



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université des Frères Mentouri Constantine
Faculté des Sciences de la Nature et de la
Vie

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة
كلية علوم الطبيعة و الحياة

Département : Microbiologie: قسم

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Écologie microbienne

Intitulé :

Étude de quelques activités enzymatiques d'une collection d'actinomycètes

Présenté et soutenu par :

Le : 30/06/2016

M^{me} CHERIET Meriem

M^{lle} AMARI Sihem

M^{lle} BENMAMMAR Yasmine

Jury d'évaluation :

Président du jury : RIAH Nacira (Maitre de Conférence B- UFM Constantine)
Rapporteuse : MERIANE Ilhem (Maître-assistante A - UFM Constantine).
Examineur : LAHLAH F.Z. (Maître-assistante A - UFM Constantine).

Année universitaire
2015 - 2016

Remerciements

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

Nous aimerons exprimer toute notre reconnaissance et notre respect à M^{elle} MERIANE Ilhem, non seulement pour nous avoir encadrées tout le long de ce travail avec enthousiasme et dynamisme mais aussi pour ses précieux conseils scientifiques, ses encouragements et son parfait sens de la responsabilité. Qu'elle trouve ici l'expression de notre profonde gratitude.

*Nous sommes sensibles à l'honneur que nous faites Madame **RIAH Nacira**. Pour présider le jury de ce travail. Qu'elle veuille accepter notre profond respect et notre immense estime.*

Nous sommes particulièrement heureuses que M^{elle} LAHLAH F.Z nous fasse l'honneur de faire partie du jury et d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail. Qu'elle trouve ici l'expression de nos sentiments les plus distingués.

*Les travaux présentés dans ce mémoire ont été réalisés au sein du laboratoire de Zoologie de l'université des frères Mentouri -Constantine 01- c'est pourquoi un vif remerciement est adressé à l'ingénieur du laboratoire : **Boudarsa Yasser**.*

*Nos sentiments de reconnaissance et nos remerciements vont également à **l'ensemble de nos enseignants** qui ont contribué à notre formation tout au long de notre parcours pédagogique, que ce soit en Licence ou en Master.*

Enfin merci à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

A MA TRÈS CHÈRE MÈRE : Houria

Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour toi. Tu m'as comblé avec ta tendresse et affection tout au long de mon parcours. Tu n'as cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études, tu as toujours été présente à mes côtés pour me consoler quand il fallait. En ce jour mémorable, pour moi ainsi que pour toi, reçoit ce travail en signe de ma vive reconnaissance et ma profonde estime. Puisse le tout puissant te donner santé, bonheur et longue vie afin que je puisse te combler à mon tour.

A MON TRÈS CHER PÈRE : Abdelbaki

Autant de phrases et d'expressions aussi éloquentes soit-elles ne sauraient exprimer ma gratitude et ma reconnaissance. Tes conseils ont toujours guidé mes pas vers la réussite. Ta compréhension et ton encouragement sont pour moi le soutien indispensable que tu as toujours su m'apporter. Je te dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferai toujours de mon mieux pour rester ta fierté et ne jamais te décevoir. Que Dieu le tout puissant te préserve, t'accorde santé, bonheur, quiétude de l'esprit et te protège de tout mal.

A la mémoire de mes grands parents

Qui ont été toujours dans mon esprit et dans mon cœur, je vous dédie aujourd'hui ma réussite. Puisse ALLAH, le miséricordieux, vous accueille dans son éternel paradis.

A ma très chère sœur Fériel

En souvenir d'une enfance dont nous avons partagé les meilleurs et les plus agréables moments. Pour toute la complicité et l'entente qui nous unissent, ce travail est un témoignage de mon attachement et de mon amour.

A mon grand frère Ahmed Toufik

Sans oublier mes chers cousins et cousines, mes amies intimes et tous mes camarades de la promotion.

*À Rayene et Noussaiba avec qui nous avons passé de réels bons moments au coin d'une
paillasse ou d'une hotte.*

*Mes enseignants de la spécialité « Écologie Microbienne » qu'ils trouvent dans ce
travail la fierté d'un savoir bien acquis*

À toute personne qui m'a aidée à franchir un obstacle et voir un horizon dans ma vie...

Yasmine.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire tout d'abord à mes parents :

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, ses sacrifices consentis et ses précieux conseils, aussi pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Mon père, qu'il soit fier de trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et pour m'aider à avancer dans la vie. Merci papa pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

À ma sœur Hanene et son mari Ahmed

À mes frères Anouar et Fateh

À toute ma famille pour son soutien

À tous mes collègues et mes amies 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.

Sihem

Dédicaces

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance, pour toutes les personnes que j'aime, c'est tout simplement que je dédie ce travail à :

Mon très cher père Aissa ,

Aucune dédicace ne saurait exprimer, l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours pour toi.

Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien-être. Ce travail et le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation le long de ces années.

Ma tendre mère Zohra : Tu représente pour moi la source de tendresse et l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager. Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études.

Mon très cher mari Chefrag Soufyane : Tes sacrifices, ton soutien moral et matériel m'ont permis de réussir mes études. Que ce travail soit un témoignage de ma reconnaissance et de mon amour sincère et fidèle.

Mes très chères sœurs : Souhila et Sabrina,

Mes chers frères

Mes chers beaux parents :Mohemed et Fahima.

Mes très chères collègues et amies :Sihem et Yasmine

Mes amies : Noussaiba ;Rayane ;Aicha et Ines

Mon encadreur : MERIANE Ilhem : Cette humble dédicace ne saurait exprimer mon grand respect et ma profonde estime, qu'Allah te procure bonne santé et longue vie.

Tous mes enseignants depuis mes premières années d'études.

Meriem

Table des matières

Remerciement

Dédicace

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction 1

Revue Bibliographique

Chapitre 1 : Généralités sur les Actinomycètes 3

I. Définition..... 3

II. Écologie..... 4

1. /Le sol..... 4

2. /L'eau..... 4

3. /L'air..... 4

4. /Les composts..... 4

III. Taxonomie et critères de classification..... 6

1. Taxonomie des actinomycètes..... 6

2. Classification des actinomycètes..... 6

IV. Cycle de développement et morphologie..... 7

1. Le cycle de développement..... 7

1.1 Mycélium primaire..... 8

1.2 Mycélium secondaire.....8

1.3 Spores.....8

2. La morphologie..... 10

V. Importance..... 10

1. Dans le domaine médical et vétérinaire.....10

2. Dans le domaine industriel.....11

3. Dans le domaine agronomique et environnemental.....	11
Chapitre II : Enzymes potentiellement importants en industrie.....	13
1. Définition de l'enzyme.....	13
2. Enzymes importants à l'échelle industrielle.....	13
2.2/ Les carbohydrases.....	13
2.2.1/ L'amylase.....	13
1.1.1/ Définition.....	13
1.1.2/ Classification, nomenclature et mode d'action.....	13
1.1.3/ Source microbienne.....	14
1.1.4/ Applications industrielles.....	14
1.2/ La cellulase.....	15
1.2.1/ Définition.....	15
1.2.2/ Classification, nomenclature et mode d'action.....	15
1.2.3/ Source microbienne.....	16
1.2.4/ Applications industrielles.....	16
1.3/ La chitinase.....	16
1.3.1/ Définition.....	16
1.3.2/ Classification, nomenclature et mode d'action.....	17
1.3.3/ Source microbienne.....	17
1.3.4/ Applications industrielles.....	18
2. Les lipases.....	18
2.1/ L'estérase.....	18
2.1.1/ Définition.....	18

2.1.2/Classification, nomenclature et mode d'action.....	18
2.1.3/ Source microbienne.....	19
2.1.4/ Applications industrielles.....	19
3. La tyrosinase	19
3.1/Définition.....	19
3.2/Classification, nomenclature et mode d'action.....	20
3.3/ Source microbienne.....	20
3.4/ Applications industrielles.....	21
4. La pectinase.....	21
4.1/Définition.....	21
4.2/Classification, nomenclature et mode d'action.....	21
4.3/ Source microbienne.....	23
4.4/ Applications industrielles.....	23

Chapitre III Matériel et méthodes

I. Matériel biologique.....	24
II. Méthodes.....	24
1. Identification des souches.....	24
1.1/ Les caractéristiques macromorphologiques.....	24
1.2/ Les caractéristiques micromorphologiques.....	25
1.2.1/ Examen microscopique à l'état frais.....	25
1.2.2/ Examen microscopique après coloration de Gram.....	25
2. Mise en évidence des activités enzymatique.....	26
2.1/ Recherche des carbohydrases.....	26
2.1.1/ Recherche de l'amylase.....	26
2.1.2/ Recherche de la cellulase.....	26
2.1.3/ Recherche de la chitinase.....	27

2.2/ Recherche des protéases.....	27
2.2.1/ Recherche d'une caséinase.....	27
2.2.2/Recherche d'une gélatinase.....	27
2.3/ Recherche des lipases.....	27
2.3.1/ Recherche des estérases.....	27
2.3.2/ Recherche d'une lécithinase	28
2.4/ Recherche d'une uréase (urée hydrolase).....	28
2.5/ Recherche d'une oxygénase : la tyrosinase.....	28
2.6/ Recherche d'une pectinase.....	28

Chapitre IV Résultats et discussion

I. Identification des souche	30
1. Les caractéristiques macromorphologiques.....	30
1.1/ Caractéristiques générales des colonies	30
1.2/ Production de pigments diffusibles.....	32
1.3/ Production des pigments mélanoïdes	32
2. Les caractéristiques micromorphologiques.....	35
II. Mise en évidence des activités enzymatiques	41
1. Répartition des activités selon la nature du substrat dégradé.....	42
1.1/ Dégradation des sucres.....	42
1.1.1/ Dégradation de l'amidon.....	42
1.1.2/ Dégradation de la cellulose.....	43
1.1.2/ Dégradation de la chitine.....	44
1.2/ Dégradation des protéines.....	45
1.2.1/ Dégradation de la caséine.....	45
1.2.2/ Dégradation de la gélatine.....	46
1.3/ Dégradation des lipides.....	46
1.3.1/ Dégradation du tween 80.....	46
1.3.2/ Dégradation de la lécithine.....	46
1.4/ Dégradation d'autres substrats.....	47
1.4.1/ Dégradation de l'urée	47
1.4.2/ Dégradation de la L-tyrosine.....	48

1.4.3/ Dégradation de la pectine.....	49
2. Répartition des actinomycètes actifs selon le nombre des enzymes produites.....	52
Conclusion et perspectives.....	56
Références bibliographique.....	57

Annexe

Résumés

Liste des abréviations

ISP : International *Streptomyces* Project (milieu de culture)

MA : mycélium aérien

MS : mycélium du substrat

ND : non déterminé

ADN: acide désoxyribonucléique

G: gramme

GC(%): coefficient de Chargaff

IUBMB: Union International de Biochimie et Biologie Moléculaire

PPO: polyphénol oxydase

EC: Enzyme Commission

ADN: Acide Désoxyribonucléique

RAL: Reichsausschuß für Lieferbedingungen

PM: pigment mélanoïde

PD: pigment diffusible

Liste des tableaux

Tableau 1 : Coefficient de Chargaff (GC%) des différents genres d'actinomycètes	3
Tableau 2 : Répartition des actinomycètes dans la nature.....	5
Tableau 3 : Nomenclature des amylases selon l'IUBMB.....	14
Tableau 4 : Nomenclature des cellulase selon l'IUBMB.....	16
Tableau 5 : Nomenclature des chitinases selon l'IUBMB.....	17
Tableau 6 : Nomenclature des lipases selon L'IUBMB.....	19
Tableau 7 : La nomenclature des PPO selon IUBMB.....	20
Tableau 8 : La nomenclature de la pectinase selon IUBMB.....	22
Tableau 9 : Mode d'action des différentes enzymes pectinolytiques.....	22
Tableau 10 : Les codes des souches d'actinomycète étudiées.....	24
Tableau 11 : Les résultats de l'étude macromorphologique des souches actinomycètes.....	33
Tableau 12 : Résultats des activités enzymatique des 10 souches étudiées.....	41

Liste des figures

Figure 1 : Cycle de développement des actinomycètes.....	7
Figure 2 : Cycle de développement de <i>Streptomyces</i> sur milieu solide.....	9
Figure 3 : Photographie présentant la culture de quelques souches sur différents milieux d'identification.....	34
Figure 4 : Examen microscopique de la souche S1 après coloration de Gram (x100).....	35
Figure 5 : Examen microscopique de la souche S2 après coloration de Gram (x100).....	35
Figure 6 : Aspect microscopique de la souche S3.....	36
Figure 7 : Examen microscopique de la souche S4 à l'état frais (x40).....	36
Figure 8 : Aspect microscopique de la souche S5.....	37
Figure 9 : Examen microscopique de la souche S6 à l'état frais (x40).....	37
Figure 10: Aspect microscopique de la souche S7.....	38
Figure 11 : Aspect microscopique de la souche S8.....	39
Figure 12 : Examen microscopique de la souche S9 à l'état frais (x40).....	39
Figure 13: Aspect microscopique de la souche S10.....	40
Figure 14 : Photographies présentant le résultat de l'activité amylolytique des 10 souches actinomycétales étudiée.....	42/43
Figure 15 : Photographie présentant le résultat de l'activité cellulolytique des souches : S1, S3 et S5.....	44

Figure 16 : Photographie présentant le résultat de l'activité chitinolytique des souches S4 et S2.....	45
Figure 17 : Photographie présentant le résultat positif l'activité caseinolytique de la souche S5.....	46
Figure 18 : Photographie présentant le résultat de l'activité lécithinolytique de la souche S2.....	47
Figure 19 : Photographie présentant le résultat de l'activité de l'urée des souches S2, S3, S5, S6, S7, S8, S9 et S10.....	48
Figure 20 : Photographie présentant le résultat de l'activité tyrosinolytique des souches S6, S9, S2, S1, S3, S7.....	49
Figure 21: Photographie présentant le résultat d'activité pectinolytique des souches S1, S3, S6, S7 et S9.....	50
Figure 22 : Répartition des activités enzymatiques selon la nature du substrat dégradé.....	51
Figure 23 : Répartition des souches actinomycétales actives selon le nombre des enzymes produites.....	52

INTRODUCTION

Les microorganismes sont de remarquables agents de dégradation. En effet, dans leur environnement naturel, ils participent à la biodégradation de la matière organique, même la plus complexe comme la cellulose, la lignine, la chitine, la pectine et le xylan..etc , et ce par production de divers enzymes extracellulaires (Mswaka et Magan , 1998 ; Tuomela *et al.*, 2000 ; Perez *et al.*, 2002).

Avec l'essor de la biotechnologie, des procédés exploitant cette propriété microbienne ont été développés. Les microorganismes sont alors utilisés en biorémediation afin de dépolluer l'environnement (Lu *et al.*, 2004 ; Opatokun *et al.*, 2011), ou en divers industries pour des applications variées. Les exemples d'utilisation industrielle des enzymes bactériennes et fongiques sont multiples :

- Des **protéases**, produites par les genres *Pseudomonas* , *Bacillus* et *Alteromonas* , qui peuvent trouver des applications dans l'industrie agro-alimentaire (industrie laitière) , l'industrie des détergents , en alimentation animale et en industrie pharmaceutique. (Kumar et Takagi , 1999 ; Miyamoto *et al.*, 2002 ; Joo *et al.*, 2005 ; Najafi *et al.*, 2005).
- Des **cellulases**, produites par les genres *Aspergillus* , *Trichoderma* , *Clostridium* et *Bacillus* , utilisées dans l'industrie de fabrication du papier, l'industrie des détergents, en alimentation animale et en industrie du textile (Singh *et al.*, 2004 ; Berger *al.*, 2007 ; Juhasz *et al.*, 2009 ; Sohail *et al.*, 2009 ; Kuhad *et al.*, 2011) .
- Des **amylases**, produites par les genres *Bacillus* et *Penicillium*, utilisées en amidonnerie et en industrie agro-alimentaire (panification, brasserie..etc), et l'industrie du textile. (Pandey *et al.*, 2000 ; Kathiresen et Manivannan , 2006; Kikani et Singh , 2011).
- Des **pectinases**, produites par *Bacillus*, *Mucor* et *Aspergillus*, utilisées plus particulièrement en industrie agro-alimentaire (industrie des jus de fruit et industrie oléicole) , mais aussi en industrie du textile et de fabrication du papier. (Lang et Dornenburg , 2000 ; Hoondal *et al.*, 2002 ; De Andrade *et al.*, 2011).
- Des **lipases**, produites par les genres *Serratia* , *Pseudomonas* , *Enterobacter*, *Fusarium* et *Alternaria* , utilisées dans l'industrie agro-alimentaire (industrie laitière) , l'industrie

des détergents et même dans la production du biodiesel (Berto *et al.*, 1997 ; Gao *et al.*, 2000 ; Prazeres *et al.*, 2006; Zhang *et al.*, 2007; Zhen-qian et Chun-yun , 2009).

Les actinomycètes, des bactéries à Gram positif, à haut coefficient de Chargaff (GC%), montrant une diversité morphologique marquée (Goodfellow et O'Donnell, 1989), ont été et demeurent la source la plus féconde pour tous les types de métabolites bioactifs (Ravikumar *et al.*, 2011).

En plus des antibiotiques, elles sont connues pour leur aptitude à dégrader des métabolites et de produire plusieurs enzymes tels que : la chitinase (Gomez *et al.*, 2000 ; Kim *et al.*, 2003) , la xylanase (Mansour *et al.*, 2003 ; Alberton *et al.*, 2009) , l' α -amylase (Syed *et al.*, 2009) , la cellulase (Aboul-Enein , 2010 ; Rathan et Ambili , 2011), la protéase (Patke et Dey, 1998 ; Vonothini *et al.*, 2008), la lipase (Zhou *et al.*, 2000 ; Vujaklija *et al.*, 2002) , la pectinase (Kuhad *et al.*, 2004 ; Arijit *et al.*, 2013) etc.

Dans la même optique, nous avons cherché à étudier la capacité de quelques souches d'actinomycètes à produire quelques enzymes.

La première partie ce travail (bibliographie) traite la taxonomie des actinomycètes, leur écologie ainsi que de leur importance.

La seconde partie dite expérimentale s'occupe de l'étude ou l'identification morphologique de quelques souches d'actinomycètes ainsi que la mise en évidence de leurs activités enzymatiques.

Les résultats obtenus sont comparés et discutés dans la troisième partie.

Enfin, la dernière partie concernera la conclusion finale et soulignera les perspectives de ce travail.

Revue Bibliographique

Chapitre 01

Généralités sur les

Actinomycètes

I. Définition

Les actinomycètes ont été à l'origine de la découverte de l'actinomycine par Waksman en 1940 à partir d'une culture de *Streptomyces antibioticus* (Waksman et Woodruff, 1940), et de la streptomycine chez *Streptomyces griseus* (Shartz *et al.*, 1944). Le nom «actinomycètes» a été dérivé du grec "aktins" (un rayon) et "mykes" (champignon), et a les caractéristiques des deux microorganismes : des bactéries et des champignons (Das *et al.*, 2008).

Ce sont des bactéries à Gram positif, avec une proportion de G+C élevée (63 à 76%) (Colombié, 2005). (Tableau 1).

Tableau 1: Coefficient de Chargaff (GC%) des différents genres d'actinomycètes (Larpent et Sanglier, 1989).

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

Il s'agit de bactéries filamenteuses dont la croissance donne lieu à des colonies constituées d'hyphes, qui irradiant par croissance centrifuge tout autour du germe qui leur a donné naissance (Rastogi et Kishore, 1997).

Les actinomycètes sont des bactéries chimio-organotrophes, hétérotrophes, aérobies strictes ou microaérophiles, dont plusieurs produisent des spores non mobiles ou parfois mobiles (Locci et Sharples, 1984).

II. Écologie

Les actinomycètes représentent un groupe largement distribué dans les écosystèmes naturels (Srinivasan *et al.*, 1991). (**Tableau 2**).

1. Le sol

Les actinomycètes sont abondants dans le sol terrestre, et sont surtout présents dans la couche comprise entre la surface du sol et jusqu'à 2 m de profondeur c'est-à-dire dans la rhizosphère (Nonomura, 1969; Yamamoto *et al.*, 1999).

2. L'eau

Ces bactéries sont aussi abondantes en milieu hydrique : dans les eaux des lacs, des rivières, des ruisseaux et également des mers et des océans (Cheraiti *et al.*, 2012). Les actinomycètes ont été également isolés à partir de nombreux environnements aquatiques : (i) eau de mer et de sédiments marins (Jensen *et al.*, 1991; Ghanem *et al.*, 2000), (ii) eau douce (Kitouni *et al.*, 2005), eau issue de marécages salés (Al-Zarban *et al.*, 2002 ; Boughachiche *et al.*, 2005).

3. L'air

L'air constitue pour les actinomycètes un moyen de transport et non pas un habitat (Gazenko *et al.*, 1998).

4. Les composts

Certains genres d'actinomycètes semblent préférer certains habitats par rapport à d'autres, comme *Thermoactinomyces* qui se trouve fréquemment dans les composts (Song *et al.*, 2001).

Tableau 2 : Répartition des actinomycètes dans la nature (Goodfellow, 1983).

Habitat	Genres
Sol	<i>Actinomodura</i> <i>Actinoplanes</i> <i>Microbispora</i> <i>Micromonospora</i> <i>Nocardia</i> <i>Rhodococcus</i> <i>Streptomyces</i> <i>Streptosporangium</i>
Eau	<i>Actinoplanes</i> <i>Micromonospora</i> <i>Nocardia</i> <i>Rhodococcus</i> <i>Streptomyces</i>
Litière	<i>Actinoplanes</i> <i>Rhodococcus</i> <i>Streptomyces</i>
Matière en décomposition	<i>Sacharomonospora</i> <i>Thermomonospora</i>
Nodule de racine	<i>Frankia</i>
Fumier	<i>Rhodococcus</i>

III. Taxonomie et critères de classification

1. Taxonomie des actinomycètes

Les actinomycètes forment un grand groupe de microorganismes procaryotes appartenant à l'ordre des Actinomycétales créée par Buchanan en 1916.

Actuellement, le phylum Actinobacteria tel qu'il figure dans le Bergey's manual (2012) renferme cinq classes : Acidimicrobiia, Coriobacteriia, Nitrospirae, Rubrobacteriia et Thermoleophilia qui sont subdivisées en 19 ordres, 50 familles et 221 genres (Goodfellow M, 2012).

2. Classification des actinomycètes

La taxonomie des actinomycètes est basée sur plusieurs critères : morphologiques, chimiques, physiologiques et moléculaires.

L'identification des genres est facilitée par des études :

- **Morphologiques** : mycélium fragmenté ou non, présence ou non de mycélium aérien, couleur des mycéliums, production des spores, etc.
- **Chimio-taxonomiques** : la composition cellulaire en acides aminées, en sucres et en lipides, etc.

Alors que celle des espèces est basée sur des critères :

- **Physiologiques** : tolérance au chlorure de sodium, croissance en différentes valeurs de Température et de pH, recherche des enzymes et différents métabolites intermédiaires et Terminaux.
- **Moléculaires** : détermination du (G+C)%, séquençage des gènes de l'ARNr 16S, Hybridation ADN-ADN (Smaoui, 2010).

IV. Cycle de développement et morphologie

1. Le cycle de développement

Les actinomycètes ont un cycle de développement complexe (**Figure 1**). Il débute par la germination d'une spore, qui donne naissance à un mycélium primaire formé d'hyphes qui se ramifient. 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). Les actinomycètes possèdent une structure des procaryotes, mais un cycle biologique qui ressemble à celui de certains champignons (Larpent et Sanglier, 1989).

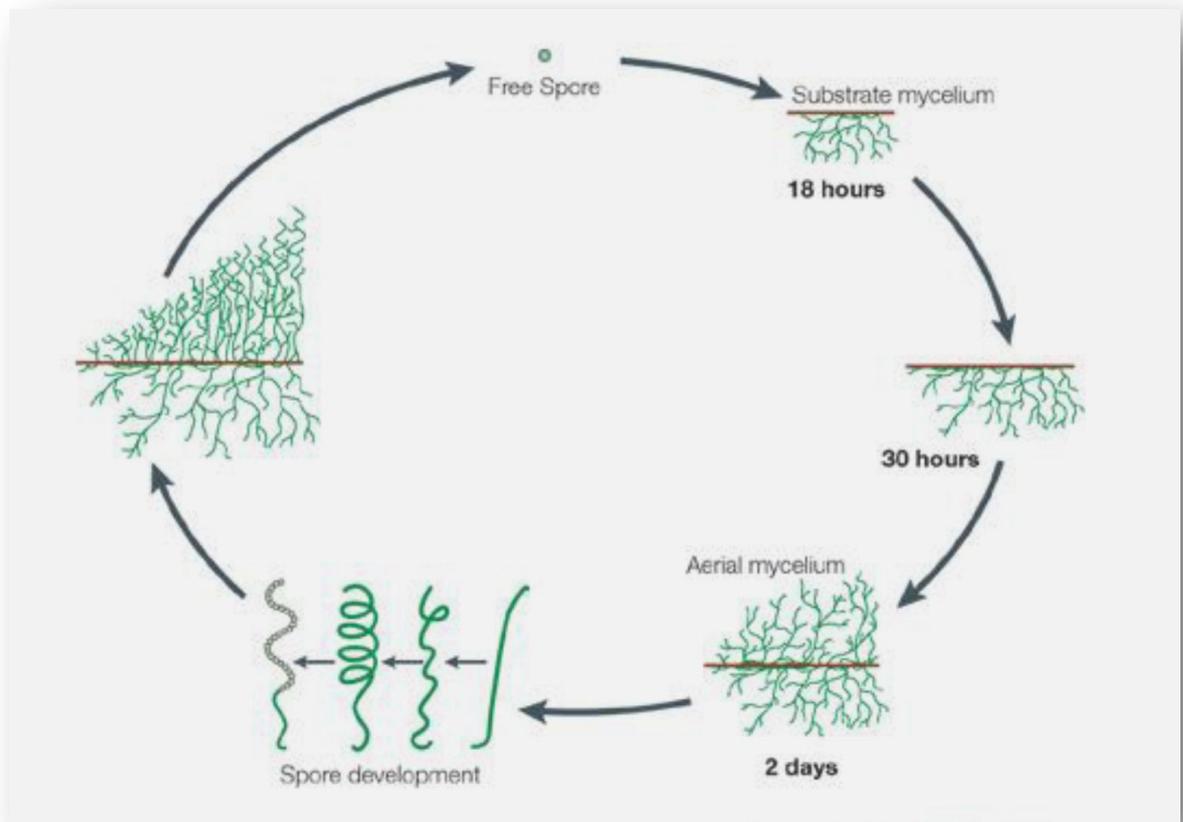


Figure 1 : Cycle de développement des actinomycètes (Breton *et al.*, 1989).

Les spores naissent par séptation du mycélium primaire habituellement en réponse à un stress d'environnement.

Un métabolisme secondaire se met en place donnant lieu à la biosynthèse de composés d'une extraordinaire diversité de structures et d'activités biologiques (Choulet, 2006). Le

mycélium du substrat s'autolyse et les produits de la lyse sont utilisés par le mycélium aérien, c'est à ce moment-là que les composés médicalement utiles sont synthétisés, et on les appelle métabolites secondaires (Smaoui, 2010).

Le mycélium aérien émerge par la réutilisation de composés assimilés par le mycélium végétatif tels que l'ADN, les protéines ainsi que des composés stockés résultants de la lyse du mycélium du substrat (Ou *et al.*, 2008). Lorsque la croissance du mycélium aérien s'arrête, contrairement au mycélium végétatif, des septas sont formés à des intervalles réguliers le long de l'hyphe formant des compartiments uni-génomiques. Si les spores sont localisées dans des sporanges, on les appelle des sporangiospores. Généralement ces spores ne sont pas résistantes à la chaleur, mais résistent bien à la dessiccation et ont de ce fait une importante valeur adaptative, les actinomycètes sont immobiles, excepte pour les spores de certains genres (*Actinoplanes*, *Spirillospora* etc.) (Prescott *et al.*, 2010).

1.1 Mycélium primaire

Le mycélium primaire est appelé aussi mycélium végétatif, mycélium de substrat ou mycélium intramatriciel, c'est un ensemble de filaments multinucléaires formés à partir du tube germinal (hyphe) issue d'une spore (**Figure 2**). Cet hyphe s'allonge par croissance apicale et se ramifie à maintes reprises. Son développement, sur la surface et à l'intérieur du milieu solide, donne naissance à des jeunes colonies, formées par des filaments attachés en matrice complexe.

1.2 Mycélium secondaire

Le mycélium secondaire est appelé aussi mycélium aérien, il se forme lorsque la colonie sera plus âgée. Les hyphes primaires donnent des branches spécialisées qui se développent loin de la surface de la colonie en donnant un mycélium reproductif dans l'air. Contrairement à celui du substrat, le mycélium aérien est plus épais et peu ramifié (**Figure 2**), il est protégé par sa paroi hydrophobe et peut se développer sur milieu pauvre en sources nutritionnelles, dans la plupart des cas, par la dégradation du mycélium de substrat dont les produits assurent un apport de nutriments pour sa croissance loin de la colonie.

1.3 Spores

La sporulation est contrôlée par des facteurs extérieurs aux microorganismes et par des facteurs propres à ceux-ci. C'est un processus hautement régulé (McCormick et Flårdh, 2012).

Les hyphes aériens des actinomycètes subissent une série de changements développementaux qui donneront naissance aux spores. Ces spores sont soit isolées, soit groupées en chaînes ou même enfermées dans un sporange ou conidies. Ces derniers libèrent des spores isolées ou groupées en chaînes. Elles sont de diverses formes, d'aspect lisse et ridé. (Locci, 1976 ; Mighélez *et al.*, 2000).

Le meilleur exemple du cycle de développement des actinomycètes est celui du genre « *streptomyces* » (Figure 2).

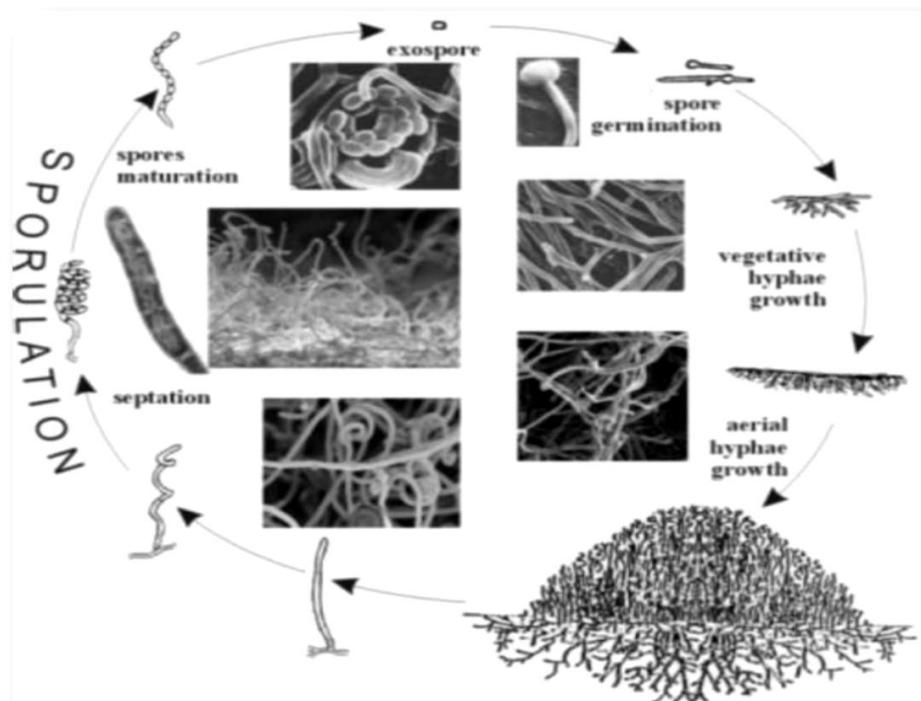


Figure 2 : Cycle de développement de *Streptomyces* sur milieu solide (Jakimowicz, 2007).

Certains actinomycètes forment des structures particulières (sclérotés, sporanges, synemata,...) qui ne correspondent ni au mycélium ni aux spores et dont la fonction n'est pas toujours définie.

Les sclérotés trouvés chez *chainia* sont constitués par une masse d'hyphe cloisonnées dont les vacuoles sont chargées de glycérides et d'acide gras ramifiés.

Les sporanges sont des sacs contenant des spores. Ils peuvent être rencontrés sur le mycélium aérien bien développé ou sur la surface de colonies dépourvues ou ayant un mycélium aérien peu développé.

Les synnemata, appelés également corémies, sont des assemblages compacts d'hyphe dressées, parfois fusionnées et portant des conidies apicales ou latérales. Cette structure est caractéristique du genre *Actinosynnema* (Theilleux *et al.*, 1993).

2. La morphologie

La morphologie des différents groupes d'actinomycètes est très variable. Elle va de simples bacilles diphtéroïdes à des formes mycéliennes complexes (Locci, 1976).

Certains actinomycètes forment un mycélium non persistant rapidement transformé en une masse de formes bactéroïdes irrégulières. D'autres enfin, ne présentent que des mycéliums très rudimentaires (Perry *et al.*, 2004).

V. Importance

1. Dans le domaine médical et vétérinaire

Les actinomycètes sont les plus prolifiques de tous les microorganismes en tant que producteurs d'antibiotiques (Berdy, 2005). Historiquement, **A.Waksman** fut le premier à démontrer la richesse des actinomycètes dans ce domaine, il isola quatre des premiers antibiotiques utiles : l'actinomycine (1940) ; la streptomycine (1944) ; la néomycine (1949) et la candidine (1953).

Parmi les genres actinomycétales, les *Streptomyces* sont les plus importants producteurs d'antibiotiques et autres métabolites secondaires,(75%) (Reval *et al.*, 2000).

Les antibiotiques ont aussi trouvé une application dans les élevages industriels d'animaux (Khachatourians, 1998).

Les antibiotiques des actinomycètes sont utilisés aussi dans le traitement de certaines maladies des plantes. La blasticidine, par exemple, est active sur *Piriculariaoryzae*, un

pathogène du riz (Tomita *et al.*, 1990). Et dans le traitement de maladies humaines. Les pramimidines, par exemple, sont des antifongiques synthétisés par une souche d'*Actinomadura bibisca* (Tomita *et al.*, 1990). Elles sont très actives contre des infections systémiques fongiques (J.S et M.T, 1997).

En fin, en plus des antibiotiques antimicrobiens, les actinomycètes sont une source de substances antitumorales (actinomycine, adriamycine, rebeccamycine), miticide (tétranactine), antihelminthiques (avermectines), et de substances ayant des activités biologiques les plus diverses (immunosuppressives, immunostimulantes) (Dietera *et al.*, 2003).

2. Dans le domaine industriel

Les actinomycètes ont une aptitude à synthétiser de très nombreux métabolites bioactifs, parmi lesquels les enzymes, qui après les antibiotiques sont les produits les plus importants des actinomycètes (Lopes *et al.*, 1999).

Certaines sont utilisées dans l'industrie alimentaire (isomérase du glucose) et l'industrie des détergents (protéases).

Les glycosidases des actinomycètes jouent un rôle important dans la dégradation des biomasses végétales (amylases et xylanases) et animales (chitinases) (Tsujiibo *et al.*, 2003).

D'autres enzymes peuvent avoir des applications médicales (neuraminidases, estérases et oxydases des stérols), ou sont utilisées en biologie moléculaire (endonucléases de restriction) (Mitsuiki *et al.*, 2002).

3. Dans le domaine agronomique et environnemental

Les actinomycètes jouent un rôle prépondérant dans la fertilisation des sols (Mariat et Sebald, 1990).

En plus, les actinomycètes possèdent d'autres potentiels intéressants tels que leur implication dans le processus de recyclage. En effet, ils sont vitaux pour le recyclage des nutriments et se comptent parmi un nombre réduit de microorganismes utilisés en bioremédiation, capables de dégrader des composés organiques complexes tels que la chitine (Zaitlin et Watson, 2006).

Ils sont aussi capables de dégrader des hydrocarbures chlorés ainsi que des composés organiques complexes (El-Shatoury *et al.*, 2004).

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 (Zaitlin et Watson, 2006).

Les actinomycètes sont utilisées également comme des insecticides (mikkomycine), pesticides (antimycine A), et des herbicides (phinotricine) (Petrosyn *et al.*, 2003).

- **La solubilisation des phosphates**

Les phosphates sont susceptibles d'être solubilisés par l'action des microorganismes tels les actinomycètes, pourqu'elles soient disponibles aux plants (Arcand et Schneider, 2006).

- **La production de phytohormones**

Plusieurs espèces de *Streptomyces*, telles que *S.olivaceoviridis*, *S.rimosus* et *S. rochei* de la rhizosphère de tomate, peuvent sécréter l'acide indolo-acétique, un phytohormone capable d'améliorer la croissance des plantes (Aldesuquy *et al.*, 1998; Tokala *et al.*, 2002; Eltarabily, 2008).

Chapitre 02

Enzymes potentiellement importants en industrie

Matériel et méthodes

I. Matériel biologique

Les souches d'actinomycètes étudiées ont été fournies par notre encadreur M^{lle} MERIANE ILHEM. Chacune avait un code selon le tableau suivant :

Tableau n°10 : les codes des souches d'actinomycète étudiées.

N° de la souche	Code
S1	GAA-BL-EX-SDC-M* ₂
S2	SGIA-SDC-BCR
S3	SGIA-SDC-CR
S4	SGIA-ST-BgIA
S5	KA-SDS-OFR
S6	AIA-SDS-OMC
S7	SGIA-STDC-ZANSPHORIA
S8	SGIA-STDC-CREVETTA
S9	SCN-SD-JN
S10	AIA-SDS-FL

II. Méthodes

1. Identification des souches

L'identification s'est basée essentiellement sur l'étude des caractéristiques macromorphologiques et micromorphologiques des souches.

1.1/ Les caractéristiques macromorphologiques

Il s'agit de déceler :

- La présence ou l'absence du mycélium aérien et sa couleur
- La couleur du mycélium du substrat
- La production et la couleur de pigments diffusibles
- La production de pigments mélanoïdes

Ces caractéristiques ont été notées sur les milieux : ISP2, ISP5, la gélose 172F modifiée et la gélose Bennett's-glycerol (**Annexe 1**).

Quant à la production des pigments mélanoides, elle a été observée sur les deux milieux : ISP6 et ISP7.

Les observations ont été réalisées après le 3^{ème}, 5^{ème}, 7^{ème}, 10^{ème}, 12^{ème}, 15^{ème} et 20^{ème} jours d'incubation à 30°C (Shirling et Gottlieb, 1966 ; Goodwich, 2005).

Les couleurs ont été déterminées en utilisant le code « RAL » (édition 2016) (**Annexe 3**), un système proposé par Prauser (1964).

1.2/ Les caractéristiques micromorphologiques

1.2.1/ Examen microscopique à l'état frais

La morphologie des souches a été observée par une technique directe et une technique de culture sur lamelle.

- **Technique directe**

À partir d'un milieu solide d'identification, une préparation microscopique d'une culture jeune a été réalisée ; en incorporant progressivement un fragment de colonie à une goutte d'eau physiologique stérile préalablement déposée sur une lame.

L'observation s'est faite à l'objectif ($\times 40$), avec un éclairage relativement faible.

- **Technique de culture sur lamelle**

Cette technique consiste à insérer délicatement une lamelle stérile dans l'un des milieux gélosés d'identification de telle sorte qu'elle forme un angle de 45° avec la surface de celui-ci. Un fragment de la colonie estensemencé contre la lamelle en contact du milieu à l'aide d'une anse de platine, la boîte est ensuite incubée à 30°C. Après 14 jours d'incubation, la lamelle est retirée avec précaution, déposée sur une lame contenant une goutte d'eau distillée stérile puis examinée directement au microscope optique ($G \times 40$) (Williams et Cross 1971).

1.2.2/ Examen microscopique après coloration de Gram

Cette coloration a été effectuée selon la méthode classique.

Les caractéristiques microscopiques à noter sont :

- La présence d'un mycélium (sa longueur, son épaisseur et sa fragmentation).
- La formation de spores, leur morphologie, ainsi que leur mobilité et leur mode de regroupement.
- La présence ou l'absence des structures particulières : sporanges, scélérotes, synnemata.

Les caractéristiques morphologiques des souches ont été comparées avec ceux déterminées dans les guide pratiques de l'identification morphologique des actinomycètes : « le Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, 2009 » et le « Bergey Manual of Systematic Bacteriology, 2012 ».

2. Mise en évidence des activités enzymatiques

2.1/ Recherche des carbohydrases

2.1.1/ Recherche de l'amylase

Ce test a été réalisé sur la gélose de Gause (**Annexe 2**) selon la méthode de **Williams et Cross (1971)**. Après 14 jours d'incubation à 30°C, la gélose est recouverte d'une solution de lugol. La lecture s'est faite après 24h et s'est poursuivie jusqu'aux 21 jours d'incubation. L'hydrolyse est mise en évidence par la présence d'une zone claire autour des colonies après ajout du lugol.

2.1.2/ Recherche de la cellulase

Cette activité a été testée sur une gélose additionnée de cellulose (**Annexe 2**).

Le milieu est coulé dans des boîtes de Pétri puisensemencé par des stries de la souche à tester et incubé à 30°C. Après 14 jours, une solution aqueuse de rouge Congo à 1% (**Annexe 2**) pendant 15 mn permet de mettre en évidence la dégradation de la cellulose (Pinky *et al.*, 2012).

2.1.3/ Recherche de la chitinase

La mise en évidence de l'activité chitinolytique consiste à ensemencer la souche à tester par touches sur gélose nutritive additionnée de 1% chitine (**Annexe 2**). Après 8 jours d'incubation, la production de chitinase se traduit par l'apparition de zones claires autour des colonies.

2.2/ Recherche des protéases

2.2.1/ Recherche d'une caséinase

L'hydrolyse de la caséine a été étudiée sur un milieu gélosé contenant 05 % de lait écrémé (**Annexe 2**). L'ensemencement s'est fait par des stries de la souche à tester et l'incubation a été effectuée à 30°C. Après 14 jours, l'apparition d'une auréole claire autour des colonies indique la dégradation de la caséine (Raval *et al.*, 2012 ; ROY *et al.*, 2014).

2.2.2/Recherche d'une gélatinase

Ce test a été réalisé sur le milieu nutritif gélosé contenant 1% de gélatine (**Annexe 2**) selon la méthode de Williams et Cross (1971). Le milieu est coulé dans des boîtes de Pétri puisensemencé par des stries de la souche et incubé à 30°C. Une solution de chlorure de mercure (**Annexe 2**) permet de mettre en évidence la dégradation de gélatine, qui se traduit par la présence d'une auréole claire autour des colonies.

2.3/ Recherche des lipases

2.3.1/ Recherche des estérases

La recherche de l'estérase a été réalisée sur le milieu Sierra additionné de tween 80 (**Annexe 2**). Après 14 jours d'incubation à 30°C, l'apparition d'un halo opaque autour des colonies traduit la présence d'une estérase (Sierra, 1957).

2.3.2/ Recherche d'une lécithinase

La lécithinase a été recherchée sur une gélose au jaune d'œuf à 10% (**Annexe 2**), coulée en boîtes de pétri,ensemencée avec les souches à tester par des stries, puis incubée à 30° C.

Le jaune d'œuf est un substrat composé de lécithine, de triglycérides et d'une lipoprotéine, il permet donc de rechercher trois enzymes :

- La lécithinase : se traduit par l'apparition d'un halo opaque, blanc perlé jaunâtre, à bord net sous la colonie ou à sa limite.
- La lipase : indiquée par l'apparition d'un halo blanc perlé huileux et brillant
- La lipoprotéinase : se traduit l'apparition d'un halo claire autour de la colonie (Nitsch et Kutzner 1969).

2.4/ Recherche d'une uréase (urée hydrolase)

La recherche de l'uréase s'est effectuée sur milieu FERGUSON (milieu urée-indole), contenu en tubes, et qui a été richement ensemencé par une culture jeune d'actinomycètes à tester à l'aide d'une anse de platine puis agité et incubé à 30°C. La lecture s'est faite après 24h et s'est poursuivie jusqu'aux 21 jours d'incubation. Si la souche possède une uréase, la production de NH₃ fait virer l'indicateur au rouge violacé.

2.5/ Recherche d'une oxygénase : la tyrosinase

Ce test a été réalisé sur la gélose à la tyrosine (**Annexe 2**). Le milieu est coulé dans des boites de Pétri puis ensemencé par des stries de la souche à tester et incubé à 30°C. L'examination s'est faite après 02 jours et s'est poursuivie jusqu'aux 21 jours d'incubation. La dégradation de la tyrosine se manifeste par une auréole de coloration marron autour des colonies qui peut se transformer graduellement en noire (Raval *et al.*, 2012 ; ROY *et al.*, 2014).

2.6/ Recherche d'une pectinase

La pectinase a été recherchée sur la gélose MP7 (**Annexe 2**), coulée en boites de pétri, ensemencée avec la souche à tester par touches, puis incubée à 30° C. Après 14 jours d'incubation, les boites ont été recouvertes par une solution d'acétate de cuivre à 10% (**Annexe 2**) pendant 15 minutes. L'apparition d'un halo claire indique la présence d'une activité pectinolytique (Hankin *et al.*, 1971).

Remarque

Les caractéristiques culturales et microscopiques des 10 souches étudiées ainsi que leur activités enzymatiques positives ont été photographiées à l'aide d'un appareil photographique numérique de marque Samsung ST200F.

Résultats et discussion

I. Identification des souches

1. Les caractéristiques macromorphologiques

Après ensemencement sur les différents milieux gélosés (ISP2, ISP5, ISP6, ISP7, Bennett's glycérol et 172F modifiée), les colonies des souches actinomycétales sont apparues au bout de deux à trois jours d'incubation à 30°C. Ceci signifie que la croissance des souches est rapide.

1.1/ Caractéristiques générales des colonies

Les colonies étaient toutes incrustées dans la gélose, leur taille ; leur forme ; et leur couleur se différaient d'une souche à l'autre :

Quelques photographies de colonies sur différents milieux sont mentionnées dans la figure 3.

La souche 1

Les colonies sont semi-bombées de 1 à 2 mm de diamètre d'une forme irrégulière et d'une surface rugueuse et sèche. Elles sont opaques sur les milieux 172F, ISP2 et ISP5.

Dans le milieu BGA les colonies sont de 3 à 5 mm de diamètre et d'aspect translucide.

La souche 2

Les colonies sont plates, de 1 à 2 mm, de diamètre d'une forme irrégulière et d'une surface rugueuse et crémeuse sur les milieux BGA et ISP2.

Sur les milieux 172F et ISP5, les colonies sont circulaires, semi-bombées, de 3 à 5 mm de diamètre, d'aspect translucide, avec une consistance sèche.

La souche 3

Les colonies sont rondes, plates, de 1 à 2 mm de diamètre, d'une surface rugueuse et une consistance crémeuse sur les milieux BGA et ISP5.

Sur les milieux 172F et ISP2 les colonies sont semi-bombées ; ayant un contour irrégulier de 3 à 5 mm de diamètre et opaque.

La souche 4

Les colonies sont plates, translucides, de contour régulier, de 1 à 2mm de diamètre, et d'une surface lisse et crémeuse.

Sur le milieu 172F les colonies sont semi-bombées, et rugueuses.

La souche 5

Les colonies sont rondes, d'un diamètre de 1 à 2 mm, et d'un contour régulier. Elles ont une surface lisse et une consistance crémeuse dans les milieux BGA et 172F.

Les colonies ont envahi les deux milieux ISP2 et ISP5.

La souche 6

Les colonies sont plates, de contour irrégulier, de 1 à 2 mm de diamètre, une surface rugueuse, un aspect translucide et d'une consistance sèche sur les milieux BGA, ISP2 et ISP5.

Sur le milieu 172F on a une légère différence on a des colonies de diamètre de 2 à 3 mm, semi-bombé et un aspect opaque.

La souche 7

Les colonies sont plates, de 1 à 2 mm de diamètre. Elles sont rondes, d'une surface lisse, opaque et une consistance crémeuse.

Sur les milieux 172F et ISP5 les colonies ont un contour irrégulier, une surface lisse, et un diamètre de 3 à 5 mm.

Sur le milieu ISP2, les colonies sont grandes (plus de 5 mm), semi-bombées, rondes et ont une surface ratatinée.

La souche 8

Les colonies sont plates, de 1 à 2 mm de diamètre, rondes, lisses, et ont une consistance crémeuse sur les milieux BGA, 172F et ISP5.

Sur le milieu ISP2, les colonies ont un contour irrégulier, une surface rugueuse, et sont d'aspect gélatineux.

La souche 9

Les colonies sont lisses, plates, de 1 à 2 mm de diamètre, et ont une consistance crémeuse.

La souche 10

Les colonies sont rondes, plates, de 1 à 2 mm de diamètre, une surface lisse avec une consistance crémeuse. Les colonies ont envahi les deux milieux ISP2 et ISP5.

La couleur des colonies de toutes les souches est mentionnée dans le tableau 11.

1.2/ Production de pigments diffusibles

La production des pigments diffusibles a été remarqué chez la souche : **S5** (sur les milieux : Bennett's glycérol, ISP2 et ISP5), et chez la souche **S6** (sur le milieu 172F modifiée) (**Tableau 11**).

1.3/ Production des pigments mélanoides

Quant à la production des pigments mélanoides ; elle caractérisait la souche S3 (sur les deux milieux : ISP6 et ISP7) et la souche S4 (uniquement sur milieu ISP6) (**Tableau 11**).

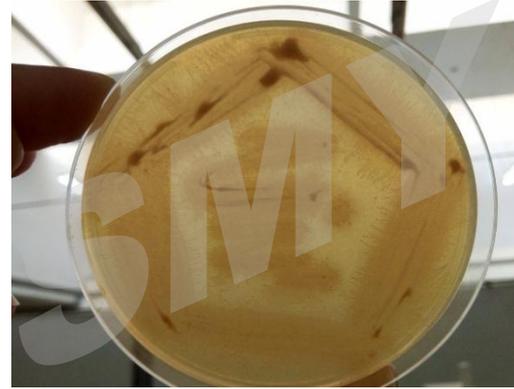
Tableau 11 : Les résultats de l'étude macromorphologique des souches actinomycètes.

S10	S9	S8	S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	Les souches	
										Bennett's-	172F Modifiée
										MA	MS
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	Blanche perlée	Ivoire claire
Jaune	Ivoire claire	Orangé	Jaune pastel	Orangé clair	Ivoire	Ivoire clair	Ivoire clair	Blanche	Ivoire	Brun-jaune Brian	Brun argile
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
/	/	/	/	blanc pur	/	/	/	/	/		
Jaune foncé	Blanc perlé	Jaune pastel	Orange foncé	Jaune pastel	Ivoire clair	Jaune pastel	Blanc perlé	Gris clair	Blanc		
/	/	/	/	Jaune Melon	/	/	/	/	/		
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
Orangé foncé	Blanc perlé	Jaune pastel	Orange foncé	Jaune pastel	Ivoire clair	Jaune pastel	Blanc perlé	Gris soie	Blanc		
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
Jaune pastel	Jaune citron	Orangé foncé	Jaune pastel	Jaune pastel	Ivoire clair	Jaune sable	Blanc perlé		Ivoire		
/	/	/	/	/	Orange jauné	/	/	/	/		
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
Jaune pastel	Blanc perlé Ivoire	Jaune pastel	Jaune pastel	Jaune pastel	Ivoire clair	Jaune pastel	Ivoire clair	Telgri-s 4	Ivoire		
/	/	/	/	/	Jaune brillant	/	/	/	/		
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
Jaune pastel	Ivoire clair	Jaune pastel	Ivoire clair Jaune soufre	Ivoire clair	Ivoire clair	brun cuivré	Beige gris	jaune safran	Blanc crème		
/	/	/	/	/	/	Marron	Marron	/	/		
/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
Jaune pastel	Beige brun Blanc perlé	Jaune pastel	Jaune pastel	Ivoire clair	Orange pastel	orangé foncé	Jaune ocre	Blanc perlé	Blanc crème		
/	/	/	/	/	/	/	Marron	/	/		

MA: Mycélium Aérien, MS: Mycélium de Substrat, PD: Pigments Diffusibles, PM: Pigments Mélanoides, / : Absence



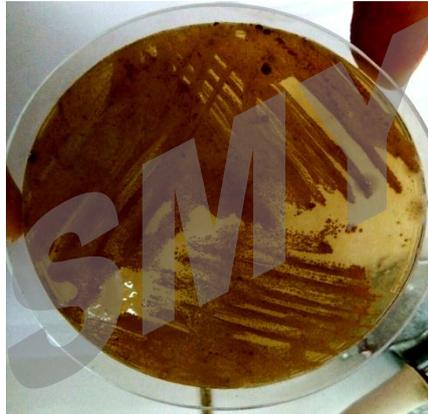
S2: Milieu ISP5



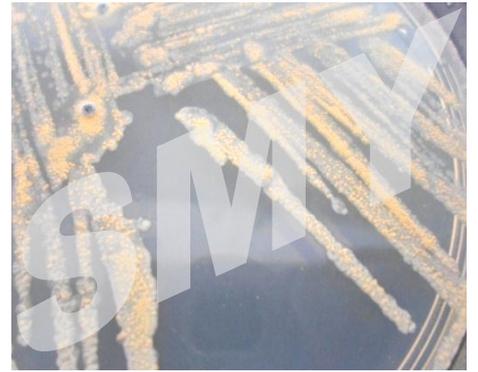
S5: Milieu 172F



S4: Milieu BGA



S3: Milieu ISP7



S6: Milieu ISP5



S7: Milieu ISP5



S8: Milieu7



S9: Milieu ISP2



S10: Milieu 172F

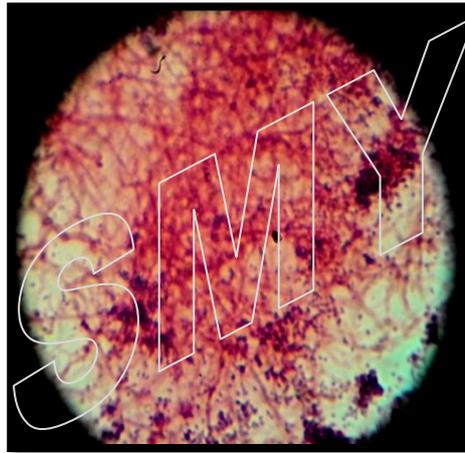
Figure 3 : Photographie présentant la culture de quelque souche sur différents milieux d'identification.

2. Les caractéristiques micromorphologiques

Les descriptions macromorphologiques des différentes souches actinomycétales étudiées est la suivante :

La souche 1

Le mycélium est formé de très longs filaments, extrêmement ramifiés, non septés et non fragmentés (**Figure 4**). On a noté la présence de longues chaînes de spores, Qui étaient immobiles.



**Figure 4 : Examen microscopique de la souche S1
Après coloration de Gram ($\times 100$).**

La souche 2

Le mycélium aérien est bien développé et extrêmement ramifié, non fragmenté, portant des sporanges ou des vésicules globuleuses et sphériques contenant des spores (**Figure 5**). Les spores sont immobiles à l'état frais.

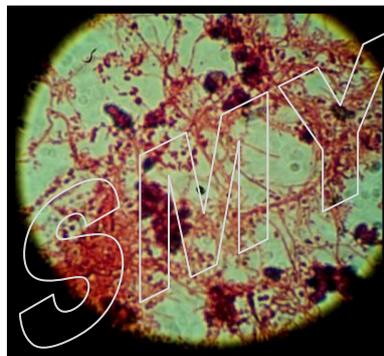
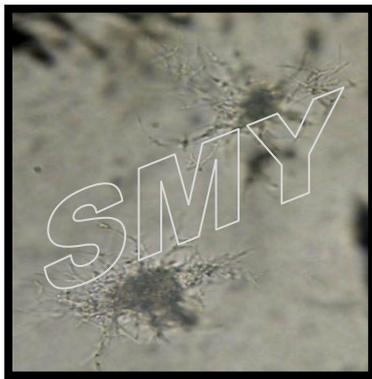


Figure 5 : Examen microscopique de la souche S2 après coloration de Gram ($\times 100$).

La souche 3

Le mycélium est formé de filaments très fins, ramifiés, non septés et non fragmenté (**Figure 6 a, b**). Présence de longues chaînes de spores, immobiles à l'état frais.



(a)

a : Examen à l'état frais (× 40)



(b)

b : Examen après coloration de Gram (×100)

Figure 6 : Aspect microscopique de la souche S3.

La souche 4

Mycélium aérien présent, mycélium de substrat ramifié, très fin arborescent non fragmenté, une seule spore sphérique ou ronde, immobiles (**Figure 7**).

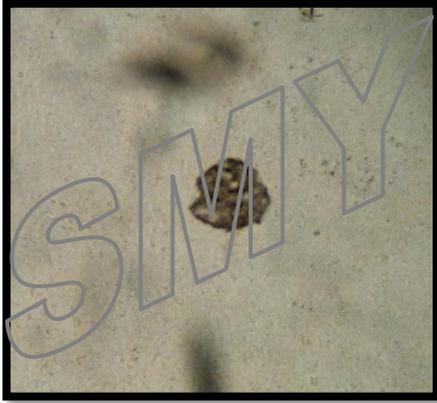


Figure 7 : Examen microscopique à l'état frais (×40) de la souche 4.

La souche 5

Mycélium de substrat trop long, non fragmenté, portant des sporangiophores qui comportent des sporanges.

Sporanges globuleux (**Figure 8, a et b**) et spores mobiles à l'état frais.



(a)

a : Examen à l'état frais ($\times 40$)



(b)

b : Examen après coloration de Gram
($\times 100$)

Figure 8 : Aspect microscopique de la souche S 5

La souche 6

Mycélium de substrat arborescent, présentant des sporophores qui contiennent une seule spore à leurs extrémités (**Figure 9**).

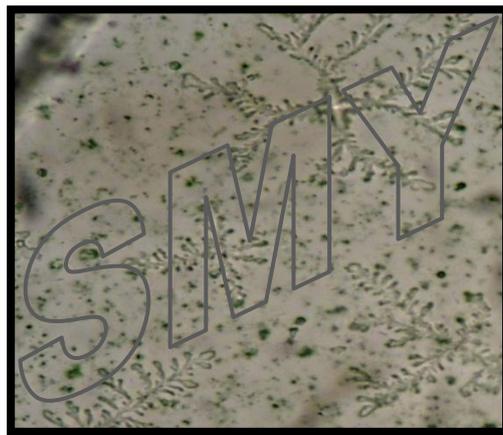


Figure 9: Examen microscopique de la souche S6 à l'état frais (G $\times 40$).

La souche 7

Elle forme un mycélium long, bien développé, courbé en forme de zigzag (**fig a et b**), qui se fragmente en éléments sous forme de bacilles et coccobacilles (arthrospores), droites ou flexibles, arrangées comme des palissades (**Figure 10**), non mobiles, et de différentes longueurs.



(a)

a : Examen à l'état frais (× 40)



(b)

**b : Examen après coloration de Gram
(×100)**

Figure 10 : Aspect microscopique de la souche S7.

La souche 8

Mycélium trop long, arborescent, fragmenté, très ramifiée portant des spores regroupées en amas. (**Figure 11**).



**Fig. a: Examen microscopique de la souche S₈
À l'état frais (G^x40).**

Figure 11 : Aspect microscopique de La souche S8

La souche 9

Mycélium, très fin, et fragmenté en éléments. Leurs spores sont immobiles. **(Figure 12).**



**Figure 12 : Examen microscopique de la souche S9
À l'état frais (G^x40).**

La souche 10

Le mycélium de substrat est septé, très abondant et non fragmenté.

Sur ce mycélium se forment des monospores, à partir d'un sporophore, un peu long et de forme de grappes ramifiés.

De courtes chaînes comportant deux à cinq spores sont observées.

Les spores sont sphériques à ovales et non mobiles. (Figure 13).

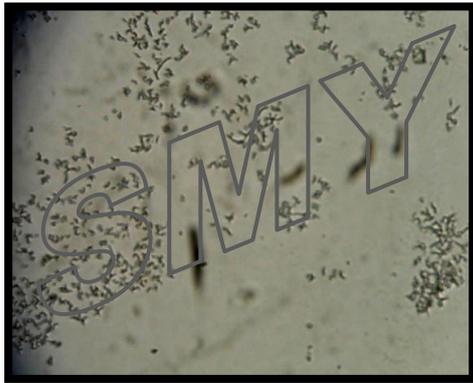


Fig a : Examen microscopique de la souche S₁₀ à l'état frais (G×40)



Fig b : Examen microscopique de la souche S₁₀ après coloration de Gram (G×100)

Figure 13 : Aspect microscopique de La souche S10

- Les caractères morphologiques (macroscopiques et microscopiques) laissent assigner :
- La 1^{ère} souche au genre *Streptomyces*.
- La 2^{ème} souche au genre *Streptosporangium*.
- La 3^{ème} souche au genre *Streptomyces*.
- La 5^{ème} souche au genre *Actinoplanes*.
- La 6^{ème} souche au genre *Micromonospora*.
- La 7^{ème} souche au genre *Nocardiopsis*.
- La 8^{ème} souche au genre *Saccharopolyspora*.
- La 9^{ème} souche au genre *Nocardia*.
- La 10^{ème} souche au genre *Micromonospora*.
- La 4^{ème} souche est non-déterminée.

Remarque

Il est très important de noter que cette assignation des souches actinomycétales aux différents genres cités est une suggestion et que l'étude physiologique et chimiotaxonomique

et moléculaire sont inévitables pour arriver à identifier avec précision les genres des 10 souches étudiées.

II. Mise en évidence des activités enzymatiques

Les résultats des activités enzymatiques des 10 souches étudiées sont illustrés dans le tableau ci-dessous (**Tableau 12**).

Tableau 12 : Résultats des activités enzymatique des 10 souches étudiées.

N°	Le substrat dégradé	Souches										Pourcentages
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
01	Amidon	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	90%
02	Cellulose	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	30%
03	Chitine	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	20%
04	Caséine	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	10%
05	Gélatine	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
06	Tween 80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0%
07	Lécithine	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-	30%
08	Urée	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	80%
09	L-tyrosine	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-	70%
10	Pectine	+	+	+	+	-	+	+	-	-	+	70%
Pourcentages		40%	60%	50%	30%	60%	40%	40%	20%	30%	30%	

Ce tableau indique que toutes les souches étudiées ont montré au moins une activité enzymatique parmi les dix différentes activités testées.

En fait, les données littéraires ont rapporté que les actinomycètes sont capables de produire un grand nombre d'enzymes, qui sont d'une valeur commerciale élevée (Zhou *et al.*, 2000 ; Chakraborty *et al.*, 2009 ; Avramenko et Galynkin, 2010).

Ce résultat, justifie aussi l'intérêt que portent les chercheurs ce type de microorganismes, un intérêt qui n'a cessé de s'accroître au cours des ces dernières années, principalement en raison du grand nombre d'application que les enzymes offrent dans des domaines très variés. (Keyhani et Roseman, 1999 ; Bhat, 2000 ; Mobini-Dehkordi et Javan, 2012).

1. /Répartition des activités selon la nature du substrat dégradé

1.1 /Dégradation des sucres

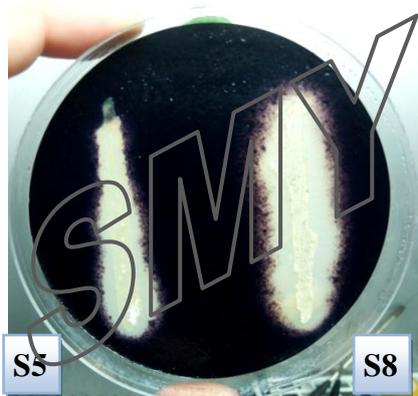
1.1.1/ Dégradation de l'amidon

D'après le tableau 12, on remarque que toutes les souches d'actinomycètes étudiées ont pu dégrader l'amidon, à l'exception de la souche S6 qui s'est révélée dépourvue de l'enzyme amylase.

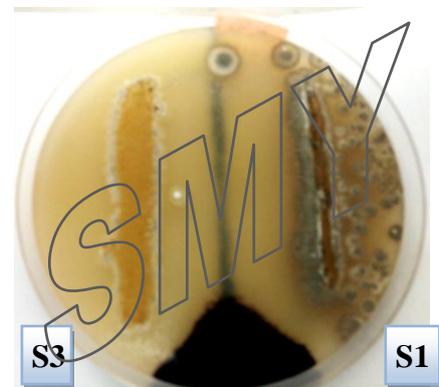
L'activité amylolytique se traduit par la présence d'un halo clair autour de la colonie après l'addition du « Lugol » (**Figure 14**).

Les données bibliographiques ont mentionné que « l' α -amylase » est le type d'enzyme amylolytique le plus produit par les actinomycètes.

Il est élaboré par différents genres tels que *Streptomyces*; *Nocardiopsis* et *Streptosporangium* (Vigal *et al.*, 1991 ; Stamford *et al.*, 2001 ; Hakraborty *et al.*, 2009).



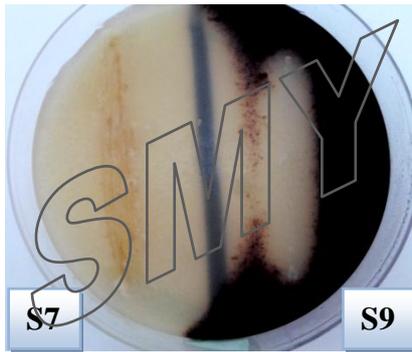
Après 24 h d'incubation



Après 7 jours d'incubation



Après 5 jours d'incubation



Après 8 jours d'incubation

Après 5 jours d'incubation

Figure 14 : Photographies présentant le résultat de l'activité amylolytique des 10 souches actinomycétales étudiées.

1.1.2/ Dégradation de la cellulose

Parmi les 10 souches d'actinomycètes, trois souches : S1, S3 et S5 ont pu produire l'enzyme cellulase (**Tableau 12**).

Cette activité se traduit par l'apparition d'un halo clair entourant la colonie après l'ajout du « Rouge Congo à 1% » (**Figure 15**).

Différentes cellulases ont été mises en évidence dans différents genres appartenant aux actinomycètes, il s'agit principalement de *Streptomyces* (Jang and Chenks , 2003 ; Loliam *et al.*, 2013), *Micromonospora* (De Menezes *et al.*, 2008, 2012), *Cellulomonas* (Saratale *et al.*, 2010) et (Stutzenberger , 1988).

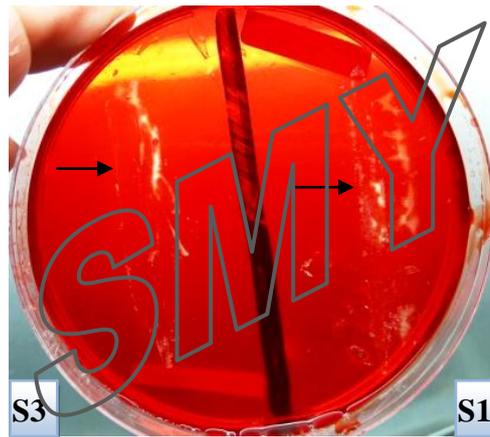


Figure 15 : Photographie présentant le résultat de l'activité cellulolytique des souches : S1, S3 et S5.

1.1.3/Dégradation de la chitine

Le test chitinase montre un résultat positif uniquement pour les deux souches S2 et S4 (Tableau 12).

La présence d'un halo clair, visible sans l'ajout d'aucun réactif signifie une activité chitinolytique positive (Figure 16).

La dégradation de la chitine a été principalement remarquée chez le genre *Streptomyces*.

En fait ; les chitinases ont été décelées chez : *Streptomyces lividans*, *Streptomyces viridificans*, *Streptomyces aureofaciens*, *Streptomyces venezuelae*, *Streptomyces coelicolor*, *Streptomyces griseus* (Miyashita *et al.*, 1991 ; Gupta *et al.*, 1995 ; Taechowisan *et al.*, 2003 ; Mukherjee and Sen, 2006 ; Heggset *et al.*, 2009 ; Avramenko et Galynkin, 2010 ; Thiagarajan *et al.*, 2011).

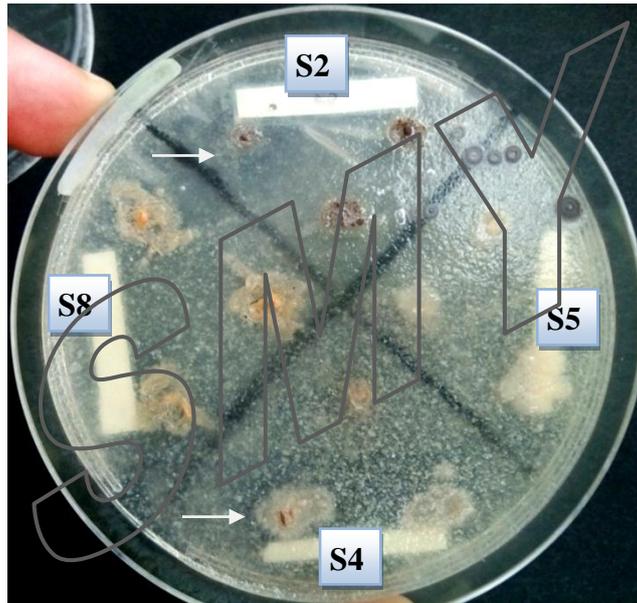


Figure 16 : Photographie présentant le résultat de l'activité chitinolytique des souches S4 et S2.

1.2 /Dégradation des protéines

1.2.1/ Dégradation de la caseine

Le tableau n°12 montre que le test caséinase a été positif pour une seule souche d'actinomycète : S5. Du même que pour l'activité chitinolytique, cette activité se traduit par la présence d'un halo clair autour de la colonie, visible sans l'ajout d'aucun réactif (**Figure 17**).

Nos résultats sont en accord avec ceux présentés par El_Shefei *et al.*, (2010) ou ils ont montré que *Streptomyces albidoflavus* est productrice d'une enzyme protéolytique sur un milieu à base de lait écrémé, et ceux trouvés par Gulue et Deshmukh, (2011) ou ils ont signalé que les genres : *Streptomyces*, *Micromonospora*, *Nocardia* et *Saccharopolyspora* possèdent une activité protéolytique ; liée particulièrement à l'enzyme caseinase.



Figure 17 : Photographie présentant le résultat positif l'activité caséinolytique de la souche S5.

1.2.2/ Dégradation de la gélatine

Aucune des 10 souches n'a pu dégrader la gélatine (**Tableau 12**).

1.3 /Dégradation des lipides

1.3.1/ Dégradation du tween 80

Le test de tween 80 s'est montré négatif pour toutes souches actinomycétales étudiée (**Tableau 12**).

1.3.2/ Dégradation de la lécithine

Le même tableau, démontre que les souches S2, S5 et S6 possèdent l'enzyme lécithinase qui leur a permis de dégrader la lécithine.

Cette activité se traduit par la présence d'un halo opaque, blanc perlé jaunâtre à bord net sous la colonie ou à sa limite (**Figure 18**).

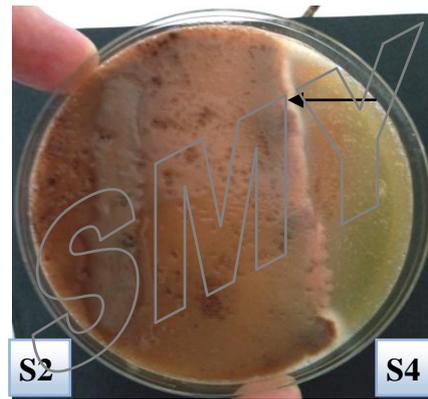


Figure 18 : Photographie présentant le résultat de l'activité lécithinolytique de la souche S2.

Verma et Khuller (1983) ont rapporté la production d'une phospholipase C (lécithinase) chez *S. griseus* qui a été active à pH=7,5.

1.4 Dégradation d'autres substrats

1.4.1/ Dégradation de l'urée

Toutes les souches actinomycétales, à l'exception de la souche S1 et S4, se sont révélées productrices de l'enzyme uréase (**Tableau 12**).

Cet enzyme permet d'hydrolyser l'urée contenue dans le milieu de Fergusson, et la libération de l'ammoniac (NH_3) fait virer l'indicateur au rose violacée (alcalinisation du milieu) (**Figure 19**).

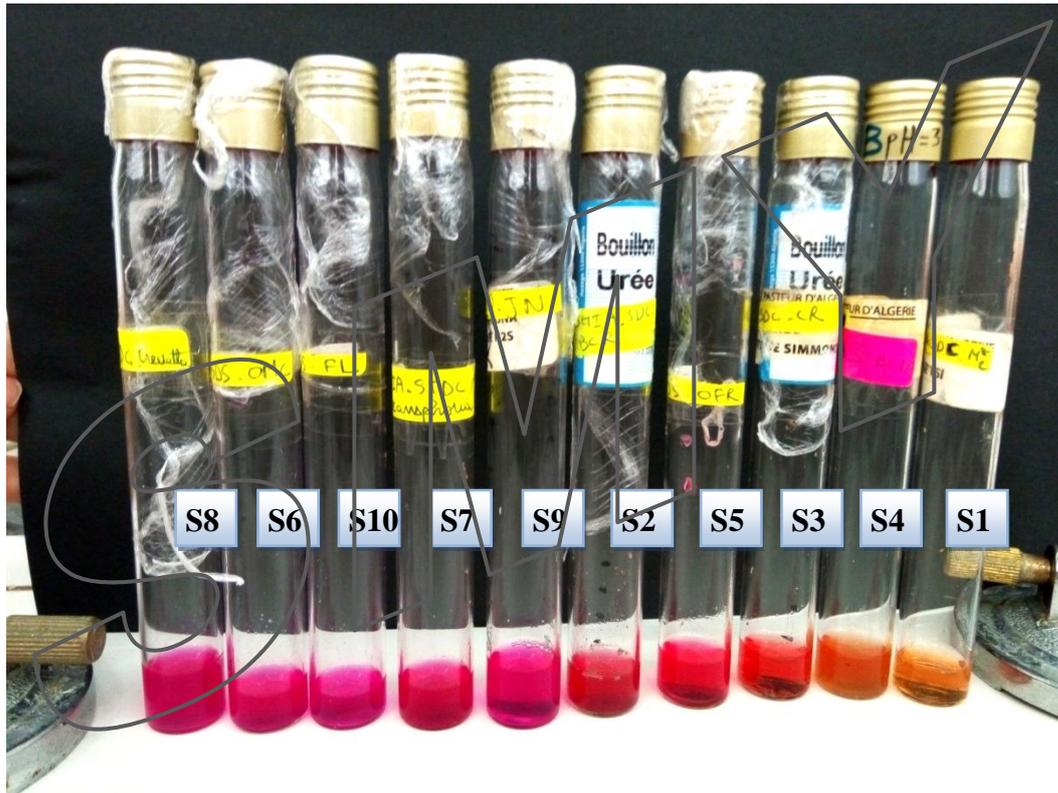


Figure 19 : Photographie présentant le résultat de l'activité de l'urée des souches S2, S3, S5, S6, S7, S8, S9 et S10.

08 souches actinomycétales possèdent l'uréase ; un enzyme qui fait parti des critères biochimiques d'identification et de classification des bactéries notamment les actinomycètes.

1.4.2/ Dégradation de la L-tyrosine

Le résultat de la dégradation de la L-tyrosine, tel que mentionné dans le tableau 12, indique que la plupart de nos souches sont positives.

En fait, une activité positive se manifeste par l'apparition d'une auréole de coloration marron (S9, S7, S6 et S2), qui peut se transformer en noir (S3 et S1) (**Figure 20**).

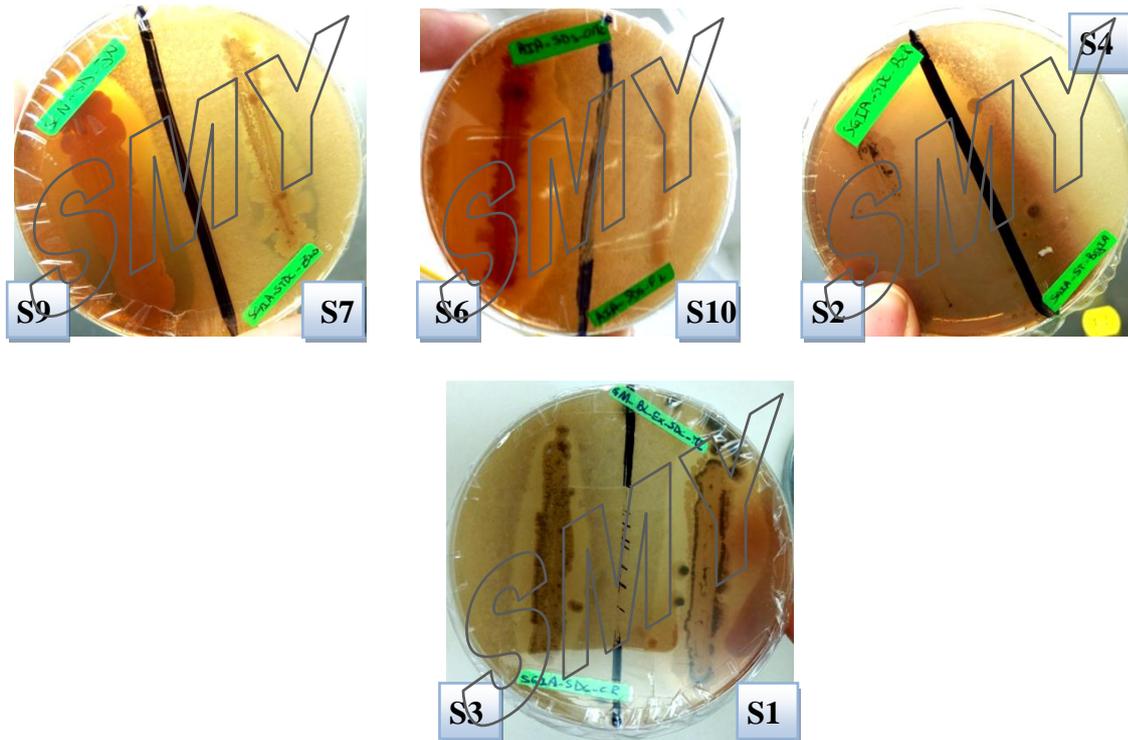


Figure 20 : Photographie présentant le résultat de l'activité tyrosinolytique des souches S6, S9, S2, S1, S3 et S7.

La tyrosinolyse est une propriété très courante chez *Streptomyces sp.* En fait des tyrosinases ont été isolées à partir de : *Streptomyces nigrifaciens*, *Streptomyces michiganensis*, *Streptomyces glaucescens*, *S.castaneoglobisporus*, *Streptomyces albus*, *Streptomyces spinosus* (Nambudiri and Bhat, 1972 ; Philipp *et al.*, 1991 ; Roy *et al.*, 2014).

1.4.3/ Dégradation de la pectine

Quatre (04) souches parmi les 10 souches d'actinomycètes étudiées n'ont pas montrée une activité pectinolytique (**Tableau 12**).

Les six (06) souches positives ont été entourées d'un halo clair après l'ajout d'une solution « d'acétate de cuivre à 10% » (**Figur 21**).

L'activité pectinolytique fut l'une des 1^{ères} activités décelées chez les actinomycètes. Plusieurs espèces se sont montrées productrices de pectinases. Telles que *Streptomyces viridochromogenes* (Agate *et al.*, 1962) et *Thermomonospora fusca* (Stutzenberger, 1987).

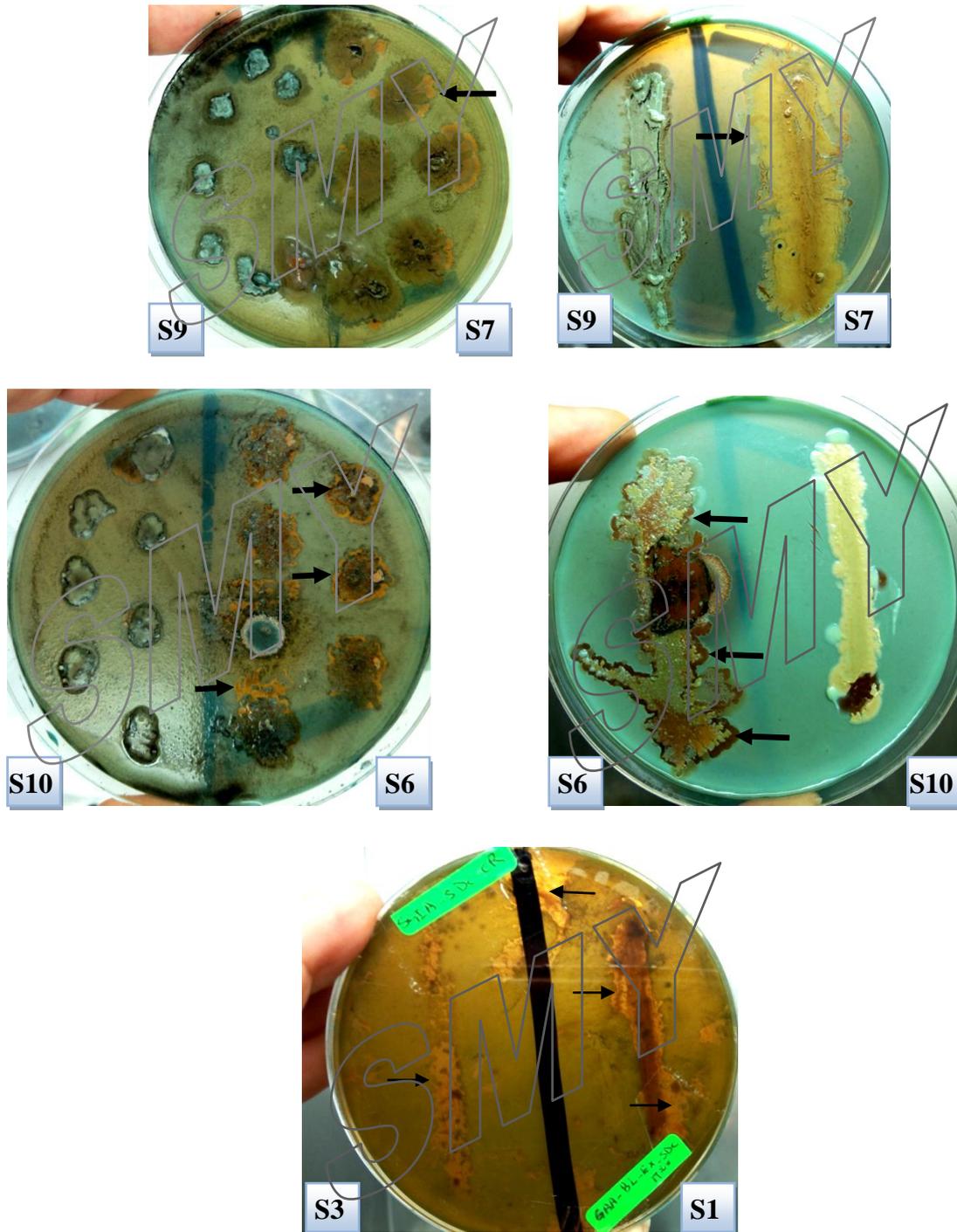


Figure 21: Photographie présentant le résultat d'activité pectinolytique des souches S1, S3, S6, S7 et S9.

Ces résultats nous permettent de déduire que l'amidon est le substrat le plus dégradé avec un pourcentage de 22,5% ; suivi par l'urée avec 20% ; ensuite la L-tyrosine et la pectine avec 17,5% chacune.

En 4^{ème} position, viennent **la cellulose** et **la lécithine** avec un pourcentage identique de **7,5%** quant à **la chitine** ; elle a été faiblement dégradée **5%**.

Enfin ; **la caséine** est le substrat **le moins dégradé** de tous les substrats ; avec un pourcentage de **2,5%**.

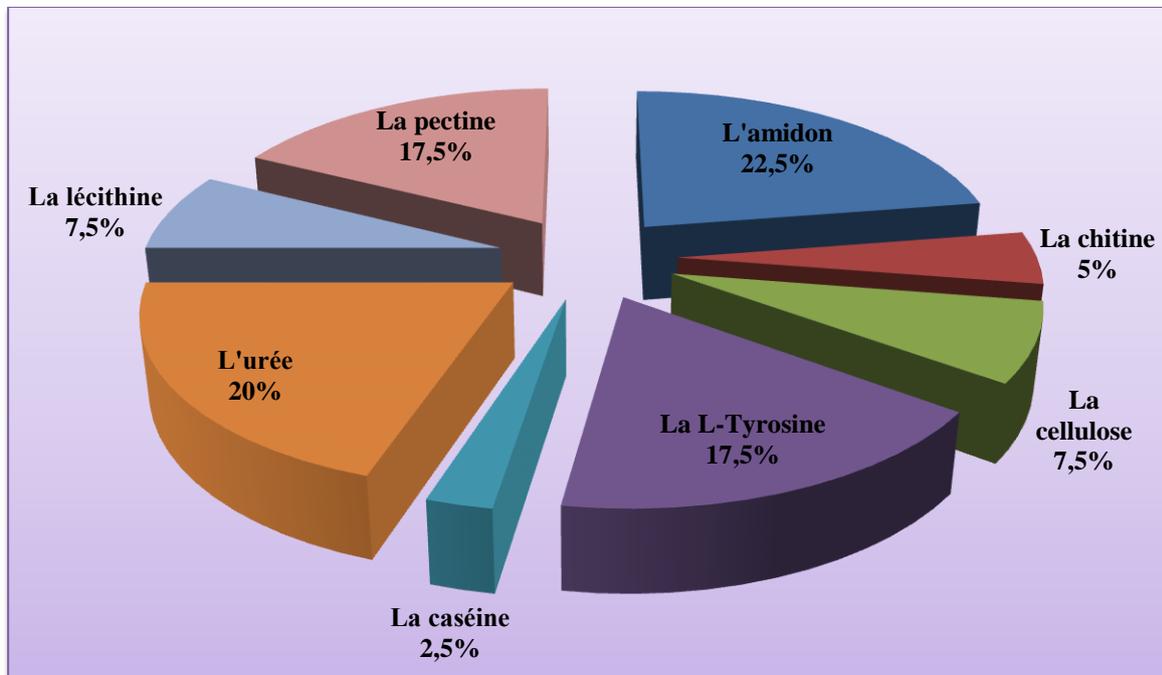


Figure 22 : Répartition des activités enzymatiques selon la nature du substrat dégradé.

Nos résultats sont en accord avec ceux présentés par Minotto *et al.*, (2014) pour l'étude des activités enzymatiques de 23 souches d'actinomycètes isolées à partir des racines d'une plante de tomate (*Lycopersicon esculentum*) où ils ont montré que **tout leurs isolats possèdent une activité amylolytique**.

Ainsi que les travaux de Rodrigues, (2006) pour l'étude des activités enzymatiques de 188 souches d'actinomycètes où il a mentionné **la prédominance de l'activité amylolytique** par rapport aux autres activités enzymatiques étudiées et que les genres *Nocardia*, *Nocardiopsis*, *Streptomyces* et *Terrabacter* étaient les plus actifs.

Mais ils sont loin de ceux rapportés par Gulve et Deshmukh, (2011) pour l'étude des activités enzymatiques de 90 souches d'actinomycètes isolées à partir des sédiments marins, où leurs isolats **ont dominé quant à la production des enzymes protéolytiques** : 76 (84.44

%) et 70 (77.78%) pour l'action sur le lait écrémé et la dégradation de la gélatine consécutivement.

L'activité uréasique a occupé la dernière position, vu que 15 sur les 90 souches testées (16.67%) possédaient l'enzyme responsable de l'hydrolyse de l'urée.

2. Répartition des actinomycètes actifs selon le nombre des enzymes produites

La répartition des actinomycètes actifs selon le nombre des enzymes produites, est démontrée dans la (Figure 23), ci-dessous.

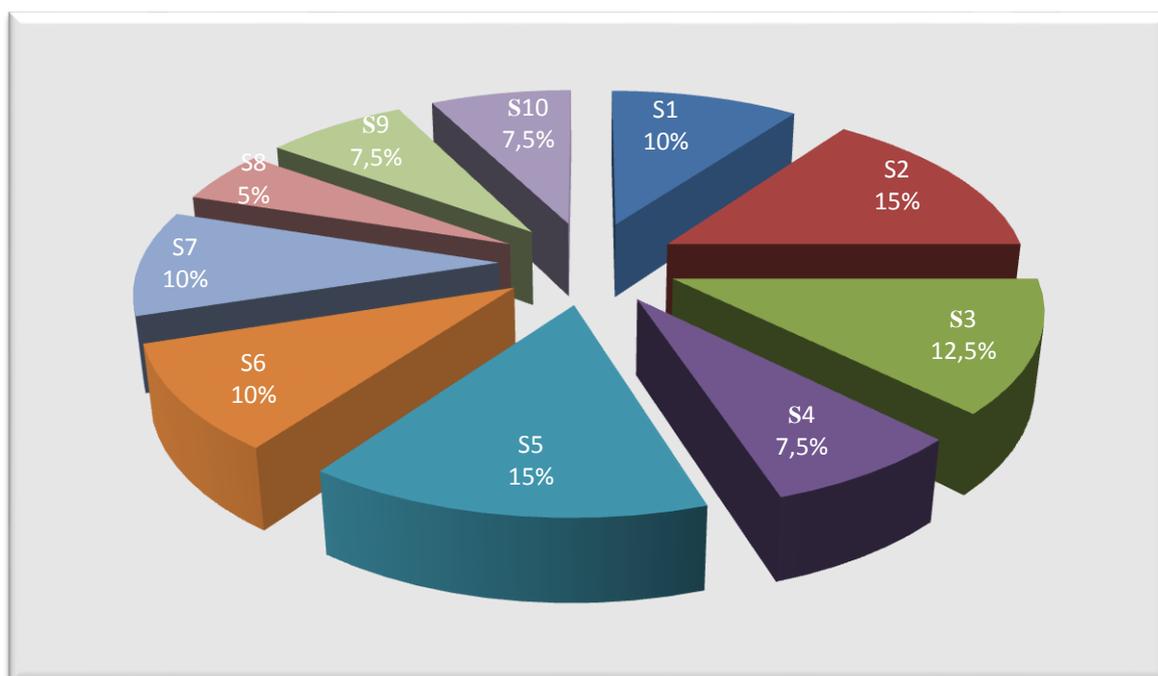


Figure 23 : Répartition des souches actinomycétales actives selon le nombre des enzymes produites.

Les souches S5 et S2 viennent en 1^{ère} position (60%) ; elles ont pu produire six (06) enzymes différents : l'amylase, la cellulase, la caseinase, la tyrosinase, l'uréase et la lécithinase pour la souche S5, l'amylase, la chitinase, la tyrosinase, l'uréase, la lécithinase et la pectinase pour la souche S2 (Tableau 12).

La souche S3 a occupé la 2^{ème} position 50% ; elle a produit la moitié des dix (10) enzymes : l'amylase, la cellulase, la tyrosinase, l'uréase et la pectinase.

Viennent ensuite **les souches S1, S6 et S7** avec un pourcentage de **40%**. Ces trois souches produisent la tyrosinase et la pectinase, mais se différencient dans la production de la cellulase par la souche S1 et la lécithinase par la souche S6.

La 4^{ème} position est occupée par **les souches S4, S9 et S10**. Ces souches ont pu produire trois (03) enzymes : l'amylase par les trois (03) souches, l'uréase par la souche S9 et S10, la pectinase par la souche S4 et S10, la tyrosinase uniquement par la souche S9, et la chitinase par la souche S4.

En dernière position vient **la souche S8** ; qui a produit deux (02) enzymes uniquement l'amylase et l'uréase.

Nombreux sont les chercheurs qui ont rapporté l'aptitude des actinomycètes à métaboliser plusieurs et différents composés tels les sucres (polysaccharides), les lipides, les alcools, les protéines et les acides aminés par production de divers enzymes extracellulaires (**Das et al., 2012 ; Minotto et al., 2014**).

Ces actinomycètes ont été isolés à partir de différents habitats : sols (Das et al., 2012) , rhizosphères (Reyad, 2013), sédiments marins (Gulve et Deshmukh, 2011) , plantes (Minotto et al., 2014), déserts (Selama et al., 2014) etc.

La diversité métabolique de ces bactéries est due certainement à leur génome extrêmement large qui a une centaine de facteurs de transcription qui contrôlent l'expression des gènes qui leur permettent de répondre à leurs besoins.

En fait, des résultats de l'analyse du génome de quelques souches de *Micromonospora* ont révélé qu'elles possèdent la cellulase, la xylanase, la pectinase et la chitinase respectivement. (Hirsch et Valdés , 2010 ; Alonso-Vega et al., 2012).

L'activité cellulolytique a été décelée chez les espèces : *Micromonospora melanospora*, *Micromonospora* (De Menezes et al., 2008, 2012), *Micromonospora cellulolyticum* (Lin et al., 1994) ; *Micromonospora ruminantium* . (Maluszy et al., 1974) , et *Micromonospora chalcea* (Malfait et al., 1984).

Streptomyces est le genre le plus étudié des actinomycètes. Ce genre est capable de produire une large variété d'enzymes :

Jeffrey et Azrizal, (2007) ont rapporté la production des cellulases à partir de *Streptomyces gancidicus*, *Streptomyces malachitofuscus*, *Streptomyces stramineus* et *Streptomyces glomeratus* isolés de différentes locations à Peninsular en Malaisie.

La production d'enzymes chitinolytiques par *Streptomyces albovinaceus*, *S. caviscabies*, *S. griseus*, *S. setonii* et *S. virginiae* est considérée comme l'action antagoniste la plus efficace dans le contrôle de certaines maladies fongiques en raison de leur action directe sur les chitines (Macagnan *et al.*, 2008).

Des lipases, des amylases, des tyrosinases et des pectinases ont été aussi produites à partir de *Streptomyces* (Vigal *et al.*, 1991 ; Stamford *et al.*, 2001 ; Rodrigues 2006).

La protéolyse est l'activité la plus marquante chez les espèces appartenant au genre *Nocardioopsis* (Tsujiibo *et al.*, 1990 a, 1990 b ; Kim *et al.*, 1993 ; Gohel et Singh , 2012b).

Les protéases sont parmi les enzymes les plus importantes, elles constituent plus de 60% des applications industrielles totales comme agents blanchisseurs dans les détergents ou dans la synthèse des peptides (Waleed *et al.*, 2016).

Des **chitinases**, **α -amylases** et **xylanases** ont été aussi produites à partir de *Nocardioopsis* (Tsujiibo *et al.*, 1990 d ; Stamford *et al.*, 2001 ; Tsujiibo *et al.*, 2003 ; Abou-Elela *et al.*, 2009).

Les enzymes produites par *Nocardia*, *Saccharopolyspora* et *Actinoplanes* ne sont de moindre importance.

Enfin, les espèces appartenant au genre *Streptosporangium* sont reconnues par leur aptitude à produire des antibiotiques que des enzymes. (Boudjella *et al.*, 2006 ; Inahashi *et al.*, 2011)

Streptosporangium sp. isolés à partir des feuilles de maïs produisent des glucoamylases exploitées en industrie afin de dégrader l'amidon (Stamford *et al.*, 2002 ; Hasegawa *et al.*, 2006).

Conclusion et Perspectives

À la lumière des résultats obtenus, on peut conclure que :

- Les dix (10) souches étudiées appartiennent aux genres : *Stereptomyces* ; *Streptosporangium* ; *Saccharopolyspora* ; *Nocardiopsis* ; *Actinoplanes* ; *Micromonospora* et *Nocardia*.
- Toutes les souches étudiées ont montré au moins une activités enzymatique, ce qui démontre leur importance.
- L'amylase est l'enzyme, la plus produite par nos souches (90%) ; suivie par l'uréase (80%) ; puis la tyrosinase et la pectinase (70%).
- Aucune des souches n'a pu produire la gélatinase et l'ésterase.
- Les souches n°02 et n°05 sont les plus actives ; elles ont pu produire six (06) enzymes parmi dix (10) enzymes (60%) : l'amylase, la chitinase, la tyrosinase, l'uréase, la lécithinase et la pectinase pour la 1^{ère} souche; l'amylase, la cellulase, la caseinase, la tyrosinase, l'uréase et la lécithinase pour la seconde.
- La souche n° 08 est la moins active vu qu'elle a produit 02 enzymes seulement : l'amylase et l'uréase.

En perspectives pour cette étude, il est recommandé :

- ✓ D'identifier avec exactitude les souches, jusqu'au niveau de l'espèce par les caractéristiques physiologiques, chimiotaxonomiques et moléculaires plus approfondies.
- ✓ D'étudier la production d'une enzyme potentiellement produite par nos souches telle l'amylase, la tyrosinase ou la pectinase et pour cela il faut :
 - Optimiser les conditions de culture de la souche sélectionnée pour une bonne production enzymatique.
 - Et pourquoi ne pas extraire et purifier l'enzyme concernée.

Références
Références

Bibliographique
Bibliographique

A

- **Abou-Elela GM, Nermeen, El-Sersy and Wefky SH (2009).** Statistical optimization of cold adapted α -amylase production by free and immobilized cells of *Nocardioptis aegyptia*. Journal of Applied Science Research ; 5(3):286-292.
- **Aboul-Enein (2010).** Purification and characterization of a novel thermoactive cellulase from thermophilic actinomycetes isolated from soil sample of Egypt. Int. J. Academic Res., 2: 81 -86.
- **Agate AD, Bilimoria MH, Bhat JV (1962).** Pectin transeliminase activity in *Streptomyces viridochromogenes*. Curr. Sci. 31, 462–463.
- **Ajit NS, Verma R et Shanmugam V (2006).** Extracellular chitinases of fluorescent pseudomonas antifungal to *fusarium oxysporum.sp.dianthi* causing carnation wilt.curr. Microbial. 52:10-316.
- **Alberton LR, de Souza Vandenberghe LP, Assmann R, Fendrich RC, León JR and Soccol CR (2009).** Xylanase production by *Streptomyces viridosporus* T7A in submerged and solid-state fermentation using agro-industrial residues. Braz. Arch. Biol. Technol., 52: 171-180.
- **Alexander (1961).** Introduction to soil microbiology. John Wiley, New York. pp 472.
- **Alonso-Vega P, Normand R, Bacigalupe PP, Lajus A, Vallenet D, Carro L, Coll P and Trujillo ME (2012).** Genome sequence of *Micromonospora lupine Lupac 08*, isolated from root nodules of *Lupinus angustifolius*. J Bacteriol 194 : 4135–4136.
- **Al-Zarban SS, Al-Musallam AA, Abbas I, Stackebrandt E and Kioppenstedt RM (2002).** Saccharomonospora halophila sp. nov., a novel halophilic actinomycete isolated from marsh soil in Kuwait. Int J Sys Env Microbiol, 52: 555-558.
- **Arijit D, Sourav B, Naimisha RV and Rajan SS (2013).** Improved Production and Purification of Pectinase from *Streptomyces sp.* GHBA10 isolated from Valapattanam mangrove habitat, Kerala, India, Inter. Res. J. Biol. Sci. 2, pp 16-22.
- **Avramenko SV and Galynkin VA (2010).** Features of Biosynthesis of Chitinolytic Enzymes by *Streptomyces griseus* Var. *Streptomycini*. Applied Biochemistry and Microbiology, Vol. 46, No. 4, pp. 405–408.

B

- **Bernan V, Filpula D, Herber W, Bibb M and Katz E (1985).** The nucleotide sequence of the tyrosinase gene from *Streptomyces antibioticus* and characterization of the gene product. Gene, 37, 101–110.

- **Berger E, Zhang D, Zverlov VV, Schwarz WH (2007).** Two noncellulosomal cellulases of *Clostridium thermocellum*, Cel9I and Cel48Y, hydrolyse crystalline cellulose synergistically. FEMS Microbiol Lett 268:194–201.
- **Bergmeyer HU et Gawekn K (1979).** Principes de l'analyse enzymatique. Tech. et Doc. Lavoisier. Paris. pp. 17.
- **Bernillon S (2005).** Stratégie d'étude de produits de l'oxydation de polyphénols par LC/MS : application au jus de pomme. Thèse de doctorat. N°3069, Université de Rennes I.
- **Berto P, Belingheri L and Dehorter B (1997).** Production and purification of a novel extracellular lipase from *Alternaria brassicicola*. Biotechnology letters ; 19 (6):533-536.
- **Bevilaqua JV, Cammarota MC, Freire DMG and Sant'Anna Jr GL (2002).** Phenol removal through combined biological and enzymatic treatments. Brazilian Journal of Chemical Engineering 19, 151-158.
- **Bhat MK (2000).** Cellulases and related enzymes. In Biotechnology Advances 18 :355–383.
- **Boudjella H , Bouti K, Zitouni A, Mathieu F, Lebrihi A and Sabaou N (2006).** Taxonomy and chemical characterization of antibiotics of *Streptosporangium* Sg 10 isolated from a Saharan soil. Microbiol Res. 161 (4) : 288 - 298.
- **Boughachiche F, Reghioua S, Oulmi L, Zerizer H, Kitouni M, Boudemagh A and Boulahrouf A (2005).** Isolement d'actinomycetales productrices de substances antimicrobiennes à partir de la Sebka de Ain Mlila. Sciences & Technologie C, 23 : 5–10.
- **Burton SG (1994).** Biocatalysis with polyphenol oxidase: a review. Catalysis Today 22. pp 459-487.
- **Burton SG (2001).** Development of bioreactors for application of biocatalysts in biotransformations and bioremediation. Pure Appl. Chem, 73, 77-83.

C

- **Carroad PA et Tom RA (1978).** Bioconversion of shell fish waste process conception and selection of microorganisms. J. food. Sci .43:1158-1161.
- **Carvalho GMJ, Alves TLM, Freire DMG (2000).** L-DOPA production by immobilized tyrosinase. Appl. Biochem. Biotechnol, 84, 791-800.
- **Chater KF and Merrick MJ (1979).** *Streptomyces*. In Developmental Biology of

prokaryotes. Crawford, D. L. J. M. Lynch, J. M. Whipps, M. A. Ousley. 1993. Isolation of actinomycetes antagonists of a fungal root pathogen. *App. Environ. Microbiol.* 59: 3899-3905.

- **Cheraiti N et Gacemi Kirane D (2012).** Isolement des souches d'Actinomycètes productrices de nouvelles molécules antifongiques. *Rev. Microbiol. Ind. San et Environn.* Vol 6, N°1, p : 18-34.
- **Choulet F (2006).** Évolution du génome des *Streptomyces*: transfert horizontal et variabilité des extrémités chromosomiques. Thèse de Doctorat. Université Henri Poincaré, Nancy 1, pp 210.
- **Chen X, Cheng G and Dong S (2001).** Amperometric tyrosinase biosensor based on a sol-gel-derived titanium oxide-copolymer composite matrix for detection of phenolic compounds. *Analyst*, 126, 1728-1732.
- **Chu HL, Yeh DB and Shaw JF (1993).** Production of L-DOPA by banana leaf polyphenol oxidase. *Bot. Bull. Acad. Sin*, 34, 57-60.
- **Cohen Kupiec R et Chet I (1998).** The molecular biology of chitin digestion. *Curr. Opinion. Biotech.* 9:270-277.
- **Colombié V (2005).** Description de la production des piramycine par *Streptomyces* ambofaciens. Modélisation métabolique, simulation et capteur logiciel. Thèse de Doctorat. Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse. pp174.
- **Cormick JR and Flärdh K (2012).** Signals and regulators that govern *Streptomyces* development. *FEMS Microbiol Rev*, 36(1): 206–31.

D

- **Das A, Hamedani K , Soudbakhsh M, Prashanthi K, Bhattacharya S and Suryan S (2012).** Enzymatic screening, antibacterial potential and molecular characterization of *Streptomyces* isolated from Wayanad District in Kerala, India. *IJPBS* ,Volume 2, Issue 1 pp 201-210.
- **Das S, Lyla PS and Khan SA (2008).** Characterization and identification of marine actinomycetes existing systems, complexities and future directions *Natl acad Sci lett.* vol 31, no. 5&6, 149-160.
- **Dawson CR and Magee RJ (1955).** Plant Tyrosinase (Polyphenol oxidase). *Methods in Enzymology*, 2. 817-831.
- **De Andrade MVV, Delatorre AB, Ladeira SA and Martins MLL (2011).** Production and partial characterization of alkaline polygalacturonase secreted by thermophilic

Bacillus sp. SMIA-2 under submerged culture using pectin and corn steep liquor, Ciênc. Tecnol. Aliment., 31(1), pp 204-208.

- **Desouza PM, Deoliveirae P and Magalhães (2010)**. Application of microbial -amylase in industry – a review. Brazilian Journal of Microbiology 41: 850-861 ISSN 1517-8382.
- **Dixit VS and Pant A (2000)**. Comparative characterization of two serine endopeptidases from *Nocardioopsis sp.* NCIM 5124. Biochim. Biophys. Acta 1523:261–268.
- **Dixit VS and Pant A (2000)**. Hydrocarbon degradation and protease production by *Nocardioopsis sp.* NCIM 5124. Lett. Appl. Microbiol. 30:67–69.
- **Drouin M (2005)**. Étude de production de protéases alcalines par *Bacillus licheniformis* en utilisant des boues d'épuration municipales comme substrat. Mémoire de Maître ès sciences (M.Sc.). Canada.
- **Durán N and Esposito E (2000)**. Potential applications of oxidative enzymes and phenoloxidase-like compounds in waste-water and soil treatment: a review, Appl. Catal. B: Environ. 28,83-99.

F

- **Farshid K and Faranak D (2015)**. Amylase activity of aquatic actinomycetes Isolated from the sediments of mangrove forests in south of Iran. Egyptian Journal of Aquatic Research 41, pp: 197–201.
- **Fickers P, Destain J et Thonart P (2008)**. Les lipases sont des hydrolases atypiques : principales caractéristiques et applications. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement, 12(2) : 119-130.

G

- **Gao XG, Cao SG and Zhang K (2000)**. Production, properties and application to non aqueous enzymatic catalysis of lipase from a newly isolated *Pseudomonas* strain. Enzym. Microb. Technol. 27, 74–82.
- **Garrity GM, Bell JA and Lilburn TG (2004)**. Taxonomic Outline of the prokaryotes. In: Bergey's Manual of Systematic Bacteriology. Second Edition. Springer-Verlag. New York.
- **Gazenko SV, Reponen TA, Grinshpan SA, Willeke IC, (1998)**. Analysis of airborne actinomyete spores with flurogenic substrates. Applied and Environmental Microbiology. 64:4410-4415.
- **Ghanem NB, Sabry SA, El-Sherif ZM, Abu El-Elal GA (2000)**. Isolation and enumeration of marine actinomycetes from seawater and sediments in Alexandria. J Gen

Appl Microbiol, 46(3): 105–111.

- **Gohel S and Singh SP (2012).** Single step purification, characteristics and thermodynamic analysis of a highly thermostable alkaline protease from a salt-tolerant alkaliphilic actinomycete, *Nocardioopsis alba* OK-5. J. Chrom. B889–890, 61–68.
- **Gomez RC, Semedo LTAS, Soares RMA, Alviano CS, Linhares LF and Coelho RR (2000).** Chitinolytic activity of actinomycetes from a cerrado soil and their potential in biocontrol. Lett Appl Microbiol 30, 146-150.
- **Goodfellow M and O'Donnell AG (1989).** Search and discovery of industrially significant actinomycetes. Proceeding of the 44th Symposium on Society for General Microbiology, (SCGM'89).Cambridge University Press, Cambridge.pp 343-383.
- **Goodfellow M and Williams ST (1983).** Ecology of actinomycetes. -Ann. Rev. Microbiol. 37.p 189-216.
- **Goodfellow M (2012).** Phylum XXVI. Actinobacteria phyl. nov. **In:** Whitman WB, Goodfellow M, Kämpfer P, Busse HJ, Trujillo ME, Ludwig W, Suzuki KI, Parte A (eds) Bergey's manual of systematic bacteriology, vol 5, 2nd edn, The Actinobacteria, Part B. Springer, New York, pp 33–34.
- **Goodwin CM (2005).** Investigations into actinomycetes isolated from coastal environments, with a special emphasis on the genus *Micromonospora*. Athesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the Master of Science degree in Molecular and Cell Biology in the Departement of Molecular and Cell Biology, Faculty of science, University of cape Town, South Africa.
- **Gottlieb D (1974).** Actinomycetales. In : Bergey's Manual of Determinative Bacteriology.Eds: R.E. Buchanan et N.E. Gibbons, 8th Ed. The Williams and Wilkins Company,Baltimore. 657-881.
- **Gulve R and Deshmukh A (2011).** Enzymatic activity of Actinomycetes isolated from marine sediments. Recent Research in Science and Technology, 3(5): 80-83.
- **Gupta R, Saxena RK, Chatuverdi P and Viridi JS (1995).** Chitinase production by *Streptomyces viridificans* : its potential in fungal cell wall lysis.J Appl Bacteriol 78, 378–383.
- **Gupta R, Paresh G, Harapriya M, Vineet Kumar G and Bhavna C (2003).** Microbial α -amylases: a biotechnological perspective. Process Biochemistry 001 -18.

H

- **Hammond JBW and Nichols DA (1976).** Carbohydrate metabolism in *Agaricus bisporus*

(Lange) Sing.: changes in soluble carbohydrates during growth of mycelium and sporophore. *Journal of General Microbiology.*, 93, 309-320.

- **Hanckin L, Zucker M and Sands CC (1971).** solid medium for the detection and enumeration of pectolytic bacteria. *Applied microbiology.* Vol 02, n°2. P205-209.
- **Heggset EB, Hoell IA, Kristoffersen M, Eijsink VG and Varum KM (2009).** Degradation of chitosans with chitinase G from *Streptomyces coelicolor* A3(2): production of chito-oligosaccharides and insight into subsite specificities. *Biomacromolecules* 10, 892–899.
- **Hirsch AM and Valdes M (2010).** *Micromonospora* : an important microbe for biomedicine and potentially for biocontrol and biofuels. *Soil Biol Biochem* 42:536–542.
- **Hoondal G, Tiwari R, Dahiya N and Beg Q (2002).** Microbial alkaline pectinases and their industrial applications: a review. *Applied Microbiology and Biotechnology*, vol. 59, no. 4-5, pp. 409–418.
- **Hasegawa SA, Meguro M, Shimizu T, Nishimura et Kunoh H (2006).** Endophytic actinomycetes and their interactions with host plants. *Actinomycetol.* 20 (2): 72-81.
- **Hoster F, Schmitz JE et Daniel R (2005).** Enrichment of chitinolytic microorganisms : isolation and characterization of chitinase exhibiting antifungal activity against phytopathogenic fungi from a novel streptomyces strain. *Appl. Microbial. Biotechnol.* 66: 434-442.

I

- **IBATSAM K, IRUM M and SOBIA M (2011).** Comparative Studies on the Amylase and Cellulase Production of *Aspergillus* and *Penicillium*. *J. Appl. Sci. Environ. Manage.* Vol. 15 (4) 657 – 661.
- **Inahashi Y, Matsumoto A, Ōmura S and Takahash Y (2011).** *Streptosporangium oxazolinicum* sp. nov., a novel endophytic actinomycete producing new antitrypanosomal antibiotics, spoxazomicins. *The Journal of Antibiotics* 64, pp 297–302.

J

- **Juhasz T, Szengyel Z, Reczey K, Siika-Aho M and Viikari L (2005).** Characterization of cellulases and hemicellulases produced by *Trichoderma reesei* on various carbon sources. *Process Biochem.*, 40: 3519-3525.
- **Jakimowicz D (2007).** Chromosome segregation and cell division during the growth and

differentiation of *Streptomyces*. Postepy Hig. Med. Dosw. 61: 565-575.

- **Jayani RS, Saxena S and Gupta R (2005)**. *Microbial pectinolytic enzymes: a review*. Process Biochemistry, Vol.40, pp. 2931-2944.
- **Jeffrey LSH and Azrizal MR (2007)**. Screening for cellulase activities in actinomycetes isolated from different locations of Peninsular Malaysia. Journal of Tropical Agriculture and Food Science. Vol.35, No 1, 153–157.
- **Jensen PR, Dwight R and Fenical W (1991)**. Distribution of actinomycetes in near-shore tropical marine sediments. Appl Environ Microbiol, 57(4):1102–1108.
- **Jeuniaux C (1963)**. Chitine et chitinolyse. Ed. Masson & Cie, Paris. P :311-321.
- **Joo HS and Chang CS (2005)**. Oxidant and SDS stable alkaline protease from a halo-tolerant *Bacillus clausii* I-52: enhanced production and simple purification. J. Appl. Microbiol. 98(2), 491–497.
- **Jorge P, Juan CM, Jorge R, Francisco V, Mireia B, Ricardo F, Rosa C, Georgina S and Enrique JHL (2015)**. Monitoring Lipase/Esterase Activity by Stopped Flow in a Sequential Injection Analysis System Using p-Nitrophenyl Butyrate. sensors ISSN 1424-8220.

K

- **Kathiresen K and Manivannan S (2006)**. α -Amylase production by *Penicillium fellutanum* isolated from mangrove rhizosphere soil. African journal of Biotechnology; 5(10):829-832.
- **Katz E, Thompson CJ, Hopwood DA (1983)**. Cloning and expression of the tyrosinase gene from *Streptomyces antibioticus* in *Streptomyces lividans*. J. Gen. Microbiol., 129, 2703– 2714.
- **Kawamoto S, Nakamura M and Yashima S (1993)**. Cloning, sequence and expression of the tyrosinase gene from *Streptomyces lavendulae* MA406 A-1. J. Ferment. Bioeng., 76, 345–355.
- **Keyhani NO et Roseman S (1999)**. Physiological aspect of chitin catabolism in marine bacteria. Biochimica et Biophysica Acta. (14)73: 108-122.
- **Kikani BA and Singh SP (2011)**. Single step purification and characterization of a thermostable and calcium independent α -amylase from *Bacillus amyloliquifaciens* TSWK1-1 isolated fromTulsi Shyamhot spring reservoir, Gujarat (India). International Journal of Biological Macromolecules, vol.48 , no.4,pp. 676-681.

- **Kim MJ, Chung HS and Park SJ (1993)**. Properties of alkaline protease isolated from *Nocardioopsis dassonvillei*. Korean Biochem. J. 26, 81–85.
- **Kim KJ, Yang YJ and Kim JG (2003)**. Purification and characterization of chitinase from *Streptomyces* sp. M-20. J. Biochem. Mol. Biol. 36(2), 185–189.
- **Kim SB, Seong CN, Jeon SJ, Bae KS 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.
- **Kitouni M, Boudemagh A, Oulmi L, Reghioia S, Boughachiche F, Zerizer H, Hamdiken H, Couble A, Mouniee D, Boulahrouf A and Boiron P (2005)**. Isolation of actinomycetes producing bioactive substances from water, soil and tree bark samples of the north–east of Algeria. J Med Mycol, 15(1) : 45–51.
- **Krasilnikov (1958)**. Soil Microorganisms and higher plants office of technical services. US. Dept of commerce. Washington.
- **Kuhad RC, Gupta R and Singh A (2011)**. Microbial cellulases and their industrial applications. Enzyme Research .Volume 2011. 10 pages.
- **Kuhad RC, Kapoor M and Rustagi R (2004)**. Enhanced production of an alkaline pectinase from *Streptomyces* sp. RCK-SC by whole-cell immobilization and solid-state cultivation, World J. Microbiol. Biotechnol. 20, pp 257–263.
- **Kumar CG and Takagi H (1999)**. Microbial alkaline protease; from a bio industrial view point. Biotechnol Adv 17:561–594.

L

- **Lang C and Dornenburg H (2000)**. Perspectives in the biological function and the technological application of polygalacturonases. Applied Microbiology and Biotechnology, vol. 53, no.4, pp. 366–375.
- **Larpent JP et Sanglier JJ (1989)**. Biotechnologie des antibiotiques. Masson. Paris.p 481.
- **LE GOFF A (2001)**. Influence de la structure fine des pectinases sur le mode d'action d'endopolygalacturonase sauvage et mutant du champignon *Fusarium moniliform*. Thèse de doctorat d'état. Université de Nantes France.
- **Lin F, Marchenko G and Cheng YR (1994)**. Cloning and sequencing of an endo-beta-

1,4-glucanase gene *mcenA* from *Micromonospora cellulolyticum* 86W-16. Journal of Industrial Microbiology 13, 344-350.

- **Liu Z, Deng J and Li D (2000).** A new tyrosinase biosensor based on tailoring the porosity of Al₂O₃ sol-gel to co-immobilize tyrosinase and the mediator. *Analytica Chimica Acta.* 407, 87-96.
- **Lu WJ, Wang HT and Nie YF (2004).** “Effect of inoculating flower stalks and vegetable waste with ligno-cellulolytic microorganisms on the composting process,” *Journal of Environmental Science and Health, Part B, Vol. 39, N°.* 5-6, pp 871– 887.
- **Lynd LR, Weimer PJ, Van Zyl WH and Pretorius IS (2002).** *Microbial Cellulose Utilization: Fundamentals and Biotechnology. Microbiology and Molecular Biology Reviews,* 66 (3), p: 506-577.

M

- **Macagnan DR, Romeiro da S, Pomella AWW et de Souza T (2008).** Production of lytic enzymes and siderophores, and inhibition of germination of basidiospores of *Moniliophthora (ex Crinipellis) perniciosaby* phylloplane actinomycetes. *Biol. Control.* 47: 309-314.
- **Malfait M, Godden B and Pennickx MJ (1984).** Growth and cellulase production of *Micromonospora chalcea* and *Pseudonocardia thermophila*. *Annals of Microbiology* 135, 79-89.
- **Maluszyńska GM, Janota-Bassalik L (1974).** A cellulolytic rumen bacterium, *Micromonospora ruminantium sp. nov.* *Journal of General Microbiology* 82, 57-65
- **Mansour FA, Sherief AA, el-Dein MMN, Dora MIA and Ball AS (2003).** Purification and characterisation of xylanase from a thermophilic *Streptomyces sp.* K37. *Acta Microbiologica Polonica.*, 52: 159-172.
- **Mayer AM and Harel E (1979).** Polyphenol oxidase in plants. *Phytochemistry,* 18, 193-215.
- **Mayer AM, Harel E (1991).** Phenoloxidasas and their Significance in Fruit and Vegetables. Chap.9, In: Fox, P.F. (Ed.) *Food Enzymology.* London: Elsevier Applied Science. 373-398.
- **Mehraj P, Anuradha KP and Subbarao D (2013).** Applications of Pectinases in Industrial Sector. *Int. J. Pure Appl. Sci. Technol.*, 16(1). pp. 89-95.
- **Mighélez EM, Hardisson C and Manzanal MB (2000).** *Streptomyces: A new model to study cell death.* *J. Cell. Biol.* 3: 153–158.

- **Minotto E, Pasqualini ML, Trindade OM and Van Der Sand ST (2014).** Enzyme characterization of endophytic actinobacteria isolated from tomato plants. *Journal of Advanced Scientific Research*. 5 (2): 16-23.
- **Miyamoto K, Tsujibo H, Nukui E, Itoh H, Kaidzu Y and Inamori Y (2002).** Isolation and characterization of the genes encoding two metallo proteases (MprI and Mpr II) from a marine bacterium, *Alteromonas sp.* strain O-7. *Biosci Biotechnol Biochem* 66:416–421.
- **Miyashita K, Fujii T and Sawada Y (1991).** Molecular cloning and characterization of chitinase genes from *Streptomyces lividans* 66.J. *Gen. Microbiol.*, 137, 2065–2072.
- **Mobini-Dehkordi M and Fahime AJ (2012).** Application of alpha-amylase in biotechnology. *Journal of Biology and today's world*. pp: 39-50.
- **Moreira KA, Albuquerque BF, Teixeira MFS, Porto HLF and Filho JLL (2002).** Application of protease from *Nocardioopsis sp.* as a laundry detergent additive. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 18, 307–312.
- **Mukherjee G and Sen SK (2006).** Characterization and identification of chitinase producing *Streptomyces venezuelae* P10. *Indian J. Exp. Biol.*, 42, 541–544.
- **Munjal N and Sawhney SK(2002).** Stability and properties of mushroom tyrosinase entrapped in alginate, polyacrylamide and gelatine gels. *Enzymeand Microbia Technology*. 30, 613-619.
- **Mswaka AY and Magan N (1998).** Wood degradation, and cellulase and ligninase production by *Trametes* and other wood-inhabiting basidiomycetes from indigenous forests of Zimbabwe. *Mycological Research*, Vol. 102, No. 11, 1399–1404.

N

- **Najafi MF, Deobagkar D and Deobagkar D (2005).** Potential application of protease isolated from *Pseudomonas aeruginosa* PD100. *Electronic J. Biotechnol.* 8, 197–203.
- **Nazneen A, Alam MM, Azim U, Feroza B, Tipu S, Abul KA, Nitsh B and Kutzner HJ (1969).** Production of Pectinase by *Aspergillus niger* Cultured in Solid State Media. *International Journal of Biosciences (IJB)*, ISSN: 2220-6655 (Print), Vol. 1, No. 1. pp: 33-42.
- **Nonomura H and Ohara Y (1969).** The distribution of Actinomycetes in soil. VI. Aselective plate-culture isolation method for *Microbispora* and *Streptosporangiumstrains*. Part I. *J. Ferment. Technol.* 47: 463–469.

O

- **Opatokun SA, Kabbashi N, Alam MZ, Salihu A, Abass A and Ruqayyah TLD**

(2011). Composting of food and yard wastes by locally isolated fungal strains. Afr J Biotechnol 10:18800–18806.

- **Ou X, Zhang B, Zhang L, Dong K, Liu C, Zhao G and Ding X (2008).** SarA influences the sporulation and secondary metabolism in *Streptomyces coelicolor* M145. Acta. Biochim. Biophys Sin, 40 (10), 877-882.

P

- **Pahoja V et Sethar M (2002).** A review of enzymatic properties of lipase in plants, animals and microorganisms. Pakistan J. Appl. Sci., 2: 474-484.
- **Pandey A, Nigam P, Soccol CR, Soccol VT, Singh D and Mohan R (2000)** Advances in microbial amylases. Biotechnol. Appl. Biochem. 31, 135–152.
- **Patke D and Dey S (1998).** Proteolytic activity from a thermophilic *Streptomyces megasporus* strain SDP4. Lett Appl Microbiol 26, 171-174.
- **Pelmont J (1995).** Enzymes : catalyseurs du monde vivant. Presse Universitaire de Grenoble. pp. 7; 621; 652–654.
- **Perez J, Munoz-Dorado J, de la Rubia T and Martinez J (2002).** Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose. Int Microbiol 5:53–63.
- **Pinky P (2012).** In vitro Cellulose Rich Organic Material Degradation by Cellulolytic *Streptomyces albospinus* (MTCC 8768). Mal. J. Microbiol. Vol 8(3) 2012, pp. 164-169.
- **Prauser H, (1964).** Aptness and application of color for exact description of color of *Streptomyces*. Z. Allgemeine Microbiol., 4: 95- 98.
- **Prazeres JND, Cruz JAB and Pastore GM (2006).** Characterization of alkaline lipase from *Fusarium oxysporum* and the effect of different surfactants and detergents on the enzyme activity. Braz. J. Microbiol ; 37:505-509.
- **Prescott LM, Harley JP et Klein DA (2010).** Microbiologie. De Boeck : Bruxelles. 2eme édition. Pp :1088.

R

- **Ramesh CK, Rishi G and Ajay S (2011).** Microbial Cellulases and Their Industrial Applications. SAGE-Hindawi Accessto Research Enzyme Research Volume 2011, Article ID 280696, 10 pages.
- **Rastogi BV and Kishore B (1997).** A Complete Course in ISC Biology. Pitambar Publishing: New Delhi. Pp: 592.
- **Rathan RK and Ambili M (2011).** Cellulase enzyme production by *Streptomyces sp.*

using fruit waste as substrate. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, vol. 5, no. 12, pp. 1114–1118.

- **Raval (2012)**. Biotransformation of a single amino acid L tyrosine into a bioactive molecule L-DOPA. Int JSci Res, 2: 2250–3153.
- **Ravikumar S, Inbaneson SJ, Uthiraselvam M, Priya SR, Ramu A and Banerjee MB (2011)**. Diversity of endophytic actinomycetes from Karangkadu mangrove ecosystem and its antibacterial potential against bacterial pathogens. J Pharm Res ; 4 (1): 294-296.
- **Revah-Moiseev S et Carroad PA (1981)**. Conversion of enzymatic hydrolysate of shell fish waste chitin to SCP. Biotechnol. Bioeng. 23: 1067-1078.
- **Reyad MA (2013)**. Diverse of enzymatically active actinomycetes associated with mangrove rhizosphere in Janzan coast. Ann. Biol. Res. 4(4): 100-108.
- **Rodakiewicz-Nowak J and Ito M (2003)**. Effect of water-miscible solvents on the Organic Solvent Resistant Tyrosinase from *Streptomyces* sp. REN-21. Journal of Chemical Technology & Biotechnology. 78, Issue 7, 809-816.
- **Rodrigues K (2006)**. Identificação, produção de antimicrobianos e complexos enzimáticos de isolados de actinomicetos. MSc Dissertation. Agricultural and Environmental Microbiology Post-Graduation. Universidade Federal Rio Grande do Sul, Brazil. p. 129.
- **Roy S, Das I, Munjal M, Karthik L, Kumar G, Kumar S and Rao KVB (2014)**. Isolation and characterization of tyrosinase produced by marine actinobacteria and its application in the removal of phenol from aqueous environment. Front. Biol. 9 (4): 306–316.

S

- **Sato M and Kaji A (1980)**. Another pectate lyase produced by *streptomyces nitrosporeus*. Agric. Biol. Chem. 44:1345-1349.
- **Selama O, Amos Gregory CA, Djenane Z, Borsetto C, Laidi FR, Porter D and Nateche F (2014)**. Screening for genes coding for putative antitumor compounds, antimicrobial and enzymatic activities from haloalkalitolerant and haloalkaliphilic bacteria strains of Algerian Sahara soils. BioMed Research International. Volume 2014, PP 1-11.
- **Shartz A, Bugie E and Waksman SA (1944)**. Streptomycin, a substance exhibiting antibiotic activity against Gram-positive and Gram-negative bacteria. Proc. Soc. Exp. Boil. Med, 55, 66-69.
- **Shipovskov S, Levashov A (2003)**. Tyrosinase: Polybrene Noncovalent Complexes in

Water-Ethanol Mixtures. Biotechnology and bioengineering. 84, 258-263.

- **Shipra D, Surendra S, Vinni S and Manohar LS (2011)**. Biotechnological Applications of Industrially Important Amylase Enzyme. International Journal of Pharma and Bio Sciences. P – 486- 496.
- **Shirling EB and Gottlieb D (1966)**. Methods for characterization of *Streptomyces* species. International Journal of Systematic Bacteriology. 16:313-340.
- **Sierra G (1957)**. a simple method for the detection of lipolytic activity of microorganisms and some observations on the influence of the contact between cells and fatty substrates. J. Microbial Seriol., 23: 15-22.
- **Singh J, Batra N and Sobti C (2004)** .Purification and characterization of alkaline cellulase produced by a novel isolate, *Bacillus sphaericus* JS1. J. Ind. Microbiol. Biotechnol. 31, 51–56.
- **Smaoui S (2010)**.Purification et caractérisation de biomolécules à partir de microorganismes nouvellement isolés et identifiés. Thèse de Doctorat en Génie de Procédés et Environnement. Université de Toulouse. France. 251p.
- **Sohail, M, Siddiqi R, Ahmad A and Khan SA (2009)**. Cellulase production from *Aspergillus niger* MS82 : Effect of temperature and pH. New Biotechnol., 25: 437-441.
- **Solomon EI, Sundaram UM and Machonkin TE (1996)**. Multicopper oxidases and oxygenases. Chem Rev., 96, 2563-2606.
- **Song J, Weon HY, Yoon SH, Parrk DS, Go SG, Suh JW (2001)**. Phylogenetic diversity of thermophilic actinomycetes and Thermoactinomycetes isolated from mushroom composts in Korea based on 16S rRNA gene sequence analysis. FEMS Microbiol Lett, 202(1): 97–102.
- **Spooner FR and Hammerschmidt R (1989)**. Characterization of extracellular pectic enzymes produced by *Streptomyces sp.* Phytopathology. 79, 1190.
- **Srinivasan MC, Laxman RS and Deshpande MV (1991)**. Physiology and nutrition aspects of actinomycetes – An overview. World Journal of Microbial and Biotechnology 7, 171-184.
- **Stackebrandt E and Schumann P (2006)**. Introduction to the taxonomy of actinobacteria. Prokaryotes, 3: 2 97–321.
- **Stamford TLM, Stamford NP, Coelho LCBB and Araujo JM (2001)**. Production and characterization of a thermostable α -amylase from *Nocardioopsis sp.* endophyte of yam bean . Bioresource Technology, vol.76, no.2,pp. 137–141,2001.

- **Stamford TL, Stamford NP, Coelho LC, Araujo JM (2002).** Production and characterization of a thermostable glucoamylase from *Streptosporangium* endophyte of maize leaves, *Bioresour Technol* 83:105–109.
- **Strub C (2008).** Modélisation et Optimisation de la production de thiolutine chez *Saccharothrix algeriensis*. Thèse de Doctorat. Institut National Polytechnique de Toulouse. Locci et Sharples, 1984. pp 13.
- **Syed DG, Agasar D and Pandey A (2009).** Production and partial purification of α -amylase from a novel isolate *Streptomyces gulbargensis* . *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, vol. 36,no.2, pp.189–194.

T

- **Taechowisan T, Peberdy JF and Lumyong S (2003).** Chitinase production by endophytic *Streptomyces aureofaciens* CMUAc130 and its antagonism against phytopathogenic fungi. *Ann Microbiol*53, 447–461.
- **Theilleux J, In Levreau JY and Bouix M (1993).** Microbiologie industrielle. Les micro-organismes d'intérêt industriel. Lavoisier, paris. Ch. 6.pp: 425-481.
- **Thiagarajan V, Revathia R, Aparanjini K, Sivamanic P, Girilala M, Priyad CS and Kalaichelvan PT (2011).** Extracellular chitinase production by *Streptomyces sp. PTK19* in submerged fermentation and its lytic activity on *Fusarium oxysporum* PTK2 cell wall. *Int. J. Curr. Sci.*1. pp: 30-44.
- **Tomás-Barberán FA and Espín JC (2001).** Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 81, 853-876.
- **Tsujibo H, Kubota T, Yamamoto M, Miyamoto K and Inamori Y (2003).** Characterization of chitinase genes from an alkaliphilic actinomycete, *Nocardiopsis prasina* OPC-131. *Appl. Environ. Microbiol.* 69 (2), 894–900.
- **Tsujibo H, Mijamoto K, Hasegawa T and Inamori Y (1990)** .Amino acid composition and partial sequences of two types of alkaline serine proteases from *Nocardiopsis dassonvillei* sub sp. prasina OPC-210.*Agr.Biol.Chem.*54:2177–2179.
- **Tsujibo H, Mijamoto K, Hasegawa T and Inamori Y (1990).**Purification and characterization of two types of alkaline serine proteases produced by an alkaliphilic actinomycete.*J.Appl.Bacteriol.*69:520–529.
- **Tsujibo H, Sakamoto T, Nishino N, Hasegawa T and Inamori Y (1990)** .Purification and properties of three types of xylanases produced by an alkaliphilic

actinomycete. J. Appl. Bacteriol. 69:398–405.

- **Tuomela M, Vikman M, Hatakka A and Itavaara M (2000).** Biodegradation of lignin in a compost environment: a review. *Bio resour Technol* 7:169–183.

V

- **Vonothini G, Murigan M, Sivakumar K and Sudha S (2008).** Optimization of protease production by an actinomycete strain, PS-18A isolated from an estuarine shrimp pond. *Afr J Biotechnol* 7, 3225-3230.
- **Vujaklija D, Schroder W and Abramic M (2002).** A novel *Streptomyces* lipase: cloning, sequencing and high-level expression of the *Streptomyces rimosus* GDS (L)-lipase gene. *Arch. Microbiol.* 178(2), 124–30.

W

- **Waksman SA and Woodruff HB (1940).** The soil as a source of microorganisms antagonistic to disease producing bacteria. In “*Bergey’s Manual of Systematic Bacteriology*”. Williams & Wilkins Eds, 4: 2333-2648.
- **Waleed M, Abdulkhair And Mousa AA (2016).** Enzymes and Phytohormones from *Micromonospora*. Chapitre 12. pp: 292- 313.
- **Whitman WB, Goodfellow M, Kämpfer P, Busse HJ, Trujillo ME, Ludwig W and Suzuki KI (2012).** *Bergey’s manual of systematic bacteriology. The Actinobacteria, Part A. Volume 5, 2nd edition, Springer New York, Dordrecht Heidelberg London.*
- **Williams and Cross (1971).** Isolation, purification, cultivation and preservation of actinomycetes. *Methods Microbiol.* 4 : 295-334.
- **Williams ST, Goodfellow M and Alderson G (1989).** Genus *Streptomyces* Waksman and Henrici, 1943, 339AL. In: *Bergey’s manual of systematic bacteriology*, Williams and Wilkins, Baltimore, Vol. 4, p. 2452–2492.
- **Williams ST (1978).** *Streptomyces* in soil ecosystem. In Mordarski M, Kurylowicz W, Jeljaszewicz J (eds) *Nocardia and Streptomyces*. Warsaw. October 1976. Gustav fischer Verlag, Stuttgart; 137-142.

Y

- **Yamamoto SP, Bouvet JM and Harayama S (1999).** Phylogenetic structures of the genus *Acinetobacter* based on *gyrB* sequences: comparison with the grouping by DNA-DNA hybridisation. *International Journal of Systematic Bacteriology.* 49:87-95.
- **Yugal KM (2014).** Isolation of Cellulose-Degrading Actinomycetes and Evaluation of

their Cellulolytic Potential. *Bioengineering and Bioscience* 2(1): pp 1-5.

- **Yağar H and Sağıroğlu A (2002)**. Non-covalent immobilization of Quice(*Cydonia oblonga*) Polyphenol oxidase on alumina.. *Acta Chim. Slov.* 49, 893-902.

Z

- **Zhang De Long, Jian-He Xu and Jiang Pan. (2007)**. Significant Improvement of *Serratia marcescens* Lipase fermentation, by optimizing medium, induction and oxygen supply. *Appl Biochem Biotechnol*; 142: 148-157.
- **Zhang X-Z and Zhang Y-HP (2013)**. *Bioprocessing Technologies in Biorefinery for Sustainable Production of Fuels, Chemicals, and Polymers*, First Edition. Edited by Shang-Tian Yang, Hesham A. El-Enshasy, and Nuttha Thongchul. Pp 131.
- **Zhen-qian Z and Chun-yun G (2009)**. Screening for lipase-producing *Enterobacter agglomerans* for biodiesel catalyzation. *Afr J Biotechnol*; 8 (7) :1273–9.
- **Zhou X, Huang J, Ou Z, Wang H and Wang R (2000)**. Conditions of enzyme production and properties of alkaline lipase by *Streptomyces* Z94-2. *Wei Sheng Wu Xue Bao.* 40, 75–79.

Annexes

Milieux d'identification

- **Milieu ISP2 (International *Streptomyces* Project 2)**

Glucose	4 g
Extrait de levure	4 g
Extrait de malt	10 g
Eau distillée	1000 ml
Agar	20 g

pH = 7,2

- **Milieu ISP5 (International *Streptomyces* Project 5)**

Glycérol	10 g
K ₂ HPO ₄	1 g
L-Asparagine	1 g
Solution saline standard	1 ml
Agar	20 g
Eau distillée	1000 ml

pH = 7.4

Solution saline standard

FeSO ₄ ·7H ₂ O	0.1 g
MnCl ₂ ·4H ₂ O	0.1 g
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.1 g
Eau distillée	100 ml

- **Milieu ISP6 (International *Streptomyces* Project 6)**

Peptone	20 g
Citrate ferrique d'ammonium	0.5 g
K ₂ HPO ₄	1 g
Thiosulfate de sodium	0.08 g
Extrait de levure	1 g
Agar	20 g
Eau distillée	1000 mL

pH = 7

• **Milieu ISP7 (International *Streptomyces* Project 7)**

Glycérol	15 g
L-tyrosine	0.5 g
L-asparagine	1 g
K ₂ HPO ₄	0.5 g
Na Cl	0.5 g
FeSO ₄ -7H ₂ O	0.01 g
Solution saline standard	1 ml
Agar	20 g
Eau distillée	1000 mL
pH = 7,2-7,4	

Solution saline standard

FeSO ₄ - 7H ₂ O	0.1 g
MnCl ₂ -4H ₂ O	0.1 g
ZnSO ₄ -7H ₂ O	0.1 g
Eau distillée	100 ml

• **Gélose 172F modifiée**

Glucose	10 g
Extrait de levure	5 g
Amidon	10 g
Casitone	5 g
MgSO ₄ -7H ₂ O	2.5 g
CaSO ₄ -2H ₂ O	2 g
Eau distillée	1000 ml
agar	15 g
pH = 7- 7.2	

• **Milieu Bennett's-Glycerol**

Glycérol	10 g
Casitone	2 g
Extrait de levure	1 g
Extrait de bœuf	1 g
Eau distillée	1000 ml
Agar	20 g

pH = 7

Milieux pour tests enzymatiques

- **La gélose de Gause**

KNO ₃	1.0 g
K ₂ HPO ₄	0.5 g
MgSO ₄	0.5 g
NaCl	0.5 g
FeSO ₄	0.01 g
Amidon	20.0 g
Agar	30.0 g
Eau distillée	1000 ml
PH= 7,4	

- **Gélose nutritive à la gélatine**

Peptone	5 g
Extrait de bœuf	3 g
Gélatine	4 g
Agar	15 g
Eau distillée	1000 ml
PH= 7	

- **La gélose à la cellulose**

Cellulose	0.5 g
NaNO ₃	0.1 g
K ₂ HPO ₄	0.1 g
MgSO ₄	0.05 g
Extrait de levure	0.05 g
Agar	15 g
PH= 7	

- **La gélose nutritive additionnée de chitine**

Chitine	5 g
Extrait de levure	0.5 g
K ₂ HPO ₄	2 g
MgSO ₄ -7H ₂ O	1 g
FeSO ₄ -7H ₂ O	0.1 g
Eau distillée	1000 ml

PH = 7

- **La gélose au jaune d'œuf (à 1%)**

Peptone	10 g
Extrait de levure	5 g
NaCl	10 g
Agar	20 g
Jaune d'œuf	100 ml
Eau distillée	1000 ml

PH = 7

- **Le milieu de Sierra additionné de tween 80**

Peptone	10 g
NaCl	5g
CaCl ₂ - 1H ₂ O	0.1g
Eau distillée	1000 ml
Agar	18 g
Tween 80	10 ml

PH = 7.4

- **La gélosé au lait écrémé**

Peptone	10 g
NaCl	05 g
Extrait de levure	03 g
Agar	20 g

Eau distillée	1000 mL
Lait écrémé	100 g dans 1000 mL d'eau distillée
pH = 6.5-7.2	

• **la gélose à la tyrosine**

Peptone	05 g
Extrait de viande	3 g
L-tyrosine	05 g
Agar	20 g
Eau distillée	1000 ml

pH = 7

• **La gélose MP7**

Glucose	05g
Pectine	05g
KH ₂ PO ₄	04g
Na ₂ HPO ₄	06g
extrait de levure	01g
(NH ₄) ₂ SO ₄	02g
FeSO ₄ ·7H ₂ O	0.001g (01mg)
MgSO ₄	0.2 g
CaCl ₂	0.001g (01mg)
H ₃ BO ₃	0.00001g (10µg)
MnSO ₄	0.00001g (10µg)
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.00007g(70µg)
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.00005g(50µg)
MoO ₃	0.00001(10µg)
eau distillée	1000 ml
Agar	15 g

pH = 7.2-7.4

N.B. l'ajustement du pH des milieux de cultures s'effectue à l'aide d'une solution de NaOH ou d'une solution d'HCL.

NaOH : 10g de NaOH dans 250 ml d'eau distillée.

HCL : 200 ml d'HCL dans 16.40 ml d'eau distillée.

Colorants

- **La solution aqueuse de Rouge Congo**

Rouge Congo	1 g
Eau distillée	100 ml

- **La solution de chlorure de mercure**

HgCl ₂	15g
HCl concentré	20 ml
Eau distillée	100 ml

- **La solution d'acétate de cuivre**

Acétate de cuivre	10 g
Eau distillée	100 ml

- **Violet de Gentiane**

Violet de Gentiane	1g
Ethanol	10ml
Phenol	2g
Eau distillée	100 ml

- **La solution de lugol**

iodure de potassium	2g
Iode métalloïde I ₂	1g
Eau distillée	100ml

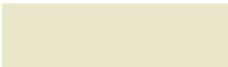
- **La solution de fuchsine**

Fuchsine basique	10g
Phénol	50g
Ethanol	100 ml
Eau distillé	1 L

Le nuancier RAL

(<http://www.toutes-les-couleurs.com/nuancier-ral.php>)

Les teintes de jaune

RAL 1000	RAL 1001	RAL 1002	RAL 1003	RAL 1004
				
Beige vert	Beige	Jaune sable	Jaune de sécurité	Jaune or
RAL 1005	RAL 1006	RAL 1007	RAL 1011	RAL 1012
				
Jaune miel	Jaune maïs	Jaune narcisse	Beige brun	Jaune citron
RAL 1013	RAL 1014	RAL 1015	RAL 1016	RAL 1017
				
Blanc perlé	Ivoire	Ivoire clair	Jaune soufre	Jaune safran
RAL 1018	RAL 1019	RAL 1020	RAL 1021	RAL 1023
				
Jaune zinc	Beige gris	Jaune olive	Jaune colza	Jaune trafic
RAL 1024	RAL 1026	RAL 1027	RAL 1028	RAL 1032
				
Jaune ocre	Jaune brillant	Jaune curry	Jaune melon	Jaune genêt
RAL 1033	RAL 1034	RAL 1035	RAL 1036	RAL 1037
				
Jaune dahlia	Jaune pastel	Beige nacré	Or nacré	Jaune soleil

Les teintes d'orange

RAL 2000	RAL 2001	RAL 2002	RAL 2003	RAL 2004
				
Orangé jaune	Orangé rouge	Orangé sang	Orangé pastel	Orangé pur
RAL 2005	RAL 2007	RAL 2008	RAL 2009	RAL 2010
				
Orangé brillant	Orangé clair	Orangé rouge clair	Orangé trafic	Orangé de sécurité
RAL 2011	RAL 2012	RAL 2013		
				
Orangé foncé	Orangé saumon	Orangé nacré		

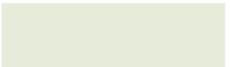
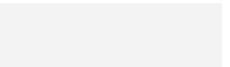
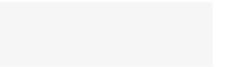
Les teintes de gris

RAL 7000	RAL 7001	RAL 7002	RAL 7003	RAL 7004
Gris petit-gris	Gris argent	Gris olive	Gris mousse	Gris de sécurité
RAL 7005	RAL 7006	RAL 7008	RAL 7009	RAL 7010
Gris souris	Gris beige	Gris kaki	Gris vert	Gris tente
RAL 7011	RAL 7012	RAL 7013	RAL 7015	RAL 7016
Gris fer	Gris basalte	Gris brun	Gris ardoise	Gris anthracite
RAL 7021	RAL 7022	RAL 7023	RAL 7024	RAL 7026
Gris noir	Gris terre d'ombre	Gris béton	Gris graphite	Gris granit
RAL 7030	RAL 7031	RAL 7032	RAL 7033	RAL 7034
Gris pierre	Gris bleu	Gris silex	Gris ciment	Gris jaune
RAL 7035	RAL 7036	RAL 7037	RAL 7038	RAL 7039
Gris clair	Gris platine	Gris poussière	Gris agate	Gris quartz
RAL 7040	RAL 7042	RAL 7043	RAL 7044	RAL 7045
Gris fenêtre	Gris trafic A	Gris trafic B	Gris soie	Télé gris 1
RAL 7046	RAL 7047	RAL 7048		
Télé gris 2	Télé gris 4	Gris souris nacré		

Les teintes de brun

RAL 8000	RAL 8001	RAL 8002	RAL 8003	RAL 8004
				
Brun vert	Terre de Sienne	Brun de sécurité	Brun argile	Brun cuivré
RAL 8007	RAL 8008	RAL 8011	RAL 8012	RAL 8014
				
Brun fauve	Brun olive	Brun noisette	Brun rouge	Brun sépia
RAL 8015	RAL 8016	RAL 8017	RAL 8019	RAL 8022
				
Marron	Brun acajou	Brun chocolat	Brun gris	Brun noir
RAL 8023	RAL 8024	RAL 8025	RAL 8028	RAL 8029
				
Brun orangé	Brun beige	Brun pâle	Brun terre	Cuivre nacré

Les teintes de blanc et noir

RAL 9001	RAL 9002	RAL 9003	RAL 9004	RAL 9005
				
Blanc crème	Blanc gris	Blanc de sécurité	Noir de sécurité	Noir foncé
RAL 9006	RAL 9007	RAL 9010	RAL 9011	RAL 9016
				
Aluminium blanc	Aluminium gris	Blanc pur	Noir graphite	Blanc trafic
RAL 9017	RAL 9018	RAL 9022	RAL 9023	
				
Noir trafic	Blanc papyrus	Gris clair nacré	Gris foncé nacré	

Résumés

Résumé

Notre travail s'est intéressé à l'étude de 10 souches actinomycétales et a porté sur une identification morphologique macroscopique et microscopique ainsi qu'une mise en évidence de leur aptitude à produire quelques enzymes : l'uréase, l'amylase, la cellulase, la tyrosinase, la lécithinase, l'estérase (dégradation du tween 80), la caséinase, la gélatinase, la pectinase et la chitinase.

Nos résultats ont démontré que :

- Les dix (10) souches étudiées appartiennent aux genres : *Streptomyces* ; *Streptosporangium* ; *Saccharopolyspora* ; *Nocardiopsis* ; *Actinoplanes* ; *Micromonospora* et *Nocardia*.
- Toutes les souches étudiées ont montré au moins une activité enzymatique, ce qui démontre leur importance.
- L'amylase est l'enzyme, la plus produite par nos souches (90%) ; suivie par l'uréase (80%) ; puis la tyrosinase et la pectinase (70%).
- Aucune des souches n'a pu produire la gélatinase et l'estérase.
- Les souches n°02 et n°05 sont les plus actives ; elles ont pu produire six (06) enzymes parmi dix (10) enzymes (60%) : l'amylase, la chitinase, la tyrosinase, l'uréase, la lécithinase et la pectinase pour la 1^{ère} souche l'amylase, la cellulase, la caseinase, la tyrosinase, l'uréase et la lécithinase pour la seconde.
- La souche n° 08 est la moins active vu qu'elle a produit 02 enzymes seulement : l'amylase et l'uréase.

Mots clés : Actinomycetes, enzymes, amylase, cellulase, uréase, *Streptomyces*, *Micromonospora*, *Nocardia*.

Abstract

In the present study, ten (10) actinomycetes strains were morphologically characterized (using macroscopic and microscopic examination) ; and their ability to produce ten (10) enzymes were studied ; including: amylase, uréase, cellulase, tyrosinase, lecithinase, esterase (degradation of tween 80), caseinase, gelatinase, pectinase and chitinase.

The results showed that:

- The actinomycetal strains were found to be belonging the genera: *Streptomyces*, *Streptosporangium*, *Saccharopolyspora*, *Nocardiopsis*, *Actinoplanes*, *Nocardia* and *Micromonospora*.
- The strains showed the ability to produce at least one enzyme, which demonstrates their importance.
- Amylase was the most produced enzyme (90%) followed by urease (80%), then tyrosinase and pectinase (70%).
- None of our strains was able to produce gelatinase and esterase.
- The strains n°02 and n°05 were the most active; they produced 06 enzymes among the ten (10) studied enzymes (60%): amylase, chitinase, tyrosinase, uréase, lécithinase and pectinase for the first strain; and amylase, la cellulase, caseinase, tyrosinase, urease and lécithinase for the second one.
- The strain n°08 was the least active; it produced only 02 enzymes: amylase and urease.

Key words: Actinomycetes, enzymes, amylase, cellulose, urease, *Streptomyces*, *Micromonospora*, *Nocardia*.

ملخص

لقد تمت دراستنا على (10) عزلات اكتينومييسيا ، وهدفت إلى تشخيص أولي لها و ذلك بالاعتماد على صفاتها المظهرية (الزرعية والمجهرية) ومن ثم دراسة قدرتها على إنتاج بعض الإنزيمات :

الإيرياز (Urease)، الأميلاز (Amylase) ، السليلاز (Cellulase) ، التيروسيناز (Tyrosinase) ، البكتيناز (Pectinase) ، الكيتيناز (Chitinase) ، الكازيناز (caséinase) ، الجيلاتيناز (gélatinase) ، الليسيتيناز (lécithinase) ، الإستيراز (estérase : Tween 80) والكيتيناز (chitinase)

بينت النتائج المحصل عليها أن العزلات تنتمي إلى الأنواع التالية : *Streptomyces* , *Streptosporangium* , *Actinoplanes*, *Nocardiopsis*, *Saccharopolyspora*, *Nocardia*, *Micromonospora*

أظهرت الاختبارات الإنزيمية أن:

- جميع العزلات أبدت نشاطا إنزيميا واحدا على الأقل وهذا ما يوضح أهمية هذه العزلات .
- الأميلاز (Amylase) هو الإنزيم الذي أنتجته غالبية العزلات بنسبة مقدرة ب (90%) يليه إنزيم الإيرياز (Uraése) بنسبة (80%) في حين احتل الإنزيمان التيروسيناز (Tyrosinase) و البكتيناز (Pectinase) ،المرتبة الثالثة بنسبة (70%).
- لم تنتج أي من العزلات :إنزيم الجيلاتيناز (gélatinase) وإنزيم الإستيراز (Estérase : Tween 80)
- العزلات رقم 02 و 05، كانت أكثر عزلات الأكتينومييسيا نشاطا ،إذ أنتجت 06 أنزيمات من ضمن 10 (60%) : بالنسبة للعزلة 02 : الأميلاز (Amylase) ، الكيتيناز (Chitinase) ، التيروسيناز (Tyrosinase) ، الإيرياز (Uréase) ، الليسيتيناز (lécithinase) ، البكتيناز (Pectinase)
- بالنسبة للعزلة 05 : الأميلاز (Amylase) ، السليلاز (Cellulase) ، الكازيناز (Caséinase) ، التيروسيناز (Tyrosinase) ، الإيرياز (Uréase) ، الليسيتيناز (Lécithinase)
- في حين احتلت العزلة رقم 08 المرتبة الأخيرة ، إذ أنتجت إنزيمين فقط من ضمن 10 (20%) : الأميلاز (Amylase) و الإيرياز (Uréase) .

الكلمات المفتاحية:

أكتينومييسيا، إنزيمات، أميلاز، سليلاز، الكيتيناز، الإيرياز، *Streptomyces* , *Micromonospora* , *Nocardiopsis*

Étude de quelques activités enzymatiques d'une collection d'actinomycètes

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en Écologie microbienne

Résumé

Notre travail s'est intéressé à l'étude de 10 souches actinomycétales et a porté sur une caractérisation (identification morphologique) (macroscopique et microscopique) ainsi qu'une mise en évidence de leur aptitude à produire quelques enzymes : l'uréase, l'amylase, la cellulase, la tyrosinase, la lécithinase, l'estérase (dégradation du tween 80), la caséinase, la gélatinase, la pectinase et la chitinases.

Nos résultats ont démontré que :

- Les dix (10) souches étudiées appartiennent aux genres : *Streptomyces* ; *Streptosporangium* ; *Saccharopolyspora* ; *Nocardiopsis* ; *Actinoplanes* ; *Micromonospora* et *Nocardia*.
- Toutes les souches étudiées ont montré au moins une activité enzymatique, ce qui démontre leur importance.
- L'amylase est l'enzyme, la plus produite par nos souches (90%) ; suivie par l'uréase (80%) ; puis la tyrosinase et la pectinase (70%).
- Aucune des souches n'a pu produire la gélatinase et l'estérase.
- Les souches n°02 et n°05 sont les plus actives ; elles ont pu produire six (06) enzymes parmi dix (10) enzymes (60%) ; l'amylase, la chitinase, la tyrosinase, l'uréase, la lécithinase et la pectinase pour la 1ère souche l'amylase, la cellulase, la caseinase, la tyrosinase, l'uréase et la lécithinase pour la seconde.
- La souche n° 08 est la moins active vu qu'elle a produit 02 enzymes seulement (l'amylase et l'uréase).

Mots clés : Actinomycets, enzymes, amylase, cellulose, uréase, *Streptomyces*, *Micromonospora*, *Nocardia*.

Jury d'évaluation :

Président du jury : RIAH Nacira (Maitre de Conférence B- UFM Constantine).

Rapporteuse : MERIANE Ilhem (Maître-assistante A - UFM Constantine).

Examineur : LAHLAH F.Z. (Maître-assistante A - UFM Constantine).

Date de soutenance : 30/06/2016

