la production des pigments mélanoides (**Messoudi, 2013**).

Enfin, depuis les années **1960**, les méthodes de génétique, initiées par **Hopwood** puis de génomique sont participé dans la classification des espèces puis les méthodes de découvertes de métabolites secondaires et d'exploration du potentiel biotechnologique de ces microorganismes (**Belyagoubi, 2014**).

2. Définition et caractères généraux des actinobacteries

Les bactériologistes considèrent les actinomycètes comme des bactéries tandis que les mycologistes les considèrent comme champignons (**Gottlieb, 1973**). L'ancien nom des actinobacteries était actinomycètes terme utilisé pour la première fois par Bollinger en **1877**, emprunté du grec « aktis » et « mykes » pour « champignons à rayons », explique que ces microorganismes ont d'abord été considérés comme des champignons en raison de leur capacité à former un véritable mycélium ramifié (**Gottlieb et al., 1973**).

Les actinomycètes, sont également connus sous le nom d'Actinobacteria (**Perry et al., 2004**), sont des bactéries dont la croissance donne lieu à des colonies circulaires à la morphologie complexe (**Colombié, 2005**). Les actinomycètes sont bactéries à gram positive et teneur élevée en guanine et cytosine (G+C) dans leurs génomes (**Sowani et al., 2017**). Leur coefficient de Chargaff (G+C%) est supérieur à 55%, généralement compris entre 60 et 75% (**Goshi et al., 2002**). Ils se caractérisent par la formation d'hyphes filamenteux qui ne subissent généralement pas de fragmentation et qui produisent des spores asexuées.

La plupart des espèces sont immobile, Cependant, certains types produisent des spores flagellées permettant leur dispersion dans les habitats aquatiques, se sont des hétérotrophes utilisant des molécules organiques préfabriquées, mais certaines sont des chimio-autotrophes (**Ensign et al., 1993**). Les actinomycètes sont des microorganismes aérobies mais certaines formes sont aérobies facultatives ou même anaérobies (**Lechevalier, 1988**), mésophiles. Cependant, il existe des espèces thermophiles comme le genre *Thermoactinomyces*, dont la température optimale est comprise entre 50 et 60 °C, et croissent de façon optimale dans la gamme de pH 5,0 à 9,0 avec une proximité optimale à la neutralité (**Williams et Wellington, 1982 ; Goodfellow et Williams, 1983**). Ils ont une croissance lente par rapport aux autres bactéries, le temps de génération moyenne est environ 2 à 3 heures (**Beckers et al., 1982**)

Les actinomycètes possédant une structure filaments allant de 0,5 à 2 micromètre (**Lamari, 2006**). Le mycélium peut se présenter sous deux aspects: un mycélium végétatif et un mycélium aérien (**Prescott et al., 2011**).

Ils colonisent des milieux très divers, à cause de leur adaptation et leur résistance à certaines conditions très hostiles (Sudhanshu *et al.*, 2011). La composition de la paroi cellulaire varie fortement d'un groupe à l'autre et prend une importance taxonomique considérable (Prescott, 2010). La paroi ne renferme ni chitine ni cellulose mais du peptidoglycane, et leur cytologie est celle des bactéries (Lechevalier, 1985). Les actinomycètes n'ont pas de membrane nucléaire. (Figure 05).

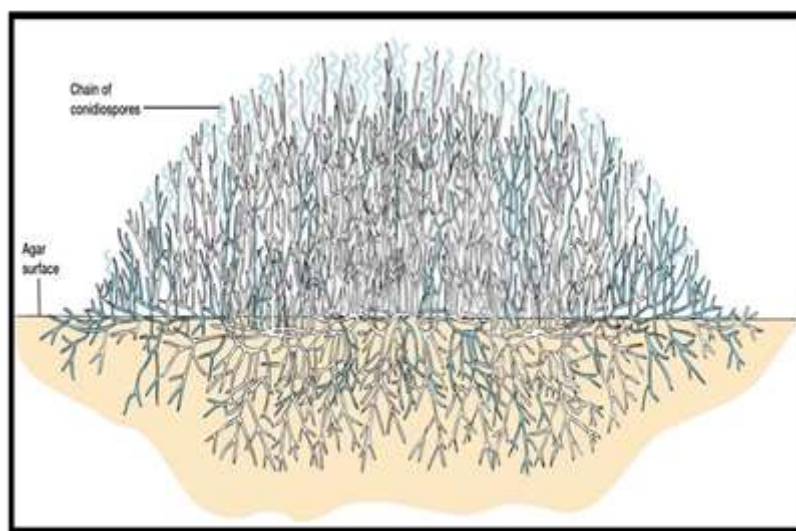


Figure 05. Coupe transversale d'une colonie d'actinomycètes avec des hyphes vivant avec le mycélium végétatif et le mycélium aérien (Prescott, 2010).

3. Classification et Taxonomies des actinobacteries

Dans le volume 5 du *Bergey's Manual* (2012) la classification des actinobactéries est basée principalement sur l'analyse de la séquence de l'ADNr 16S, les actinobactéries qui est arrangé en classes, ordres, familles, genres et espèces (Whitman *et al.*, 2012).

Les actinomycètes sont classés dans le Domaine des *Bacteria* ou *Eubacteria*, le Phylum des *Actinobacteria*, la Classe des *Actinobacteria* et la Sous-classe des *Actinobacteridae* (Euzéby, 2015) (Figure 06). Le phylum des actinobactéries qui comprend 6 classes, 15 ordres, 43 familles et 203 genres (Goodfellow *et al.*, 2012). Les plus important sont ceux des *Actinomycetales* et *Streptomycetales* (Goodfellow *et al.*, 2012).

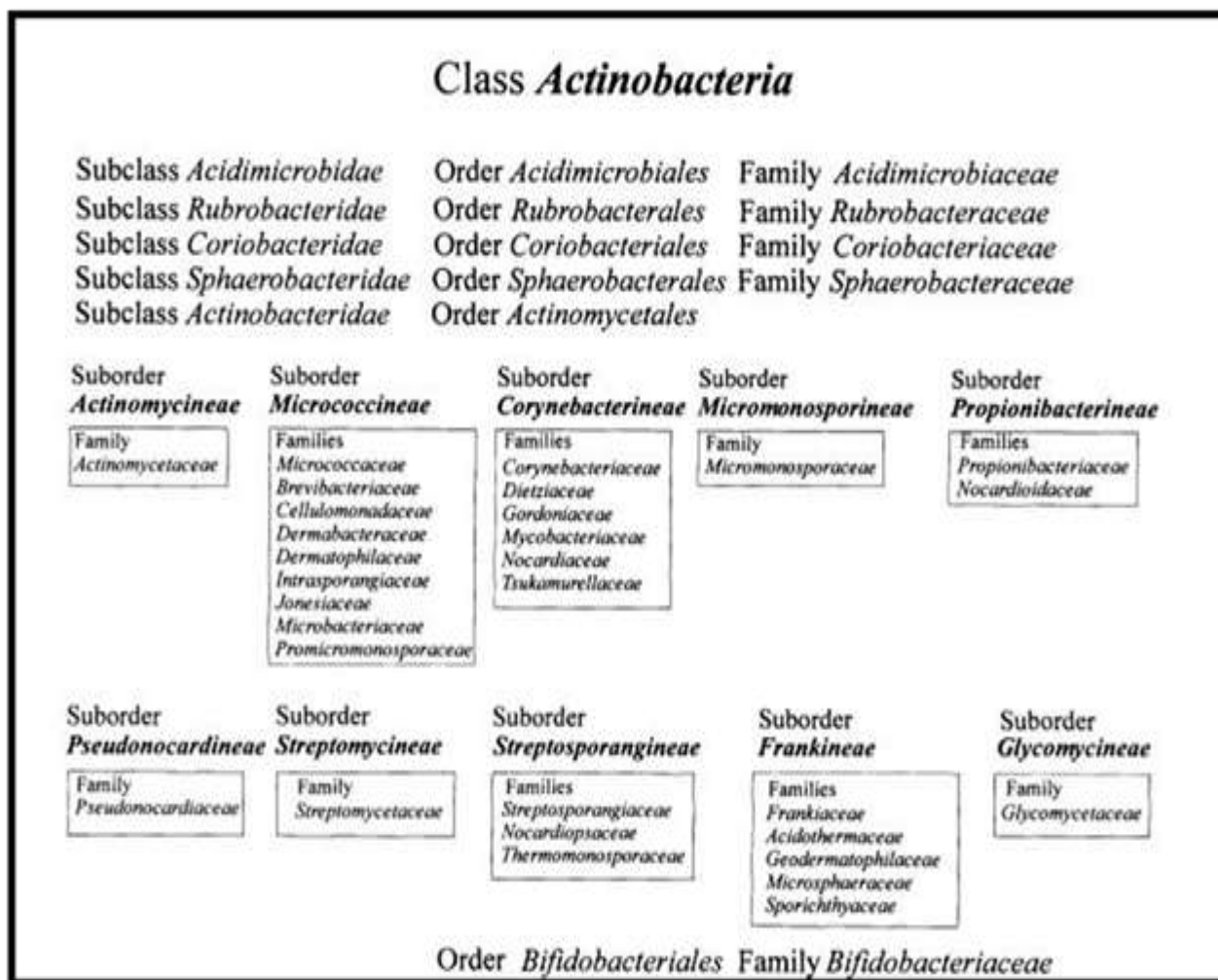


Figure 06. Système de classification hiérarchique proposé de la classe Actinobactéries basé sur des analyses phylogénétiques des données de séquence ADNr 16S

(Stackbrand *et al.*, 1997).

3.1. Evolution des critères de classification

Au cours des années, la taxonomie des actinomycètes a connu plusieurs remaniements, pour répondre à l'évolution progressive des critères de classification. La systématique bactérienne a subi plusieurs modifications durant ces années dues à l'application de nouvelles techniques biochimiques, chimiques, génétiques, numériques et moléculaires (Abbas, 2006). Au cours de cette évolution, la systématique des actinomycètes a été caractérisée par quatre périodes distinctes :

- Lors de la **première période**, seuls les critères macro- et micro-morphologiques permettaient de distinguer les différents genres entre eux. Cette période s'est étendue jusqu'au début des années 60 (Pridham *et al.*, 1958 ; Tresner *et al.*, 1961 cité par Zitouni, 2005).

- La **seconde période** qui a débuté à partir des années 60, a vu le développement de la chimiotaxonomie est basée sur l'analyse des constituants cellulaires tels les acides aminés (**Becker et al., 1964**), les sucres cellulaires (**Lechevalier et Lechevalier, 1970a**) et les acides gras (**Grund et Kroppenstedt, 1990**). Les critères chimiques, combinés aux descriptions morphologiques, se sont révélés jusqu'à l'heure actuelle, très efficaces pour l'identification des genres d'actinomycètes.
- La **troisième période** qui a débuté dans les années 70, avec une apogée entre 1980 et 1990 combine l'outil informatique aux tests physiologiques. La taxonomie numérique basée sur des tests physiologiques analysés par ordinateur grâce à des logiciels dans le but de clarifier l'identification des espèces de chaque genre (**Grund et Kroppenstedt, 1990**). Le principe consiste à traiter avec un logiciel approprié les résultats de plusieurs dizaines de tests physiologiques et biochimiques ; ce qui permet d'obtenir un dendrogramme montrant les pourcentages de similitude entre les espèces dont la position taxonomique a été clarifiée pour plusieurs d'entre elles (**Goodfellow, 1971 ; Athalye et al., 1985 ; Goodfellow et al., 1990 et Grund et Kroppenstedt, 1990**).
- La **dernière période**, qui a débuté durant les années 80, consiste à l'application des Méthodes d'analyses génétiques et moléculaires. Plusieurs techniques ont été utilisées, telles que l'hybridation ADN-ADN, le séquençage de l'ARN ribosomique 16S et 23S et la détermination du coefficient de Chargaff (pourcentage de guanine-cytosine), ont permis de tracer toute la phylogénie des actinomycètes (**Stackebrandt et Kroppenstedt, 1987 ; Kinoshita et al., 1999 et Hu et al., 2004**). Grâce au séquençage de l'ARN ribosomique 16S, certains genres bactériens non mycéliens furent inclus dans l'ordre des *Actinomycetales*, tandis que d'autres en furent exclus.

3.2. Taxonomie

La taxonomie est l'étude de la diversité du microorganisme et des relations susceptibles d'exister entre eux. Elle recouvre trois domaines différents: la classification, la nomenclature et l'identification (**Zermane, 2007**).

Les actinobactéries constituent l'un des phylums taxonomiques les plus importants et les plus anciens du domaine des bactéries et sont bien connus pour leurs métabolites secondaires (**Verma et al., 2013**). La taxonomie des actinobactéries est basée sur plusieurs critères: morphologiques, chimiques, physiologiques et moléculaires. La plupart des genres peuvent être définis par des critères morphologiques et chimiques, tandis que la détermination des espèces repose sur les critères physiologiques et moléculaires (**Badji, 2006**).

3.2.1. Critères taxonomiques de classification des actinobactéries

3.2.1.1. Critères morphologiques

Les caractéristiques morphologiques d'actinobactéries est une base importante pour la Classification. Le développement et formation des quelques structures, comme mycélium aérien, spore, et sporange, sont affectées par les conditions de la culture (**Qinyuan et al., 2016**).

Les critères morphologiques font appel aux caractéristiques culturelles sur différents milieux de culture et aux caractéristiques morphologiques (**Shirling et Gottlieb, 1966**). Les caractères morphologiques principalement utilisés dans la classification des actinomycètes sont:

- La présence et la disposition des hyphes du mycélium du substrat ou du mycélium aérien et leur importance, les hyphes branchés ou non, sous forme de mycélium dispersé,
- La présence de spores, leur mobilité, leur disposition sur les hyphes et leurs formes.
- La présence de structures particulières comme les sporanges, les sclérotés ou synnemata (**Schofield et Schaal, 1981 ; Demain et Solomon, 1985**).

3.2.1.1.1. Critères macromorphologiques

Les caractéristiques culturelles des actinobactéries sont déterminées sur différents milieux de culture. Il s'agit d'observer, à l'oeil nu (**Bouras et al., 2008**) :

- la présence ou l'absence de mycélium aérien (MA).
- la couleur du mycélium aérien (MA) et du mycélium du substrat (MS).
- la production et la couleur des pigments diffusibles.
- la production ou non de pigments mélanoides. (**Figure 07**)

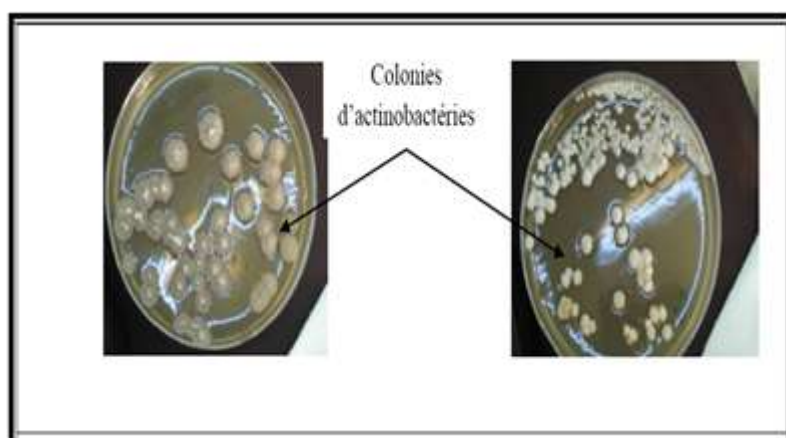


Figure 07. Aspect macroscopique des colonies d'actinobactéries sur milieu ISP2 à 30 °C pendant 7 jours (**Harir, 2018**).

3.2.1.1.2. Critères micro-morphologiques :

La micromorphologie des actinobactéries est réalisée par observation au microscope optique et parfois électronique des colonies poussant sur milieux gélosés (Saker, 2015).

Les critères micro-morphologiques généralement sont basés sur (Bouras, 2008 ; Boudjella, 2007) :

- La fragmentation ou non du mycélium de substrat ;
- la formation des spores exogènes sur le mycélium aérien et/ou le mycélium du substrat ; leur forme ; leur taille et agencement (isolées ou en chaînes).
- La présence ou non de sporanges sur le mycélium aérien ou sur le mycélium du substrat ; la forme et la taille des sporanges ; le nombre de spores par sporange ainsi que la longueur des sporangiophores (Figure 08).

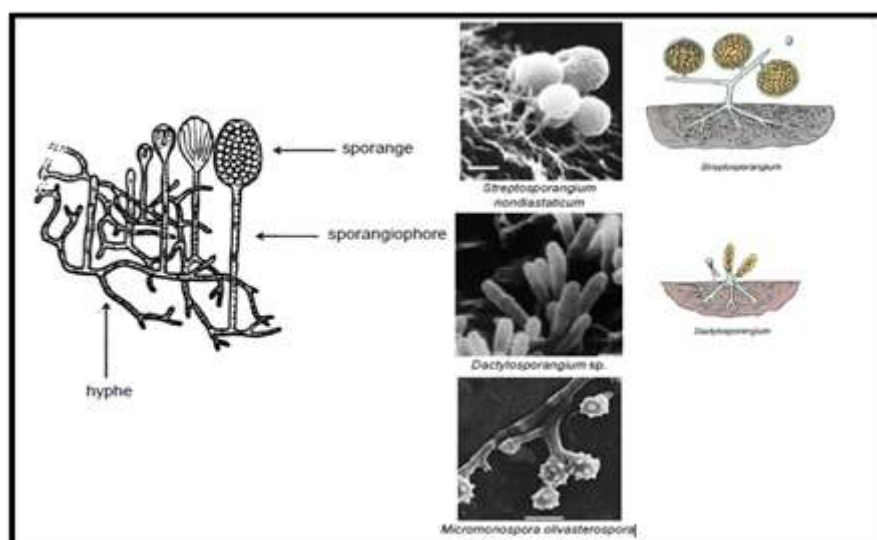


Figure 08. Représentation schématique et clichés de microscopie électronique à balayage montrant différents sporanges d'actinomycètes par Belyagoubi (2014).

❖ Mycélium aérien

Mycélium aérien ou secondaire, composé d'hyphes, dressés sur le mycélium du substrat (Pine, 1970). Le mycélium aérien est généralement plus épais que le mycélium substrat, ils sont plus épaisses que les hyphes primaires, généralement pigmenté (gris, vert, rouge...) (figure 9a). La production de mycélium aérien est influencée par plusieurs facteurs, notamment : la composition du milieu de croissance, la température d'incubation et la présence de composés stimulant spécifiquement le mycélium aérien (Pine, 1970).

❖ Mycélium de substrat

Le mycélium de substrat est dénommé mycélium primaire ou mycélium végétatif varie en taille, en forme et en épaisseur (figure 9b). Sa couleur varie du blanc ou pratiquement

incolore au jaune, brun, rouge, rose, orange, vert ou noir (**Ranjani Anandan, 2016**). Sur le mycélium primaire (MS) va se développer un mycélium secondaire aérien. Ce mycélium se développe sur et dans le substrat. Éventuellement pigmenté, il forme des parois transversales isolant les zones les plus âgées. Il peut se fragmenter chez les bactéries du genre *Nocardioformes* (**Saci, 2012**).

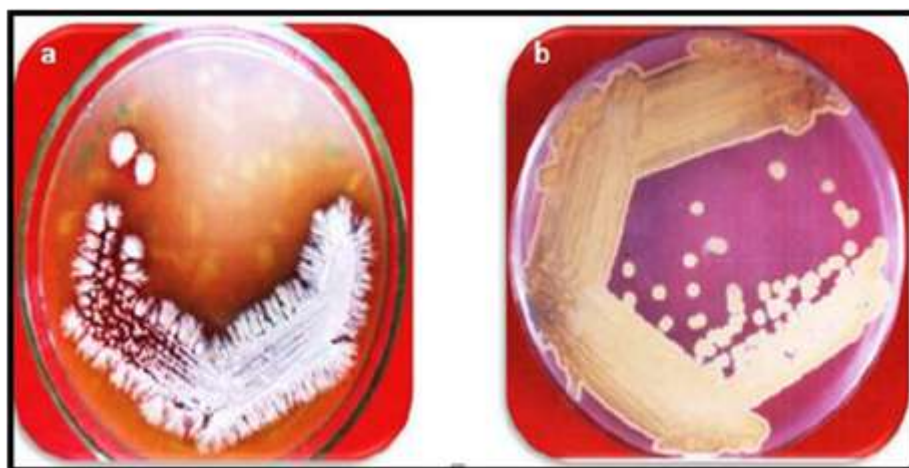


Figure 09. Croissance d'un isolat d'actinobactérie sur milieu agar de caséine et amidon. **a.** mycélium aérien. **b.** mycélium de substrat (**Anandan, 2016**).

3.2.1.2. Critères chimiques (chimio taxonomie)

La chimiotaxonomie est un système de classification et d'identification basé sur des caractères chimiques permettant de grouper et de distinguer des microorganismes. Ces déterminations chimiques se montrent surtout efficaces pour délimiter des groupes et des genres (**O'donnell, 1982**). Elle consiste à étudier la composition chimique de la paroi cellulaire à savoir :

Sucres : l'étude de la composition des parois cellulaires en glucides permet la séparation des actinomycètes en différents groupes. La présence ou l'absence de quatre sucres (arabinose, galactose, xylose et madurose) permet de classer les actinomycètes, sont principalement les couples arabinose-galactose, arabinose-xylose, rhamnose-galactose, ainsi que le madurose (ou 3-0-méthylgalactose) (**Lechevalier et Gerber, 1970**).

Acides aminés : les actinomycètes ont été divisés en chimio types sur la base de l'analyse des acides aminés pariétaux comme: LL- DAP, Glycine (type I) et Lysine, acide Aspartique (Type VI) (**Becker et al. 1965 ; Yamaguchi, 1965 ; Lechevalier, 1970**). Les plus importants sont l'acide diaminopimélique (DAP) qui peut être sous forme isométrique LL ou DL (*méso*) et la glycine qui, soit présente ou absente (**Backer et al., 1965**). La glycine est

également présente en quantité importante chez les *Streptomyces* et les *Actinoplanes* (**Larpent et Sanglier, 1989**).

Lipides : chez certains genres d'actinomycètes, la composition en acides aminés et en sucres n'est pas suffisante pour leur identification. Pour cette raison, il est indispensable d'utiliser d'autres critères chimiques, essentiels pour la reconnaissance des genres, notamment la composition en lipides cellulaires (**Lechevalier et al., 1977**). Les lipides taxonomiquement important peuvent être représentés par trois groupes : les lipides polaires, les ménaquinones et les acides mycoliques. Les plus importants chez les actinomycètes sont les phospholipides, leur analyse a permis de distinguer plusieurs genres ayant entre eux même morphologie et le même type pariétal (**Lechevalier et al., 1977**).

3.2.1.3. Critères physiologiques et taxonomie numérique

En plus des caractères morphologiques, la détermination des espèces se base également sur les caractères physiologiques. Ceux-ci consistent en des tests de dégradation de différents composés glucidiques, lipidiques et protidiques, polymères complexes,... etc. (**Athalye et al., 1985**) . D'autres tests interviennent parfois dans la détermination des espèces, comme la résistance à certains agents antimicrobiens et la tolérance à des conditions extrêmes (**Djinni, 2009**). La croissance des actinomycètes est influencée par ces paramètres physiologiques en particulier: l'oxygène, le pH, la température, salinité, la résistance aux certains agents chimiques. Ces critères incluent aussi la recherche des enzymes et des différents métabolites intermédiaires et terminaux. Ces caractères physiologiques discriminants permettent de différencier les espèces appartenant à un même genre. Cependant, ils ne sont pas suffisants pour l'identification des espèces, car ils doivent être complétés par des études moléculaires (**Goodfellow, 1971**).

La taxonomie numérique est une méthode de classification développée à la fin des années 1950 qui permet de définir des pourcentages de similarité entre les organismes grâce à l'utilisation de coefficients de Jaccard (Coefficient utilisée pour mesurer la similitude et la diversité des ensembles d'échantillons, ces coefficient mesure la similitude entre des ensembles d'échantillons finis et est défini comme la taille de l'intersection divisée par la taille de l'union des ensembles d'échantillons (**Paul, 1912**). Plusieurs groupes ou « cluster » sont ainsi formés suivant les ressemblances des souches définies par un indice de similarité (**Sneath., 1989**).

3.2.1.4. Critères moléculaires

Les analyses moléculaires sont très importantes pour retracer les parentés phylogénétiques des souches et pour la détermination des espèces. Ces analyses ont permis de regrouper ou de séparer ces espèces entre elles, et de proposer la création de nouvelles espèces (**Lamari, 2006**).

Les principales analyses moléculaires utilisées dans la taxonomie des actinomycètes pour la détermination des espèces sont le séquençage de l'ADN ribosomique 16S, l'hybridation ADN-ADN et la détermination du pourcentage de G+C. Ces critères ont permis de tracer toute la phylogénie des actinomycètes (**Stackebrandt et Woese, 1981 ; Stackebrandt, 1997 ; Kämpfer, 2010**). (**Tableau I**)

Tableau I. Coefficient de Chargaff (GC %) de quelques genres d'Actinomycètes
(**Colombié, 2005**).

Genre	G+ C %
Mycobacterium	64-70G
Actinomyces	63-73
Nocardia	67-69.4
Streptomyces	69-76
Micromonospora	71.4-72
Actinoplanes	70.6-76

4. Ecologie des actinomycètes

Les actinomycètes sont un groupe de bactéries omniprésent, qui se produisent dans la multiplicité d'environnement naturel et synthétique. Ils se trouvent dans différentes niches tels que le sol, l'air, l'eau douce, les océans et sur une variété de matériel comme l'engrais, les résidus de végétaux de compost et des produits alimentaires (**kumar et al., 2003**). Les actinomycètes sont adaptés à divers milieux écologiques (**Goodfellow, 1983**). Toutefois, ils sont particulièrement abondants dans le sol, particulièrement dans les sols alcalins et les sols riches en matières organiques où ils constituent une part importante de la population microbienne (**Loqman, 2009**).

Les actinomycètes sont des germes très ubiquitaires, rencontrés sur tous les substrats naturels (**Tableau.II**) (**Williams et al., 1984**). Ils constituent une part importante de la microflore tellurique : 10 à 20 % ou parfois plus (**Dommergues et Mengenet, 1970 ; Ishizawa et Arargi, 1976**). Toutefois, la majorité des actinobactéries est d'origine tellurique. Ces actinobactéries ont également faculté de coloniser d'autres biotopes tels que les déserts

chauds, les glaciers, les sites pollués par des hydrocarbures ou par des métaux lourds, les lacs extrêmement alcalins et certains milieux très salés (**Santhanam et al., 2012**)

La plupart des actinomycètes sont saprophytes mais quelques-uns peuvent être pathogènes ou symbiotes des plantes et des animaux (**Suzuki et al., 1994**). La fonction écologique principale des actinomycètes au sein des écosystèmes est la décomposition des substances organiques (**Prescott, 2010**).

Le sol est la source d'une diversité étonnante de microorganismes. Il présente une grande densité de population actinomycétale. Plus de 40 genres des actinomycètes aérobies sont décrits presque chaque année. Numériquement, ils sont moins prédominants que les autres bactéries mais bien plus que les champignons (**Harvey, 1999**). Dans le sol, de nombreuses actinomycètes sont saprophytes et participent à la dégradation de la matière organique et à la formation de l'humus, tout comme les champignons. Les actinomycètes du sol sont surtout présents en surface, entre 0 et 2 m de profondeur. Ils produisent des substances spécifiques telles que la géosmine et le 2-méthyl isobornéol qui sont responsable de l'odeur caractéristique des sols (**Omura, 1992 ; Zaitlin et al., 2003 ; Zaitlin et Watson, 2006**).

Tableau II. Répartition des actinomycètes dans la nature (**Goodfellow et Williams, 1983**).

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

La grande diversité métabolique leur permet d'avoir une importance écologique majeure dans l'environnement (**Hasley et Leclerc, 1993**). En effet leur nombre dépend de nombreux facteurs, parmi lesquels la nature et l'abondance de la matière organique, la profondeur, le

pH, l'aération et l'humidité qui sont les plus importants (**Theilleux, 1993**). D'autres actinomycètes sont des symbiotes de plantes (**Larpen et Larpen-Gourgaud, 1985**). Dans la distribution naturelle des actinomycètes, il faut ajouter les végétaux, les animaux et l'Homme pour les quels certaines espèces sont pathogènes (**Theilleux, 1993**). Ainsi, dans la rhizosphère, les actinomycètes appartenant au genre *Frankia* sont extrêmement importants pour de nombreux types de plantes. Cette bactérie fixatrice d'azote (capable d'utiliser l'azote atmosphérique comme seule source d'azote) forme des nodules aux niveaux des racines des angiospermes, et confère donc un avantage à la plante pour croître en sol pauvre en azote. Cette association est appelée association actinorhizienne (**Prescott et al., 2007**). Peu d'espèces sont phytopathogènes, l'exemple le plus étudié est *Streptomyces scabies*, responsable de la gale de la pomme de terre (**Lindholm, 1997**).

Les actinomycètes sont importants en raison des maladies humaines et animales que certains provoquent, ils peuvent occasionner certaines tumeurs (mycétomes) chez l'Homme (**Noyal et al., 2010**). Malgré le nombre important d'espèces de *Streptomyces*, seulement trois d'entre elles sont habituellement citées en pathologie humaine : *S. paragauyensis*, *S. griseus*, *S. somaliensis* (**Borelli et Middelveen, 1986**). (**Tableau II**)

5. Croissance et cycle de développement des actinobactéries

La croissance des actinomycètes est influencée par plusieurs paramètres physiologiques (conditions environnementaux) en particulier : l'oxygène, le pH, la température...etc. (**Djaballah, 2010**). Ces critères incluent aussi la recherche des enzymes et des différents métabolites intermédiaires et terminaux.

D'autre part et comme tous les autres eucaryotes, les actinobactéries possèdent un cycle de vie complexe, qui ressemble à certains champignons, qui est le résultat de trois processus physiologiques majeurs : la croissance végétative, la différenciation et la sénescence cellulaire puis la mort. Ce cycle est composé de plusieurs étapes (**figure. 10**) (**Floyd et al., 1987 ; Sanglier et Trujillo, 1997**). Il débute par la germination d'une spore, qui donne naissance à un mycélium primaire formé d'hyphes qui se ramifie. Le développement du mycélium de substrat vers la partie superficielle donne le mycélium "secondaire" ou aérien, les extrémités des hyphes aériens se différencient pour former des spores, qui sont des agents de dissémination (**Kim et al., 2004**). En milieu liquide, les cellules se développent uniquement sous forme de mycélium primaire, même si de très rares actinomycètes peuvent sporuler dans cet environnement (**Hodgson, 1992**) (**Figure 10**) .

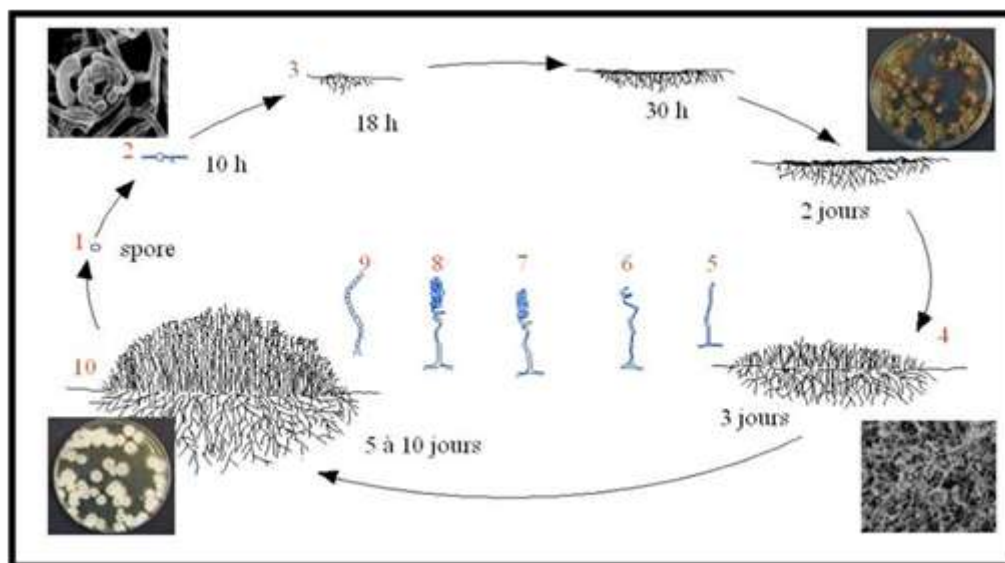


Figure 10. Cycle de développement des actinomycètes sur milieu solide

(Breton *et al.*, 1989).

6. Importance des actinomycètes dans les différents domaines

Les actinobactéries sont bien reconnues pour leur production de métabolites primaires et secondaires qui ont des applications importantes dans divers domaines :

6.1. Importance écologique des actinobactéries

Les actinomycètes sont presque partout dans la nature. Ils sont présents dans des sols polaire gelés en permanence tout comme dans des sols désertiques chauds et secs, dans le pétrole brut, les sols hautement contaminés avec des métaux lourds, les lacs extrêmement alcalins et les lacs salés (Kitouni, 2007). La géosmine qui donne à la terre une odeur de moisi (terreux) et à l'eau des réservoirs un goût et une odeur désagréables, est produite par certaines espèces d'actinomycètes appartenant aux genres *Streptomyces*, *Nocardiosis*,etc. (Lechevalier, 1981; Goodfellow et Williams, 1983).

Les actinomycètes sont des microorganismes qui ont un rôle écologique majeur grâce à leur capacité des enzymes ; telles que, les hydrolases extracellulaires, qui leur confèrent un rôle dans la décomposition de la matière organique et des éléments minéraux dans le sol et contribuent ainsi à la fertilisation des sols. Ils sont caractérisés par leur grand pouvoir de transformation des substances organiques complexes, tels que les polysaccharides, les lignocelluloses, la chitine, qui sont difficilement ou non dégradables par les autres microorganismes (Valois, 1996 et William, 1983).

6.2. Importance en domaine médicale et vétérinaire

Les actinomycètes ont fourni un nombre considérable de composés bioactifs de haute valeur commerciale, et sont recherchés de façon routinière dans le but de découvrir de nouvelles substances bioactives (Vijayakumar et al., 2007). En effet ils sont capables de synthétiser de nombreux produits naturels y compris les alcaloïdes, les peptides, les stérols et autres. Ces produits naturels ont des potentialités de lutter contre certaines maladies majeures comme le cancer, le HIV, l'infections du protozoaires et d'inflammations sévères et autres (Hassan et al., 2017). Ces microorganismes produisent aussi des antioxydants cytotoxiques (la défense contre le stress oxydant de l'organisme (déséquilibre radicalaire et absence la capacités de défense antioxydant) qui peut favoriser la survenue de pathologies (cancer, maladies cardiovasculaire ...) (Amandine, 2016), des agents antitumoraux, des agents immunosuppresseurs (agents travaillant pour inhiber ou prévenir l'activité du système immunitaire par exemple (prévenir le rejet de greffe d'organes ou traiter les maladies auto-immunes ou maladies susceptibles d'être d'origine auto-immune), des inhibiteurs d'enzymes et des pigments (Dharmaraj, 2010).

Les antibiotiques ont aussi trouvé une application dans les élevages industriels d'animaux. Ils sont utilisés non seulement pour combattre les maladies des animaux et des plantes, mais aussi dans l'alimentation pour augmenter les rendements zootechniques (Vijayakumar et al., 2007).

6.3. Importance en agronomie

Dans l'agriculture, les actinomycètes protègent les racines des plantes contre les invasions des champignons (Lamari, 2006). Il a été rapporté que les actinomycètes influencent la croissance des plantes grâce à leurs activités antimicrobiennes au niveau du sol et augmentent la vitesse de synthèse et de minéralisation de la matière organique permettant ainsi une bonne nutrition pour les plantes (Yilma, 2008).

Les actinobactéries jouent un rôle important dans le domaine agronomique .ainsi, le genre *Frankia* est capable de fixer l'azote atmosphérique chez plusieurs plantes dicotylédones autres que les fabacées (Goodfellow et williams, 1983). Le genre *Frankia* est également très important pour un bon nombre de plantes, provoquant des nodulations aux racines permettant ainsi la fixation de l'azote par la plante hôte (Zaitlinet Watson, 2006).

En plus de la production d'un grand nombre de métabolites d'importance commerciale, les actinomycètes possèdent d'autres potentiels intéressants tels que leur implication dans le processus de recyclage (exemple). Les actinomycètes ont un rôle important dans le recyclage de la matière organique grâce à leur capacité de dégrader des substances complexes et

incapables d'être décomposé par les autres bactéries non mycéliennes et les champignons (Lamari, 2006). Elles sont capable aussi de dégrader ou de recycler certaines toxines produites par des champignons toxigènes et réduire aussi leur teneur dans les produits fine aux en agro-alimentaire (Valois, 1996 et William, 1983).

6.4. Importance en biotechnologie

Les actinomycètes jouent un rôle important dans la production de divers agents antimicrobiens et d'autres substances industriellement importantes telles que des enzymes (Mukesh, 2014). Le potentiel d'actinomycètes dans la découverte de nouveaux composés ayant une activité contre les micro-organismes et qui sont intéressantes dans le domaine de la biotechnologie et de la recherche biomédicale. Le point de vue métabolique des actinomycètes fournit non seulement un domaine intéressant pour la recherche, mais offre également la possibilité de commercialisation des métabolites générés dans le processus. (Mukesh, 2014). De nombreux actinomycètes peuvent dégrader différents polluants, y compris plusieurs pesticides, par exemple, des membres du genre *Arthrobacter* dégradent le chlorophénol (Pizzul, 2006) et certains genres comme *Nocardia*, *Rhodococcus*, *Arthrobacter*, *Mycobacterium* et *Corynebacterium*, se révèlent être d'une grande importance dans la dégradation des hydrocarbures (Lacey, 1997).

Les actinobactérie ce sont des microorganismes d'intérêt industriel par excellence, un producteur important des antibiotiques et d'autres molécules et substances bioactives (Yala, 2001). Il a été estimé que sur 16500 antibiotiques connus, 8700 (53%) sont produits par les actinomycètes dont 6550 (40%) par des espèces de *Streptomyces* (Choulet, 2006). En plus de la production d'antibiotiques, les actinomycètes produisent un grand nombre d'autres métabolites secondaires dotés d'une large gamme d'activités, tels que des inhibiteurs d'enzymes, immunosuppresseurs, toxines et pesticides (Dairi, 2005 ; Pizzul, 2006).

Des enzymes telles que l'amylase, la lipase et les cellulases produites à partir des actinomycètes jouent un rôle important dans l'industrie alimentaire, la fermentation, l'industrie du textile et du papier. (Sommer et al., 1997 ; Hasegawa et al., 2006).

7. Métabolisme des actinomycètes

Deux propriétés les plus significatives des actinomycètes sont leur capacité à se développer sur les substrats les plus divers et leur aptitude à synthétiser de très nombreux métabolites bioactifs parmi lesquels on compte les deux tiers des antibiotiques produits par des microorganismes. Ces propriétés traduisent la richesse tout à fait remarquable du métabolisme cellulaire de ce groupe microbien (Theilleux, 1993). Les métabolites bioactifs

sont des produits du métabolisme primaire et secondaire de différents organismes (plantes, animaux, champignons, bactéries) (Demain et Sanchez, 2009).

Les métabolismes des actinomycètes peut être divisé en deux parties : le métabolisme primaire et le métabolisme secondaire (Strub, 2008). Leurs propriétés sont différentes en fonction de la phase au cours de laquelle ils sont synthétisés (Delaunay et al., 2003).

La principale caractéristique des actinomycètes est leur capacité à produire des métabolites secondaires dotés de propriétés antibactériennes, antifongiques, antivirales et antitumorales (Hasani et al., 2014) (Figure 11).

8. Substances bioactives

Les actinomycètes représentent une grande proportion de la biomasse microbienne. Ils ont la capacité de produire une large variété de molécules bioactives entre autres des antibiotiques et d'enzymes extracellulaires.....etc.

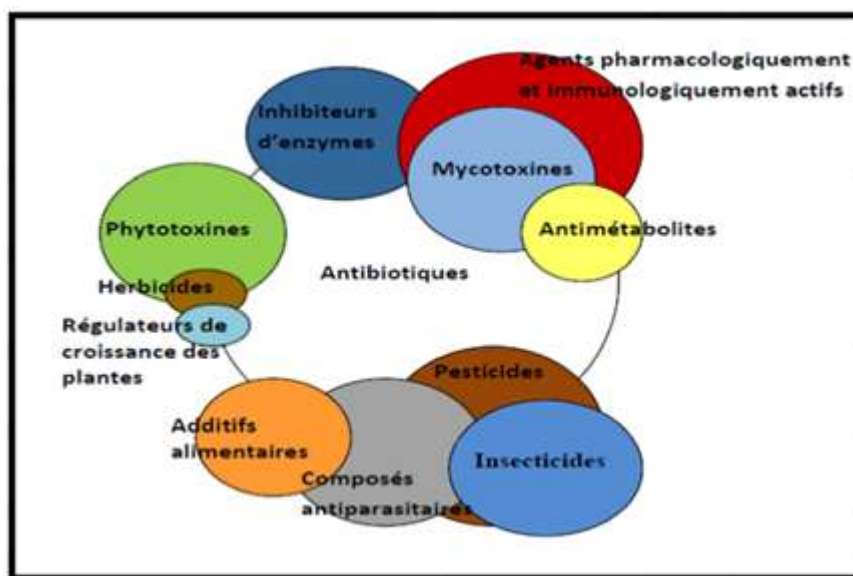


Figure 11. Métabolites secondaires bioactifs produits par les actinomycètes (Conn, 2005).

8.1. Antibiotiques

Etymologiquement, le terme «antibiotique » est dérivé des mots grec « anti » qui veut dire contre et « bio » qui signifie la vie, c'est à dire, « contre la vie ». Un antibiotique est une substance qui peut être naturelle, synthétique ou semi-synthétique inhibant ou tuant les germes pathogène à faible concentration (**Demain, 1999 ; Barka et al., 2016 ; Mohammadipanah et Wink, 2016**).

Le plus grand intérêt des actinobactéries reste leur grande capacité à produire des antibiotiques qui peuvent potentiellement détruire ou inhiber divers microorganismes (**Sibanda et al., 2010**). Les actinomycètes sont les plus prolifiques de tous les microorganismes en tant que producteurs d'antibiotiques (**Berdy, 2005**). On estime que les deux tiers des quelque six mille antibiotiques isolés jusqu'ici sont produits par les actinomycètes. D'ailleurs, 45% des antibiotiques connus, sont naturellement issus des actinobactéries et plus précisément du genre *Streptomyces* (**Sibanda et al., 2010**) Les antibiotiques produits par les actinomycètes manifestent des activités biologiques de nature principalement antibactérienne, antifongique, anticancéreuse, antivirale ou antiparasitaire (**Leveau et Bouix, 1993 ; Oskay et al., 2004 ; Gebreselema, 2013**).

La figure n° 12 représente respectivement la répartition de production des antibiotiques entre les bactéries et les champignons, et celles des molécules bioactives antibiotiques et non antibiotiques entre les *Streptomyces* et autres genres d'actinomycètes dont la dominance de production est affectée aux bactéries appartenant au genre *Streptomyces* (**Berdy, 2005**).

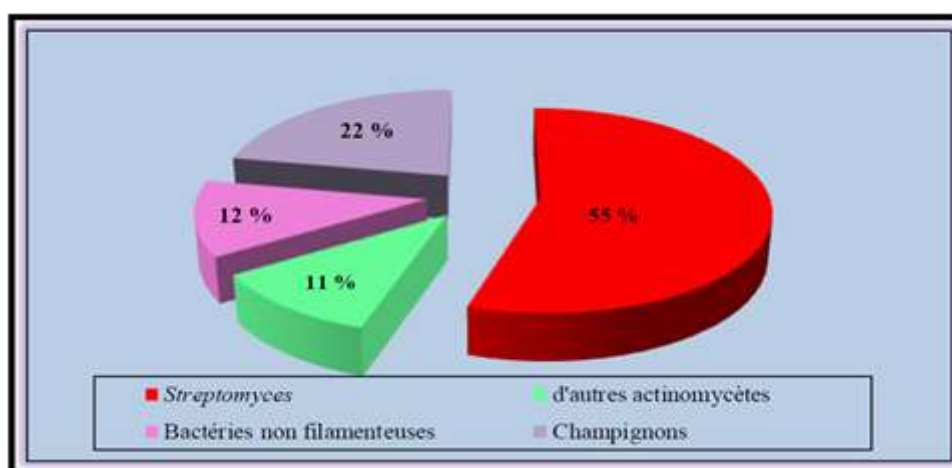


Figure 12. Répartition de production des antibiotiques entre les actinomycètes, les champignons et d'autres bactéries non filamenteuses (**Berdy, 2005**)

8.2. Intérêts des antibiotiques

Les antibiotiques présentent un intérêt significatif dans le domaine de la santé humaine, animale, de l'élevage et de l'agriculture (**Leveau et Bouix, 1993**). Les Streptomyces ont la capacité de produire différents types d'antibiotiques environ plus de 80% à l'heure actuelle (**Demain, 2000**). Les actinomycètes possèdent une importance économique majeure (**Djinni, 2009**). Une analyse a été réalisée sur le nombre de substances médicamenteuses utilisées en chimiothérapie cancéreuse indique que plus de 60% des médicaments approuvés dérivent de composés naturels et la plupart ont été extraits à partir d'actinomycètes, tels que l'actinomycine D et la mitomycine (**Demain et Lancini, 2006**).

Les actinomycètes ont fourni un nombre considérable de composés bioactifs de haute valeur commerciale, et sont recherchés de façon routinière dans le but de découvrir de nouvelles substances bioactives (**Vijayakumar et al., 2007**).

Selon **Berdy (2005)**, les antibiotiques des actinomycètes peuvent être classés en groupes chimiques à savoir :

- Les aminoglycosides (streptomycine, néomycine, kanamycine, gentamicine);
- Les macrolides (érythromycine)
- Les ansamycines (rifamycine)
- Les bêta-lactames (thiénamycine)
- Les peptides (viomycine, thiostrepton, actinomycine, pristinamycine)
- Les tétracyclines (chlortétracycline, oxytétracycline)
- Les nucléosides (puromycine)
- Les polyènes (nystatine, candicidine, amphotéricine B);
- Les polyéthers (monensine).

8.3. Enzymes

Après les antibiotiques, les enzymes représentent le second grand groupe de produits industriels synthétisés par les actinomycètes. En effet, ce sont d'excellents producteurs d'enzymes à utilisation industrielle telles que des protéases, des chitinases (**Tanaka et Omura, 1990 ; Vonothini et al., 2008**), des amylases, des cellulases, des xylanases (**Park et al., 2002**). Les lipases sont aussi produites par certaines souches actinomycètes, ces enzymes catalysent l'hydrolyse des triglycérides en diglycérides, monoglycérides, glycérol et en acides gras (**Sommer et al., 1997 ; Hasegawa et al., 2006**) (**Tableau III**).

Tableau III. Quelques actinobactéries producteurs d'enzymes (Saci, 2012).

Genre ou espèce d'actinomycète	Enzyme
<i>Streptomyces</i>	Cellulases
- <i>Streptomyces thermoviolaceus</i> <i>Streptomyces viridosporus</i> <i>Streptomyces fusca</i>	Laccases
<i>Micromonospora</i> - <i>Microbispora</i> - <i>Actinoplanes</i> - <i>Streptosporangium</i> - <i>Streptomyces</i>	Pectinases
- <i>Streptomyces</i> - <i>Promicromonospora</i> - <i>Microbispora Microbispora</i> -- <i>Micromonospora Micromonospora</i> - <i>thermomonospora thermomonospora</i>	Xylanases
-- <i>Thermoactinomyces vulgaris</i> -- <i>Thermomonospora curvata</i> - <i>Saccharomonospora viridis</i> - <i>Streptomyces</i>	Amylases
-- <i>Thermoactinomyces vulgaris</i> - <i>Streptoverticillium</i> - <i>Micromonospora chalcea</i>	Lipases

8.4. Vitamines

La vitamine B12 telle qu'elle existe dans la nature peut être produite par des bactéries ou des actinobactéries. L'isolement de la vitamine B12 à partir des fermentations d'actinobactéries a suscité un intérêt considérable pour la production possible de vitamines par des fermentation microbiennes (Rickes et al., 1948 ; Lichtman et al., 1949). Les actinobactéries produisaient d'autres vitamines hydrosolubles, telles que, la thiamine et le dérivé d'acide pteroyl glutamique qui favorise la croissance de certaines souches de *Leuconostoc citrovorum* et de la coenzyme A (Anandan, 2016).

8.5. Pigments

Les actinobactéries sont caractérisées par la production de divers pigments sur des milieux naturels ou synthétiques, ces pigments sont considérés comme une des Caractéristiques culturelles importantes dans la description des organismes (**Goodfellow et al., 2012**). Ces pigments apparaissent habituellement dans différentes nuances de bleu, violet, rouge, rose, jaune, vert, brun, et noire (**Harir, 2018**).

*Chapitre I.I.I: Synthèse des
articles*

Les articles choisis regroupent l'isolement des actinobactéries isolée a travers différentes milieux a savoir le sol :

1. Isolement

Tableau IV. Isolement d'actinobactéries par différentes auteurs

Espèce	Région	Méthode d'isolement	Nombre D'isolat	Références
<i>Streptomyces sp.</i> PAL111	sol saharien région de la Ghardaïa	suspensions-dilutions et étalement sur milieu Chitine-vitamine agar	Une seule souche PAL111	Aouiche et <i>al.</i> , 2012
<i>Actinobactérie .Sp</i>	Différents Soles de 7 sites du désert du Sahara algérien	Suspension-dilution	13	Selama et <i>al.</i> , 2014
<i>Nocardiopsis et Saccharothrix</i>	Diverses régions sahariennes du sud de l'Algérie	suspensions-dilutions sur milieu humique- vitamine-B-agar	86	Zitouni et <i>al.</i> , 2005
<i>Actinobactérie sp</i>	Hoggar, Tamanrasset (sud de l'Algérie)	Suspension-dilution	15	Lahoum et <i>al.</i> , 2016
<i>Streptomyces sp.</i>	Ouargla, Algérie	suspension-dilution	112	Bouaziz et <i>al.</i> , 2016

Aouiche et al., (2012), ont travaillé sur une seul souche isolée de sol saharien de la région de Ghardaïa, sud est. de l'Algérie, par la méthode des suspensions-dilutions, **Selama et al. , (2014)**, **Zitouni et al., (2005)** et **Lahoum et al., (2016)** ont utilisés la même méthode pour isolées des actinobactéries, ou ils ont pu isolées **13, 86** et **15** souches a partir des sols de désert du Sahara algérien, de diverses régions sahariennes du sud de l'Algérie et de la Hoggar de Tamanrasset (sud de l'Algérie) respectivement, alors que **Bouaziz et al., (2016)** ont isolées

112 de la région de Ouargla, avec la même méthode (**tableau IV**) .D'après les résultats précédentes, il semble être que la méthode de suspension dilution est la meilleur de point de vu isolement, dont 100 % des références choisi ont l'utilisé, d'autre part le nombre des isolats trouvés différent d'une référence a l'autre, cela est peut être du aux objectifs de chaque référence, et d'autre part aux utilisations ou non des prétraitement de sol avant l'isolement ce qui a permet de donnée un nombre plus important d'isolats comme c'est le cas pour **Bouaziz et al., (2016)**.

En Algérie, plusieurs études portant sur l'isolement des actinobactéries, ces travaux ont montré que les sols saharien, qui représentent un écosystème particulier, renferment un potentiel assez riche en actinobactéries tant du point de vue quantitatif de biodiversité et qualitative.

2. Activité antimicrobienne

Tableau V. Activités antimicrobiennes

Espèce	Méthode	Souche testé	ZI (mm)	Références
PAL111 <i>Streptomyces sp.</i>	Stries croisées	<i>Bacillus subtilis</i> ATCC 6633	31	Aouiche et al ., 2012
		<i>Saccharomyces</i> <i>cerevisiae</i> ATCC4226	26	
		<i>Fusarium culmorum</i> FC200	26	
<i>Actinobactérie .Sp</i>	Diffusion de cylinder d'agar	Different Souches tests	Diffère d'une Souches a l'autre (+ou-)	Selama et al ., 2014
		<i>S. typhimurium</i>	Negative pour tous les Souches	
<i>Nocardiopsis et</i> <i>Saccharothrix</i>	Stries croisée	Différentes Souches cibles	Diffère d'une souche cible a l'autre	Zitouni et al ., 2005

		<i>Saccharomyces cerevisiae</i> ATCC4226	Activité positif	
Actinobactérie .Sp	diffusion de cylinder d'agar méthode	<i>S. aureus</i>	10	Lahoum et <i>al.</i> , 2016
		<i>Aspergillus carbonarius</i>	25	
Actinomycète (<i>Streptomyces sp.</i>)	Diffusion de cylinder d'agar	<i>Bacillus subtilis</i> ATCC 6633	18	Bouaziz et <i>al.</i> , 2016
		<i>Aspergillus niger</i> 2CA936	30	

Pour déterminer les specters antimicrobienne des actinobactéries isolées, les auteurs ont utilisées des microorganismes cibles catalogués dans des collections mondiales telles que l'American Type Culture Collection (ATCC) et autres, pour faire un screening antimicrobien de l'ensemble des Souches isolées.

Les auteurs ont utilisé deux méthodes, celle des stries croisées comme c'est le cas pour **Zitouni et al.**, (2005) et **Aouiche et al.**, (2012), les autres ont utilisées la méthode des cylindres d'agar, vis a vis différentes Souches pathogènes, bactéries et champignons. Les résultats obtenus sont variables, ils montrent un large spectre vis a vis les bactéries que les champignons, ainsi vis a vis une large gamme des bactéries à Gram positif et à Gram négative.

Les diamètres des zones d'inhibitions obtenus sont variables, **Aouiche et al.**, (2012), ont trouvé une activité de 31 mm contre *Bacillus subtilis* et 26 mm vis a vis *Saccharomyces cerevisiae* ATCC4226 et *Fusarium culmorum* FC200. **Bouaziz et al.**, (2016) ont trouvé une activité antifongique de l'ordre de 30 mm contre *Aspergillus niger* 2CA936 (**tableau V**). Ces variations des zones d'inhibitions sont dues au fait qu'une souche d'actinobactérie peut produire plusieurs molécules antimicrobiennes avec différents modes d'action selon la composition du milieu de culture.

Le criblage antimicrobienne est une étape importante qui permet aux chercheurs de sélectionner les Souches ayant un large spectre antimicrobien (antibactérien et antifongique), et cela pour orienter le travail vers l'étape d'extraction et d'identification des principes actifs.

3. Identification des isolats

L'identification des souches ayant montré des capacités antimicrobiennes élevées, est une étape importante, qui a pour objectif de savoir l'espèce avec la qu'elle l'étude va être continue.

Les différentes auteurs, ont passé, pour identifier leurs isolats, par deux étapes principales, a savior, une identification phénotypique qui regroupe l'identification morphologique, chimiotaxonomique, qui est indispensable pour compléter l'identification des isolats au niveau du genre en plus des analyses morphologique et physiologique; suivi par une identification moléculaire qui permètre une connaissance plus précise de l'espèce étudier sauf pour **Zitouni et al., (2005)** et **Bouaziz et al. (2016)**.

Aouiche et al. (2012), ont rattaché la souche désignée PAL111 a l'èpèce *Streptomyces ambofaciens* avec un degre de similitude de 99,7 %, **Selama et al., (2014)**, ont identifié les Souches isolées comme suit: *Streptomyces*, *Nocardiopsis sp.*, *Pseudonocardia sp.* *Actinopolyspora sp.*, *Nocardia jejuensis*, *Thermoactinomyces sp.*, *Marinococcus* et *Bacillus mojavensis*. **Zitouni et al., (2005)**, ont fait un isolement sélectif de deux Souches de *Nocardiopsis* et *Saccharothrix*. **Lahoum et al., (2016)**, ont rattaché la souche désigné ACD1 a l'espèce *Actinomadura sediminis* avec un degré de similitude de 98,5 ou *Actinomadura cremea subsp.* avec un degré de similitude de 98,3 %. **Bouaziz et al., (2016)**, ont rattaché la souche I4 au genre *Streptomyces sp* (**tableauVI**).

L'étude des caractéristiques morphologiques, macroscopiques et microscopiques, des souches d'actinobactéries est largement utilisée pour caractériser les genres des actinobactéries. Les caractères biochimiques et physiologique sont d'une grande importance dans la caracterisation des genres d'actinobactéries.

Tableau VI. Identification des isolats.

Espèce	Méthodes utilisé	Résultats trouvées	Références
<i>Streptomyces sp.</i> PAL111	Morphologique, chimiotaxonomique, physiologique et moléculaire	<i>Streptomyces ambofaciens</i>	Aouiche et al ., 2012
<i>Actinobactérie</i> .Sp	Morphologique, physiologique et moléculaire	<i>Streptomyces</i> , <i>Nocardiopsis sp.</i> , <i>Pseudonocardia sp.</i> <i>Actinopolyspora sp.</i> , <i>Nocardia jejuensis</i> ,	Selama et al. ,(2014)

		<i>Thermoactinomyces sp.</i> , <i>Marinococcus</i> et <i>Bacillus</i> <i>mojavensis</i> .	
--	--	---	--

<i>Nocardiopsis</i> et <i>Saccharothrix</i>	Morphologique, chimiotaxonomique, physiologique	<i>Nocardiopsis</i> et <i>Saccharothrix</i>	Zitouni et <i>al.</i> , (2005)
Actinobactérie .Sp	Morphologique, et moléculaire	<i>Actinomadura sediminis</i> ou <i>Actinomadura cremea</i> <i>subsp.</i>	Lahoum et <i>al.</i> ,(2016)
Actinomycète (<i>Streptomyces</i> <i>sp.</i>)	Morphologique, chimiotaxonomique, physiologique	<i>Streptomyces sp</i>	Bouaziz et <i>al.</i> , (2016)

4. Extraction des principes actifs et choix des solvants d'extraction

Les molécules bioactives sont des métabolites secondaires non essentiels pour la croissance et la reproduction de certains microorganismes mais sont une forme de défense. Ces molécules actives sont généralement extracellulaires et leur purification à partir de surnageant de culture complexe a besoin de l'application de divers techniques de séparation telles que d'extraction par Solvant, la précipitation chimique, HPLC, les études spectroscopiques... etc. Le nombre de techniques à utiliser dépend de la nature de la molécule.

La majorité des auteurs ont utilisé pour l'extractions des antibiotiques, la technique d'extraction liquide-liquide, par les solvants organiques, dans la qu'elles, on réalisé des cultures liquides dans des Erlenmeyers pour chaque souche et obtenu le filtrat de culture, suivi d'une extraction par des solvants organiques de différentes polarités tels que: l'hexane, la dichlorométhane, n-butanol et l'acétate d'éthyle et cela pour choisir le meullieur Solvant d'extraction de point de vu qualitative (la molecule qui représente la plus important activité), et quantitative, et cela par le choix de l'antibiotique ou la molécule qui represent le spectre le plus large. Il est à signaler que les antibiotiques produits peuvent être extraits à partir du mycelium, du filtrat de culture ou a partir de la phase aqueuse.

Zitouni et al., (2005), ont trouvé que le meilleur Solvant organique pour l'extraction est le n-butanol ; **Aouiche et al., (2012)** ont trouvé que l'activité est retrouvée au niveau des phases aqueuses et aucun des solvants organique (à polarité croissant) utilisé n'a extrait

l'antibiotique, alors que **Bouaziz et al., (2016)**, on ont trouvées une meilleur activité an niveau de l'extrait hexanoïque. **Lahoum et al., (2016)**, ont trouvé une meilleur activité au niveau de l'extrait butanolique (**tableau VII**).

Pour faire une extraction, il est préférable de testé l'activité des différentes phases, aqueuse et organique, ainsi qu'au niveau de mycelium, et d'utilisé different Solvant et cela pour faire un balayage de l'activité au niveau des différentes phases et avoir une idée sur l'antibiotique extrait.

Tableau VII. Extraction des principes actifs et choix des solvants d'extraction

Espèce	Méthode utilisé	Solvants utilisé	Références
<i>Streptomyces sp.</i> PAL111	Extraction liquide-liquide	N-hexane, dichlorométhane, N-butanol et acétate d'éthyle	Aouiche et al ., 2012
<i>Nocardiopsis et</i> <i>Saccharothrix</i>	Extraction liquide-liquide	N-hexane, dichlorométhane, N-butanol et acétate d'éthyle	Zitouni et al.,(2005)
<i>Actinobactérie sp</i>	Extraction liquide-liquide	N-hexane, dichlorométhane, N-butanol et acétate d'éthyle	Lahoum et al., (2016)
Actinomycète (<i>Streptomyces sp.</i>)	Extraction liquide-liquide	N-hexane, dichlorométhane, N-butanol et acétate d'éthyle	Bouaziz et al., (2016)

5. Caractérisation et purification des principes actifs

Les molécules bioactives présentes dans les extraits testés, sont analyses et purifier par différentes techniques de caractérisation à savoir les techniques chromatographiques, l'HPLC...etc.

Aouiche et al. (2012), ont utilisés la chromatographie sur couche épaisse de gel de silice (avec utilisation parallèle de bioautographie et révélation chimique) et chromatographie sur colonne de Séphadex LH20, l'antibiotique 111A trouvé est classé permit les molécules nucléotidique et n'est pas de nature polyénique. **Zitouni et al., (2005)** ont utilisés pour la

purification de molécules actifs, différente technique chromatographiques, à savoir celle sur couche épaisse de gel de silice, chromatographie sur colonne de Séphadex G25-80 et une HPLC en phase inverse, ils ont abouti que les antibiotiques purifier sont de nature nucléotidique ou nucléosidique. **Lahoum et al., (2016)**, ont utilisés pour la purification de molécules actifs, une HPLC en phase inverse a colonne C18, le spectre UV-visible des antibiotiques est déterminé par un spectrophotometer. Le spectre de masse a été enregistré sur un piège à ions LSQ spectromètre de masse avec nanospray source d'ionisation par électropulvérisation ionique (ESI). Ils ont aboutient que l'antibiotique extrait est de nature non polyénique, et contient des fractions aromatiques. **Bouaziz et al., (2016)**, ont utilisés pour la caractérisation partielle de molécules actifs, différente technique chromatographiques, a savoir chromatographie sur couche mince de gel et ils ont abouti au ils que l'antibioques extrait n'est pas de nature polyenique et contient des résidus glucidiques (**tableau X**).

Tableau X. Caractérisation et purification des principes actifs.

Espèce	Méthode utilisé	Résultat obtenus	Références
<i>Streptomyces</i> <i>sp.</i> PAL111	TLC, chromatographie sur colonne de Séphadex	molécules classé permet nucléotide	Aouiche et al ., 2012
<i>Nocardiosis</i> <i>et</i> <i>Saccharothrix</i>	TLC, chromatographie sur colonne de Séphadex G25- 80 et HPLC en phase inverse	antibiotiques purifier de nature nucléotidique ou nucléosidique.	Zitouni et al., (2005)
Actinobactérie .Sp	HPLC en phase inverse a colonne C18	l'antibiotique extrait est de nature non polyénique, et contient des fractions aromatiques.	Lahoum et al., (2016)
Actinomycète (<i>Streptomyces</i> <i>sp.</i>)	CCM (chromatographie sur couche mince de gel)	l'antibioques extrait n'est pas de nature polyenique et contient des résidus glucidiques	Bouaziz et al.,(2016)

Conclusion

L'importance des actinobactéries a été soulignée dans divers domaines : industriel, médical et vétérinaire, ainsi que dans le domaine de l'agriculture et l'agro-alimentaire (**George et al., 2012 ; Solecka et al., 2012**). Les actinobactéries sont des microorganismes d'intérêts industriels par excellence. Ces microorganismes sont les plus recherchés pour leur capacité de produire beaucoup de métabolites secondaires.

Aujourd'hui on recherche de nouveaux composés antimicrobiens d'origine biologique à partir d'une grande variété d'organismes et de nombreux habitats naturels (**Melouah, 2015**). Les métabolites secondaires microbiens représentent une source importante de composés dotés d'ingénieuses structures et d'activités biologiques puissantes. Les bactéries du sol et les champignons ont joué un rôle significatif dans la découverte d'antibiotiques. La capacité de produire un grand nombre de métabolites secondaires chimiquement différents est associée surtout aux actinomycètes. Ils acquièrent une importance particulière, car ils sont la source la plus puissante pour la production d'antibiotiques et d'autres métabolites secondaires bioactifs, avec près de 70% des molécules actives commercialisées (**Melouah, 2015**).

Ainsi, la recherche de nouveaux écosystèmes pour l'isolement d'actinomycètes est crucial pour la découverte de nouvelles espèces et par conséquent la découverte de nouveaux produits naturels bioactifs (**Hozzein et al., 2008**).

Dans cette étude, nous nous sommes intéressés en premier lieu, à la description de données bibliographiques concernant le sol et les actinomycètes, deuxièmement notre travail est basé sur des synthèses des articles ; étude comparative des résultats des études précédentes sur les isollements des actinobactéries. Les souches isolées à partir du sol de différentes régions de Sahara algérienne, où tous les auteurs ont isolé les actinobactéries en utilisant la même méthode, celle des suspensions-dilutions, mais les résultats obtenus sont différents, dont **Bouaziz et al., (2016)** ont isolées **112** de la région de Ouargla, avec la même méthode.

D'après les résultats précédents, il semble que la méthode de suspension dilution est la meilleure de point de vue isolement, dont 100 % des références choisies ont l'utilisée, d'autre part le nombre des isolats trouvés diffère d'une référence à l'autre, cela est peut-être dû aux objectifs de chaque référence, et d'autre part aux utilisations ou non des prétraitements de sol avant l'isolement ce qui a permis de donner un nombre plus important d'isolats comme c'est le cas pour **Bouaziz et al., (2016)**.

Pour déterminer les activités antimicrobiens des actinobactéries isolées, les auteurs ont utilisés deux méthodes, celle des stries croisées et méthode des cylindres d'agar, vis a vis différentes souches pathogènes, bactéries et champignons. Les résultats obtenues sont variables, ils montrent un large spectre vis a vis les bactéries que les champignons, ainsi vis a vis une large gamme des bactéries à Gram positif et à Gram négative, dont les diamètres des zones d'inhibitions obtenus sont variables. La meilleure activité est obtenue par **Aouiche et al., (2012)**, qui ont trouvé une activité de 31 mm contre *Bacillus subtilis*.

Les auteurs, sont ensuite passés à l'identification de leurs isolats, par des tests morphologique, chimiotaxonomiques, physiologique et moléculaire là où ce dernière donne une connaissance plus précise des espèces étudiées. La majorité des auteurs ont rattaché leurs isolats au genre *Streptomyces*

Les actinobactéries sont d'importants producteurs d'antibiotiques (75% par *Streptomyces*) et autres métabolites secondaires. Les deux tiers des quelque milliers d'antibiotiques isolés sont produits par les actinobactéries. Ceux-ci ont été largement étudiés surtout chez le genre *Streptomyces*, largement dominant dans de nombreux écosystèmes.

La majorité des auteurs ont utilisé pour l'extraction de leurs antibiotiques, la technique d'extraction liquide- liquide, par des solvants organiques de différentes polarités. Ainsi que différentes techniques de caractérisation et de purification de molécules actifs, ont été utilisé, a savoir celle sur couche épaisse de gel de silice, chromatographie sur colonne de Séphadex G25-80 et une HPLC en phase inverse, dont les résultats ont montré que les antibiotiques extrait ont a une nature différent : nucléotidique ou nucléosidique, nature polyénique et non polyénique...etc.

Nous concluons alors que les sols renferment des souches d'actinomycètes aptes à produire des molécules d'antibiotiques qui peuvent être utilisées dans le traitement de plusieurs maladies et ont des rôles bénéfiques dans les différents domaines.

Références bibliographiques

- A** **Abbas I. H. (2006).** Biological and Biochemical Studies of actinomycetes isolated from Kuwait Saline Soil-Kuwait. *Journal of applied sciences research*, 2 (10), 809-815.
- Afes, (2014),** *association Française pour l'étude du sol*
- Amandine G. (2016).** Plantes médicinales et antioxydants. Thèse de Doctorat. Université Toul III Paul Sabatier. Faculté des Sciences Pharmaceutiques, pp 102.
- Anandan R., Dharumadurai D., Manogaran G.P.(2016).** An Introduction to Actinobacteria. In: Dhanasekaran D., Jiang Y. (eds) *Actinobacteria: Basics and Biotechnological Applications*. Intech, Rijeka, Pp. 3-37.
- Aouar L., (2006).** Mise en évidence des actinomycètes aérobies pathogènes impliqués dans les infections traitées au service des maladies infectieuses du CHU de, Constantine. Etude des caractéristiques culturelles des souches isolées et purifiées. Mémoire de Magister. En Biochimie et Microbiologie appliquées. Université Mentouri Constantine. P : 4-8
- 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 clinique et toxigènes résistants aux antibiotiques *journal de Mycology*, vol. 22(n°1). Pp. 42-51. ISSN 1156-5233.
- Athalye M., Goodfellow M., Lacey J. and White R. P. (1985).** Numerical Classification of *Actinomadura* and *Nocardiosis*. *Int. J. Syst. Bacteriol.* **35 (1) : 86-98.**
- B** **Badji .B (2006).** Etude de la taxonomie et des antibiotiques antifongiques de trois souches d'actinomycètes d'origine saharienne appartenant aux genres *Actinomadura* et *Nonomurea*. Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. P.226.
- Baldacci, E. (1962).** Tendances actuelles de la classification des actinomycètes. *Ann Soc Belge Méd Trop*, 4 : 633–646.
- Barka E.A., Vatsa P., Sanchez L., Gaveau – Vaillant N., Jacquard C., Klenk H.P., Clément C., Ouhdouch Y., van Wezel G.P. (2016).** Taxonomie, physiologie, and natural products of Actinobacteria . *Microbiol. Mol . Biol. Rev.*80:1-43.
- Basile A., D'urso G.,(1997).** Experimental corrections of simplified methods for predicting water retention curves in clay-loamy soils from particlesize determination. *Soil Technology* ,10 (3): 261-272.

- Becker B., Lechevalier M.P., Gordon R.E., Lechevalier H.A. (1964).** Rapid differentiation between *Nocardia* and *Streptomyces* by paper chromatography of whole-cell hydrolysates. *Applied Microbiology*, 12(5). 421–423.
- Becker B.; Lechevalier M. P. ; Lechevalier H. A., (1965).** Chemical Composition of Cell-Wall Preparations from Strains of Various Form-Genera of Aerobic Actinomycetes. *Appl. Environ Microbiol*, 13(2), 236-243.
- Beckers.h. J. A. Van Der Hoeven. J. S. (1982).** Growth Rates of *Actinomyces viscosus* and *Streptococcus mutans* During Early Colonization of Tooth Surfaces in Gnotobiotic Rats. *Infection and immunity*. Vol. 35. N°. 2. Pp: 583-587.
- Belyagoubi L. (2014),** Antibiotiques produits par des bactéries (actinomycètes et bactéries lactiques) issus de différents écosystèmes naturels Algériens. Thèse de doctorat en substances naturelles, Activités Biologiques et Synthèse. Université Aboubakr Belkaid-Tlemcen. 170p.
- Berdy J. (2005).** Bioactive microbial metabolites. *Journal of antibiotics*. 58: 1-26.
- Bergey's Manual of Systematic Bacteriology .(2012).** Volume 5, Whitman W.B., Goodfellow M., Kämpfer P., Busse H.-J., Trujillo M.E., Ludwig W., and Suzuki K.I., (Eds.) Springer, 2nd Edition.
- Berkal, I. (2006).** Contribution à la connaissance des sols du Sahara d'Algérie .de la base de données à la valorisation des paramètres pédologiques .Mém. Mag. I.N.A. El-Harrach – Alger, 121p.
- Borelli, D., Middelveen, M. (1986).** Actinomycetoma caused by *Streptomyces somaliensis*. *Arch Dermatol*, 122: 1097–1098.
- Bouaziz S., Messis A., Bettache A., Oueld El Hadj M.D., Et Benallaoua S.(2016).** Antifungal activity of *Streptomyces* sp.14 strain isolated from Ouargla (Southeast of Algeria): identification, production and characterization of the active substance *International ; Vol. 9, No. 5, p. 45-56, (<http://dx.doi.org/10.12692/ijb/9.5.45>)*
- Boudjella H., (2007).** Etude taxonomique et des propriétés antagonistes des Streptosporangium des sols sahariens et caractérisation des principaux antibiotiques sécrétés par trois souches. Thèse de Doctorat. Institut National Agronomique El-Harrach (Alger).pp 177.
- Boudjella H., Lamari,L L., boutik K., Sabaou N., (2014)** Activité antilevurienne d'une souche d'actinobactérie appartenant au genre Streptosporangium et isolée d'un sol saharien. *Algerian journal of arid Environment.*, 2 :3-18.

- Boullard B., et Moreau J., (1962).** Sol, microflore et végétation. Edition ; Masson; paris, 289p.
- Bouras N., Merrouche R., Lamari L., Mathieu F., Sabaou N., Lebrihi A. (2008).** Precursor directed biosynthesis of new dithiolopyrrolone analogs by *Saccharothrix algeriensis* NRRL B-24137. *Process Biochemistry*, 43(11), 1244–1252.
- Bourguignon C. et Bourguignon L. (2010).** Le sol la terre et les champs. P 68-70.
- Brady N.C., Weil R.R., (2002).** The nature and properties of soils. 13th edition. Pearson Education, Inc., New Jersey, USA. 960p.
- Breton A., Theilleux J., Sanglier J.J., Viobis G. (1989).** Organismes producteurs : biologie, taxonomie et écologie. In “Biotechnologie des Antibiotiques”. Larpent J.P. et Sanglier J.J., Masson : Paris. 33-70p.
- C.C.P.C.S. (1967).** Classification des sols. Laboratoire de géologie et pédologie, E.N.S.A. Paris Grignon, 87p.
- Calvet R., (2000).** Le sol propriétés et fonctions, constitution et structure, phénomènes aux interfaces. Tome 1. Edition France Agricole. Paris (France), 83-90.
- Chandrakant R.K. (2008).** Pharmaceutical microbiology : Principales and applications. 6^{ème} édition. Author.
- Choulet F., (2006).** Evolution du génome des *Streptomyces* : transfert horizontal et variabilité des extrémités chromosomiques. Thèse de Doctorat. Université Henri Poincaré, Nancy.1 : 210.
- Colombié V (2005).** Description de la production de spiramycine par *Streptomyces Ambofaciens*. Modélisation métabolique, simulation et capteur logiciel. Thèse de Doctorat. Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse. 174 p.
- Conn V. M., (2005)** Molecular Interactions of Endophytic Actinobacteria in Wheat and Arabidopsis. Thèse de doctorat. Flinders University.p39.
- Courvalin P., Philippon A., (1990)** Mécanismes biochimiques de la résistance bactérienne aux agents antibactériens. In : Le Minor. L., Véron M. Bactériologie médicale. Medecine- Sciences. Flammarion. France., 14 : 332-355.
- Dairi T., (2005).** Studies on Biosynthetic Genes and Enzymes of Isoprenoids Produced by Actinomycetes. *J. Antibio*, 58 (4), 227-243.
- Daoud Y, HalitimA., (1994).** Irrigation et salinisation au Sahara Algérien. Sécheresse.

- Delaunay S., Rondags E. et Germain P. (2003).** Production d'antibiotiques par biotechnologies. Techniques de l'ingénieur. Opérations unitaires, génie de la réaction chimique. J 6 008 1-12.
- Demain A.L. and Solomon N.A. (1985).** Biology of industrial microorganisms. The Benjamin/Cummings publishing company, Inc. pp 291-357.
- Demain A.L.(1999).** Pharmaceutically active secondary metabolites of microorganisms. Appl.Microbiol .Biotechnol.52:455-463.
- Demain. A.L, Sanchez. S (2009).** Microbial drug discovery: 80 years of progress. The Journal of Antibiotics; 62: 5-16.
- Dharmaraj. S. (2010).** Marine Streptomyces as a novel source of bioactive substances. World J .Microbiol. Biotechnol.26(12): 2123–2139.
- Djaballah C., (2010).** Biodiversité des actinomycètes Halophiles et Halotolérants Isolés de la sebkha d'Ain MLila. Mémoire de Magister en Microbiologie et en Ecologie Microbienne.. Université Mentouri - Constantine : 102p.
- Djinni I, (2009).** Etude taxonomique de souches d'actinomycètes halophiles modérées productrices de substances antimicrobiennes isolées dans la région de Béjaia memoire de Magister en Microbiologie Appliquée .Université A. Mira de Bejaia Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Département de Microbiologie.
- Dommergues Y. and Mangenot F. (1970), Ishizawa S. and Araragi M., (1976).** Composition of actinomycetes population in soil. In: Actinomycetes, the boundary microorganisms. Arai T. (Eds.) Toppan Co. Ltd, Tokyo, 97-107.
- Dommergues Y.,Mangenot F., (1970).** Ecologie microbienne du sol. Masson et Cie Editeurs, paris.Pp 23,27, 29
- Dommergues, Y et Mangenot, F. (1970).** Écologie microbienne du sol .Masson et Cie, Paris, pp 9-72 (796).
- E** **Ensign J. C.; Normand p.; Burden J. P.; Yallop C. A (1993).** Physiology of some Actinomycetes genera. *Rev. Microbiology.* 144, 657-660.
- Euzeby JP. (2015).** List of bacterial names with standing in nomenclature. <http://www.bacterio.cict.fr/>.
- F** **Floyd M. H., pieper R. L., Mert F. P., (1987).** Sporulation of *Streptomyces roseoporus* in submerged culture. *J. Ind. Microbiol.* 2 : 235-241.

- G** Gebreselema .G; S.Samuel & R. Nagappan . (2013) .Isolation and characterization of Potential antibiotic producing actinomycetes from water and sediments of Lake Tana, Ethiopia. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 6. P: 426-435 .
- George M., Anjumol A., Mohamed Halta A.A. (2012).** Distribution and bioactive potential of soil actinomycetes from different ecological habitats. *African journal of Microbiology Research*, 6(10), 2265-2271.
- Girard M.C., Walter C., Remy J.C, Businelli D.B et Morel J.L., (2005).**Sols et environnements. Collection : Sciences sup.80p
- Gobat J. M., M. Aragno, W. Matthey., (1998).** Le Sol Vivant. Bases De Pédologie Biologie Des Sols. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne.
- Gobat J., Aragno M. et Matthey W., (2010).**Le Sol Vivant Bases De Pédologie–Biologie Des Sols (3eme Ed., Vol.1).Italie :Revu Et Augmentée p 37-43-51-60-69
- Gobat J.M., Aragno M. et Matthey W., (2003).** Le sol vivant. Bases de pédologie. Biologie des sols.2ème Edit. Presses polytechniques et universitaires romandes. 571P.
- Goodfellow M. (1971).** Numerical taxonomy of some nocardioform bacteria. *J. Gen. Microbiol.* **69**: 33-90.
- Goodfellow M. (2012).** Phylum XXVI. Actinobacteria phyl. nov. In: Goodfellow *et al.* (Editors). *Bergey Manuel of Systematic Bacteriology, The Actinobacteria*, second Edition, vol. V, part A, springer New York, Dordrecht, Heidelberg, London. pp. 1–28.
- Goodfellow M., and Williams S.T., 1983.** Ecology of actinomycetes. *Annual Review of Microbiology*, Vol: 37, 189–216.
- Goodfellow M., Kämpfern P., Busse H.-J., Trujillo M.E., Suzuki K.-i., Ludwig W. et Whitman W.B.(2012).** Volume Five. The Actinobacteria. In G.M. Garrity (ed.), *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, Second Edition. Springer-Verlag, New York: [i]-xxiv, 1-2083.
- Goodfellow M., Stalon L. J., Simpson K. E. and Minnikin D. E. (1990).** Numerical and checiatmical classification of *Actinplanes* and some related actinomycetes. *J. Gen. Microbiol.* **136**:19-36.
- Goshi K., Uchida T., Lezhava A., Yamasaki M., Hiratsu K., Shinkawa H. et Kinashi H., (2002).** Cloning and analysis of the telomere and terminal inverted repeat of the linear chromosome of *Streptomyces griseus*. *J Bacteriol.* Vol 184. Pp : 3411-3415. Doi: 10.1128/JB.184.12.3411-3415.

- Gottlieb D. (1973).** General consideration and implication of the *Actinomycetales*. In: *Actinomycetales* characteristics and practical importance. Edited by Sykes. G and F. Skinner. Academic Press. London, New York.
- Gras R., (1988).** Physique du sol pour l'Aménagement. Masson, paris. 12p
- Grund E., and Kroppenstedt R.M. (1990).** Chemotaxonomy and numerical taxonomy of the genus *Nocardioopsis* Meyer 1976. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 40(1), 5–11.
- Guiraud J.P., (2012).** Microbiologie alimentaire .Dunod, paris. p 3.
- H****Harir.M. (2018).** Caractérisation des molécules bioactives produites par des souches d'actinobactériés isolées des sols arides et semi arides d'Algérie. Thèse de doctorat en sciences ,Option : Biotechnologie. Université D'oran 1 Ahmed Ben Bella .p5.
- Harvey I. (1999).** sélection de tests discriminants pour l'identification rapide des actinomycètes thermophiles impliqués dans l'alvéolite allergique extrinsèque. Thèse de Doctorat. Université Laval (Canada). 127p.
- Haslay C., Leclerc H.,(1993).** Microbiologie des eaux d'alimentation. Editions Lavoisier TEC & DOC. France.
- Hassan U. S. S., Anjum K., Abbas S. Q., Akhter N., Shagufta B. I., Shah S. A. A. et Tasneem U. (2017).** Review Emerging biopharmaceuticals from marine actinobacteria. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. Vol 49. Pp : 34–47.
- Henri J., Jurion F., (1969).** Can primitive farming be modernized .publication INEAC, Hors-série, Bruxelles, 457p.
- Hillel D., (1984).** L'eau et le sol principes et processus physique. Cobaye,
- Hodgson D.A., (1992).** Differentiation in actinomycetes. In: *Prokaryotic Structure and Function*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Holmberg K. et Nord C. E., (1984).** Application of Numerical Taxonomy to the Classification and Identification of Microaerophilic Actinomycetes *METHODS IN MICROBIOLOGY* ISBNCL12- 5215169 copyright by Academic Press, London All rights of reproduction in any form reserved. Vol 16.
- Holt, J.G., Krieg, N.R., Sneath P.H.A., Staley, J.T., Williams, S.T. (1994).** Bergey's manual of determinative bacteriology. Williams and Wilkins, Baltimore.
- Hozzein WN, Ahmed MB, Abdel Tawab MS. (2008).** Microbial community structure in a wastewater treatment plant in Beni-Suef City. *New Egypt. J. Microb.* 20: 189-201.

- Hu Y. T., ZhounP. J., Zhou Y.G., Liu Z. H. and Liu S. J. (2004).** *Saccharothrix xinjiangensis* sp. nov., a pyrene-degrading actinomycete isolated from Tianchi lake, Xinjiang, China. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 1-9.
- Hugues F., (2008)** .*Pasteur le Mag.*, (5): 44.
- Ibrahim Mirsal A., (2004).** *Soil Pollution. Origine, Monitoring And Remédiation.* Springer Verlag Berlin Heidelberg.
- Kämpfer P. (2010).** *Actinobacteria.* Handbook of hydrocarbon and lipid microbiology Part 19, 1819-1838
- Kim S.B., Seong C.N., Jeon S.J., Bae K.S., et Goodfellow M., (2004).** Taxonomic study of neurotolerant acidophilic actinomycetes isolated from soil and description of *Streptomyces yeochonensis* sp.nov. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 54, 211-214.
- Kinoshita N., Igarashi M., Ikeno S., Hori M. and Hamada M. (1999).** *Saccharothrix tangerinus* sp.nov., the producer of the new antibiotic formamicin : taxonomie studies. *Actinomycetologica.* **13**: 20-31.
- Kitouni M., (2007).** Isolement de bactéries actinomycétales productrices d'antibiotiques à partir d'écosystème extrême. Identification moléculaire des souches actives et caractérisation préliminaire des substances élaborées. Thèse de doctorat d'état en Microbiologie appliquée. Université des frères Mentouri Constantine. pp24- 170p.
- Kumar.A, Bohra.C, singh.C.K.(2003).** *Environment pollution and management.* India: New delhi-110035(Ed), Pp532-534.
- Kutzner, H.J. (1981).** The family *Streptomycetaceae*. In the prokaryotes: a handbook on habitats, isolation and identification of bacteria. Starr, M.P., Stolp, H., Truper, H.G., Balows A., and Schegel H. (eds). *Berlin: Springer-Verlag KG,pp.*
- Lacey J. (1997).** Actinomycetes in composts. *Ann Agric Environ Med*, **4**: 113– 121.
- Lahoum A., Aouiche A., Bouras N., Verheecke C., Klenk H-P., Sabaou N., Mathieu F.(2015).** Activité antifongique d'une souche saharienne d'*Actinomadura* sp. ACD1 contre des champignons toxigènes et autres microorganismes pathogènes. *Journal de Mycologie Médicale, Modèles MYCMED-605*; No. of Pages 8.
- Lamari L. (2006).** Production de nouveaux antibiotiques du groupe des pyrrothines par une nouvelle espèce d'actinomycète, *Saccharothrix algeriensis*. Thèse de doctorat en biologie, option microbiologie, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, pp45-186.
- Larpent JP, Sanglier JJ. (1989).** In: *Biotechnologie des antibiotiques.* Paris: Ed.Masson. p. 481.

- Larpent, J.-P., Larpent-Gourgaud, M. (1985).** Éléments de Microbiologie. Hermann. Paris. 264 p.
- Le Minor L. et Veron M. (1989).** Bacteriologie medicale. 2ème édition. Medecine. Sciences Flammarion. Pp(432), page 335-349.
- Lechevalier H.A., Lechevalier M.P. (1970).** A critical evaluation of genera of aerobic actinomycetes. In: The *Actinomycetales*. Prauser H. (Eds). G. Fisher Verlag, Jena, p. 393–405.
- Lechevalier M. P and Gerber N. (1970).** The identity of madurose with 3-0-methyl-Dgalactose. *Carbohyd. Res.* **13**: 451-454.
- Lechevalier M. P. and Lechevalier H. A. (1970a).** Composition of whole-cell hydrolysates as a criterion in the classification of aerobic actinomycetes. In: The *Actinomycetales*. Prauser H. (Eds). G. Fisher Verlag, Jena, pp. 311-316.
- Lechevalier M.P. (1988).** Actinomycetes in agriculture and forestry. In : Actinomycetes in Biotechnology. Goodfellow, M.G., Williams, S.T. and Modarski, M. Ed., Academic Press London, New-York, 327 – 358.pp.
- Lechevalier M.P., (1981).** Ecological associations involving actinomycetes. In: Actinomycetes. Shaal and Pulverer (Eds.). Zbl. Bakt. suppl., **11**, 159-166.
- Lechevalier M.P., Bievre C.D. and Lechevalier H. (1977).** Chemotaxonomie of aérobic Actinomycetes : phospholipides composition. *Bioch. Syst. Ecol.* **5**, 249-260.
- Lechevalier, H. (1985).** Biology of actinomycetes not belonging to genus *Streptomyces* In: Biology of industrial microorganisms. The Benjamin Cummings Publishing Company, INC. pp 315–360.
- Leveau .J.Y & M Bouix ., (1993).** Microbiologie Industrielle. Paris. P : 424-439.
- Lichtman H., Watson J., Ginsberg V., Pierce J.V., Stokstad E.L., Jukes T.H. (1949).** Vitamin B12b some properties and its therapeutic use. *Experimental Biology and Medicine.* **72**(3), 643-645.
- Lindholm, P., Kortemaa, H., Kokkola, M., Haahtela, K., Salkinoja-Salonen, M., Valkonen, J.P.T. (1997).** *Streptomyces* spp. Isolated from potato scab lesions under Nordic conditions in Finland. *Plant Diseases*, **81**(11): 1317–1322.
- Loqman, S. (2009).** La lutte biologique contre la pourriture grise de la vigne : Isolement, caractérisation de souches de bactéries Actinomycètes antagonistes à partir des sols rhizosphériques de vignes saines sauvages d'origine marocaine. Thèse de Doctorat en Biologie et Physiologie Végétale Thèse. Université de Réims Champagne - Ardenne. France. 216p , Ecole Doctorale Sciences Exactes et Biologie.

Loucif K., (2010). Recherche de substances antibactériennes à partir d'une collection des souches d'actinomycètes. Caractérisation préliminaire de molécules bioactives.139 :05-10.

M**Maameri M.,(2007).** Caractérisation microbiologique des sols sous conditions semi-arides. (Ksar Chellala) Mémoire.Ing.Agro.Univ. Ibn-Khaldoun, Tiaret.

Maier, R. M., I. L. Pepper., C. P. Gerba., (2000). Microorganisms in surface soils. In: Environmental microbiology. Academic press. A Harcourt Science and technology company. Canada, , pp. 79-82

Melouah R. (2015) .Production et extraction de quelques principes actifs isolés à partir des Actinomycètes UKM Ouargla. Mémoire de master académique. Microbiologie appliquée. Université kasdi Merbah Ouargla. Pp.12-13.

Messoudi O., (2013). Contribution à la caractérisation des souches d'actinomycètes productrices des métabolites antibactériens isolées de la sebkha de Kenadsa (Bechar). Thèse de magister, Université AbouBakr Belkaid, de Tlemcen. Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers. p 16.

Mihaela C., Teodor Gh., Negoita., Gabriela E., Bahrim., Peter Stougaard., (2011). Partial characterization of cold active amylases and proteases of *Streptomyces* sp. From antarctica. Brazilian journal of microbiology. 42: 868-877

Mohammadipanah F. and Wink J. (2016). Actinobacteria from arid and desert habitats: diversity and biological activity . Front. Microbiol. 6: 1541.

Morel L., (1989). Les sols cultivés. Tech et Doc .Lavoisier, paris, 272p.

Mukesh S., (2014). Actinomycetes: Source, Identification, and Their Applications. International Journal Current Microbiology and Applied Sciences .3(2): 801-832.

Mustin M., (1987). Le Compost, Gestion De La Matière Organique. Editions François Dubusc, Paris.

Musy A., Soutter M., (1991).Physique du sol. Edit. Presses polytechniques et universitaires romandes. 331p.

N**Noyal M.J., Belgode N.H., Sujatha S., Devinder M.T., Subhash C.P. (2010).** *Streptomyces* bacteremia in a patient with actinomycotic mycetoma. *Infect Dev Ctries.* 4: 249-252.

O**O'donnell A. G., Minnikin D. E., Goodfellow M. and Parlett J. H. (1982).**The analysis of actinomycetes wall aminoacids by gas chromatography. *FEMS. Microbiol. Lett.* **15:** 75-78.

- Omura S. (1992).** The search for bioactive compounds from microorganisms. Ed: Springer Verlag, New York. Inc. pp 281-303.
- Oskay M .,Tamer A.U., C.Azeri .,(2004).** antibacterial activity of some actinomycètes isolated from farming soils of Turkey. African Journal of Biotechnology. Vol.3 (9).441 – 446p.
- P****Park J.O., El-Tarabily K. A., Ghisalberti E. L. and Sivasithamparam K. (2002).** Pathogenesis of *Streptoverticillium albireticuli* on *Caenorhabditis elegans* and its antagonism to soil-borne fungal pathogens. *Letters in Applied Microbiology*. **35**:361-365.
- Paul E.A., & Clark F.E., (1996).** Soil microbiology and biochemistry. 2nd edition. Academic Press. San Diego, California (USA), 340.
- Paul J, (1912).** “The distribution of the flora in the alpine zone “New Phytologist, **11** (2):37-50
- Perry J.J., Staley J.T., et Lory S. (2004).**Microbiologie. Paris, Dunod. Pp. 497–498.
- Pine L. (1970).** Classification and phylogenetic relationship of microaerophilic actinomycetes. Int. J. Bacteriol. 20, 445-474.
- Pizzul. L. (2006).** Degradation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons by Actinomycetes. Thèse de Doctorat. Université d’Uppsala (Suède). Pp 39.
- Prescott L. M., Harley J. P., Klein D. A., (2010)** Microbiologie. De Boeck: Bruxelles. 2eme édition. Pp589.
- Prescott L.M, Sherwood L.M, Woolverton C.J. (2010)** .Microbiologie. De Boeck Edition . ISBN-978-2-8041-6012-8.
- Prescott L.M., Harley J.P. et Klein D.A., (2007).** Microbiologie. De Boek & Lancier, Bruxelles. p : 805–825.
- Prescott W. J., Sherwood L. M. et Woolverton C., (2011).** Microbiologie. 4ème édition, de boeck, Paris. p 515.
- Pridham T.G., Hesseltine C.W., Benedict R.G. (1958).** A guide for the clas- sification of Streptomycetes according to selected groups.Placement of strains in morphological sections. Applied. Microbiology, 6(1), 52-70.
- Q****Qinyuan. L, Chen. X, Jiang.Y and Chenglin. (2016)** . J.Morphological Identification of Actinobacteria. Additional information is available at the end of the chapter 3.<http://dx.doi.org/10.5772/61461>.

Quénéa K., (2004). Etude structurale et dynamique des fractions lipidiques et organiques réfractaires de sols d'une chronoséquence forêt/maïs (CESTAS, Sud-ouest de la France). Thèse de Doctorat. Université de Paris 6 (France).

R **Ranjani Anandan, Dhanasekaran Dharumadurai et Gopinath Ponnusamy Manogaran. (2016).** An Introduction to Actinobacteria Department of Microbiology, School of Life Science, Bharathidasan University, Tiruchirappalli, Tamil Nadu, India, vol 10.5772/62329 , p. 13.

Raoul Calvet., (2013). Le Sol, 2ème Edition. Éditions France Agricole. Pp 71.

Raoul Calvet., (2013). Le Sol, 2ème Edition. Éditions France Agricole. Pp 71

Rickes E.L., Brink N.G., Koniuszy F.R., Wood T.R., Folkers K. (1948). Crystalline vitamin B12. Science., 107(2781), 396-397.

S **S.E.D.A.T., (2012).** Etude de système de drainage de la région de Tidikelt (in Salah, fougaret Ezzoua et in Ghar). Ouargla, 42p

Saci .A (2012). Production d'alpha-amylase par *Streptomyces sp.* Optimisation d'un milieu de production à base de déchet d'orange .Thèse de Magister : écologie. constantine, Algérie : Univercité Mentouri. p21-10 .

Sanglier. J.J., Trujillo. M., (1997) Substances bioactives produites par les actinomycetes et stratégie desélection des souches. Bull. Soc. Fr. Microbiol. p : 12-13 .

Santhanam R. (2012). Okoro C.K., Rong X., Huang Y., Bull A.T., Andrews, B.A., Asenjo, J.A., Weon, H.Y. and Goodfellow, M. *Streptomyces deserti* sp. nov., isolated from hyper-arid Atacama Desert soil. *Antonie van Leeuwenhoek*, 101, 575–581p.

Schofield G.M. and Schaal K.P. (1981). A numerical taxonomic study of members of the *Actinomycetaceae* and related taxa. *J. Gen. Microbiol.* 121, 237-259.

Selama O., Gregory C. A. Amos, Djenane Z., Borsetto CH., Rabah F .L., Porter D., Nateche F., Elizabeth M. H. Wellington, and Hocine H. (2014). Screening for Genes Coding for Putative Antitumor Compounds, Antimicrobial and Enzymatic Activities from Haloalkalitolérantes and Haloalkaliphilic Bacteria Strains of Algerian Sahara Soils. *BioMed Research International*, volume 2014, Article ID 317524, 11 pages.

Sibanda.T, Leonard. V. Mabinya. L. V, Mazomba. N, Akinpelu. D. A, Bernard. K, Olaniran. A. O, and Okoh. A. I. (2010). Antibiotic Producing Potentials of Three Freshwater Actinomycetes Isolated from the Eastern Cape Province of South Africa. *Int J Mol Sci.* Vol : 11. N° 7. 2612–2623p.

- Sneath. P.H.A. (1989).** Numerical taxonomy. *in* : Bergey's Manual of systematic Bacteriology, Williams S.T., Sharpe M.E. and Holt J.G. (Eds.), Volume 4. Williams and Wilkins Co., Baltimore. pp. 2303- 2305
- Solecka J., Zajko J., Postek M. and Rajnisz A. (2012).** Biologically active secondary metabolites from actinomycetes. *Central European Journal of Biology* 7, 373-390.
- Soltner D., (2005).** La base de la production végétale Tom I. Le sol et son amélioration 24eme Edi. collection science et technique agricole. p 472.
- Sommer P., Bormann C., and Cötz F., (1997).** Genetic and biochemical characterization *Streptomyces humidus*. *Infect dis.* 5 (3) : 207-213.
- Soulas G., Codaccioni P., & Fournier J.C., (1983).** Effect of cross treatment on the subsequent breakdown of 2,4-D, MCPA and 2,4,5-T in the soil. Behaviour of the degrading microbial populations. *Chemosphere*, 12 (7/8): 1101-1106.
- Sowani H., Kulkarni M., Zinjard E. S. et Javdekar V., (2017).** *Gordonia* and Related Genera as Opportunistic Human Pathogens Causing Infections of Skin, Soft Tissues, and Bones. *The Microbiology of Skin, Soft Tissue, Bone and Joint Infections* ISSN 2451-9006. Pp :105-121.
- Sposito G., (1989).** The chemistry of soils. Oxford University Press, New York.17p
- Stackebrandt E. and Woese C.R. (1981).** The evolution of prokaryotes. *Synop. Soc.Gen.Microbiol.* 32: 1-31.
- Stackebrandt E. Rainey F.A. and Ward-Rainey N.L. (1997).** Proposal for a new hierarchic classification system, *Actinobacteria* classis nov *International Journal of Systematic Bacteriology.* 47, 479-491.
- Stackebrandt E., and Kroppenstedt R. M. (1987).** Union of the genera *Actinoplanes* Couch, *Ampullariella* Couch and *Amorphosporangium* Couch in a redefined genus *Actinoplanes*, *Syst. Appl. Microbiol.* 9: 110-114.
- Strub C. (2008).** Modélisation et optimisation de la production de thiolutine chez *Saccharothrix algeriensis*. Thèse de doctorat. Université de Toulouse INP-ENSAT. France. 174p.
- Sudhanshu D., Ravindra., Vijay U., Sanjay K., (2011).** Isolation and Characterization of Actinomycetes Producing Antimicrobial Substance against Human Pathogenic Bacteria. *Journal of Pharmacy Research.* vol 4(11), 4066-4068.
- Suzuki K., Nagai K., Shimizu Y. and Suzuki Y., (1994).** Search for actinomycetes in screening for new bioactive compounds. *Actinomycetologica*, 8, 122–127.

- T**anaka Y. and Omura S. (1990). Metabolism and products of Actinomycetes- an introduction. *Actinomycetologica*, **4** (1): 13-14.
- Theilleux ,J. (1993) .** Les actinomycètes In : Microbiologie industrielle : Les microorganismes d'intérêt industriel, (A. Leveau. J.Y et Mouix. M.) Lavoisier Lavoisier.France, paris . Tech et Doc, vol 612, p : **425** (425-481).
- Tresner H. D., Davies M. C. and Backus E. J. (1961).** Electron microscopy of *Streptomyces* spore morphology and its role in species differentiation. *J. Bacteriol.* **81**: 70-80.
- V**Valois, D. (1996). Glucanolytic actinomycetes antagonistic to Phytophthorafragariae var. rubis, the causal agent Microbiol (62) 5.
- Verma et al (2013).** Analyses phylogénétiques de phylum actinobactéries basées sur des séquences entières du génome Santé médical . vol. 164, n°7, p 718-28(consulté le 02/04/2017).
- Vijayakumar R; Muthukumar. C; Thajuddin. N; Panneerselvam. A; and Saravanamuthu. R. (2007).** Studies on the diversity of actinomycetes in the Palk Strait region of Bay of Bengal, India. *Actinomycetologica.*, 21(2):59-65.
- 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. *African Journal of Biotechnology.* **7** (18):3225-3230.
- W**Waksman S.A. (1961). Classification, identification and description of genera and species in theactinomycetes. The Williams and Willkins. Co, Baltimore.vol. 2.
- Waksman, S.A., Henrici, A.T. (1943).** The nomenclature and classification of the Actinomycetes. *J Bacteriol*, 46(4): 337–341.
- White R.E., (2006).** Principles and practice of soil science. The soil as a natural resource. *Fourth edn: Blackwell Publishing.*
- Whitman W.B., Goodfellow M., Kämpfer P., Busse H.-J., Trujillo M.E., Ludwig, W. and Suzuki K.-I., (Eds.). (2012).** Bergey's manual of systematic bacteriology. The Actinobacteria, Part A. Volume 5, 2nd edition, Spinger New York, Dordrecht Heidelberg London.
- William, S. (1983).** Numerical Classification of *Streptomyces* and Related Genera. *Journal of General Microbiology*, 1743-1813.
- Williams S. T.; Wellington E. M. H. (1982).** Actinomycetes. In: Eds. Page A.L., Miller R.H., Keency O.R.: *Methods of Soil Analysis, part 2, Chemical and Microbiological Properties*, second ed. American . Society of Agronomy/Soil Science Society of America, Madison, pp. 969–987.

Williams S.T., Lanning S and Wellington E.M.H. (1984). Ecology of *Actinomycetales*, In: “The Biology of Actinomycetes” Goodfellow M., Moradasski M. and Williams S.T. (Eds.), Academic Press. London. p. 481- 528.

Y **Yala D., Merad A. S., Mohamed D., Ouar Korich M. N., (2001).** Classification et mode d’action des antibiotiques. *Medecine de Maghreb*. N° 91.

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

Yilma, S.-S. B. (2008). Large-conductance cholesterol-amphotericin B channels in reconstituted lipid bilayers. *Biosensors Bioelectron.*, 1359-1367 .

Z **Zaitlin, B., Watson, S.B. (2006).** Actinomycetes in relation to taste and odour in drinking water: Myths, tenets and truths. *Water Res (Research)*, 40(9): 1741–1753.

Zaitlin, B., Watson, S.b., Ridal, J., Satchwill, T., Parkinson, D. (2003). Actinomycetes in lake Ontario: Habitats and geosmin and MIB production. *Res J Can*, 95 (2) : 113-118.

Zermane F., (2007). Etude des caractéristiques culturales des actinomycètes impliquées dans la biodégradation de la cellulose, des substances pectiques et des composés organiques de synthèse. P33.

Zitouni A. (2005). Taxonomie et antibiotiques des *Saccharothrix* et des *Nocardiopsis* des sols sahariens et nouvelles molécules bioactives secrétées par *Saccharothrix* sp. SA 103. Thèse de Doctorat. Université Mouloud MAMMARI de Tizi Ouzou. 231p.

Zitouni A., Boudjella H., Lamari L., Badji B., Mathieu F., Lebrihi A., Sabaou N(2005). *Nocardiopsis* and *Saccharothrix* genera in Saharan soils in Algeria: Isolation, biological activities and partial characterization of antibiotics. *Research in Microbiology* 156 (2005) 984–993.

Annexes

Annexe 01

Schémas représentatifs des mycéliums aériens et de substrat de Quelques genres d'actinomycètes.

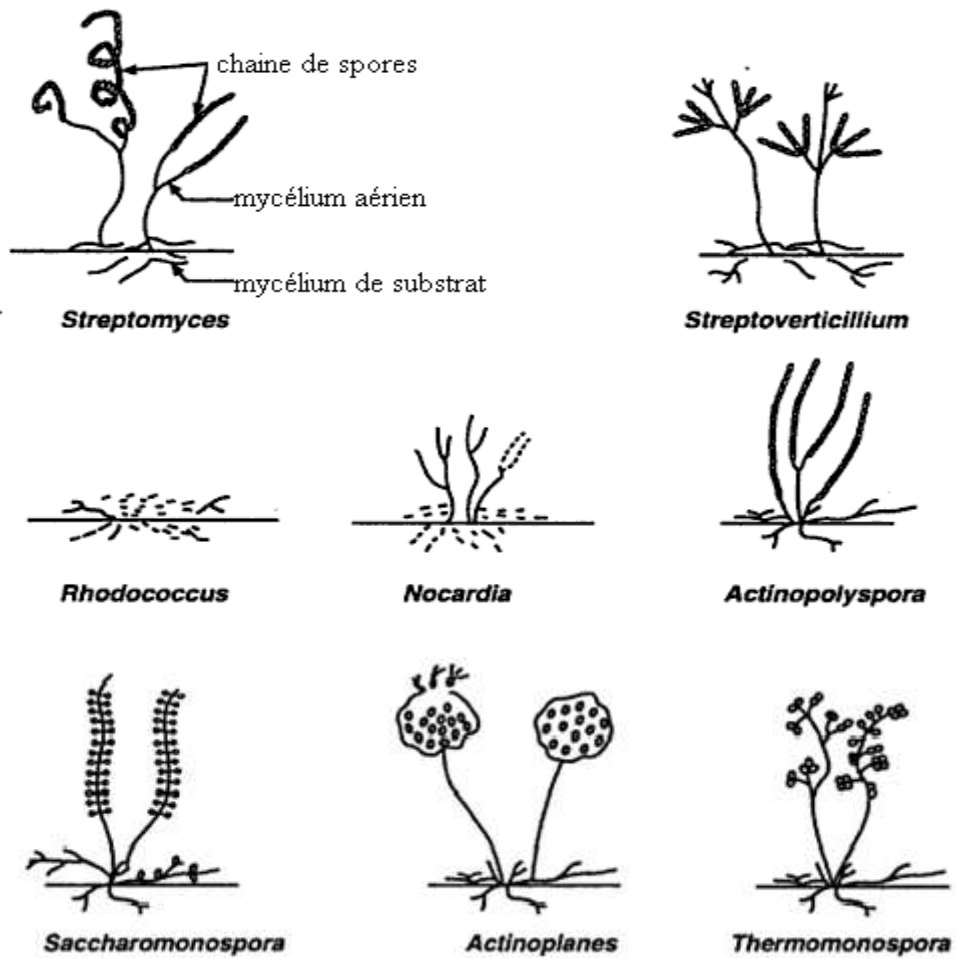


Figure13. Le mycélium de substrat et le mycélium aérien chez certains genres d'actinomycètes (Chandrakant, 2008).

Annexe 02

Tableau IX : Quelques exemples d'antibiotiques produits par les actinomycètes (Loucif., 2010)

Actinomycètes producteurs	Antibiotiques
1/ Les agents antibactériens	
<i>Micromonospora sp.</i>	Clostomycine
<i>Streptomyces griseus</i>	Candicidine
<i>Streptomyces lydicus</i>	Streptolydigne
<i>Streptomyce lindensis</i>	Rétamycine
<i>Marinispora sp.</i>	Marinomycine
<i>Verrucosipora sp.</i>	Abyssomycine
2/ Les agents antifongiques	
<i>Streptomyces griseochromogenes</i>	Blasticidine
<i>Streptomyces humidus</i>	Phénylacétate
<i>Nocardia transvalensis</i>	Transvalencine
<i>Streptomyces nodosus</i>	Amphotéricine B
3/ Les bioherbicides et bioinsecticides produits par les actinomycètes	
<i>Saccharopolyspora spinosa</i>	Spinosad. Insecticide neurotoxique
<i>Actinomadura sp</i>	Herbicides.
<i>Streptomyces hygrosopicus</i>	Herbimycine

Annexe 03

Int. J. Biosci.

2016



International Journal of Biosciences | IJB |

ISSN: 2220-6655 (Print), 2222-5234 (Online)

<http://www.innspub.net>

Vol. 9, No. 5, p. 45-56, 2016

RESEARCH PAPER

OPEN ACCESS

Antifungal activity of *Streptomyces* sp.14 strain isolated from Ouargla (Southeast of Algeria): identification, production and characterization of the active substance

Sabrina Bouaziz^{*,†}, Abdelaziz Messis[†], Azzeddine Bettache[†],
Mohammed Didi Oueld El Hadj[†], Et Said Benallaoua[†]

[†]Department of Biological Science, Faculty of Science of Nature and Life, Laboratory of Protection of Ecosystems in Arid and Semi-arid Zone, University Kasdi Merbah Ouargla, Ouargla, Algeria

^{*}Faculty of Science of Nature and Life, Laboratory of Applied Microbiology, University of Bejaia, Bejaia, Algeria

Key words: Antifungal activity, Sahara soil, *Streptomyces*, Production kinetics

<http://dx.doi.org/10.12692/ijb/9.5.45-56>

Article published on November 21, 2016

Abstract

This work aims to study the antifungal activity of strain encoded I4. The strain was isolated from Saharan soil of Ouargla region (Southeast of Algeria). The identification of the isolate I4 was carried out on the basis of morphological, biochemical and physiological criteria whose taxonomy suggested that this isolate belonged to *Streptomyces* genus. The antifungal activity by the agar cylinder method on solid medium revealed that isolate I4 showed strong activity against various pathogenic fungi as well as gram-positive and gram-negative bacteria, hence the best activity observed against *Aspergillus niger* 2CA936 with an inhibition zone of 30 mm in diameter. The production kinetics of the antibiotic were made on M2 liquid medium. The optimal activity was achieved at the end of exponential growth phase and beginning of decline phase, in the fifth day of incubation. The antibiotics secreted by the strain I4 were hydrophobic, and more extractable by apolar solvents, it were revealed by bioautography and chemical development. The result obtained showed the presence of a single active zone, chemical developers suggested that the active molecule contains carbohydrate residues not of polyenic nature.

* Corresponding Author: Sabrina Bouaziz ✉ bz.sabrina@yahoo.fr

Annexe 04

* Models
MYCMED-605; No. of Pages 8

ARTICLE IN PRESS

Journal de Mycologie Médicale (2016) xxx, xxx–xxx



Available online at
ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France
EM|consulte
www.em-consulte.com



ORIGINAL ARTICLE / ARTICLE ORIGINAL

Antifungal activity of a Saharan strain of *Actinomadura* sp. ACD1 against toxigenic fungi and other pathogenic microorganisms

Activité antifongique d'une souche saharienne d'Actinomadura sp. ACD1 contre des champignons toxigènes et autres microorganismes pathogènes

A. Lahoum^a, A. Aouiche^a, N. Bouras^{a,b}, C. Verheecke^c,
H.-P. Klenk^d, N. Sabaou^{a,*}, F. Mathieu^c

^a Laboratoire de Biologie des Systèmes Microbiens (LBSM), École Normale Supérieure de Kouba, Alger, Algeria

^b Département de Biologie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre, Université de Ghardaïa, BP 455, 47000 Ghardaïa, Algeria

^c Laboratoire de Génie Chimique, LGC, Université de Toulouse, UMR 5503 (CNRS/INPT/UPS), Toulouse, France

^d School of Biology, Newcastle University, Ridley Building, Newcastle upon Tyne, NE1 7RU, United Kingdom

Received 8 November 2015; received in revised form 7 February 2016; accepted 13 February 2016

KEYWORDS

Actinobacterium;
Actinomadura;
Pathogenic
microorganisms;
Antimicrobial activity

Summary A new strain of actinobacteria, designated ACD1, was isolated from a Saharan soil sample in the Hoggar region (Algeria). Morphological study led to this strain being classified as a member of the *Actinomadura* genus. Phylogenetic analysis based on the 16S rRNA gene showed that the strain is closely related to *Actinomadura sediminis* DSM 45500^T (98.5% sequence similarity). Furthermore, strain ACD1 presented a strong activity against mycotoxigenic and phytopathogenic fungi, including *Aspergillus* and *Fusarium* strains, and other pathogenic microorganisms. The kinetics of antimicrobial activity were investigated on ISP-2, Bennett and TSB media. Four solvents (*n*-hexane, dichloromethane, ethyl acetate and *n*-butanol) were used for the extraction of the produced antibiotic. The highest antimicrobial activity was obtained using the butanolic extract from the ISP-2 medium after seven days of fermentation culture. The active antibiotic was purified by reverse-phase HPLC using a C18 column. The UV-visible and mass spectra were determined. The minimum inhibitory concentrations (MIC) of this antibiotic were determined against pathogenic microorganisms.

© 2016 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

* Corresponding author.

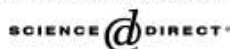
E-mail address: sabaou@yahoo.fr (N. Sabaou).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.mycmed.2016.02.017>

1156-5233/© 2016 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Please cite this article in press as: Lahoum A, et al. Antifungal activity of a Saharan strain of *Actinomadura* sp. ACD1 against toxigenic fungi and other pathogenic microorganisms. Journal De Mycologie Médicale (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.mycmed.2016.02.017>

Annexe 05

Available online at www.sciencedirect.com

Research in Microbiology 156 (2005) 984–993

 Research in
 Microbiology
Available in PDF at the Science @ Direct Home

www.elsevier.com/locate/resmic

Nocardioopsis and *Saccharothrix* genera in Saharan soils in Algeria: Isolation, biological activities and partial characterization of antibiotics

Abdelghani Zitouni^{a,b,c}, Hadjira Boudjella^{a,b}, Lynda Lamari^{a,b}, Boubekeur Badji^{a,b},
 Florence Mathieu^c, Ahmed Lebrihi^c, Nasseridine Sabaou^{a,c,*}

^a *Laboratoire de Recherche sur les Produits Bioactifs et la Valorisation de la Biomasse, Ecole Normale Supérieure de Kouba, B.P. 92, 16 050 Vieux-Kouba, Alger, Algeria*

^b *Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides, Front de l'Oued, B.P. 1682, 07 000 Biskra, Algeria*

^c *Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse, INPT, Laboratoire de Génie Chimique, UMR 5303 (CNRS/INPT/UPS), 1, avenue de l'Agrobiopôle, B.P. 107, 31 326 Castanet-Tolosan Cedex, France*

Received 6 December 2004; accepted 17 May 2005

Available online 13 July 2005

Abstract

Twenty-five soil samples were collected in the Algerian Sahara and analyzed to isolate rare actinomycetes. Eighty-six isolates with the same *Nocardioopsis* or *Saccharothrix* morphology were isolated on humic–vitamin B agar medium using dilution techniques and several antibiotics as selective agents. Certain of these antibiotics seemed to be very selective for some phenotypes. Morphological and chemotaxonomic characteristics led to identifying 54 isolates belonging to the *Nocardioopsis* genus and 32 isolates belonging to the *Saccharothrix* genus. An assessment of the antimicrobial properties of the isolates showed activities against Gram-positive bacteria, fungi and yeasts. *Saccharothrix* isolates possessed better antifungal activity than *Nocardioopsis*. One of them, labeled SA 103, was therefore selected for identification of its antifungal antibiotic activities. Production of overall antifungal and antibacterial activities was checked on the complex medium ISP2 and a synthetic medium (SM) that contains glucose or starch as carbon source, and ammonium or nitrate as nitrogen source. The SM medium containing ammonium sulfate (0.2%), supplemented with starch (0.5%) and yeast extract (0.3%), was retained for production of antibiotics. Active substances were purified by a G25-80 Sephadex column and reverse phase HPLC. Two pure substances were obtained and named ZA01 and ZA02; they were characterized on the basis of combined data resulting from chemical tests, UV visible and IR spectra and mass spectrometry. The two antibiotics were found to be related and were partially characterized as nucleotidic or nucleosidic antibiotics. Their structures consisted of a chain of three sugar units linked to an aromatic base containing a phosphate residue.

© 2005 Elsevier SAS. All rights reserved.

Keywords: Taxonomy; Biological activity; Antifungal antibiotics; Structural determination

1. Introduction

Actinomycetes are filamentous bacteria that naturally inhabit soils. They are of great importance in biotechnological processes because of their ability to produce a large

number of antibiotics and other bioactive secondary metabolites. The search for such substances of microbial origin is largely based on the isolation, from diverse sources, of different strains. As with every screening program, the probability of finding bioactive metabolites with desired properties depends on the number and diversity of strains isolated and screened [23]. Moreover, one of the strategies for enhancing the likelihood of obtaining particular isolates and secondary metabolites is to analyze uncommon ecosystems which exist under extreme conditions and to consider genera

* Corresponding author. Current address: Dr N. Sabaou, Laboratoire de Microbiologie, Département de Biologie, Ecole Normale Supérieure de Kouba, Vieux-Kouba 16050, B.P. 92, Alger, Algérie.

E-mail address: sabaou@yahoo.fr (N. Sabaou).

Annexe 06

Hindawi Publishing Corporation
 BioMed Research International
 Volume 2014, Article ID 317524, 11 pages
<http://dx.doi.org/10.1155/2014/317524>

Research Article

Screening for Genes Coding for Putative Antitumor Compounds, Antimicrobial and Enzymatic Activities from Haloalkalitolerant and Haloalkaliphilic Bacteria Strains of Algerian Sahara Soils

Okba Selama,¹ Gregory C. A. Amos,² Zahia Djenane,¹ Chiara Borsetto,² Rabah Forar Laidi,³ David Porter,² Farida Nateche,¹ Elizabeth M. H. Wellington,² and Hocine Hacène¹

¹ Microbiology Group, Laboratory of Cellular and Molecular Biology, Faculty of Biological Sciences, USTHB, BP 32, El ALIA, Bab Ezzouar, Algiers, Algeria

² School of Life Sciences, University of Warwick, Coventry CV4 7AL, UK

³ Department de Biologie, Ecole Normale Supérieure (ENS), Vieux Kouba, Alger, Algeria

Correspondence should be addressed to Hocine Hacène; h_hacene@yahoo.fr

Received 26 February 2014; Revised 13 April 2014; Accepted 6 May 2014; Published 27 May 2014

Academic Editor: Ameer Chertif

Copyright © 2014 Okba Selama et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Extreme environments may often contain unusual bacterial groups whose physiology is distinct from those of normal environments. To satisfy the need for new bioactive pharmaceuticals compounds and enzymes, we report here the isolation of novel bacteria from an extreme environment. Thirteen selected haloalkalitolerant and haloalkaliphilic bacteria were isolated from Algerian Sahara Desert soils. These isolates were screened for the presence of genes coding for putative antitumor compounds using PCR based methods. Enzymatic, antibacterial, and antifungal activities were determined by using cultural dependant methods. Several of these isolates are typical of desert and alkaline saline soils, but, in addition, we report for the first time the presence of a potential new member of the genus *Nocardia* with particular activity against the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. In addition to their haloalkali character, the presence of genes coding for putative antitumor compounds, combined with the antimicrobial activity against a broad range of indicator strains and their enzymatic potential, makes them suitable for biotechnology applications.

1. Introduction

There is an increasingly urgent need for new active biomolecules and enzymes for use in industry and therapy [1]. However, the rate of discovery of new useful compounds has been in decline [2, 3] and because of this there is an interest in investigating previously unexplored ecological niches [4, 5], particularly extreme environments. These environments have provided a useful source of novel biologically active compounds in recent years [1, 6, 7].

Extreme environments are distributed worldwide. These ecosystems were thought to be lifeless as insurmountable extreme physical and chemical barriers to life exhibit. With the advancement of our knowledge, we now see them as yet

another niche harbouring "extremophiles" [8]; major categories of extremophiles include halophiles, thermophiles, acidophiles, alkaliphiles, and haloalkaliphiles [6, 9].

The haloalkaliphiles bacteria have attracted a great deal of attention from researchers in this last decade [9]. In 1982, the term haloalkaliphile was used for the first time to describe bacteria that are both halophilic and alkaliphilic [10]. This group of bacteria is able to grow optimally or very well at pH values at or above 10 along with high salinity (up to 25% (w/v) NaCl) [11].

To encounter such harsh conditions, haloalkaliphilic microorganisms have found various physiological strategies to sustain their cell structure and function [12, 13]. These bacteria have widely been identified and studied from the

Annexe07

Activité antimicrobienne de *Streptomyces* sp. PAL111 d'origine saharienne contre divers microorganismes cliniques et toxigènes résistants aux antibiotiques

Antimicrobial activity of a Saharan Streptomyces spp. PAL111 strain against various clinical and toxigenic microorganisms resistant to antibiotics

A. Aouiche^a, N. Sabaou^{a,*}, A. Meklat^a, A. Zitouni^a,
F. Mathieu^b, A. Lebrihi^{b,c}

^aLaboratoire de biologie des systèmes microbiens, laboratoire de recherche sur les produits bioactifs et la valorisation de la biomasse, école normale supérieure de Kouba, BP 92, 16050 Kouba, Alger, Algérie

^bLaboratoire de génie chimique, UMR 5503 (CNRS/INPT/UPS), ENSAT/INP de Toulouse, université de Toulouse, 1, avenue de l'Agrobiopôle, 31326 Castanet-Tolosan cedex, France

^cUniversité Moulay-Ismaïl, Marjane 2, BP 298, Meknes, Maroc

MOTS CLÉS

Streptomyces ;
Taxonomie ;
Activité antimicrobienne ;
Microorganismes
pathogènes ;
Concentrations
minimales
inhibitrices (CM)

Résumé

Objectif. — Étude de la taxonomie et de l'activité de l'isolat d'actinomycète PAL111 contre divers microorganismes pathogènes et toxigènes pour l'homme et multirésistants aux antibiotiques.

Matériel et méthodes. — L'étude taxonomique de l'isolat PAL111 est réalisée sur la base de critères phénotypiques et moléculaires. Les tests contre les microorganismes pathogènes sont effectués sur les milieux SP-2 et Bennett. Les cinétiques de production de l'antibiotique sont réalisées sur milieu EP-2. L'antibiotique est mis en évidence par bioautographie et par révélation chimique, puis purifié par chromatographie sur couche épaisse de gel de silice et sur colonne de Séphadex LH20. Les concentrations minimales inhibitrices (CM) sont déterminées contre les germes pathogènes.

Résultats. — Sur la base des caractéristiques phénotypiques et moléculaires, l'isolat PAL111 est rapproché de l'espèce *Streptomyces ambofaciens*. Il présente une forte activité contre *Candida*

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : nsabaou@yns.ko. (N. Sabaou).