

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



جامعة الإخوة منتوري قسنطينة I  
Frères Mentouri Constantine I University  
Université Frères Mentouri Constantine I

Université Frères Mentouri Constantine  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie  
Département de Biologie et écologie végétale

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة  
كلية علوم الطبيعة والحياة  
قسم البيولوجيا وعلم البيئة النباتية

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master**

**Domaine :** Sciences de la Nature et de la Vie  
**Filière :** Sciences Biologiques  
**Spécialité :** *Biodiversité et physiologie végétale*

N° d'ordre :

N° de série :

**Intitulé**

**Inventaire de la microflore rhizosphérique des cucurbitacées  
dans la région de Biskra.**

**Présenté par :** *BEGUIRET Yasmine Malak.*

*Le --/06/2023*

*NOUICER Nesrine.*

**Jury d'évaluation :**

**Président de jury :** Dr. ABDELAZIZ Wided (MCB UFM Constantine)

**Rapporteur :** Dr. HARRAT Wahiba (MRB - INRAA Constantine)

**Examineur :** Dr. ZERMANE Ferial (MCB UFM Constantine)

**Année universitaire**

**2022 - 2023**

## REMERCIEMENTS

*Nous remercions avant tout le bon Dieu qui nous a éclairé et facilité  
l'accomplissement de ce travail.*

*Nous remercions sincèrement et spécialement notre respectable encadrant  
**Dr. HARRAT Wahiba** de nous avoir accompagné et consacré beaucoup de son  
temps et de ses efforts. De nous avoir soumis les outils nécessaires pour  
l'exécution de notre tâche et de nous avoir enrichi par ses innombrables  
connaissances. Sa patience, sa tolérance et son grand cœur nous marquerons à  
jamais.*

*Nos chaleureux remerciements à **Dr. ABDELAZIZ Wided** de nous avoir honoré  
en présidant le jury.*

*Nos remerciements s'adressent également à **Dr. ZERMANE Ferial** pour avoir  
bien voulu examiner ce travail.*

*Nos remerciements touchent également les ingénieurs et techniciens :  
**Mme. IMAMI Salha** et **Mme. FADLAOUI Soumia** pour leur aide et conseils  
ainsi que tout le corps administratif de **L'INRAA-URC** le site de notre étude.*

## Dédicace

*Je dédie ce travail,*

*A mes grands-parents :*

*Mon grand-père Ammar et mes grands-mères : **Ourida** et **Zhor** que Dieu les garde à la tête de notre famille et que leurs prières éclairent notre chemin.*

*A l'âme de mon grand-père **Brahim** que dieu l'accueille dans son vaste paradis.*

*A mes parents :*

*Mon père **Karim** l'homme généreux autodidacte, qui m'a toujours comblé par son amour et sa protection, celui à qui je dois ma réussite tout au long de mes études et qui sans lui je ne serais jamais arrivée là où je suis actuellement.*

*Ma mère **Naima**, la source de ma force, le symbole de l'amour, de l'humanité et de l'altruisme.*

*J'espère que votre bénédiction m'accompagnera pour toujours.*

*A mon frère Wassim l'âme de ma famille, mon ami, mon appui, le synonyme du véritable grand frère.*

*A ma petite sœur et amie **Rym**, le flux intarissable d'énergie, de gentillesse et amabilité.*

*A mon amie et gentille belle sœur **Lizia**.*

*A mes amies de tous les temps **Achouak** et **Sirine**.*

*A mon binôme **Nesrine** que je remercie pour sa sincère coopération.*

*A ma chère **Mimi** pour son dévouement et son aide inconditionnée.*

*A tous ceux qui ont pu m'apprendre une lettre, un mot, une phrase et toute autre notion. Je leurs serais toujours reconnaissante.*

*Yasmine Malak.*



## Dédicace

*Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers*

*À mes parents, qui ont toujours été présents à mes côtés dans les bons comme dans les durs moments et m'ont chaleureusement soutenu tout au long de mon parcours. C'est en partie grâce à vous si je suis là aujourd'hui, j'espère avoir été à la hauteur de vos espérances. Avec tout mon amour et gratitude, que dieu vous garde et vous protège.*

*À ma très chère sœur **Cheima**, je suis très reconnaissante pour son soutien moral, son aide et ces conseils précieuses ainsi que d'être toujours là pour moi.  
À mon très cher frère **Ismail** mon épaule qui me donne l'amour et l'affection.*

*À mon binôme **Yasmine**, un immense merci pour ton soutien, ta patience et ta contribution, c'était un grand plaisir de travailler avec toi. Ton amitié m'est très précieuse.*

*À mes cousins et cousines qui ne m'ont pas cessé de m'encourager, je remercie particulièrement mes deux plus petites cousines adorées  
**Maria** et **Nour**.*

*À mes amis que j'aime tant, je remercie particulièrement **Malak** et **Rayene** pour leur soutien inconditionnel. Vous m'êtes très chères.*

*Longue et respectueuse pensée à mes grands-parents, je suis certaine que vous soyez heureux de mes efforts si vous étiez parmi nous, reposez en paix éternel.*

*Nesrine.* 

## TABLE DES MATIERES

### LISTE DES FIGURES

### LISTE DES TABLEAUX

### LISTE DES ABREVIATIONS

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE 01. LE SOL.....	3
1. Définition du sol.....	3
2. Les constituants du sol .....	3
3. Les phases du sol.....	4
3.1. Phase solide du sol.....	4
3.2. Phase liquide du sol .....	4
3.3. Phase gazeuse du sol.....	4
4. La microflore du sol .....	4
5. La fertilité du sol .....	6
6. La rhizosphère .....	6
7. L'importance du sol en agriculture .....	7
8. Généralités sur les sols arides.....	7
8.1. Les sols de la région aride en Algérie – Wilaya de Biskra .....	7
9. Les principales cultures de la région aride .....	8
□ Les Cucurbitacées.....	8
□ Principales espèces de cucurbitacées.....	8
CHAPITRE 02. LES CHAMPIGNONS DU SOL.....	10
1. Définition .....	10
2. Caractéristiques générales des champignons .....	10
2.1. Thalle des Champignons.....	10

3. La reproduction chez les champignons .....	11
a) Reproduction asexuée "anamorphe" .....	11
□ Le bourgeonnement et la fission binaire.....	11
□ La fragmentation et la sporulation.....	12
b) Reproduction sexuée "téléomorphe" .....	12
4. Classification des champignons .....	13
4.1. Chytridiomycètes .....	13
4.2. Zygomycètes .....	13
4.3. Gloméromycètes .....	13
4.4. Ascomycètes .....	14
4.5. Basidiomycètes .....	15
4.6. Deutéromycètes.....	15
5. Mode de vie des champignons .....	16
5.1. Les saprophytes (Saprophytisme) .....	16
5.2. Les parasites (Parasitisme).....	16
5.3. Les symbiotes (Symbiose) .....	17
6. Mode de croissance des champignons .....	17
6.1. Les éléments nutritifs .....	17
6.1.1. Source de carbone et d'énergie .....	17
6.1.2. Source d'azote .....	17
6.3. Facteurs physicochimiques .....	18
6.3.1. Température .....	18
6.3.2. PH.....	18
6.3.3. Oxygène .....	18
6.3.4. Lumière .....	19
6.3.5. Humidité.....	19
6.3.6. Activité en eau (Aw) .....	19

7. Quelques exemples de champignons.....	19
7.1. Le genre <i>Aspergillus</i> .....	19
7.2. Le genre <i>Fusarium</i> .....	20
7.3. Le genre <i>Penicillium</i> .....	21
7.4. Le genre <i>Trichoderma</i> .....	22
7.5. Les Mucorales .....	23
8. Rôle des champignons du sol .....	24
CHAPITRE 03. LES ACTINOMYCETES .....	26
1. Généralités sur les actinomycètes .....	26
2. Taxonomie des actinomycètes .....	27
3. Morphologie des actinomycètes.....	27
4. Physiologie .....	29
5. Cycle de développement .....	29
6. Ecologie.....	30
7. Importance des actinomycètes .....	32
7.1. Importance en agronomie .....	32
7.2. Importance en biotechnologie.....	33
MATÉRIEL ET MÉTHODES .....	34
1. Méthodes d'échantillonnage .....	34
2. Matériel utilisé pour l'analyse du sol .....	35
3. Préparation des milieux de cultures .....	35
4. Isolement des micro-organismes.....	35
4.1 Méthodes des dilutions .....	35
4.1.1 Préparation des solutions (solution mère et dilutions) .....	36
4.2. Ensemencement sur milieu solide.....	36
4.3. Incubation .....	36
4.4. Dénombrement des colonies .....	37

4.5. Purification.....	37
5. Identification des champignons et actinomycètes .....	38
5.1. Caractérisation morphologique et microscopique .....	38
5.1.1 Caractérisation morphologique .....	38
5.1.2. Caractérisation microscopique .....	38
<b>RESULTATS ET DISCUSSION.....</b>	<b>39</b>
1. Résultats .....	39
1.1. Analyse chimique des échantillons de sol .....	39
1.2. Nombre de colonies obtenu pour tous les échantillons .....	39
1.3. Genres fongiques identifiés .....	40
1.4. Nombre de colonies identifiés au niveau de chaque échantillon.....	41
1.5. Nombre de colonies par genre au niveau de chaque dilution .....	41
1.6. Nombre de colonies par genre au niveau de chaque répétition .....	43
1.7. Les pourcentages totaux des genres identifiés au niveau de tous les échantillon.....	44
1.8. Genres fongiques identifiés en fonction de tous les échantillons.....	44
2. Discussion .....	50
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>52</b>

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## **RÉSUMÉ**



## LISTE DES FIGURES

Figure 1. Les constituants du sol (9). .....	3
Figure 2. Structure de l'hyphe cloisonné et non cloisonné (35). .....	11
Figure 3. Fission binaire bourgeonnement chez les levures (36). .....	12
Figure 4. Les différentes formes d'ascomycètes (43). .....	15
Figure 5. Représentation schématique d'une tête aspergillaire (64). .....	20
Figure 6. Les trois différentes spores produites par <i>Fusarium oxysporum</i> . (a) microcondies ; (b) macrocondies ; (c) chlamydospores) (67). .....	21
Figure 7. Structures morphologiques et types de ramification des conidiophores chez <i>penicillium</i> . (a) Monoverticillaire ; (b) Biverticillaire ; (c) Terverticillaire ; (d) Quaterverticillaire (68). .....	22
Figure 8. Conidiophores de <i>Trichoderma harzianum</i> (71). .....	23
Figure 9. Structures morphologiques des membres de l'ordre des <i>Mucorales</i> (73). .....	24
Figure 10. Cycle de développement des <i>Streptomyces</i> sur milieu solide (96). .....	30
Figure 11. Carte géographique des sites de prélèvement des échantillons. ....	35
Figure 12. Préparation de la solution mère. (A) Pesée du sol ; (B) Agitation de la solution. ....	36
Figure 13. Incubation des boîtes Pétri après ensemencement. ....	37
Figure 14. Technique de purification et prélèvement des isolats. ....	37
Figure 15. Préparation des lames pour observation microscopique. (A) numérotation des lames et positionnement du bleu de méthylène ; (B) Lames prêtes à l'observation. ....	38
Figure 16. Valeurs du pH et taux de la matière organique des échantillons de sol. ....	39
Figure 17. Exemple d'aspect des colonies obtenues dans les boîtes ensemencées. (A) sur milieu PDA ; (B) Milieu ISP2. ....	40
Figure 18. Nombre de colonies identifiées par genre. ....	40
Figure 19. Nombre de colonies identifiées au niveau de chaque échantillon. ....	41
Figure 20. Nombre de colonies identifiés par genre en fonction des dilutions (A) Dilution $10^{-1}$ , (B) Dilution $10^{-2}$ ; (C) : Dilution $10^{-3}$ ; (D) Dilution $10^{-4}$ .....	42

Figure 21. Nombre de colonies identifiées par genre en fonction des répétitions. (A) Répétition 01 ; (B) Répétition 02.....	43
Figure 23. Représentation en segments des pourcentages totaux des genres identifiés au niveau de tous les échantillons étudiés. ....	44
Figure 22. Nombre de colonies identifiées par genre en fonction des échantillons.....	45
Figure 24. Aspect des genres. (A) <i>Phialophora</i> ; (B) <i>Rhizopus</i> ; (C) <i>Actinomyète</i> ; (D) <i>Pénicillium</i> . (1) recto de la boîte ; (2) revers ; (3) Observation microscopique. ....	47
Figure 25. Aspect des genres. (A) <i>Altérmaria</i> ; (B) Ascocarpe d' <i>Aspergillus</i> ; (C) <i>Fusarium</i> ; (D) <i>Aspergillus</i> . (1) recto de la boîte ; (2) revers ; (3) Observation microscopique. ....	48
Figure 26. Aspect des genres. (A) <i>Ulocladium</i> ; (B) <i>Mucor</i> ; (C) <i>Verticillium</i> ; (D) <i>Trichoderma</i> . (1) recto de la boîte ; (2) revers ; (3) Observation microscopique. ....	49

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1. Le rôle des microorganismes dans les processus du sol.....	5
Tableau 2. Le rôle des microorganismes dans les processus du sol.....	5
Tableau 3. Les caractéristiques des grandes parties de plantes cucurbitacées. ....	9
Tableau 4. Classification des actinomycètes de l'ordre actinomycétales basé sur L'ARNs 16s. ...	28
Tableau 5. Les régions prospectées de Biskra.....	34
Tableau 6. Les caractéristiques morphologiques des genres étudiées. ....	46

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

<b>MOS :</b>	Matière Organique du Sol.
<b>Cm :</b>	Centimètre.
<b>µm :</b>	Micromètre.
<b>AW :</b>	Activité en eau.
<b>E :</b>	Echantillon.
<b>Ph :</b>	Potentiel d'hydrogène.
<b>PDA :</b>	Potato Dextrose Agar.
<b>ISP2 :</b>	International streptomyces project-2
<b>g :</b>	Gramme.
<b>ml :</b>	Mililitre



**INTRODUCTION**

## **INTRODUCTION**

Le sol est une partie essentielle de l'environnement ; c'est une zone critique en contact avec l'atmosphère où se déroule des interactions complexes impliquant la roche qui interagit avec l'eau, l'air et les organismes vivants (1).

La population microbienne du sol constitue le dernier maillon de la chaîne trophique du sol, par laquelle transite le carbone et les éléments nutritifs des matières organiques avant de redevenir disponible pour les plantes. Elle remplit une fonction obligatoire essentielle dans le recyclage des matières organiques trouvées au sol. Les microorganismes ont une grande influence sur la qualité des sols (2).

Tous les types des microorganismes sont présents dans le sol. Ce sont soit des eucaryotes (champignons, algues et protozoaires) ou procaryotes (bactéries et cyanobactéries). Leur biodiversité et leur répartition sont considérables, dépendant non seulement de la présence de substrats énergétiques principalement des résidus végétaux et d'éléments minéraux mais aussi de nombreux facteurs physiques et chimiques qui caractérisent chaque sol, y compris la structure, l'aération, le pH, la température et l'humidité (3).

Au cours des dernières décennies, la protection de l'environnement est devenue de plus en plus importante. Dans le domaine de l'agriculture, il est évident que l'expansion et la productivité agricoles doivent désormais être gérées de manière idéale pour se débarrasser des insectes nuisibles, des mauvaises herbes et des effets néfastes causés par les pesticides et les engrais minéraux. Ces derniers ont non seulement un impact négatif sur les sols qui ne sont plus nourris avec de la matière organique, mais aussi sur la nappe phréatique ce qui conduit à des mortalités massives d'espèces et provoque une diminution de la biodiversité.

La lutte biologique est considérée comme une méthode idéale pour lutter contre les maladies et les ravageurs qui endommagent les cultures d'une manière respectueuse de l'environnement. Elle consiste à utiliser des organismes vivants auxiliaires pour réduire l'impact négatif causé par les pesticides et les engrais chimiques.


Depuis une dizaine d'années, Biskra et ses régions fournissent 40 pourcents de la production agricole nationale. Aujourd'hui, appartenant aux zones arides cette région s'est inventé un nouveau statut en devenant le potager de l'Algérie (4). Ce qui lui confère cette place est la culture

maraichère sous serre constituée en plus de la culture des cucurbitacées ; qu'est le thème de notre travail, celle des tomates, des poivrons, d'aubergines etc.

Plusieurs maladies fongiques qui proviennent essentiellement du sol touchent à ces cultures. *Penicillium*, *Fusarium*, *Aspergillus* sont quelques exemples des agents pathogènes les plus fréquents qui affectent les cucurbitacées.

Le but de ce travail est la réalisation d'un inventaire des principaux genres de champignons et d'actinomycètes existants sur des milieux solides retrouvés dans 12 échantillons de sols de cultures cucurbitacées prélevés dans le Nord-Est algérien Wilaya de Biskra.

Pour cela des isollements, des purifications, et des identifications des microorganismes présents dans les 12 échantillons et mettre en évidence la biodiversité des sols des terres agricoles.



**REVUE  
BIBLIOGRAPHIQUE**



## CHAPITRE 01. LE SOL

### 1. Définition du sol

Depuis la naissance de la pédologie de nombreuses définition du « sol » ont été proposées (5). Le sol est un matériau composé de cinq éléments : les minéraux, la matière organique du sol, les organismes vivants, le gaz et l'eau. Les minéraux du sol sont divisés en trois classes de taille : l'argile, le limon et le sable; les pourcentages de particules dans ces classes de taille sont appelés texture du sol (6).

Le sol est un volume qui s'étend depuis la surface de la terre jusqu'à une profondeur marquée par l'apparition d'une roche dure ou meuble peu altérée ou peu marquée par la pédogenèse (5). Il est aussi considéré comme un compartiment essentiel agissant comme contrôleur et révélateur de nombreux processus écologiques par ses caractères physiques, chimiques et biologiques à court et à long terme (7).

### 2. Les constituants du sol

Le sol est un mélange complexe de fragments de roches de granulométries variées, d'organismes vivants et d'humus (8).

C'est un milieu poreux dans lequel se déroulent de nombreux processus physiques, chimiques et biologiques. Il s'agit d'un système multi-composants ouvert composé de phase solide, de phase liquide et de phase gazeuse.

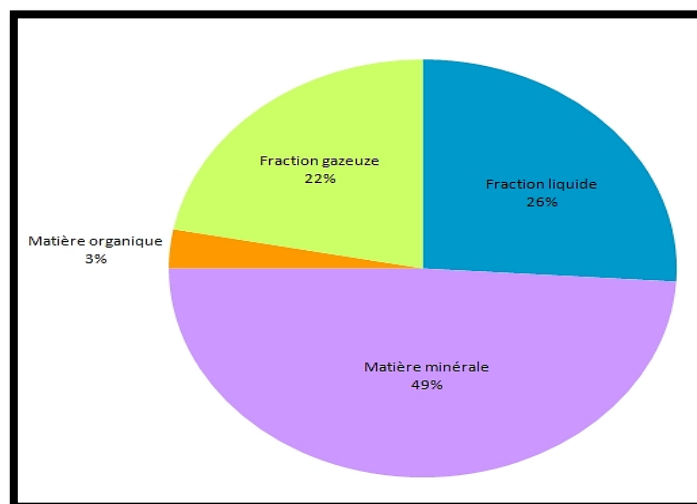


Figure 1. Les constituants du sol (9).

### 3. Les phases du sol

Le sol est un système hétérogène, multiphasé, dispersé et poreux. Il est constitué de quatre phases : solide, liquide, gazeuse et phase vivante composée d'organismes qui participent au métabolisme du sol. Les phases jouent un rôle important dans la formation du sol, les propriétés physiques et les processus (10).

#### 3.1. Phase solide du sol

La phase solide est constitué des différents minéraux (sable, argile...) et de matière organique en proportion variable on pourrait considérer les organismes vivants du sol comme une partie de la phase solide puisqu'ils ne sont ni gazeux ni liquide (11).

#### 3.2. Phase liquide du sol

Elle représente l'eau contenue dans le sol et dans laquelle sont dissout les substances solubles provenant à la fois de l'altération des roches, de la décomposition des MOS et des apports extérieurs tels que les fertilisants et pesticides, cette phase est le siège des réactions chimiques permanentes essentielles à l'évolution de la matière organique et à la croissance des végétaux (12). Cependant quelques indications générales peuvent être données en distinguant deux catégories de solutés (microéléments et macroéléments), elle contient également des ions  $H^+$  et  $OH^-$  dont les concentrations déterminent la réaction du sol caractérisée par le pH (13).

#### 3.3. Phase gazeuse du sol

La phase gazeuse du sol est aussi appelée atmosphère du sol qui est composée des mêmes gaz que l'air plus certains gaz issus de la décomposition des MOS comme le méthane et l'ammoniac (12). Mais elle peut être très variable en terme d'espace et de temps, elle dépend principalement de deux facteurs : la proximité de l'atmosphère c'est-à-dire la profondeur dans le sol et l'activité biologique (13).

### 4. La microflore du sol

Le sol, où cohabitent les racines des végétaux et les microorganismes, est un assemblage complexe et varié qui joue des rôles essentiels dans l'écosystème et les organismes pluricellulaires qui y vivent (14). Les microorganismes constituant la microflore du sol sont notamment les

champignons, les bactéries, les actinomycètes et les algues qui jouent un rôle important dans les processus du sol (15).

Les macroorganismes sont notamment les protozoaires, les nématodes, les vers de terre, les arthropodes (insectes, araignées) et les rongeurs (**Tab.1**).

Les animaux et les microbes ne sont pas distribués de façon égale dans le sol. Les populations décroissent rapidement, à peine à quelques centimètres sous la surface du sol. Un travail intensif du sol peut avoir de graves répercussions sur ces populations dans les premiers 20 cm du sol.

**Tableau 1. Le rôle des microorganismes dans les processus du sol.**

Microorganisme	Généralités
Champignons	<ul style="list-style-type: none"> <li>Après les racines, ils constituent la plus forte proportion de matières vivantes présente dans le sol.</li> <li>Aident à rendre les éléments nutritifs du sol assimilables par les plantes.</li> <li>Jouent un rôle important dans la décomposition de la matière organique</li> <li>Sont facilement détruits et tués par un travail intensif du sol.</li> </ul>
Bactéries	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sont importantes pour qu'un sol soit fertile et de bonne qualité.</li> <li>Les bactéries fixatrices d'azote sont une partie importante du cycle de l'azote du sol ; elles sont associées à diverses plantes, notamment le soya, les pois, le trèfle et la luzerne.</li> </ul>
Actinomycètes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Décomposent la matière organique.</li> <li>Sont abondants dans les sols se ressuyant rapidement et à pH faible.</li> </ul>
Algues	<ul style="list-style-type: none"> <li>Décomposent la matière organique.</li> <li>Poussent couramment dans les sols mal drainés.</li> </ul>

**Tableau 2. Le rôle des macroorganismes dans les processus du sol.**

Macroorganismes	Généralités
Arthropodes (exemples : acariens, araignées, insectes)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se nourrissent des bactéries et des champignons ou décomposent la matière végétale.</li> <li>Aident à accélérer la décomposition microbienne</li> </ul>
Vers de terre	<ul style="list-style-type: none"> <li>Creusent de vastes tunnels créant des macropores et mélangeant le sol.</li> <li>Réduisent la densité globale du sol.</li> <li>Augmentent l'infiltration d'air et d'eau.</li> <li>Améliorent la structure du sol.</li> <li>Augmentent le réservoir de matières nutritives du sol.</li> </ul>
Rongeurs (exemples : souris, marmottes, tamias/suisses)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Font passer la matière organique par leur intestin et ensuite le tunnel et nourrissent ainsi le sol.</li> <li>Déposent des boulettes fécales riches en matières nutritives, par exemple, azote, phosphore et potassium.</li> </ul>

## 5. La fertilité du sol

La fertilité du sol est une composante de la productivité biologique du sol s'intéressant à son état en matière de disponibilité en éléments nutritifs, et à sa capacité à fournir les éléments nutritifs à partir de ses propres réserves pour la production des cultures et enfin, à ses réactions concernant les apports externes d'éléments nutritifs (16). Elle a pour but d'apporter les compléments nécessaires à une terre incapable d'assurer par elle-même une nutrition de la plante conduisant au rendement optimal (17). Son évaluation est utile pour décider des doses d'application d'engrais, ce qui est la fonction principale des laboratoires d'analyse du sol. Les engrais sont nécessaires si la fertilité du sol est faible et inadaptée à maintenir un niveau désiré de production des plantes. L'application d'engrais a pour objectif d'augmenter la fertilité biologique du sol. Un sol fertile permet enfin d'accueillir les auxiliaires de culture et fournit les conditions physiques, chimiques et biologiques pour une croissance saine des cultures et détermine la productivité (18).

## 6. La rhizosphère

La rhizosphère est un terme qui est apparu pour la première fois au début du XXe siècle et qui caractérise la zone du sol entourant la racine (19). Il est dit que les organismes vivants se nourrissent de débris végétaux ou animaux. Cela est exact, mais incomplet car de nombreux microorganismes utilisent les éléments nutritifs émis par la plante dans la rhizosphère, La rhizosphère correspond au volume sédimentaire où la croissance des micro-organismes est directement influencée par l'activité des racines et des rhizomes, souvent par l'échange de composés avec les plantes. La rhizosphère est la partie du substrat immédiatement au contact des racines vivantes et elle est sous l'influence directe de ces dernières. Les radicelles des racines forment le chevelu racinaire (20).

C'est le lieu des interactions principales entre la plante et les microorganismes telluriques d'une part et des interactions entre microorganismes eux-mêmes. Elle est constituée d'un cortège de microorganismes (bactéries, champignons, protozoaires, nématodes) qui favorisent l'assimilation des éléments nutritifs et assurent un effet tampon vis-à-vis du pH (21).

La distance à laquelle la racine d'une plante affecte l'activité microbienne est extrêmement variable, elle dépend du type de sol, de l'espèce végétale et des activités microbiennes considérées. La racine de la plante modifie très largement certaines caractéristiques du sol : pH, potentiel hydrique, potentiel d'oxydo-réduction, et apporte, via les exsudats racinaires, de nombreux

éléments, en particulier des sucres et des acides organiques, qui stimulent les activités microbiennes et leurs interactions.

Parmi les microorganismes libres vivant dans la rhizosphère, on trouve aussi bien des organismes bénéfiques à la croissance tels que les bactéries dites « PGPR » pour Plant Growth Promoting Bacteria, que des organismes délétères ou pathogènes. Le groupe des *Pseudomonas fluorescent* offre de multiples exemples de bactéries bénéfiques mais aussi de bactéries délétères. Du côté des champignons, le genre *Trichoderma* regroupe un grand nombre d'espèces à activité bénéfique à la croissance de la plante, alors que les genres *Fusarium* ou *Phytophthora* présentent de nombreuses espèces pathogènes pour les plantes. Ces quelques exemples qui seront détaillés plus loin, montrent comment les microorganismes, indépendamment de leur rôle dans la dégradation des résidus végétaux participent à la fertilité biologique des sols (16).

## **7. L'importance du sol en agriculture**

Un sol en bon état structural détermine un facteur majeur pour la production végétale. L'état du sol a une influence notable sur le parasitisme tellurique : ravageurs, champignons parasites, La plupart de ces fonctionnalités des sols agricoles sont en relation avec leur statut organique. Il est donc indispensable de surveiller l'évaluation de ce statut afin de le préserver et voire de l'améliorer (22).

## **8. Généralités sur les sols arides**

Le sol des régions arides se caractérise par son climat sec et peu pluvieux et par sa végétation herbacée et frutescente et ce dernier présente des caractères comme : évolution lente , profondeur souvent réduite et matière organique fortement évoluée (23).

### **8.1. Les sols de la région aride en Algérie – Wilaya de Biskra**

En Algérie, les sols des régions arides sont importants, parce qu'ils représentent 95% du territoire national dont 80% dans le domaine hyperaride, exemple de la région d'EL OUTAYA qui est située dans l'étage bioclimatique aride à 15 km de Biskra (24). Dans ces régions arides, les sols, d'une manière générale, posent de grands problèmes de mise en valeur, Ils présentent souvent des croûtes calcaires ou bien gypseuses et sont la majorité du temps salés et sujets à l'érosion et à une salinisation secondaire (25).

## 9. Les principales cultures de la région aride

Les régions arides d'Algérie sont caractérisées par une agriculture divers en fonction des ressources en eau et de la qualité de ses sols. Plusieurs cultures sont courantes au niveau de la wilaya de Biskra telles que les cultures maraichères, les palmerais et en grande majorité les cucurbitacées (sous serre ou en plein champs).

- **Les Cucurbitacées**

Les Cucurbitaceae sont originaires des régions tropicales à tempérées chaudes du monde entier. Sauf que la famille est bien représentée dans les forêts humides d'Amérique du sud, et dans les forêts, les prairies et les brousses africaines. Quelques Cucumis et Citrullus, à grande extension dans les zones arides ou semi-désertiques, forment parfois des populations couvrant plusieurs hectares. Diverses espèces très répandues, mais seulement subspontanées, proviennent d'anciennes cultures (26).









Les Cucurbitacées forment une large famille botanique et offrent une impressionnante diversité de fruits comme : les courges, les courgettes, concombres, melons et pastèques (27).

- **Principales espèces de cucurbitacées**

Les cucurbitacées sont près de 150 genres mais seulement 4 sont largement cultivés dans le monde :

- ***Cucurbita*** : dans ce groupe, il y a 3 espèces principales (elles sont toutes rampantes) :
- ***Pepo*** : il s'agit des courgettes, citrouilles, pâtissons et coloquintes. Les feuilles ont 3 lobes et sont de couleur verte unie.
- ***Maxima*** : il regroupe les potirons, potimarrons et giraumons. Les feuilles de cette espèce sont striées de blanc.
- ***Moschata*** : il s'agit essentiellement des courges.
- ***Cucumis*** : dans ce groupe, on trouve les Cucurbitacées cultivées principalement en été : le melon, le concombre et le cornichon. Ces Cucurbitacées sont grimpantes, il faut donc prévoir un support pour assurer leur bon développement.
- ***Schechium et Citrillus*** : ces 2 genres regroupent des espèces tropicales de Cucurbitacées comme la pastèque ou la christophine (aussi appelée chayotte) (28)

Tableau 3. Les caractéristiques des grandes parties de plantes cucurbitacées (29).

Partie de la plante	<i>Cucurbita pepo</i>	<i>Cucurbita maxima</i>	<i>Cucurbita moschata</i>	<i>Cucurbita ficifolia</i>
Feuille	 <p>Avec des poils grossiers, à 5 limbes, recourbées souvent marbrées de nervures</p>	 <p>Feuilles velues, grandes et arrondies, souvent ondulées.</p>	 <p>Feuilles légèrement recourbées</p>	 <p>Feuilles recourbées, Peu de poils épais</p>
Pédoncule	 <p>Anguleux, rugueux et dur</p>	 <p>Arrondi, tendre et spongieux</p>	 <p>Dur et fibreux avec 5 côtes anguleuses, base élargie</p>	 <p>Légèrement anguleux, mince et dur</p>
Tige	Anguleuse, rugueuse et dure	Arrondie, douce quelque poils	Rugueuse et dure	Dure et rainurée
Graine	Beige, de 8 à 20 mm, Plats à bombée et tranchante. Pouvant être recouverte d'une fine pellicule vert foncé ou marron.	Blanc au brun, de 13 à 30 mm, épaisse, surface généralement lisse pouvant être granuleuse.	Marron clair, surface généralement enveloppée d'une fine pellicule	Très noire, parfois marron. Légèrement granuleuse.

## CHAPITRE 02. LES CHAMPIGNONS DU SOL

Les champignons sont apparus sur terre il y'a au moins 450 millions d'années et sans eux il n'y aurait pas eu de sol ni de plantes. Quelques centaines de millions d'années plus tard, les crises agricoles et environnementales nous conduisent à reconsidérer le rôle essentiel des champignons dans la production des plantes et la structure des sols (30).

### 1. Définition

Les champignons sont des organismes microscopiques qui forment de longs filaments dans le sol. Ces filaments, dont le diamètre ne dépasse normalement pas quelques microns, sont appelés des hyphes, mais un seul hyphe peut mesurer plusieurs mètres de long. Avec les bactéries, les champignons sont des décomposeurs importants dans la chaîne trophique du sol. Ils transforment des matériaux organiques difficiles à digérer en composés que d'autres organismes peuvent utiliser. Les hyphes des champignons lient les particules du sol les unes aux autres pour créer des agrégats stables qui augmentent l'infiltration de l'eau et la capacité de rétention en eau du sol (31).

### 2. Caractéristiques générales des champignons

Les champignons présentent une grande diversité, certains étant unicellulaires (les levures) tandis que la plupart sont pluricellulaires. Tous sont eucaryotes et hétérotrophes, se nourrissant par nécrotrophie (matière organique inerte), biotrophie (parasitisme, comme les mycoses), ou symbiose comme les lichens (32). Ils peuvent se reproduire d'une façon sexuée ou asexuée, ils sont tous dépourvus de chlorophylle. Ce sont aussi des thallophytes, Ils se caractérisent par la formation de filaments (hyphes) libres ou entrelacés dont l'ensemble est désigné sous le nom de mycélium (33).

#### 2.1. Thalle des Champignons

Le thalle de la plupart des champignons est un mycélium constitué de filaments. Chez les siphomycètes, les filaments ou "siphons" sont non cloisonnés. Chez les septomycètes, les filaments ou "hyphes" sont cloisonnés (34).

Le thalle siphonné (ou coenocytique) est composé de filaments sans cloisonnement interne, de diamètre irrégulier (5 à 20µm), avec des ramifications à angle droit. De rares cloisons sans orifices



de communication peuvent apparaître tardivement, séparant les zones mortes et les zones en croissance du mycélium, ce sont des siphomycètes (27).

Le thalle septé (ou articulé) est composé de filaments de diamètre régulier (2 à 10 $\mu$ m), ramifiés, cloisonnés par des « septa », avec un port et isolement d'un ou deux noyaux et parfois plus. Ce sont les septomycètes (27).

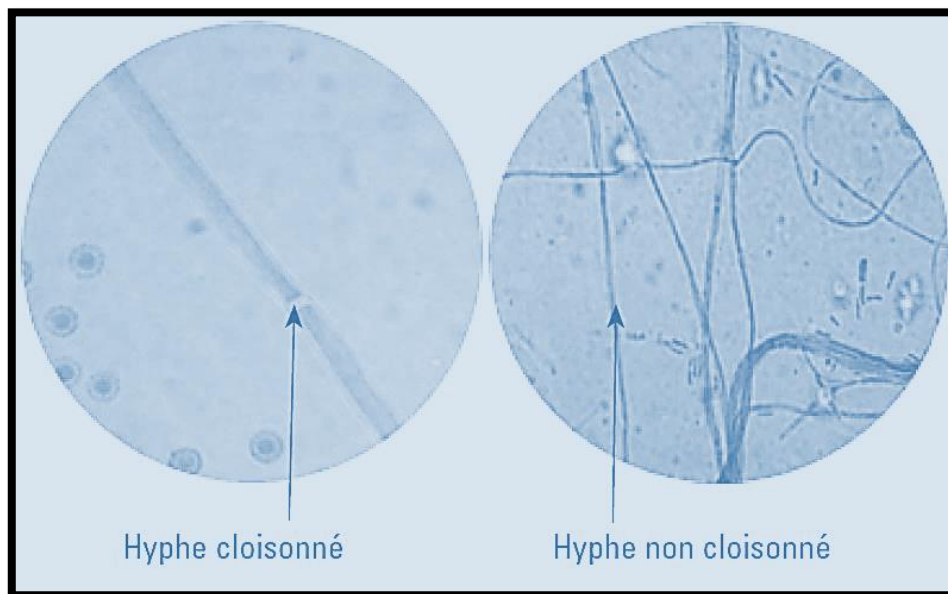


Figure 2. Structure de l'hyphe cloisonné et non cloisonné (35).

### 3. La reproduction chez les champignons

La reproduction chez les champignons est complexe elle reflète aussi l'hétérogénéité de leur mode de vie. Elle peut être sexuée ou asexuée, bien que certains champignons alternent entre les deux types de reproduction (36).

#### a) Reproduction asexuée "anamorphe"

La reproduction asexuée chez les champignons peut se faire par bourgeonnement, fission binaire, fragmentation, ou par formation de spores (37).

- **Le bourgeonnement et la fission binaire**

Le bourgeonnement et la fission binaire sont les formes de reproduction asexuée les plus simples. Le bourgeonnement est une division inégale du cytoplasme, résultant en une cellule parent et une

cellule fille, celle-ci étant plus petite que la cellule parent. La fission binaire par contre aboutit à deux cellules identiques. Ces deux formes de reproduction suivent la mitose (36).

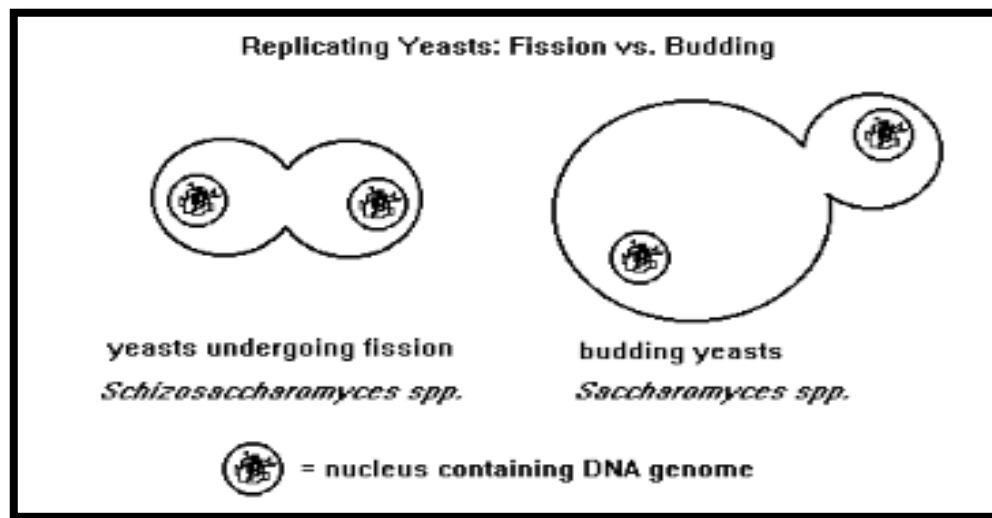


Figure 3. Fission binaire bourgeonnement chez les levures (36).

- **La fragmentation et la sporulation**

La fragmentation est une forme de reproduction asexuée où un nouvel organisme se développe à partir d'un fragment parent. La sporulation est la plus importante forme de reproduction asexuée chez les champignons (36). Au cours de la sporulation, les spores, petites cellules déshydratées, au métabolisme réduit et entourées d'une paroi protectrice les isolant du milieu environnant, sont produites en grande quantité par des structures spécialisées, développées à partir du mycélium.

Les spores peuvent être le résultat de la fragmentation. Dans ce cas, un nouvel organisme se développe à partir d'un fragment parent du mycélium (arthrospores). Les spores peuvent aussi être produites de manière endogène à l'intérieur du sporocyste (sporocystiospores), ou de manière exogène en continu à l'extrémité des structures spécialisées appelées phialides (conidiospores). Ensuite, les spores se détachent du mycélium sous l'effet d'un petit choc mécanique, d'un frôlement ou d'un courant d'air (38).

### b) Reproduction sexuée "téléomorphe"

Certains champignons font appel à la reproduction sexuée lorsque les conditions deviennent défavorables (en nature) ou lorsque le milieu s'appauvrit en éléments nutritifs (en culture). Elle fait appel à 4 types de méiospores selon les espèces de champignon : l'oospore, la zygospore,

l'ascospore et la basidiospore. Il y a conjugaison (caryogamie de noyaux) haploïdes, différents et compatibles, puis une méiose suivie d'une ou plusieurs mitoses et enfin formation de spores (38).

## 4. Classification des champignons :

### 4.1. Chytridiomycètes

Ils comprennent environ 800 espèces connues, qui sont réparties en 4 ou 5 ordres. Les Chytriales est l'ordre le plus important. Il comprend de nombreux parasites d'algues, de protozoaires et de champignons microscopiques. Les plus connues sont celles qui parasitent les végétaux supérieurs ; les *Oidiums* « *O. brassicae* », provoque des maladies nécrosantes appelées « brûlure ». Ce sont les seuls champignons à posséder des spores uniflagellées (zoospores). La présence de spores flagellées semble restreindre ces organismes aux milieux aquatiques et dans les sols humides (33).

### 4.2. Zygomycètes

Il y a environ 900 espèces connues qui entrent dans cette division. Un zygomycète est un champignon zygote de l'ancienne division *Zygomycota*. Ils sont principalement terrestres et vivent dans des plantes, des animaux ou des sols en décomposition et se trouvent sur le pain. Ils font désormais partie des divisions *Mucoromycota* et *Zoopagomycota*. Ils se reproduisent de manière asexuée par les sporangiophores et sexuellement par les zygozouges. Les zygomycètes possèdent des hyphes coenocytiques. Les hyphes cynocétiques sont impliqués dans la reproduction des champignons car ils portent des sporanges qui possèdent des sporangiophores.

Les hyphes cenocytiques sont phototropes positifs et gravitropiques négatifs, ce qui conduit à une meilleure dispersion des spores.

Le meilleur exemple de *Zygomycota* est *Rhizopus stolonifer*. Les trichomycètes (*Zygomycota*) sont une classe cosmopolite de champignons filamenteux. Ces champignons sont des saprophytes ou des agents pathogènes faibles, provoquant des moisissures post-récolte et des pourritures molles. Par exemple, certaines espèces de *Mucor* sont des habitants du sol qui pénètrent dans les fruits (par les blessures ou au niveau du calice) tombés sur le sol du verger. Dans les deux mois suivant l'entreposage au froid, les fruits sont complètement pourris et le mycélium fongique émerge en touffes à travers la cuticule (39).

### 4.3. Gloméromycètes

Les Glomérormycètes sont un groupe monophylétique de champignons du sol qui comptent parmi les micro-organismes les plus importants sur terre, non seulement parce qu'ils forment des associations mycorhiziennes intimes avec près de 80 % des plantes terrestres, mais aussi parce qu'on pense qu'ils ont joué un rôle crucial dans la colonisation initiale du domaine terrestre par les plantes. Ces associations biotrophes impliquent la formation de structures spécialisées (arbuscules) qui sont efficaces dans l'échange de nutriments et peuvent être identifiées dans des plantes fossiles datant d'environ 410 millions d'années. Le registre fossile des spores asexuées de glomérormycotans atteste de la diversité précoce du groupe ainsi que de l'importance fonctionnelle de plusieurs caractères et modèles observés dans les associations mycorhiziennes modernes (40). Les Glomeromycota étaient autrefois considérés comme appartenant à l'ordre des Glomerales (=Glomales) des Zygomycota, mais les données moléculaires, ainsi que la morphologie unique et la niche écologique, ont confirmé que les Glomeromycota devraient être considérés comme un phylum distinct (41).

#### 4.4. Ascomycètes

Les Ascomycota, ou Ascomycètes, forment un des sous-ensembles des champignons (règne des Fungi) qui sont des organismes cellulaires, non mobiles, dont la structure est constituée de filaments nommés hyphes. Ils fabriquent leurs composés par absorption ou échange (hétérotrophie) et se reproduisent par des spores. Ils représentent le groupe de champignons le plus important en nombre d'espèces connues à ce jour, soit environ **57 000 espèces** identifiées. Ils peuvent néanmoins adopter un mode de reproduction dit asexué (stade anamorphe) dans lequel les spores ou conidies sont produites sans organe. Sur le plan morphologique, les ascomycètes peuvent prendre des formes très variées : moisissures, levures ou sporocarpes (42).

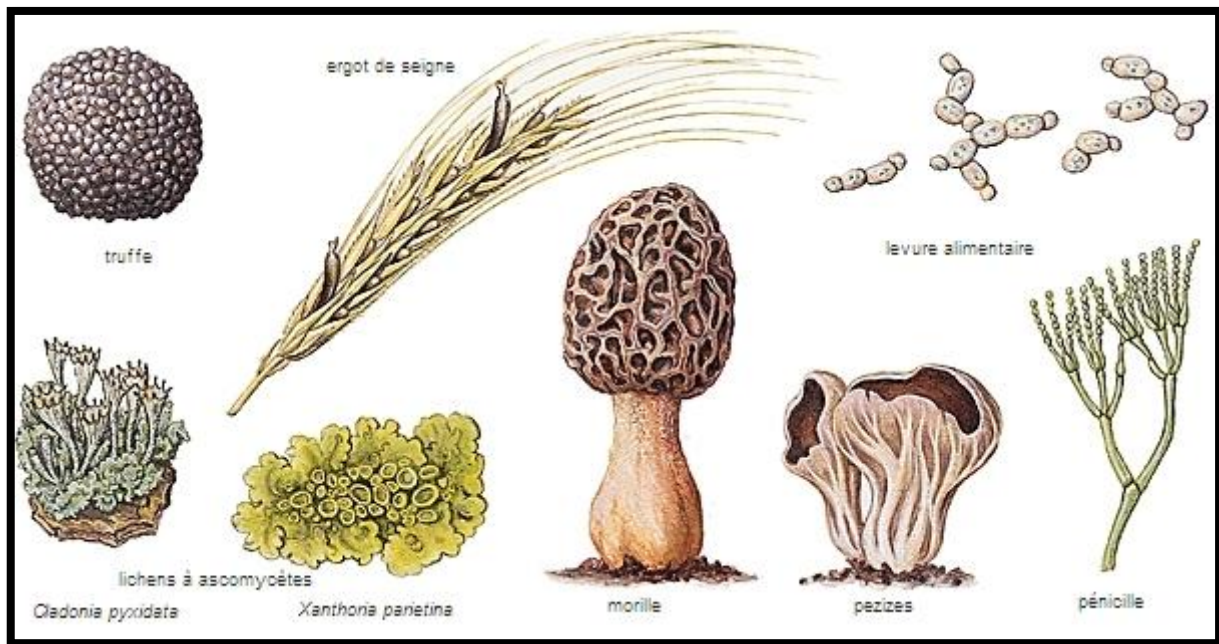


Figure 4. Les différentes formes d'ascomycètes (43).

#### 4.5. Basidiomycètes

C'est un champignon supérieur dont les spores sont portées sur des basides. La classe des basidiomycètes compte près de 15 000 espèces, dont la plupart des champignons des forêts et des prairies ainsi que certaines espèces parasites de plantes cultivées : rouilles, charbons, polypores (44). Leur reproduction asexuée se fait par des conidies et la reproduction sexuée par formation de méiospores (basidiospores) dans les basides (15).

Ces champignons se divisent en deux formes : Tout d'abord, il y a le mycélium, qui se trouve sous terre et qui est composé d'hyphes septés. Ce mycélium peut également pénétrer dans des litières de feuilles, du bois, des animaux en décomposition ou des tissus végétaux (45). Les basidiomycètes sont caractérisés par un pore entre les hyphes, appelé doliporo septum, qui régule ce qui passe entre les cellules. L'autre forme est le corps fructifiant, qui est important pour classer et distinguer les différents champignons. C'est cette partie qu'on appelle communément champignon (45).

#### 4.6. Deutéromycètes

Les champignons imparfaits sont ceux qui ne présentent pas de phase sexuelle. Ils sont classés comme appartenant à l'embranchement des Deuteromycota. Le Deuteromycota est un groupe

polyphylétique dans lequel de nombreuses espèces sont plus étroitement liées à des organismes d'autres phyla qu'à d'autres organismes ; il ne peut donc pas être qualifié de véritable phylum et doit plutôt être appelé phylum de formes. Comme ils ne possèdent pas les structures sexuelles utilisées pour classer les autres champignons, ils sont moins bien décrits que les autres divisions. La plupart des membres vivent sur terre, avec quelques exceptions aquatiques (46).

Ils forment des mycéliums visibles à l'aspect flou et sont communément appelés "moisissures". L'analyse moléculaire montre que le groupe le plus proche des deutéromycètes est celui des ascomycètes. La reproduction des Deuteromycota est strictement asexuée, se produisant principalement par la production de conidiospores asexuées. Les champignons imparfaits ont un impact important sur la vie quotidienne de l'homme. L'industrie alimentaire les utilise pour l'affinage de certains fromages. De nombreux champignons imparfaits provoquent des maladies graves, soit directement en tant que parasites (qui infectent à la fois les plantes et les humains), soit en tant que producteurs de composés toxiques puissants (46).

## **5. Mode de vie des champignons**

Les champignons sont des organismes hétérotrophes ; les mycologues les répartissent en 03 grandes catégories : Les saprophytes ; Les parasites et les symbiotiques.

### **5.1. Les saprophytes (Saprophytisme)**

Les champignons saprobiontes se nourrissent de manière organique provenant de plantes ou d'animaux morts en décomposition, de composte ou de fumier. Leur agréable capacité d'adaptations à leur milieu se traduit sur le plan physiologique et biochimique par leur aptitude à synthétiser un nombre d'enzymes qui leur permettent de dégrader leurs substrats peu accueillants mais aussi d'assurer leur survie. Ils s'avèrent particulièrement bénéfique à l'environnement car ils opèrent comme des recycleurs capables de décomposer des éléments nutritifs des molécules complexes telles que la lignine ; la cellulose du bois ; le plastique ...ils rendent alors celles-ci à nouveau disponible au bénéfice des écosystèmes ; l'ensemble des vivants et les humains (47).

### **5.2. Les parasites (Parasitisme)**

Les champignons parasites se nourrissent à partir de la matière vivante animale ou végétale et environ de 20% des espèces des champignons connus sont capable de parasitisme. D'après le

substrat parasité, on distingue les parasites biotrophes survivant sur des organismes vivants et les parasites nécrotrophes survivant en saprophytes sur l'hôte parasité après sa mort (48).

### **5.3. Les symbiotes (Symbiose)**

Les champignons symbiotiques établissent des associations à bénéfice réciproque avec d'autres organismes qui peuvent être soit des végétaux supérieurs (mycorhizes), des insectes ou des algues et des cyanobactéries appelées lichens (49).

## **6. Mode de croissance des champignons**

### **6.1. Les éléments nutritifs**

Les nutriments nécessaires à la croissance des moisissures sont les plus élémentaires, proviennent de matière organique. Les enzymes décomposent les substrats pour former ces nutriments qui sont ensuite absorbés à travers la paroi mycélienne. Les nutriments sont : des sucres simples ; amidons ; petits peptides ; substances carbonées complexes comme les acides aminés (50).

Le carbone est l'élément le plus abondant dans les cellules fongiques. Il constitue environ 50% des cellules (51). Dans la matière cellulaire l'azote représente la proportion la plus importante (52).

#### **6.1.1. Source de carbone et d'énergie**

Le glucose, le fructose, le mannose, le galactose, le maltose, le saccharose, l'amidon et la cellulose sont les sucres les plus couramment utilisés par les moisissures comme sources de carbone et d'énergie (31). Par la glycolyse et le métabolisme aérobie la moisissure absorbe facilement les sucres tels que le glucose, le maltose ; le saccharose et polymères tels que l'amidon (53).

#### **6.1.2. Source d'azote**

La plupart des moisissures absorbent l'ammoniaque sous forme de sels ( $\text{NH}_4^+$ ) dont la présence réprime l'utilisation d'autres sources azotées (nitrate, acides aminés, protéines). L'ammoniaque est transformée en acide glutamique, glutamine ou autres acides  $\alpha$ -aminés par transamination (54). Seules certaines espèces utilisent le nitrate, tandis que d'autres ne peuvent croître qu'en présence d'azote organique et aucune moisissure ne peut fixer l'azote atmosphérique (55).

### 6.3. Facteurs physicochimiques

Les facteurs physicochimiques ont un impact important sur le développement des moisissures et la germination, nous analysons alternativement quelques paramètres importants :

#### 6.3.1. Température

La température affecte les processus vitaux ; ses effets dans le cas des champignons, influencent la croissance mycélienne et la fructification (56). La plupart des moisissures sont mésophiles avec des optima de croissance de 25 à 35°C (57). Certaines espèces ont la capacité de se développer à des températures extrêmes, Les espèces thermo tolérantes ou thermophiles peuvent se développer à des températures allant jusqu'à 60°C tels que *Aspergillus fumigatus*, *A. flavus* et *Chaetomium*. D'autres sont des psychrophiles ou psychrotolérantes se développant à basses températures entre -5 et 10°C comme *Helicostylum pulchrum*, *Chrysosporium pannorum* et *Cladosporium herbarum*, ces espèces peuvent survivre même à -60°C, on les rencontre dans des entrepôts frigorifiques (55-57).

#### 6.3.2. PH

La grande majorité des champignons filamenteux se développent dans une zone de pH qui varie entre 4.5 – 8.0 (52). Le pH influe sur la croissance de moisissures soit indirectement en agissant sur la disponibilité des éléments nutritifs, soit directement par action sur la membrane cellulaire (54).

Certains champignons tels que *Fusarium culmorum*, *Trichoderma harzianum* et *Aspergillus oryzae* sont capables de croître dans une large gamme de pH avec une tendance à croître dans des milieux légèrement acide (58).

#### 6.3.3. Oxygène

L'oxygène est un facteur important pour la croissance des moisissures. La plupart sont aérobies, les plus exigeantes vivent dans les régions périphériques des substrats. D'autres espèces moins exigeantes sont micros aérophiles elles peuvent se développer en profondeur comme *Fusarium oxysporum* et *Aspergillus fumigatus*. D'autres champignons peuvent même supporter une anaérobiose très stricte comme *Neocallimastix* (59 -57).



#### 6.3.4. Lumière

Les radiations du spectre visible (380 – 720) généralement a aucun effet sur la croissance végétative des champignons mais peuvent affecter la sporulation. La plupart des moisissures n'ont pas besoin de lumière pour se développer ou pour la germination de leurs spores (57).

#### 6.3.5. Humidité

Les moisissures nécessitent généralement moins d'eau par rapport aux autres microorganismes (55). L'humidité n'a pas seulement un impact sur le développement des moisissures mais aussi sur la croissance mycélienne, la sporulation et surtout la germination des spores (59). Les moisissures avec un mycélium non cloisonné sont les plus sensibles à la dessiccation ; leur développement cesse lorsque le potentiel hydrique descend au-dessous de 4 MPa (Méga Pascal).

Les moisissures à mycélium cloisonné supportent en moyenne jusqu'à 10 MPa. Cependant, les *Aspergillus* et les *Penicillium* peuvent généralement se développer à des potentiels hydriques de l'ordre de -20 MPa (55).

#### 6.3.6. Activité en eau ( $A_w$ )

La majorité des moisissures ont un bon développement pour une activité d'eau comprise entre 0,85 et 0,99 (60).

Les moisissures appartenant aux genres *Aspergillus* et *Penicillium* sont en général capables de se développer à des  $A_w$  voisines de 0,7 ; elles peuvent aussi se développer dans les aliments pauvres en eau comme les céréales au cours de stockage, les fruits secs et les produits à activité hydrique réduite, relativement aux autres genres les *Fusarium* ne peuvent se développer qu'à des  $A_w$  supérieures à 0,9 (53).

## 7. Quelques exemples de champignons

### 7.1. Le genre *Aspergillus*

Ce genre est souvent associé aux *Penicillium* et se diffère de ces derniers par l'aspect des conidiophores qui se terminent par une tête renflée (61). *Aspergillus fumigatus* est un champignon saprophyte qui joue un rôle essentiel dans le recyclage du carbone et de l'azote de l'environnement. Sa niche écologique naturelle est le sol, où il survit et se développe sur des débris organiques (62). Ses grandes capacités de résistance et de dispersion dans l'environnement sont soutenues par la

structure particulière de ses spores ou conidies de très petite taille (2 à 3  $\mu\text{m}$  de diamètre), dont la paroi mélanisée est tapissée de protéines hydrophobes. Sa thermo tolérance importante lui permet de croître à des températures élevées (jusqu'à 55°C).

La virulence de cette espèce repose également sur la capacité d'adhésion des spores aux membranes basales, sa production de toxines (fumagilline, brevianamide, fumitremorgine, pseurotine, pyripyropène, fumigatoxine, etc.), plus ses capacités d'échappement au système immunitaire (mélanine, gliotoxine, etc.) (63).

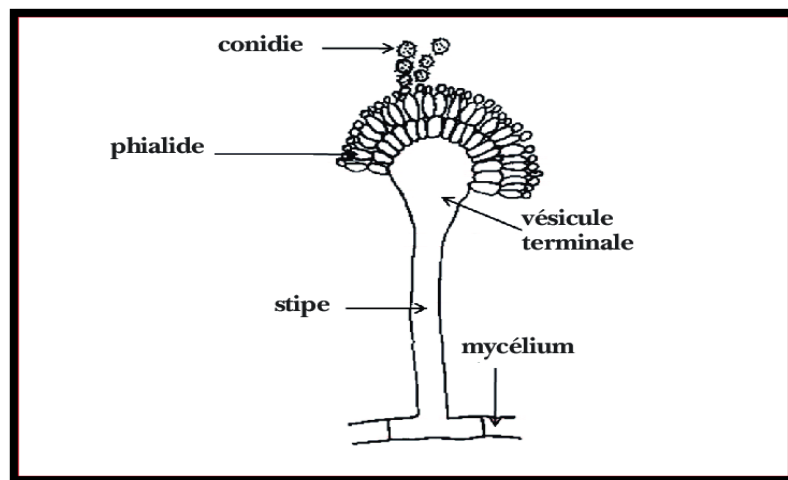
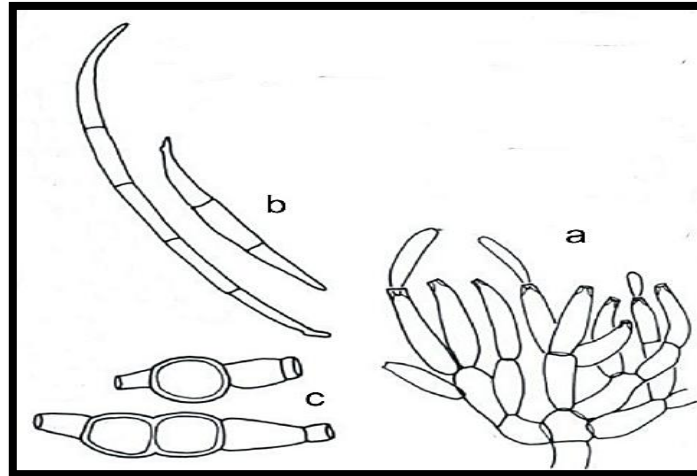


Figure 5. Représentation schématique d'une tête aspergillaire (64).

### 7.2. Le genre *Fusarium*

*Fusarium* est un genre de champignons filamenteux qui contient de nombreux phytopathogènes importants sur le plan agronomique, des producteurs de mycotoxines et des pathogènes opportunistes pour l'homme (65).

Le nom *Fusarium* vient de « fusus » qui signifie fuseau d'après la forme de ces macroconidies fusiforme et cloisonnées. Ce sont des champignons cosmopolites, on compte environ 40 espèces largement distribués dans la nature et vivants en saprophytes (66).



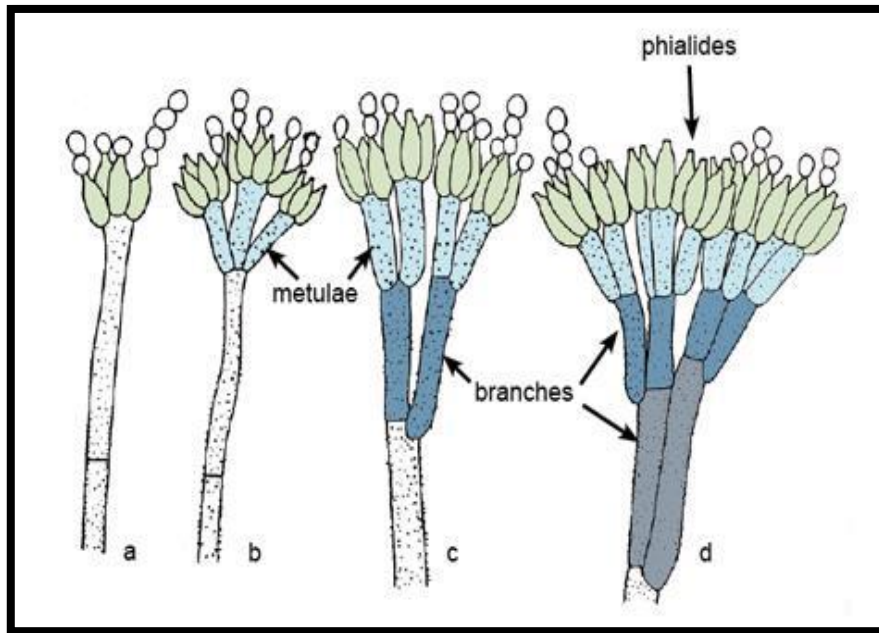
**Figure 6. Les trois différentes spores produites par *Fusarium oxysporum*. (a) microcondies ; (b) macrocondies ; (c) chlamydo-spores) (67).**

### **7.3. Le genre *Penicillium***

*Penicillium* est un genre diversifié présent dans le monde entier et ses espèces jouent un rôle important en tant que décomposeurs de matières organiques et provoquent des pourritures destructrices dans l'industrie alimentaire, où elles produisent une large gamme de mycotoxines. D'autres espèces sont considérées comme des usines à enzymes ou sont des allergènes courants de l'air intérieur.

Le genre contient actuellement 354 espèces acceptées, y compris de nouvelles combinaisons pour *Aspergillus crystallinus*, *A. malodoratus* et *A. paradoxus*, qui appartiennent à la section *Paradoxa* de *Penicillium* (68).

Chez *Penicillium*, les phialides peuvent être produites individuellement, en groupes ou à partir de métules ramifiées, donnant un aspect de brosse (un pénicillus). Le pénicillus peut contenir à la fois des branches et des métules (avant-dernières branches qui portent un verticille de phialides). Toutes les cellules situées entre les métules et les stipes des conidiophores sont appelées branches (68).



**Figure 7. Structures morphologiques et types de ramification des conidiophores chez *penicillium*. (a) Monoverticillaire ; (b) Biverticillaire ; (c) Terverticillaire ; (d) Quaterverticillaire (68).**

#### **7.4. Le genre *Trichoderma***

*Trichoderma* est l'un des meilleurs bioagents, qui s'est avéré efficace contre un large éventail de pathogènes du sol et du feuillage. Le genre *Trichoderma* est un champignon filamenteux vert vivant dans le sol, qui appartient à la division Ascomycota. L'efficacité de *Trichoderma* dépend de nombreux paramètres abiotiques tels que le pH du sol, la rétention d'eau, la température et la présence de métaux lourds. Le potentiel de biocontrôle des *Trichoderma spp.* est dû à leur interaction complexe avec les pathogènes des plantes, soit en les parasitant, soit en sécrétant des antibiotiques, soit en entrant en compétition pour l'espace et les nutriments (69). Le genre est caractérisé par des conidiophores fortement ramifiés selon une structure pyramidale et se terminant par une ou plusieurs phialides. Ces phialides peuvent être cylindriques ou subglobuleuses, regroupés en masse ou solitaires. Les conidies sont hyalines, ellipsoïdes et lisses chez la plupart des espèces, les conidies globuleuses sont rares. Certaines espèces peuvent produire des chlamydospores globuleuses, qui sont intercalaires ou terminales (70).

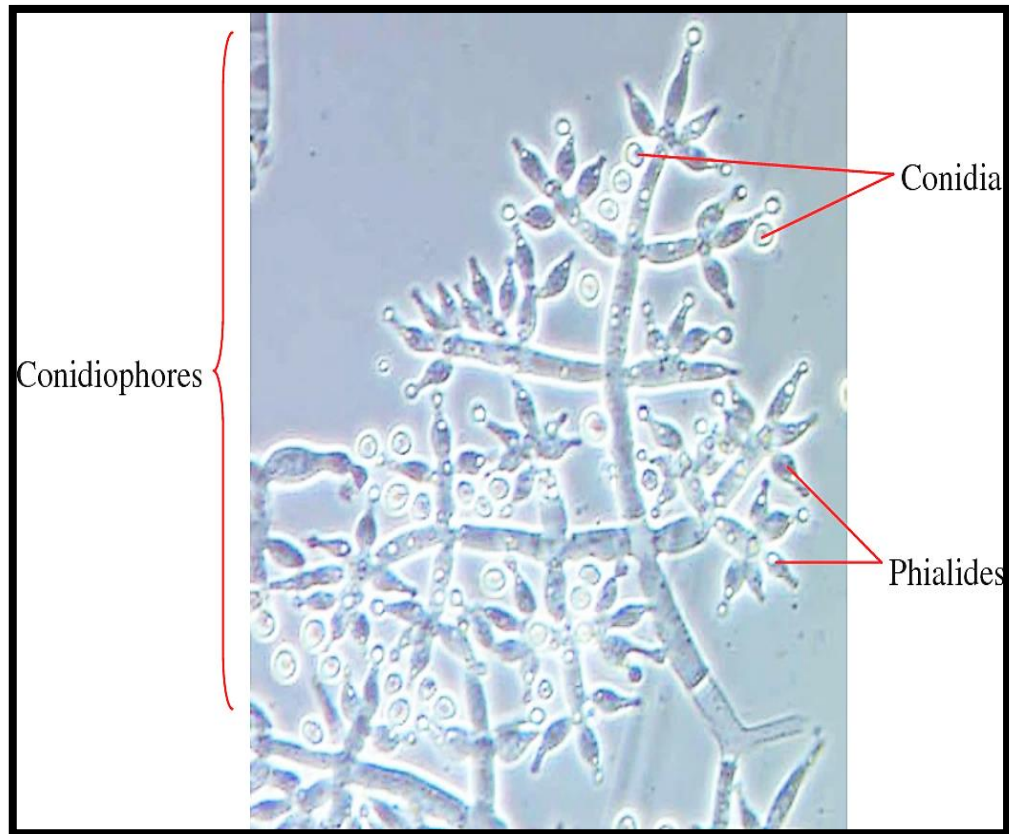


Figure 8. Conidiophores de *Trichoderma harzianum* (71).

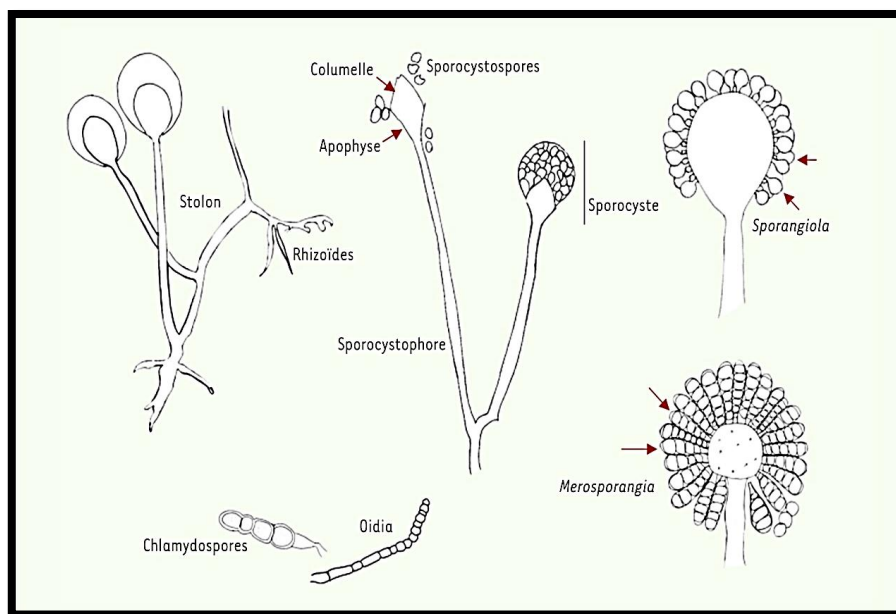
### 7.5. Les Mucorales

Les Mucorales (Mucoromycotina) constituent l'un des groupes de champignons les plus anciens, comprenant des organismes omniprésents, essentiellement saprotrophes. Les Mucorales se caractérisent par un mycélium généralement abondant et à croissance rapide, ainsi que par des structures anamorphiques généralement formées en grandes quantités (72).

Ces champignons se reproduisent sexuellement en formant des zygospores suite à la fusion de deux filaments parfois issus de la même spore (homothallique) et plus souvent de deux filaments complémentaires (hétérothallique). Les zygospores matures ont généralement une paroi épaisse et subissent une période de dormance avant de germer. La multiplication asexuée est caractérisée par la production d'une à plusieurs sporocystospores (endospores) portées dans des structures fermées en forme de sac nommées sporocystes. Les spores sont disséminées dans l'atmosphère par éclatement de ces structures (73).

Le sporocyste est soutenu par un hyphe spécialisé, sporocystophore, qui dans certaines espèces, émane d'un système branché de rhizoïdes qui ancrent le sporocystophore au substrat. Les rhizoïdes sont connectés entre eux par un hyphe dénommé stolon, ce qui permet son expansion. D'autres structures sont remarquables tels que l'axe central du sporocyste appelé columelle et l'apophyse, renflement du sporocystophore juste en dessous de la columelle.

Le sporocyste peut contenir une ou quelques sporocystospores (sporangiola) ou plusieurs sporocystospores alignées (merosporangia). Certaines espèces produisent des structures de résistance enflées à paroi épaisse (chlamydozoospores) ou bien à paroi fine appeler oidia (73).



**Figure 9. Structures morphologiques des membres de l'ordre des *Mucorales* (73).**

## 8. Rôle des champignons du sol

En plus de leurs modes de vie, les champignons interagissent avec l'environnement et y jouent de multiples rôles, en lien avec leurs activités biochimiques, physiologiques et écologiques. Ils représentent 50% de l'ensemble des micro-organismes du sol (47).

Les champignons jouent un rôle important dans la nutrition phosphatée de la plante. Via les hyphes les champignons sous forme d'une pompe, transfèrent des sols vers les racine une mixture d'eau, phosphore et azote, qu'ils puisent de son environnement immédiat (49).

En plus des nutriments, les champignons peuvent fournir plusieurs avantages pour les plantes comme la protection contre les maladies (74). Les champignons tel que les *Trichodermas* s'attaquent aux pathogènes responsables de la plupart des maladies qui touchent les plantes comme le *Pythium*, le *Rhizoctonia* ou encore le *Fusarium* (75).

Les champignons ont aussi un rôle dans la protection contre les insectes ravageurs et une résistance aux herbivores (76). Ces organismes en compétition avec les bactéries, les insectes et les plantes parasites, parviennent à contrer leur effet nocif et fournissent une alternative de recharges naturelles et efficaces aux produits chimiques généralement polluants, pour lutter contre les différentes maladies et contrôler les épidémies (47).

Les champignons jouent un rôle majeur dans le recyclage de la matière organique morte dans les écosystèmes terrestres. Grâce aux enzymes qu'ils secrètent, ils ont une capacité de décomposer tous les polymères constitutifs du bois. Ils assurent la dégradation de la cellulose, la minéralisation et la conversion de la lignine (77). Ces microorganismes ont un rôle important dans l'assainissement de l'environnement particulièrement pour la dépollution des sols, l'air et l'eau, un atout désigné par un terme « mycoremédiation ». Ils possèdent un organisme efficace pour décontaminer les sites pollués en dégradant plusieurs produits chimiques par leurs enzymes secrétées (47).

De plus, les champignons ont un système intracellulaire de détoxification impliqué dans l'élimination des composés potentiellement toxiques produits pendant la dégradation du bois, ainsi que tous les autres composés xénobiotiques (78).

Les champignons du sol constituent une alternative moins chère et certainement plus efficace, surtout pour des zones semi-arides et arides. Ils peuvent montrer des effets positifs sur la plante hôte, comme la résistance et la tolérance aux stress biotiques et abiotiques (79).

---

---

## CHAPITRE 03. LES ACTINOMYCETES

### 1. Généralités sur les actinomycètes

En général, les actinomycètes composent un ensemble de bactéries souvent immobiles, hétérotrophes, filamenteuses ayant tendance à former un mycélium ramifié plus ou moins différencié très fin de 1 à 1,5  $\mu\text{m}$  (80). Mais malgré leur aspect morphologique de type fongique, leur physiologie et leur organisation cellulaire sont de type procaryote et confirment leur classification parmi les bactéries (81).

Les actinomycètes sont adaptés à divers milieux écologiques, d'où la signification de leur non « champignons rayonnants ». En effet, ils envahissent tous les milieux où existe la vie, dans les sols, l'air, les eaux douces et rarement salines. Toutefois, ils se trouvent abondamment dans le sol comme réservoir principal et spécialement dans les sols alcalins et les sols riches en matière organique où ils constituent une part importante de la population microbienne. Ils jouent un rôle essentiel dans la formation de l'humus en participant activement à la décomposition de cette matière organique, ce qui rend le sol fertile et par conséquent améliorer les récoltes (82).

Habituellement, ces espèces sont capables de métaboliser plusieurs et différents composés y compris les polysaccharides, les alcools, les acides aminés et les composés aromatiques par la production des enzymes extracellulaire (83).

Leur aptitude de dégrader les pesticides et les herbicides et les hydrocarbures avait également été signalée, cette diversité métabolique est due à leur génome excrément large qui a une centaine de facteur de transcription qui contrôle l'expression des gènes qui leur permettent de répondre à leur besoin (84).

Des actinomycètes du genre *Frankia* forment des nodules au niveau des racines de certains arbres et arbustes et participent activement à la fixation de l'azote atmosphérique au même titre que les *Rhizobium* sur les racines des légumineuses (81).

Actuellement, les actinomycètes ont une importance considérable en tant que producteurs d'antibiotiques. Ils sont à l'origine des deux tiers des quelques six miles antibiotiques qui ont été isolés. Le groupe le plus important à ce point de vue est celui des *Streptomyces*. Également, les actinomycètes retiennent particulièrement notre attention et semblent être un excellent candidat



producteur des substances intéressantes essentiellement des enzymes utilisées dans l'industrie alimentaire et dans l'industrie des détergents, mais aussi des inhibiteurs d'enzymes et d'innombrables substances ayant des effets insecticides, herbicides, antitumoraux...etc. (83).

Par contre, il existe d'autres actinomycètes pathogènes. Le premier actinomycète décrit, en 1875, provenait d'une infection de la mâchoire d'un bovin, certains sont responsables de la tuberculose, de la lèpre, de quelques tumeurs... Ils provoquent également des maladies chez le bétail. D'autres provoquent des galles sur la pomme de terre, la patate douce, des caries et des nécroses dans le bois (82).

## 2. Taxonomie des actinomycètes

La taxonomie est l'étude de la diversité des microorganismes et des relations susceptibles d'exister entre eux (85). La taxonomie actuelle des actinomycètes est basée sur plusieurs critères : morphologiques, chimiques, physiologiques et moléculaires. La plupart des genres peuvent être définis par des critères morphologiques et chimiques, tandis que la détermination des espèces repose sur les critères physiologiques et moléculaires notamment la séquence du gène ARNr 16s.

Selon le Bergey's Manual de systématique bactériologique (2012), les actinomycètes forment un grand groupe de microorganismes procaryotes et sont classés dans le domaine Bacteria et le phylum *Actinobacteria* qui est subdivisé à son tour en 06 classes. La plus importante est la classe des *Actinobacteria* qui se divise en 15 ordres. Les plus importants sont ceux des *Actinomycetales* et des *Streptomycetales* (83).

## 3. Morphologie des actinomycètes

Les actinomycètes sont des procaryotes fortement cosmopolites qui comprennent à la fois des bactéries en forme bâtonnet et filamenteuses (86). Leur croissance (prothallus) est caractérisée par la formation de fils et tiges normalement ramifiés, donnant fréquemment naissance à un mycélium typique, qui est unicellulaire, en particulier pendant les premiers stades de croissance. Généralement non cloisonnés, les hyphes peuvent devenir cloisonnés sous conditions spéciales (87).

La structure mycélienne des actinomycètes présente une grande diversité de morphologies. On distingue trois cas (88) : celles qui ne forment qu'un mycélium végétatif (exemple : *Frankia*,

*Dactylosporangium*) où la croissance a lieu soit à l'intérieur, soit à la surface du milieu. Celles qui élaborent en outre un mycélium aérien maturé en conidies issu d'un mycélium végétatif.

De plus, il existe une curiosité biologique représentée par le genre *Sporichthya*, qui produit seulement un mycélium aérien dont les hyphes sont attachés au substratum par des crampons. Certains actinomycètes forment des structures particulières qui sont des sclérotés « *Chainia* », des synnèmes « *Actinosynnema* », des vésicules contenant des spores « *Frankia* » ou des vésicules qui en dépourvues « *Intrasporangium* » (89).

Sur milieu solide, les actinomycètes forment des colonies très particulières résultant de l'accumulation des hyphes ramifiés et non pas de cellules comme c'est le cas des bactéries non filamenteuses. Le diamètre des colonies est variable de 1 à 10 mm.

L'aspect des colonies peut être compact, sec, lisse, rugueux à contours lisse ou échancrés. Les colonies sont souvent pigmentées : jaune, violet, blanc, crème, rose, gris, etc. (90).

**Tableau 4. Classification des actinomycètes de l'ordre actinomycétales basé sur L'ARNs 16s (91).**

Classification		Basé sur
Domaine	<i>Bacteria</i>	La composition moléculaire et chimique
Phylum	<i>Actinobacteria</i>	
Classe	<i>Actinobacteria</i>	
Sous-classe	<i>Actinobacteridae</i>	
Ordre	<i>Actinomycetales</i>	
Sous-ordre	<i>Actinomycineae, Actinopolysporineae, Catenulisporineae, Corynebacterineae, Frankineae, Glycomycineae, , Jiangelluneae, kincosporineae, Micrococcineae, Pseudonocardineae Propionibacterineae, , Streptomycineae, Streptosporangineae.</i>	L'ARN 16 S
Famille	<i>Nocardiaceae, Mycobaciaceae, Tsukamellaceae, Dieciaceae Corynebacteriaceae, Sgiliporaceae. Actinosynnemataceae</i>	
Genre	<i>Propionibacterium, Mycobacterium, Nocardia, Rhodococcus, Leifsonia, Streptomyces, Frankia, Thermobifida...</i>	
Espèce	<i>Micromonosporatuberculosis, Noncardiaasteroides, Rhodococcisrhidochrous Streptomyceslincolnensis, Thermobififafusco....</i>	

## 4. Physiologie

Il existe deux groupes d'Actinomycètes. En premier lieu, les formes fermentatives, illustrées par le genre *Actinomyces*, appartenant principalement à la flore commensale des cavités naturelles des animaux et de l'homme. Ces organismes peuvent être anaérobies ou aérobies, mais ils sont souvent microaérophiles et rarement des espèces associées avec des parasites ou en mutualisme avec des plantes et des animaux (92).

En second lieu, les formes oxydatives, aérobies, tels que les *Streptomyces*, qui sont surtout des espèces telluriques.

La plupart des isolats d'actinomycètes préfèrent un pH neutre ou peu alcalin, avec une plage de croissance de pH 5,0 à 9,0 et un pH optimal d'environ 7 tandis que les streptomycètes acidophiles sont nombreux dans les sols acides. Comme il existe une minorité d'espèces qui ont été isolé d'un sol près d'un lac salé (93).

Généralement les actinomycètes sont mésophiles, avec une température de croissance optimale de 25 à 30°C. Tandis que les actinomycètes thermophiles obligatoires ou facultatifs tolèrent des températures avoisinant les 50°C et peuvent aller jusqu'à 60°C (94).

## 5. Cycle de développement

Les actinomycètes ont un cycle de développement complexe, il débute par la germination d'une spore, qui donne naissance à un mycélium « primaire » formé d'hyphes qui se ramifie (**Fig.11**). Le développement du mycélium du 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 (95).

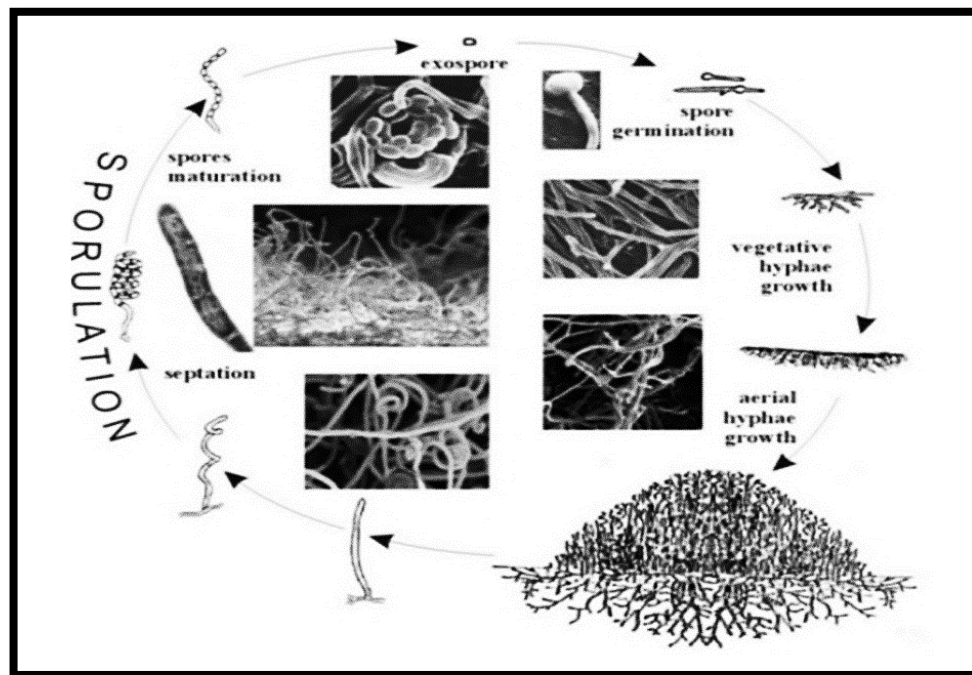


Figure 10. Cycle de développement des *Streptomyces* sur milieu solide (96).

## 6. Ecologie

Les actinomycètes sont largement distribués dans la nature. Leur nombre dépend de nombreux facteurs, dont la nature et l'abondance de la matière organique, la profondeur, le pH, l'aération et l'humidité (97).

La plupart des actinomycètes sont saprophytes mais quelques-uns peuvent être pathogènes ou symbiotes des plantes et des animaux (98). En générale, les actinomycètes sont des hétérotrophes, mais plusieurs espèces sont capables aussi de croissance chimio-autotrophe (99). Elles sont retrouvées dans tous les écosystèmes :

- Les sols : Bien que les premières souches d'actinomycètes aient été isolées de sources humaines et animales respectivement par COHN en 1875 et NOCARD en 1888, c'est le sol qui en est certainement le réservoir le plus riche, réservoir à partir duquel ces microorganismes peuvent envahir de nombreux biotopes (100).

Le genre *Streptomyces* est celui qui prédomine généralement dans les sols et divers autres substrats. Il représente 80 à 95% du total des actinomycètes (101). Après *Streptomyces*, les genres les plus fréquents sont *Nocardia* et *Micromonospora* (102). Les autres genres ne constituent qu'une fraction minime (103).

Ils jouent un rôle majeur dans la décomposition de matière organique du sol y compris les composés les plus complexes (chitine et kératine) produisant des substances spécifiques telles que la géosmine et le 2-méthyl isobornéol qui est responsable de l'odeur d'humus caractéristique des sols (107). Aussi, ils jouent un rôle crucial dans plusieurs processus biologiques tels que les cycles biogéochimiques, bioremédiation et bio-intempéries... etc. (104)

Ils sont retrouvés dans les sols polaires gelés en permanence tout comme dans des sols désertiques chauds et secs, les sols hautement contaminés par des métaux lourds, les sols pollués par les hydrocarbures et les grottes naturelles (105).

Dans les sols sahariens d'Algérie, les *Streptomyces* constituent entre 15 et 60 % de la totalité des microorganismes et peuvent même dépasser les 85 % dans les horizons profonds des sols des palmeraies (106).

- Le milieu marin : Certaines souches d'actinomycètes ont été retrouvées dans des environnements marins (107) et (108), dans des sédiments situés à plus de 4000 m de profondeur (109).

Les actinomycètes sont également présents dans les lacs extrêmement alcalins, les lacs salés, en revanche il semblerait qu'ils sont absents dans les eaux minières très acides (pH inférieur à 1) et les sources thermales très chaudes d'origine volcaniques (110).

- La faune, la flore et l'Homme : Contrairement aux bactéries et aux champignons, seules quelques espèces d'Actinomycètes sont pathogènes (111). Ce sont pratiquement des espèces endophytiques et phytopathogènes, les meilleurs exemples en pathologie végétale sont : *Streptomyces scabies*, *Streptomyces acidiscabies* et *Streptomyces turgiscabies*, responsables de la gale de la pomme de terre (112).

Alors qu'en pathologie humaine, plusieurs genres sont responsables d'infections ou d'actinomycoses, d'autres du genre *Actinomyces* semblent avoir un rôle dans le développement des caries dentaires (113). Le genre *Nocardia* comprend aussi des espèces pathogènes l'exemple

de *Nocardia asteroides*, responsable de la nocardiose humaine (114). D'autres espèces tels que *Mycobacterium tuberculosis* et *Mycobacterium leprae*, agents de la tuberculose et de la lèpre.

## 7. Importance des actinomycètes

Les actinobactéries par leurs propriétés et leur diversité écologique dans les différents écosystèmes présentent un intérêt en agronomie et en biologie de haute valeur. Elles sont recherchées de façon routinière dans le but de découvrir de nouvelles substances bioactives utilisées dans différents domaines industriels, biotechnologies, pharmaceutiques et alimentaires (115).

### 7.1. Importance en agronomie

Les actinomycètes représentent un pourcentage élevé de la biomasse microbienne du sol. Ils possèdent une fonction de décomposition très active de la matière organique présente dans le sol, conféré grâce à leur capacité de produire une large variété d'hydrolases extracellulaires. Ils ont également un grand pouvoir de transformation des substances organiques complexes difficilement ou non dégradables par les autres microorganismes, tels que les polymères complexes, les polysaccharides, les lignocelluloses, la chitine (116).

Les actinomycètes ont un rôle important dans les processus de recyclage et de biodégradation de la matière organique et contribuent significativement ainsi à la fertilisation des sols en augmentant la disponibilité des nutriments et par conséquent l'amélioration de la croissance des plantes (117). Ils sont aussi capables de dégrader ou de recycler certaines toxines produites par des champignons toxigènes et réduire aussi leur teneur dans les produits finaux en agro-alimentaire (118).

En plus de la capacité de décomposition et de biodégradation, les actinomycètes apparaissent eux de l'importance parmi la microflore de la rhizosphère. En effet les dernières années les différents aspects des interactions actinomycètes-plantes ont fait l'objet d'études étendues (119).

Le genre *Frankia* est très connu en foresterie pour son rôle dans la fixation d'azote atmosphérique en symbiose dans les nodules racinaires de certains arbres dicotylédones (autres que les légumineuses) comme le casuarina, l'orme, l'aulne, etc. (120).

Leur pouvoir antagoniste prononcé leur confère un rôle dans la distribution écologique des microorganismes et dans la lutte biologique contre certains agents phytopathogènes du sol (121).

## 7.2. Importance en biotechnologie

L'hétérogénéité biochimique des actinomycètes et leur exceptionnelle capacité à produire des métabolites secondaires font d'eux des producteurs potentiels de nombreux composés intéressants en industrie pharmaceutique et alimentaire (122).

Les actinobactéries produisent de nombreuses molécules à activité antitumorale tel que l'anthramycine, des insecticides, des acaricides tel que l'altémicidine, des enzymes telles que les enzymes alcalines (123), les transglutaminases, les xylanases et cellulases utilisées dans le traitement des sous-produits (124), Synthèse Bibliographique des inhibiteurs d'enzymes, des vitamines, des immunomodulateurs (111) et des herbicides (125).

Cependant ce sont les antibiotiques qui occupent une place importante dans l'arsenal thérapeutique et commerciale (100) ; Ainsi, 80% des antibiotiques commercialisés proviennent de actinomycètes fortement productrices de ces molécules, particulièrement du genre *Streptomyces* (126), à savoir : la streptomycine, la novobiocine, la nystatine, etc. D'autres genres producteurs peuvent être cités : *Micromonospora*, *Nocardia*, *Actinomadura*, *Actinoplanes*, *Nocardiopsis*, et *Saccharothrix*.

Parmi les molécules élaborées également par les Actinomycètes, seulement 20% représentent des antifongiques (127).



**PARTIE  
PRATIQUE**



## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Cette étude porte sur l'identification des champignons et des actinomycètes présents dans les sols arides de l'Est algérien précisément la wilaya de Biskra. La partie pratique de cette étude est réalisée au niveau du laboratoire de recherche de l'Institut National de Recherches Agronomiques Algérie - INRAA-Unité de Recherche Constantine.

### 1. Méthodes d'échantillonnage

Les échantillons du sol sont prélevés au niveau des zones de culture des cucurbitacées de la wilaya de Biskra. Les échantillons sont prélevés à une profondeur de 20 à 30 cm au niveau de la rhizosphère des cultures à l'aide d'une spatule dans des sachets propres.

En tout 12 échantillons, sont récoltés et sont soigneusement transportés pour éviter la contamination dans des sachets propres et hermétiquement fermés, au niveau du laboratoire de l'INRAA-URC à El Khroub. Les régions prospectées sont citées au niveau du tableau 5.

**Tableau 5. Les régions prospectées de Biskra.**

Echantillons	Culture	Echantillons	Culture
El Outaya	Melon	Ain Naga1	Courgette
Driss Omar	Courgette	Ain Naga2	Melon
Sidi Okba	Melon	M'Ziraa1	Pastèque
Labreche	Melon	M'Ziraa2	Courgette
Bir Naam	Pastèque	M'Ziraa3	Melon
Bir Naam	Melon	M'Ziraa4	Pastèque

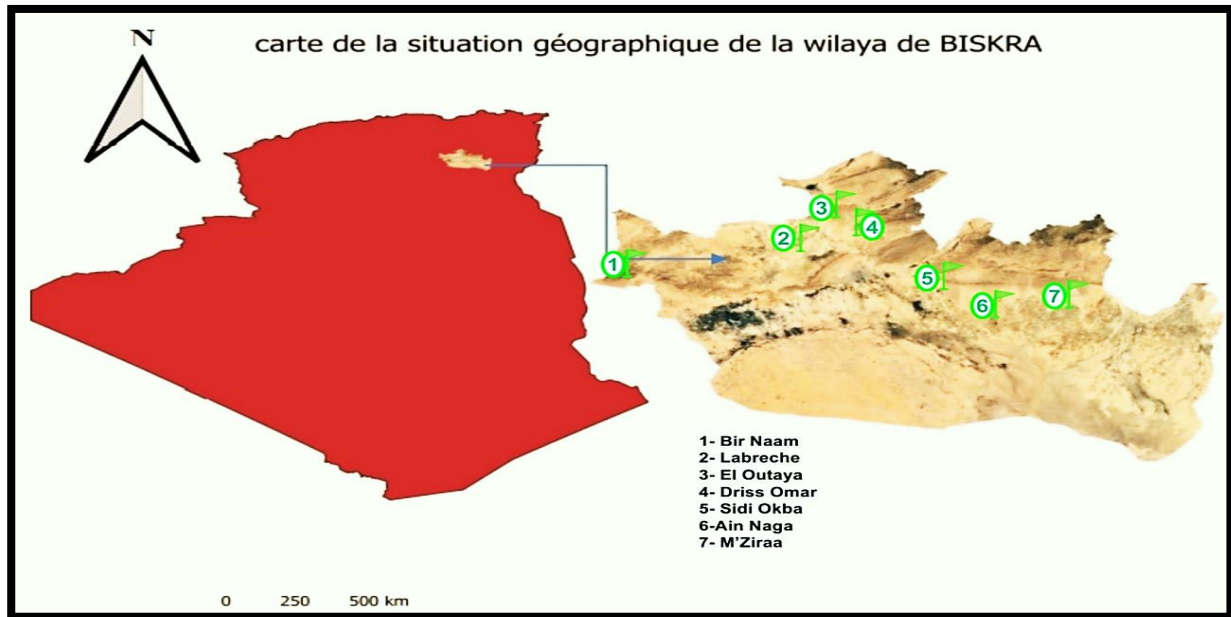


Figure 11. Carte géographique des sites de prélèvement des échantillons.

## 2. Matériel utilisé pour l'analyse du sol

Etuve ; Boites de Pétri ; Balance électrique ; Agitateur ; pH-mètre ; Becher ; Conductivité électrique ; Pipettes pasteur ; Papier filtre ; Eau distillée ; Chlorure de sodium à 2% ; barreaux magnétiques ; micropipettes 1000  $\mu$ l.

## 3. Préparation des milieux de cultures

Il y'a de grandes variétés de milieux nutritifs permettant le développement des champignons et d'actinomycètes, afin d'aboutir à des colonies complètement différentes l'une de l'autre. Nous avons utilisé le milieu pomme de terre d'extrorse agar (PDA) auquel nous avons ajouté du chloramphénicol (0,25 g/l) favorable pour la croissance des champignons phytopathogènes. Le milieu de culture ISP2 est utilisé afin de favoriser le développement des actinomycètes.

## 4. Isolement des micro-organismes

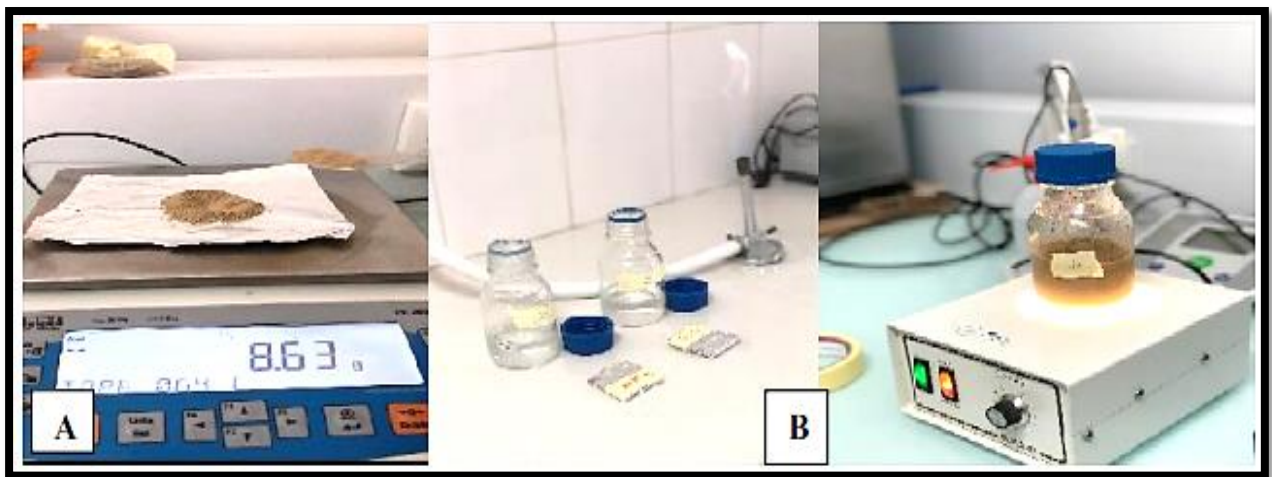
### 4.1 Méthodes des dilutions

La préparation des dilutions passe d'abord par la première étape qu'est : la préparation de la solution mère.

#### **4.1.1 Préparation des solutions (solution mère et dilutions)**

Après avoir séché les échantillons à 30°C, le sol est tamisé et purifié de tous les débris végétaux. La solution mère est préparée en mélangeant 10g de sol prélevé aléatoirement avec 90 ml d'eau distillée stérile. Le mélange est mis en agitation pendant 30 minutes afin de libérer les spores et les mycéliums dans la suspension (**Fig.12**).

Dans le but de réduire la charge microbienne et d'obtenir des colonies bien séparées, une série de dilutions est réalisée comme suit : 1ml de la solution mère est prélevé puis versé dans un tube contenant 9 ml d'eau distillée stérile après passage au vortex nous obtenant la dilution  $10^{-1}$ . On procède de la même manière jusqu'à obtention des dilutions  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$  et  $10^{-4}$ .



**Figure 12. Préparation de la solution mère. (A) Pesée du sol ; (B) Agitation de la solution.**

#### **4.2. Ensemencement sur milieu solide**

Avec une micropipette de 1000  $\mu$ l, 1 ml de chaque dilution est prélevé puis ensemencé sur les milieux PDA et ISP2 avec 2 répétitions pour chaque milieu.

#### **4.3. Incubation**

Les boîtes de Pétri sont homogénéisées par agitation manuelle circulaire sur la paillasse et incubées dans une étuve à 28°C pendant 15 jours (**Fig.13**).



**Figure 13. Incubation des boîtes Pétri après ensemencement.**

#### **4.4. Dénombrement des colonies**

Après 15 jours d'incubation plusieurs colonies de divers aspects apparaissent dans les boîtes de Pétri. Le dénombrement et la caractérisation des colonies est faite d'une façon préliminaire (couleur et texture) pour pouvoir exécuter la purification.

#### **4.5. Purification**

La purification est réalisée par prélèvement d'un fragment de colonie avec une pipette de Pasteur en conditions d'asepsie ; ce dernier est déposé au centre des nouvelles boîtes Pétri qui contiennent les milieux de cultures solides PDA et ISP2. Une série de repiquage successifs doit être faite jusqu'à obtention d'un isolat pure. Les boîtes sont incubées pendant 7 jours à 28°C.



**Figure 14. Technique de purification et prélèvement des isolats.**

## **5. Identification des champignons et actinomycètes**

### **5.1. Caractérisation morphologique et microscopique**

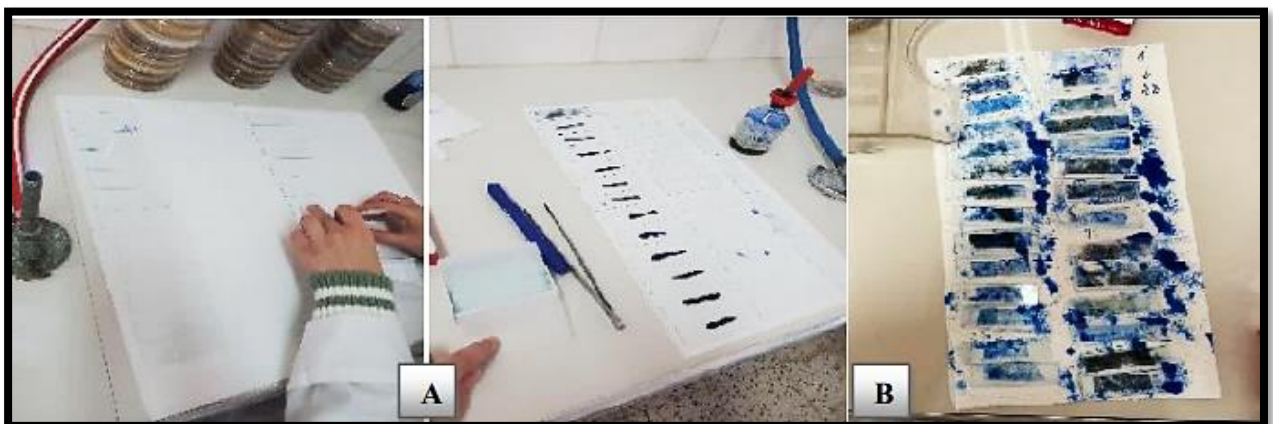
L'identification des champignons filamenteux repose essentiellement sur l'analyse des caractères morphologiques macroscopiques et microscopiques. Ces méthodes d'identification peuvent être complétées par une analyse moléculaire

#### **5.1.1 Caractérisation morphologique**

Elle permet la description des colonies. Cette caractérisation est essentiellement basée sur des critères bien précis tels que : la couleur des colonies, la texture, la forme, taille et la surface.

#### **5.1.2. Caractérisation microscopique**

La caractérisation microscopique doit d'abord passer par la préparation des lames. Cette étape se fait à l'aide d'un morceau de ruban adhésif (scotch) tout en évitant de toucher la face adhésive de ce dernier et en l'appliquant sur la colonie. Le ruban est ensuite étalé sur la lame contenant le bleu de méthylène (**Fig.15**). La caractérisation microscopique repose essentiellement sur l'étude morphologique du mycélium (avec ou sans cloisons, couleur, taille...etc.) et des spores ( forme, origine, type de regroupement etc.) (128). Les organes de fructification et l'appareil végétatif sont aussi observés lors de l'analyse microscopique des colonies (129).



**Figure 15. Préparation des lames pour observation microscopique. (A) numérotation des lames et positionnement du bleu de méthylène ; (B) Lames prêtes à l'observation.**

## RESULTATS ET DISCUSSION

### 1. Résultats

Dans le but d’accomplir une étude sur la diversité des genres fongiques les échantillons de sols agricoles de diverses régions du Nord-Est d’Algérie Biskra, des analyses au laboratoire de l’INRAA-URC ont affirmé la présence d’une diversité considérable de champignons et d’actinomycètes.

#### 1.1. Analyse chimique des échantillons de sol

L’analyse des sols révèle des pH alcalins dépassant la valeur 7. Les taux de matières organiques sont relativement faibles avec un intervalle entre 0 et 4,5%. Les valeurs pour l’ensemble des échantillons sont décrites au niveau de la figure 16.

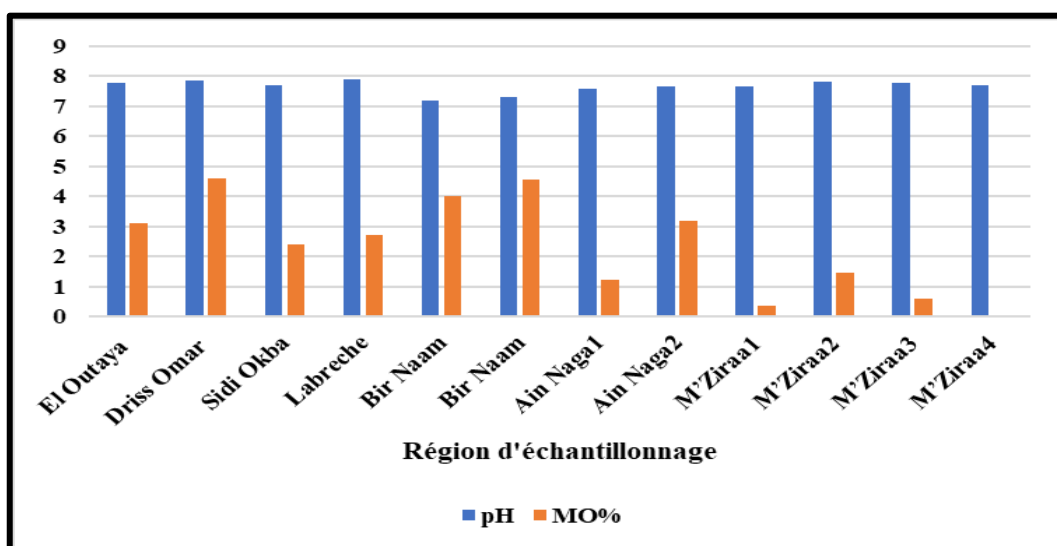


Figure 16. Valeurs du pH et taux de la matière organique des échantillons de sol.

#### 1.2. Nombre de colonies obtenu pour tous les échantillons

En tout 713 colonies de microorganismes (champignons et actinomycètes) sont dénombrées sur l’ensemble des échantillons de sol en utilisant la méthode des dilutions. La figure 17 représente un exemple de l’aspect des boîtesensemencées avant la purification des colonies.

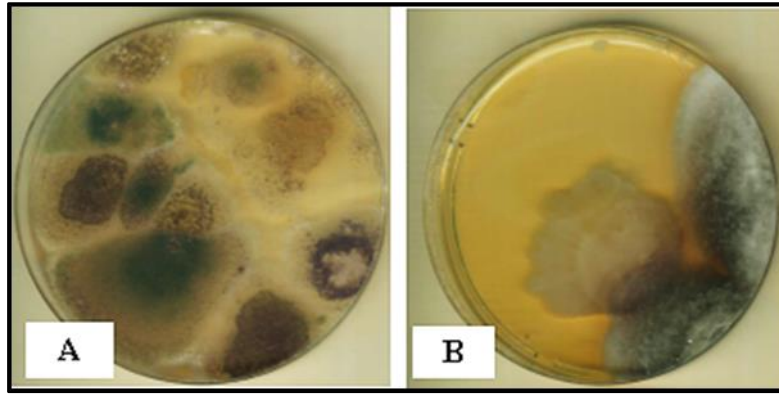


Figure 17. Exemple d’aspect des colonies obtenues dans les boîtesensemencées. (A) sur milieu PDA ; (B) Milieu ISP2.

### 1.3. Genres fongiques identifiés

Une grande biodiversité est observée après avoir effectué une identification macroscopique et microscopique obtenue par la méthode des dilutions ce qui a permis de répertorier 10 genres de champignons filamenteux et plusieurs formes de d’actinomycètes. Les genres identifiés sont : *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Verticillium*, *Alternaria*, *Mucor*, *Phialophora*, *Ulocladium*, *Fusarium*, *Trichoderma*.

Le genre le plus dominant est *Aspergillus*. Il est présent au niveau de tous les échantillons avec 303 colonies, suivi du genre *Penicillium* qui compte 133 colonies (Fig.16). Les *Actinomycètes* sont classé en 3<sup>ème</sup> position avec 107 colonies.

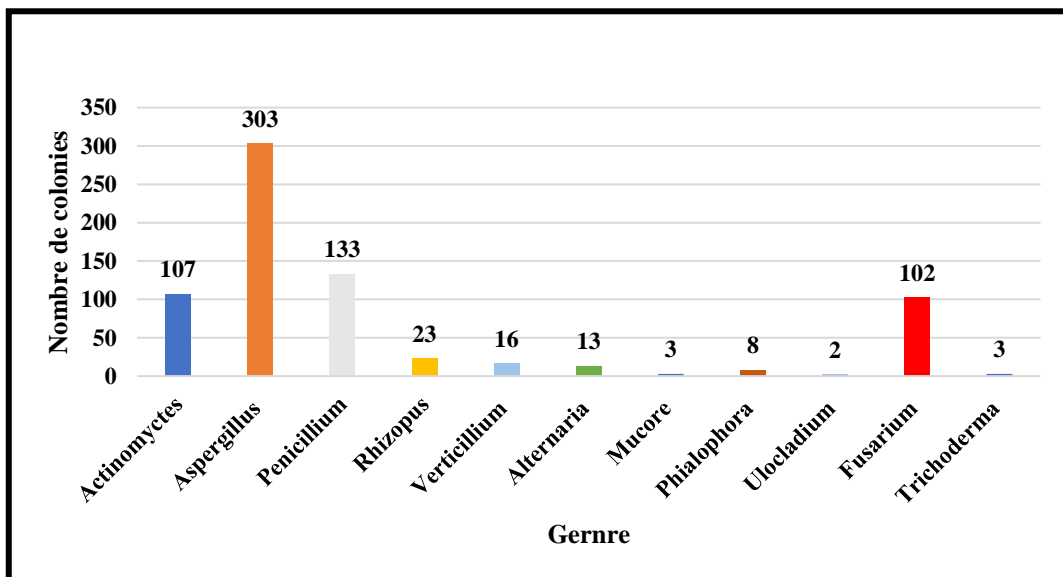


Figure 18. Nombre de colonies identifiées par genre.

#### 1.4. Nombre de colonies identifiées au niveau de chaque échantillon

Le nombre de colonies obtenu en fonction des différents échantillons étudiés est réparti comme suit (Fig.17) : E10 contient le plus grand nombre de colonies (206 colonies), suivi d'E07 (91 colonies). L'E05 a révélé le plus faible nombre de colonies (18 colonies).

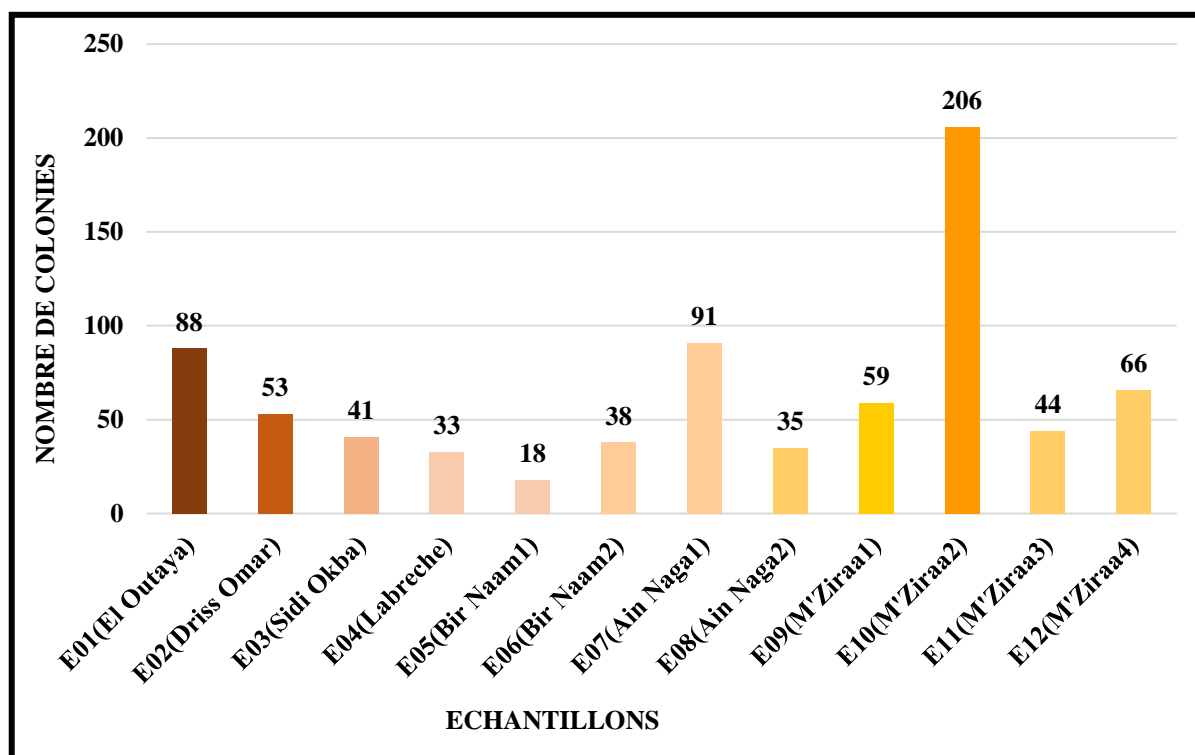


Figure 19. Nombre de colonies identifiées au niveau de chaque échantillon.

#### 1.5. Nombre de colonies par genre au niveau de chaque dilution

L'isolement de genres fongiques à partir des dilutions décimales a permis l'obtention d'un nombre élevé de genres fongique (9 genres) et des *Actinomycètes*, au niveau de la dilution  $10^{-1}$  (Fig.18) : *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Verticillium*, *Phialophora*, *Mucor*, *Ulocladium*, *Fusarium*, *Trichoderma*, suivi par la dilution  $10^{-2}$  avec 09 genres fongiques et un nombre important de colonies au niveau du genre *Aspergillus* (87 colonies). La plus petite proportion est notée chez la dilution  $10^{-3}$  comportant 5 genres fongiques et des *Actinomycètes*: *Penicillium*, *Verticillium*, *Rhizopus*, *Aspergillus*, *Alternaria* avec un nombre considérable de colonies en ce qui concerne le genre *Penicillium* (50 colonies).



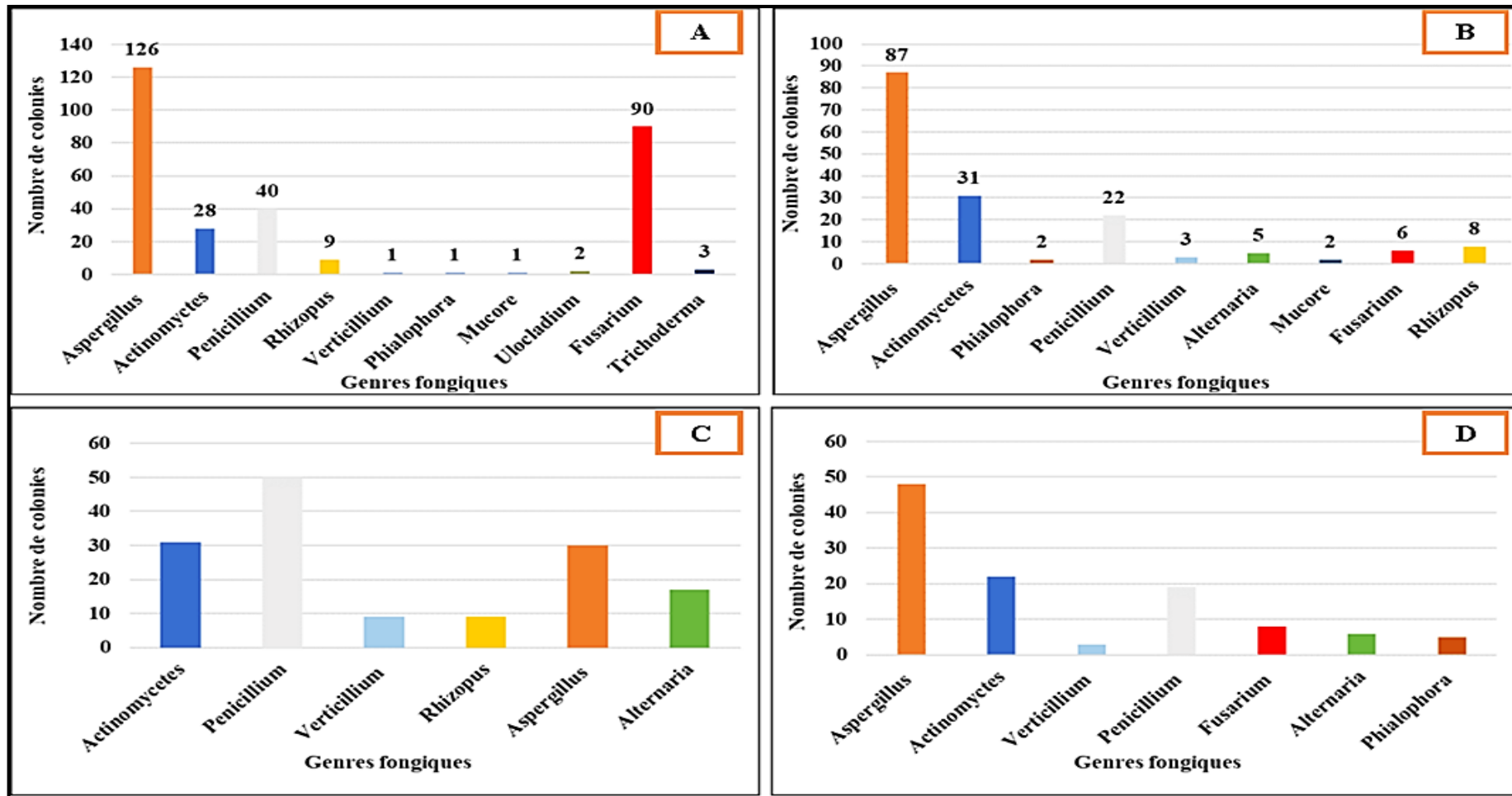


Figure 20. Nombre de colonies identifiés par genre en fonction des dilutions (A) Dilution 10<sup>-1</sup>, (B) Dilution 10<sup>-2</sup> ; (C) : Dilution 10<sup>-3</sup>; (D) Dilution 10<sup>-4</sup>

1.6. Nombre de colonies par genre au niveau de chaque répétition

En comparant les deux répétitions, un nombre de colonies assez élevé est constaté au niveau de la répétition 01 du genre *Aspergillus* (132 colonies), suivi par le *Fusarium* avec 89 colonies. Tandis que, la présence de *Phialophora*, *Mucor* et *Trichoderma* demeure faible (Fig.19). Un nombre de colonies important du genre *Aspergillus* et *Penicillium* est observé au niveau de la répétition 02 avec une faible présence des autres genres tels que *Mucor* et *Ulocladium*.

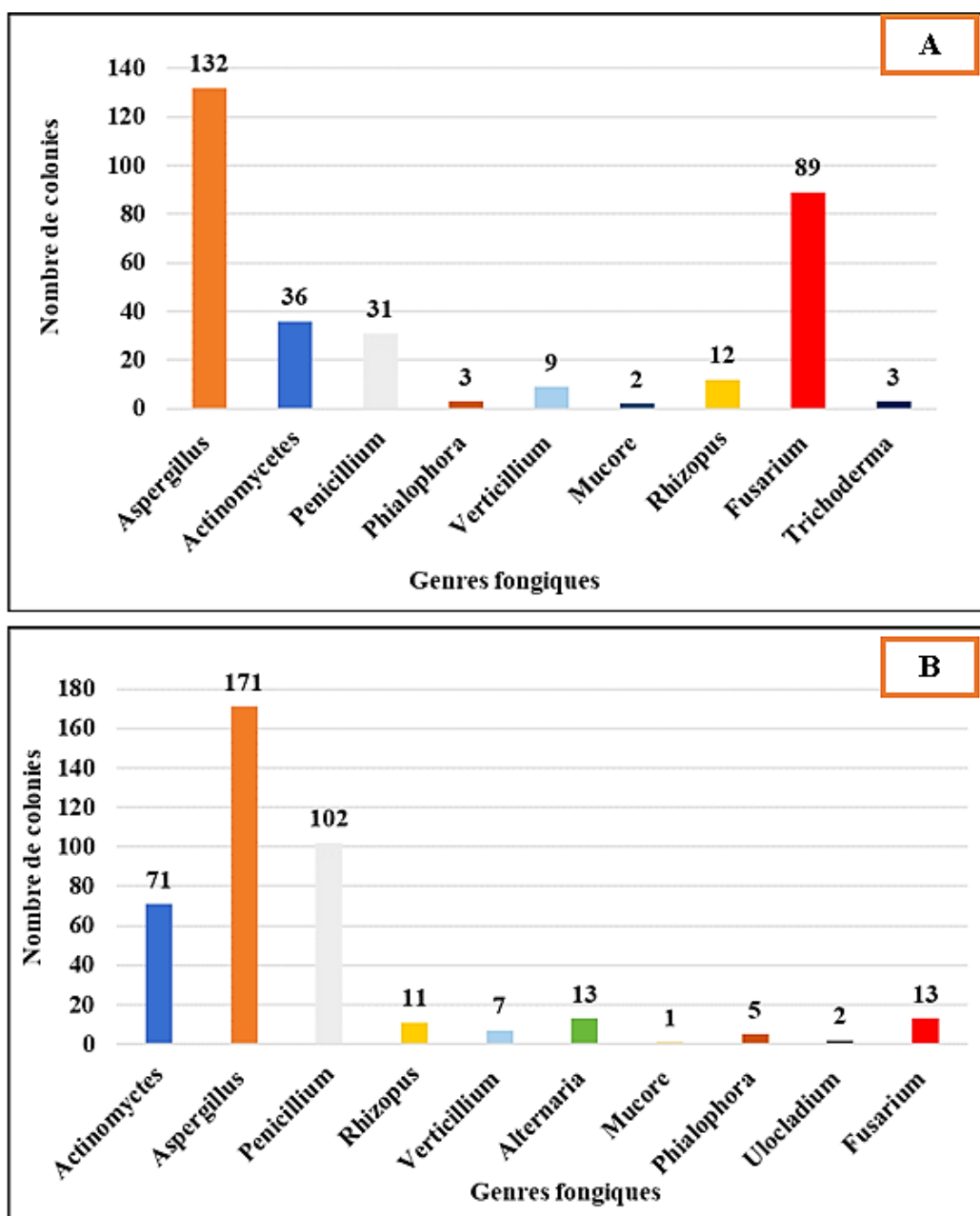
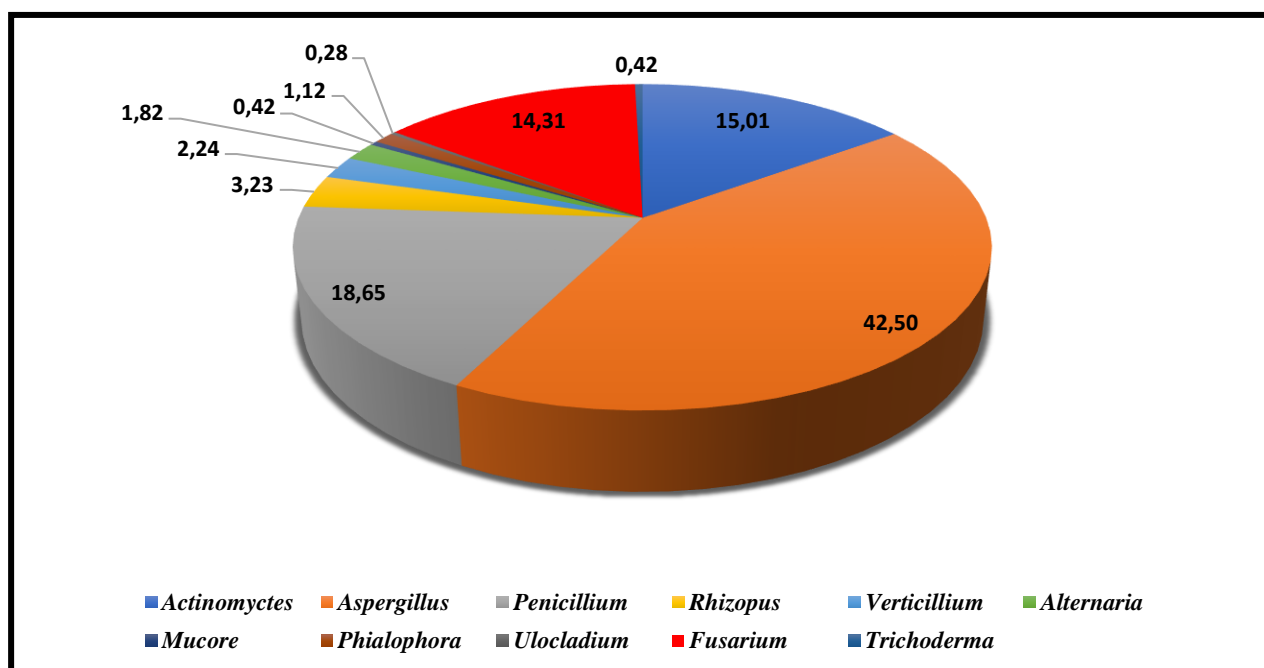


Figure 21. Nombre de colonies identifiées par genre en fonction des répétitions. (A) Répétition 01 ; (B) Répétition 02

### 1.7. Les pourcentages totaux des genres identifiés au niveau de tous les échantillons

Le diagramme réalisé présente les pourcentages totaux des genres fongiques identifiés au niveau des échantillons (**Fig. 21**), le graphique laisse apparaître un faible pourcentage des genres : *Rhizopus*, *Verticillium*, *Alternaria*, *Phialophora*, Une large proportion est accordée aux genres : *Aspergillus*, *Penicillium*, *Actinomycètes* et *Fusarium*. Cette observation révèle la domination du genre *Aspergillus* avec un pourcentage de 42,50 suivis par le *Penicillium* 18,65. *Ulocladium* représente le pourcentage le plus faible (0,28).



**Figure 22.** Représentation en segments des pourcentages totaux des genres identifiés au niveau de tous les échantillons étudiés.

### 1.8. Genres fongiques identifiés en fonction de tous les échantillons

L'analyse mycologique a révélé une différence de la diversité fongique entre les échantillons de sols étudiés (**Fig. 20**), E03 a indiqué le plus grand nombre de genres en comparaison avec les autres échantillons il comprend 6 genres fongiques et des *Actinomycètes*: *Mucor*, *Ulocladium*, *Rhizopus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus* avec une prédominance du genre *Penicillium* avec 16 colonies. L'E09 contient 5 genres de mycètes et des *Actinomycètes*: *Fusarium*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Penicillium*, *Phialophora* avec une dominance du genre *Aspergillus* (30colonies). Le reste des échantillons révèlent 2 à 5 genres. L'*Aspergillus* est le genre le plus présent parmi les autres genres fongiques particulièrement au niveau des échantillons 10 et 11 avec 105 colonies.

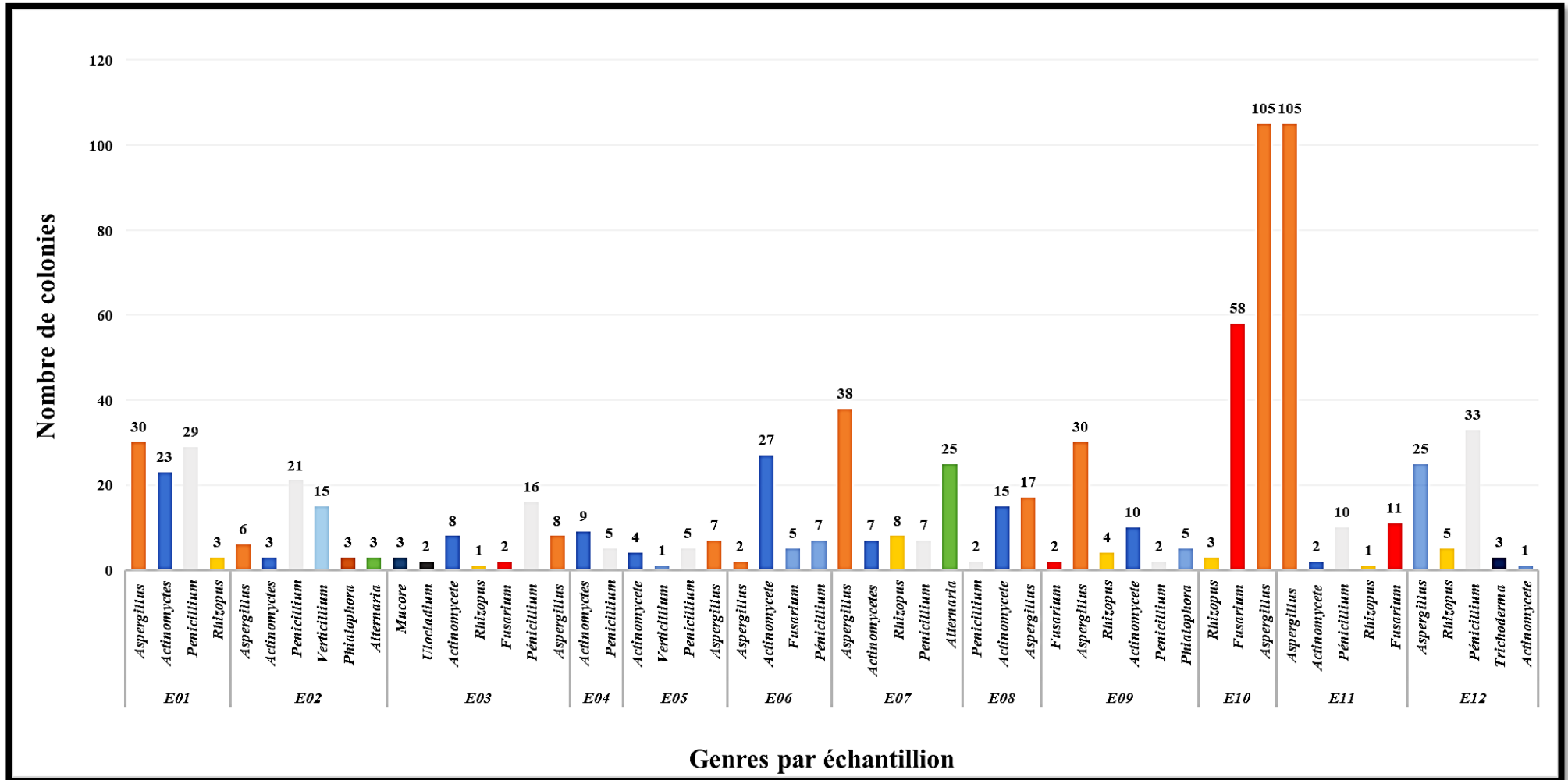


Figure 23. Nombre de colonies identifiées par genre en fonction des échantillons.

Tableau 6. Les caractéristiques morphologiques des genres étudiées.

Genre	Caractéristiques macroscopiques	Caractéristiques microscopiques
<i>Trichoderma</i>	Des colonies blanches, vertes, jaunes de coussins de filaments sporulant.	Les hyphes sont septes avec des conidiospores ramifiés Les conidies unicellulaires sont de couleur verte. <b>(Fig 26)</b>
<i>Fusarium</i>	Cotonneuse à laineuse ; blanchâtre puis rosées ; violettes ou jaune Revers incolore à jaune ; puis rouge foncé	La présence de macro conidies fusiformes et cloisonnés. Micro conidies uni ou pluricellulaires piriformes fusiformes, cylindriques, ou ovoïdes isolés solitaires ou groupées, disposées ou verticale, ou plus rarement en chainettes <b>(Fig25)</b>
<i>Mucor</i>	Surface cotonneuse, blanc beige à brun Révères incolore.	Mycélium large non septé Sporanges globuleux Sporocystes globuleux Spores ovoïdes, lisses ou rugueuses <b>(Fig26)</b>
<i>Rhizopus</i>	Colonie à croissance rapide et très grossière	Sporanges sombres contenant des spores de couleur pale à foncée <b>(Fig24)</b>
<i>Penicillium</i>	Colonies poudreuses et blanc puis bleu vert généralement vertes Revers incolore	Filament mycéliens septes, porte des conidiospores. Des spores unicellulaires, globuleuses, elliptiques, cylindriques ou fusiformes, grisâtres ou verdâtres <b>(Fig24)</b>
<i>Aspergillus</i>	Poudreuses à granuleuse blanc puis vert, jaune, noir Revers incolore, jaune, rouge.	Mycélium septé et ramifié conidiospores non cloisonnés Le conidiospore non cloisonné terminé par une vésicule gonflée, portant des phialides en forme de bouteille Les spores produites en longues chaînes au bout des phialides, sont toujours unicellulaires, globuleuses ou elliptiques <b>(Fig25)</b>
<i>Alternaria</i>	Noires et duveteuses, texture épaisse	Longs filaments mycéliens, conidies visibles divisés par des cloisons transversales ou longitudinales Chaînes de conidies produites à l'extrémité des conidiophores Conidiophores simples, lisses, parfois ramifiés, courts ou allongés <b>(Fig25)</b>
<i>Verticillium</i>	Thalle noir ou blanc	Conidiospores disposés en verticilles autour de l'axe principale de l'hyphe. Une phialide se trouve à l'extrémité de chacune de ces branches ; Les conidies sont formées une par une à l'extrémité des phialides <b>(Fig26)</b>
<i>Ulocladium</i>	Colonies à pousse rapide, veloutée à laineuse, noire à noire verdâtre à grise	Spores murales (dictyospores), Paroi rugueuse. Conidiophore brun et cordé <b>(Fig26)</b>
<i>Phialophora</i>	Colonies à pousse assez lente, laineuses, gris verdâtre à noirâtre ou noire parfois blanche	Filaments portants des phialides isolées ou disposées en bouquet Conidies de façon basipétales, unicellulaires Paroi lisse ronde ou ovale s'accumule agglomérés en tete au sommet des phialides <b>(Fig24)</b>
<i>Actinomycètes</i>	Bacilles grame+ de 0.4µm à 1.0µm droits, incurvés ou pléomorphes Apparaissent individuellement, en paires, en grappe ou en chainettes courtes	Filaments non acido-résistants et non mobiles Absence d'endospores et de conidies La majorité sont anaérobies facultatifs <b>(Fig24)</b>

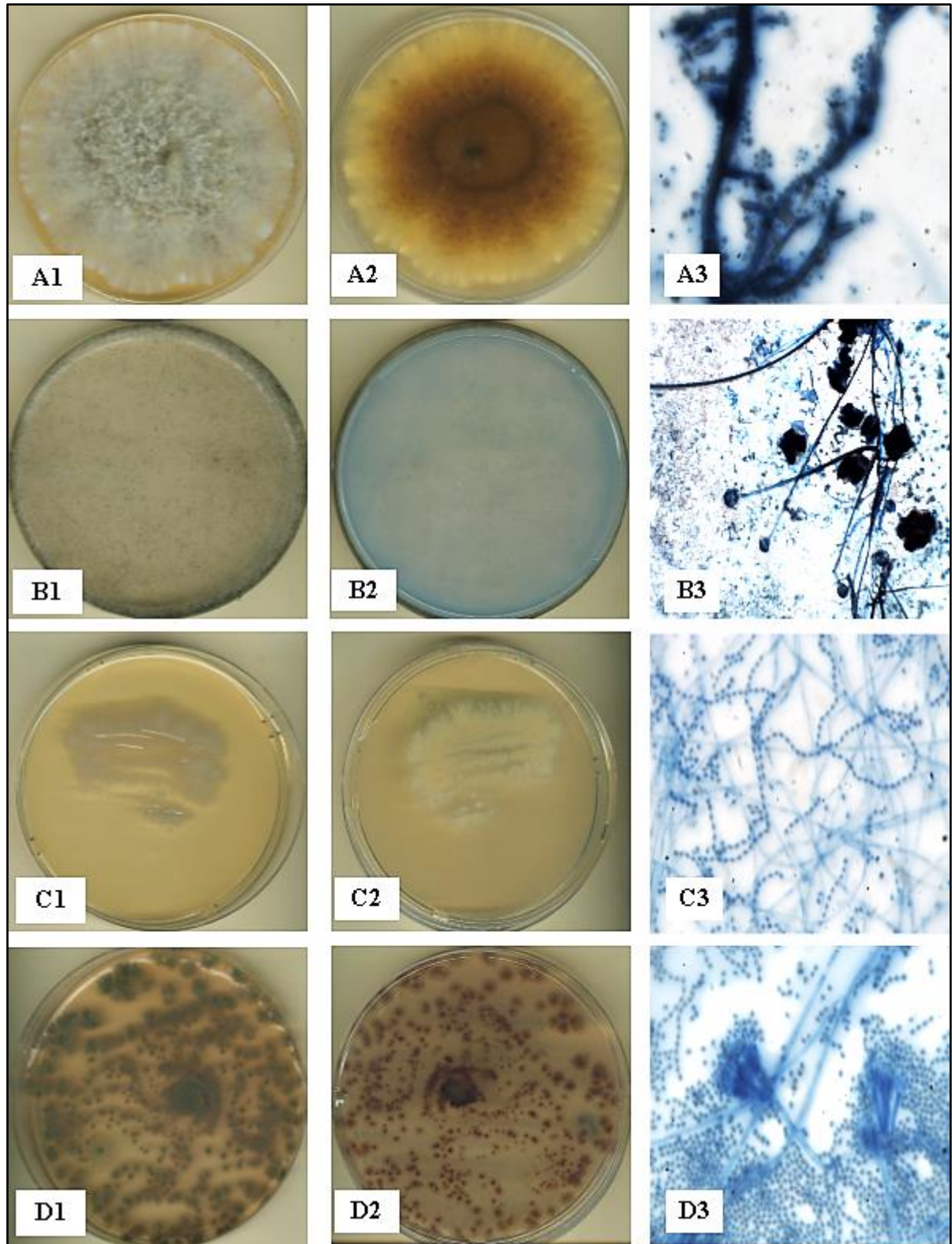


Figure 24. Aspect des genres. (A) *Phialophora* ; (B) *Rhizopus* ; (C) *Actinomycète* ; (D) *Pénicillium*. (1) recto de la boîte ; (2) revers ; (3) Observation microscopique.

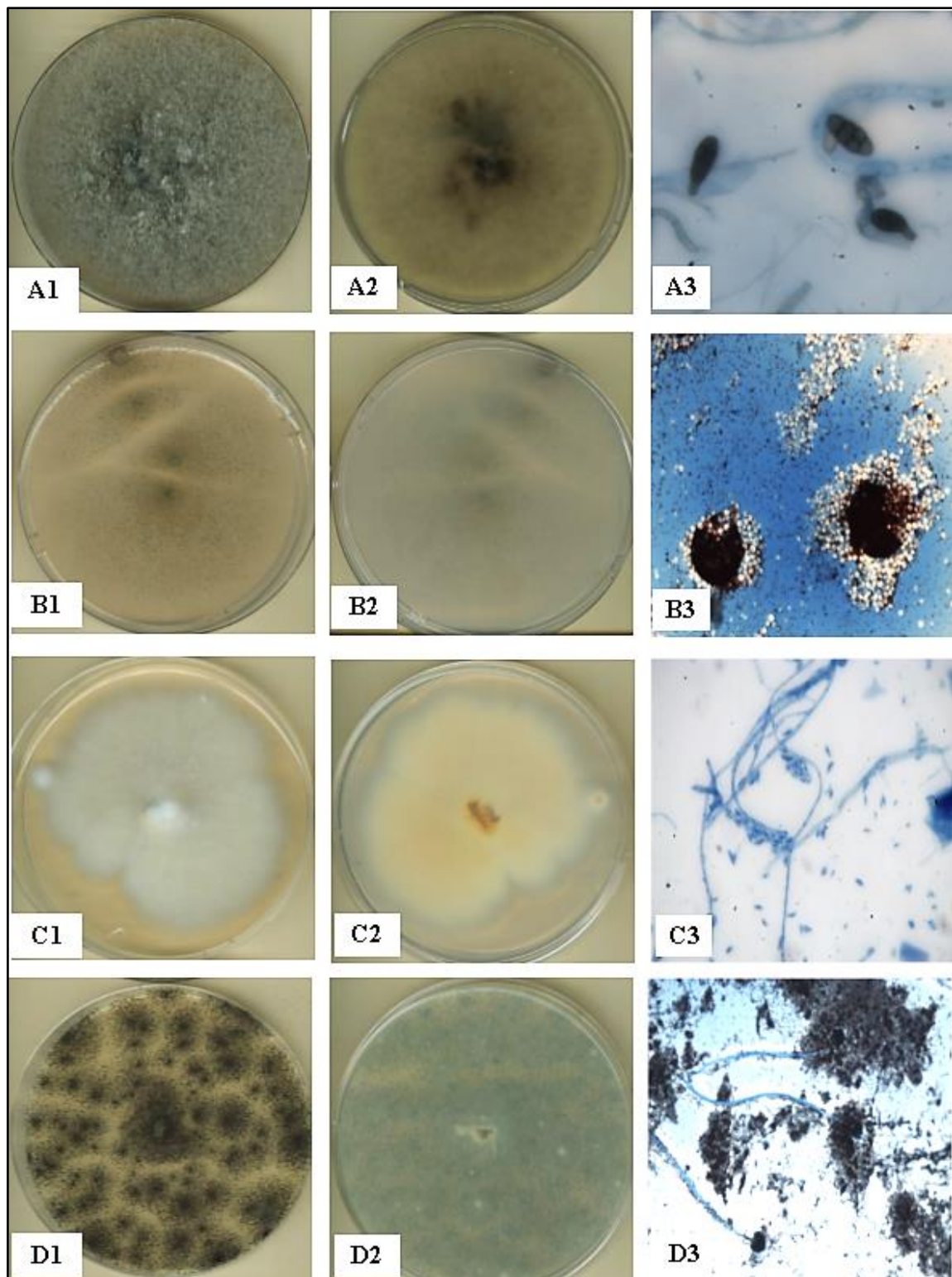


Figure 25. Aspect des genres. (A) *Altérnaria* ; (B) Ascarpe d'*Aspergillus* ; (C) *Fusarium* ; (D) *Aspergillus*. (1) recto de la boîte ; (2) revers ; (3) Observation microscopique.

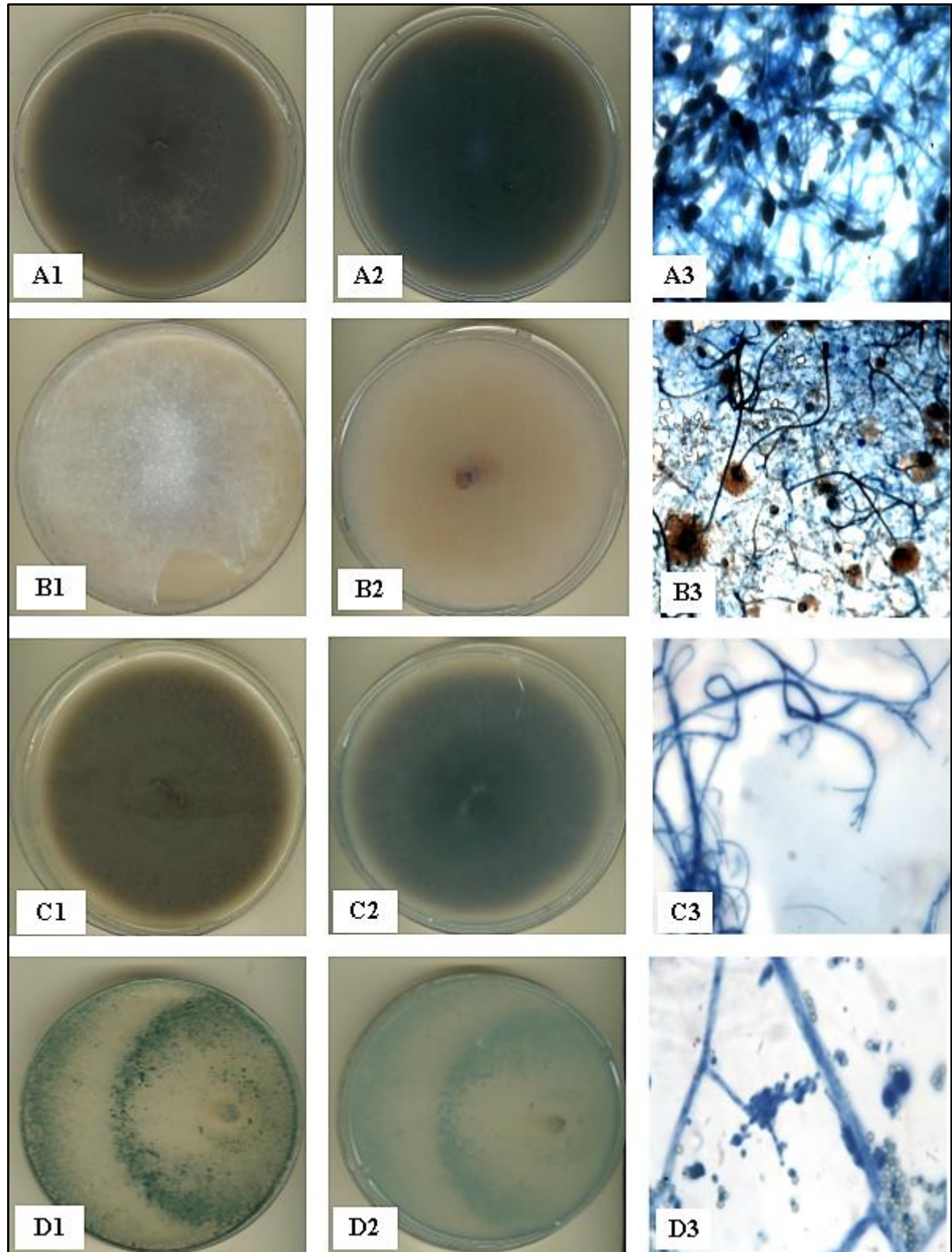


Figure 26. Aspect des genres. (A) *Ulocladium* ; (B) *Mucor* ; (C) *Verticillium* ; (D) *Trichoderma*. (1) recto de la boîte ; (2) revers ; (3) Observation microscopique.



## **2. Discussion**

Pour en savoir plus sur les différents champignons et actinomycètes présents dans les sols agricoles algérien, des échantillons ont été prélevés dans la wilaya du Nord-Est algérien Biskra à moins de 30cm de profondeur, dans laquelle se concentre l'essentiel de l'activité biologique (130), afin de réaliser une analyse mycologique et d'avoir une idée sur le potentiel de ces sols de la région aride en microorganismes (pathogènes, saprophytes ou antagonistes).

L'étude des propriétés macroscopiques et microscopiques des souches isolées a permis d'identifier 10 genres fongiques « *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Verticillium*, *Alternaria*, *Mucor*, *Phialophora*, *Ulocladium*, *Fusarium* et *Trichoderma* », et divers actinomycètes.

Le genre le plus dominant sur l'ensemble des échantillons étudiés est *Aspergillus* avec 42,50% suivi par le *Penicillium* 18,65%.

L'isolement des souches mycéliennes nécessite l'utilisation de la technique suspension-dilution pour obtenir le maximum de microorganismes isolables (131).

Les caractéristiques macroscopiques et microscopiques sont la base de l'identification de plusieurs sortes de genres fongiques en l'absence de techniques moléculaires (132).

Les populations microbiennes varient selon le lieu d'échantillonnage, les facteurs qui influencent cette diversité sont : les matières organiques du sol, la texture du sol, le pH, l'humidité, la température, l'aération et d'autres facteurs (133-134-135-136).

La plupart des champignons filamenteux se développent dans une zone de pH qui varie entre 4,5 et 8 (52). Le pH influe indirectement sur la croissance des moisissures en agissant sur la disponibilité des éléments nutritifs ou directement en affectant les membranes cellulaires (54).

Certains champignons tels que *Fusarium culmorum*, *Trichoderma harzianum* et *Aspergillus* sont capables de se développer sur une large gamme de pH avec une tendance à croître dans des milieux légèrement acides (58).

Les nutriments nécessaires à la croissance des moisissures sont les plus élémentaires, proviennent de matière organique. Les enzymes décomposent les substrats pour former ces nutriments qui sont ensuite absorbés à travers la paroi mycélienne. Les nutriments sont : des sucres simples ; amidons ; petits peptides ; substances carbonées complexes comme les acides aminés (50).

Il est important de connaître le comportement des agents antagonistes et leur façon d'interagir avec les agents pathogènes avant de passer à la stratégie de lutte biologique contre les champignons pathogènes à l'aide des produits biologiques.



**Conclusion**

## CONCLUSION

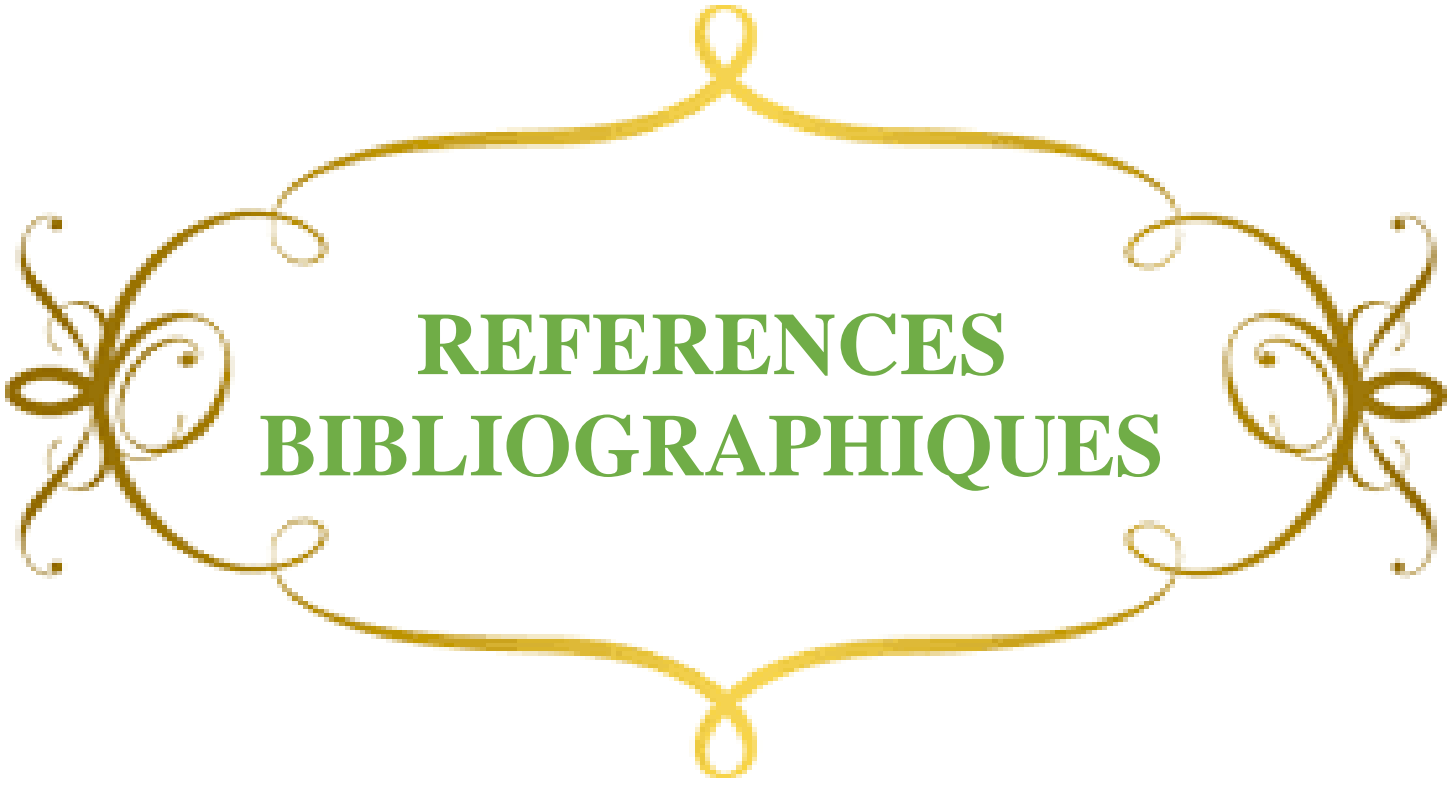
L'étude actuelle consiste à inventorier les champignons et les actinomycètes présents dans 12 sols agricoles du Nord-Est algérien Biskra. Le sol est considéré comme l'un des écosystèmes biologiques les plus diversifiés et ces champignons et actinomycètes font partie de cette diversité.

L'isolement a été effectué par la méthode suspension-dilution ce qui permet d'isoler une grande quantité de mycètes d'un point de vue qualitatif et quantitatif.

L'étude des propriétés macroscopiques et microscopiques des souches isolées a permis d'identifier 10 genres fongiques « *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Verticillium*, *Alernaria*, *Mucor*, *Phialophora*, *Ulocladium*, *Fusarium* et *Trichoderma* » et divers actinomycètes, dont les genres les plus dominants sont *Aspergillus* et *Penicillium*. Ces résultats ont indiqué une grande diversité d'espèces de champignons de sols y compris des souches antagonistes dans le sol des régions étudiées.

Nous pouvons conclure que la distribution du microbiote fongique dépend de nombreux facteurs : des facteurs environnementaux tels que les conditions climatiques plus la présence d'air et de la matière organique, mais aussi le couvert végétal.

Une étude plus approfondie et plus complète serait intéressante pour la région du Nord-Est algérien pour la détermination de la biodiversité des espèces fongiques et aussi l'identification des actinomycètes qui peuvent jouer un rôle important dans la lutte biologique à côté des espèces du genre *Trichoderma*, afin de limiter l'utilisation excessive des pesticides et réduire la pollution de l'environnement et surtout les eaux souterraines dans le but de préserver notre patrimoine et notre biodiversité pour les générations à venir. Il serait intéressant aussi d'utiliser les microorganismes obtenus dans des études sur les interactions plantes-champignons au niveau de la rhizosphère, ce qui permettra l'identification des souches d'intérêt pour les cultures.



**REFERENCES  
BIBLIOGRAPHIQUES**

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1-**Tessier D. Le sol, lieu d'échange et de transferts. Conséquences de leur utilisation par l'homme : un exemple français. rseau. 12 avr 2005 ;15 :9-26.
- 2-**CHANTIGNY M, ANGERS D. Activité microbiologique et qualité des sols : quoi de neuf sous nos pieds. In Centre de référence en agriculture f.t agroalimentaire du Québec; 2005.
- 3-**Dommergues Y (1922 2009) A du texte. La biologie des sols (2 éd. mise à jour) / Yvon Dommergues,... [Internet]. 1977 [cité 26 mai 2023]. Disponible sur: <https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k33545331>
- 4-**Reportage : Biskra, le potager de l'Algérie – Jeune Afrique [Internet]. JeuneAfrique.com. 2019 [cité 27 mai 2023]. Disponible sur: <https://www.jeuneafrique.com/mag/753054/economie/reportage-biskra-le-potager-de-lalgerie/>
- 5-**Girard MC, Schwartz C, Jabiol B. Etude des sols: description, cartographie, utilisation. Malakoff: Dunod; 2017. (Sciences sup).
- 6-**What Are Soils? | Learn Science at Scitable [Internet]. [cité 26 avr 2023]. Disponible sur: <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/what-are-soils-67647639/>
- 7-**Davet P, Rouxel F. Détection et isolement des champignons du sol. Paris: Institut national de la recherche agronomique; 1997. (Techniques et pratiques).
- 8-**Perry Jerome J 19-, Staley James T 19-, Lory Stephen 19-. Microbiologie: cours et questions de révision / Jerome J. Perry,... James T. Staley,... Stephen Lory,... ; traduit de l'américain par Marc Grandadam, Joseph-Pierre Guiraud, Françoise le Hégarat... [et al.]. Paris: Dunod; 2004. xix+891. (Sciences sup Sciences de la vie).
- 9-**Un sol fragile, qui se forme lentement et difficilement [Internet]. MAXICOURS. [cité 27 avr 2023]. Disponible sur: <https://www.maxicours.com/se/cours/un-sol-fragile-qui-se-forme-lentement-et-difficilement/>
- 10-**Gliński J. Soil Phases. In: Gliński J, Horabik J, Lipiec J, éditeurs. Encyclopedia of Agrophysics [Internet]. Dordrecht: Springer Netherlands; 2011 [cité 27 avr 2023]. p. 760-1. (Encyclopedia of Earth Sciences Series). Disponible sur: [https://doi.org/10.1007/978-90-481-3585-1\\_151](https://doi.org/10.1007/978-90-481-3585-1_151)
- 11-**Ayache N. Constituants du sol. 2021.
- 12-**Mustin M. Le Compost: gestion de la matière organique. Paris: F. Dubusc; 1987.
- 13-**Calvet R. Le sol : propriétés et fonctions. Tome 1: Constitution et structure, phénomènes aux interfaces. [Internet]. Editions France Agricole, Dunod; 2003 [cité 27 avr 2023]. Disponible sur: <https://hal.inrae.fr/hal-02834180>
- 14-**Munees Ahmad et Mulugeta kibret). Mechanismes and applications of plant growth promoting rhizobacteria :Current perspective , journal of king saud university science, january volume 26.2013.

- 15-**Les microorganismes dans les processus du sol | ontario.ca [Internet]. [cité 1 juin 2023]. Disponible sur: <http://www.ontario.ca/fr/page/les-microorganismes-dans-les-processus-du-sol>
- 16-**Arpin P, Kilbertus G, Ponge JF, Vannier G. Importance de la microflore et de la microfaune en milieu forestier. In Gauthier-Villars; 1980 [cité 1 juin 2023]. p. 87. Disponible sur: <https://hal.science/hal-00507109>
- 17-**Quels sont les facteurs clés d'une fertilisation efficace ? [Internet]. Yara Côte d'Ivoire. 2021 [cité 1 juin 2023]. Disponible sur: <https://www.yara.ci/fertilisation/fertilisation/aide-et-conseils/quels-sont-les-facteurs-cles-dune-fertilisation-efficace/>
- 18-**La fertilité des sols [Internet]. NutriNorm. [cité 1 juin 2023]. Disponible sur: <https://nutrinorm.nl/le-sol/sol-sain/la-fertilite-des-sols-2/?lang=fr>
- 19-**HINSINGER P. How do plant roots acquire mineral nutrients ? Chemical processes involved in the rhizosphere. *Advances in Agronomy*.1998. 64 : 225-65.
- 20-**Rhizosphère : définition illustrée et explications [Internet]. AquaPortail. [cité 1 juin 2023]. Disponible sur: <https://www.aquaportail.com/definition-4683-rhizosphere.html>
- 21-**Frédéric. La rhizosphère favorise la nutrition des plantes [Internet]. [cité 1 juin 2023]. Disponible sur: <https://fertilisation-edu.fr/nutrition-des-plantes/les-mecanismes-d-absorption-des-elements-nutritifs/le-systeme-racinaire/la-rhizosphere-favorise-la-nutrition-des-plantes.html>
- 22-**Bodet. Le programme FertiagriBio : Ses apports aux agricultures Editeur Armand Colin, Paris, P : 174-196. *By nitrogen fertilizer.Am. Enol. Viticult* ;2006. 51 : 329-339.
- 23-**Aubert G. Les sols arides : étude de leur formation, de leurs caractères , de leur utilisation et de leur conservation. 11/08/1970. 11 août .1970;24.
- 24-**Belhadj HA, Assami T, Halitim A, Mostefaoui T, Rouahana H. Apport de la Teledetection dans l'étude de la Relation entre Etats de Surface et Pedopaysages en Milieu Aride : Exemple de la Region d'el Outaya ( Biskra , Algerie ). *AJAE*. juin 2014;4(1):60-71.
- 25-**CHERIEF Kh, DEBBAH Ch. Caractérisation des sols des zones arides de l'algérie . [Internet]. [- M'SILA]; MOHAMED BOUDIAF - M'SILA; 2019.
- 26-**Plantes et botanique : Famille des Cucurbitaceae [Internet]. Plantes et botanique. Plantes et botanique; 2020 [cité 29 mars 2023]. Disponible sur: <https://www.plantes-botanique.org/>
- 27-**Une famille botanique généreuse et haute en couleurs | Cucurbitacées [Internet]. [cité 29 mars 2023]. Disponible sur: <https://www.semencemag.fr/cucurbitacees-famille-botanique-haute-en-couleurs.html>
- 28-**Zoom : Cucurbitacées [Internet]. Ooreka.fr. [cité 29 mars 2023]. Disponible sur: <https://jardinage.ooreka.fr/astuce/voir/554557/cucurbitacees>
- 29-**La grande famille des cucurbitacées [Internet]. Blog La Ferme de Sainte Marthe. 2016 [cité 29 mars 2023]. Disponible sur: <http://blog.fermedesaintemarthe.com/grande-famille-cucurbitacees/>

- 30-Séjalon-Delmas N.** Microcosmos : les champignons, peuple invisible de nos sols | Exploreur [Internet]. Exploreur université de Toulouse. 2022 [cité 1 avr 2023]. Disponible sur: <https://exploreur.univ-toulouse.fr/microcosmos-les-champignons-peuple-invisible-de-nos-sols-31-12FR.pdf> [Internet]. [cité 31 mars 2023]. Disponible sur: <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/Library/Themes/Biodiversity/CBP/12FR.pdf>
- 31-12FR.pdf** [Internet]. [cité 31 mars 2023]. Disponible sur: <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/Library/Themes/Biodiversity/CBP/12FR.pdf>
- 32-Définition | Champignon - Mycète - Fungi | Futura Planète** [Internet]. [cité 2 avr 2023]. Disponible sur: <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/classification-vivant-champignon-14469/>
- 33-ACHOUR OTMANE S.** Mise en évidence de champignons du sol sous Peganum harmala L. de la région de Laghouat ( Algérie) [Internet]. [Tizi Ouzou]: Mouloud Mammeri; 2020 [cité 2 avr 2023]. Disponible sur: <https://www.ummtto.dz/dspace/bitstream/handle/ummtto/13762/Achour%20Otmame%20Siham.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR2hS27OEZLsDL7o9uLQnh9m2ozqsH75EqsYhBJHWRhCoWNOSMjYyCfPWO0>
- 34-Les champignons [Évolution et caractéristiques]** [Internet]. [cité 2 avr 2023]. Disponible sur: [https://uel.unisciel.fr/biologie/module1/module1\\_ch01/co/observer\\_ch1\\_03.html](https://uel.unisciel.fr/biologie/module1/module1_ch01/co/observer_ch1_03.html)
- 35-Hyphe | Votre espace STL** [Internet]. [cité 2 avr 2023]. Disponible sur: <https://sites.crdp-aquitaine.fr/stl/lexique/hyphe/>
- 36-Memoire Online - Evaluation de l'activité antidermatophytique des extraits au méthanol et fractions d'acalyphamanniana (euphorbiacées) et tristemma hirtum (mélastomatacées) - Rosine Clémence Momo Dongmo** [Internet]. Memoire Online. [cité 3 avr 2023]. Disponible sur: [https://www.memoireonline.com/03/12/5526/m\\_Evaluation-de-l-activite-antidermatophytique-des-extraits-au-methanol-et-fractions-d-acalyphamanni5.html](https://www.memoireonline.com/03/12/5526/m_Evaluation-de-l-activite-antidermatophytique-des-extraits-au-methanol-et-fractions-d-acalyphamanni5.html)
- 37-GHORRI S.** Microorganismes eucaryotes [Internet]. Disponible sur: <https://fac.umc.edu.dz/snv/faculte/bapp/2019/microorganismes%20eucaryotes.pdf>.
- 38-MOULINIER C.** Parasitologie et mycologie médicales Éléments de morphologie et de biologie [Internet]. Vol. 16x25 cm. 2003 [cité 3 avr 2023]. 796 p. Disponible sur: <https://www.lavoisier.fr/livre/medecine/parasitologie-et-mycologie-medicales/moulinier/descriptif-9782743004880>
- 39-Zygomycète (Zygomycota): définition et explications** [Internet]. AquaPortail. [cité 3 avr 2023]. Disponible sur: <https://www.aquaportail.com/definition-7118-zygomycete.html>
- 40-Taylor TN, Taylor EL, Krings M.** Fossil fungi. Amsterdam Boston Paris [etc.]: Elsevier; 2015.
- 41-Levin SA.** Encyclopedia of Biodiversity. (2nd ed.) [Internet]. Elsevier Science; 2013 [cité 26 mai 2023]. Disponible sur: [http://repository.vnu.edu.vn/handle/VNU\\_123/78283](http://repository.vnu.edu.vn/handle/VNU_123/78283)
- 42-Choi J, Kim SH.** A genome Tree of Life for the Fungi kingdom. Proc Natl Acad Sci USA. 29 août 2017;114(35):9391-6.



- 43-**Larousse É. Ascomycètes – Média LAROUSSE [Internet]. [cité 3 avr 2023]. Disponible sur: <https://www.larousse.fr/encyclopedie/images/Ascomyc%C3%A8tes/1004500>
- 44-**Larousse É. basidiomycète - LAROUSSE [Internet]. [cité 3 avr 2023]. Disponible sur: <https://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/basidiomyc%C3%A8te/25870>
- 45-**Basidiomycètes : caractéristiques, parties et exemples [Internet]. projetecolo.com. [cité 3 avr 2023]. Disponible sur: <https://www.projetecolo.com/basidiomycetes-caracteristiques-parties-et-exemples-779.html>
- 46-**24.3E: Deuteromycota - The Imperfect Fungi [Internet]. Biology LibreTexts. 2018 [cité 26 mai 2023]. Disponible sur: [https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Introductory\\_and\\_General\\_Biology/Book%3A\\_General\\_Biology\\_\(Boundless\)/24%3A\\_Fungi/24.03%3A\\_Classifications\\_of\\_Fungi/24.3E%3A\\_Deuteromycota\\_-\\_The\\_Imperfect\\_Fungi](https://bio.libretexts.org/Bookshelves/Introductory_and_General_Biology/Book%3A_General_Biology_(Boundless)/24%3A_Fungi/24.03%3A_Classifications_of_Fungi/24.3E%3A_Deuteromycota_-_The_Imperfect_Fungi)
- 47-**Després J, éditeur. L'univers des champignons. Montréal: Presses de l'Université de Montréal; 2012. 373 p.
- 48-**Sicard M. Connaître, cueillir et cuisiner les champignons sauvages du Québec 3e édition. 2005. 368 p.
- 49-**Smith SE, Read DJ. Mycorrhizal symbiosis. 3rd ed. Amsterdam Boston: Academic Press; 2008
- 50-**Guild S, MacDonald M, conservation I canadien de. Prévention des moisissures et récupération des collections: lignes directrices visant les collections du patrimoine. Institut canadien de conservation; 2004. 37 p.
- 51-**Rivière J. Les applications industrielles de la microbiologie. Paris: Masson; 1975. 203 p.
- 52-**Scriban R. Biotechnologie. 4e éd. entièrement ref., actualisée et augm. Paris Londres New-York: Tech. et doc; 1993.
- 53-**Amel Dir, Daikh NEH. Contribution à l'étude des champignons telluriques et recherche des genres d'intérêt. [Constantine]: Frères Mentouri; 2021.
- 54-**Boiron P, Périlleux E. Organisation et biologie des champignons. Paris: Nathan; 1996. (128).
- 55-**Davet P, Rouxel F. Détection et isolement des champignons du sol. Paris: Institut national de la recherche agronomique; 1997. (Techniques et pratiques).
- 56-**Eynard M. Influence de quelques facteurs physiques sur la fructification des champignons supérieurs Basidiomycètes (Etude bibliographique). Publications de la Société Linnéenne de Lyon. 1975;44(9):330-6.
- 57-**Botton B, Larpent JP, éditeurs. Moisissures utiles et nuisibles: importance industrielle. 2e éd. rev. et complétée. Paris: Masson; 1990. 512 p. (Collection Biotechnologies).
- 58-**Urbanek H, Yirdaw G. Hydrolytic ability of acid protease of *Fusarium culmorum* and its possible role in phytopathogenesis. Acta Microbiol Pol. 1984;33(2):131-6.

- 59-**Bourgeois CM, Mescle JF, Zucca J. Microbiologie alimentaire . Tome 1, Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Vol. 1 vol. (XXVI-672 p.) : ill.; 25 cm. Paris ; Londres ; New York : Tec & doc-Lavoisier; 1996.
- 60-**Lecellier A. Détection, caractérisation et identification des moisissures par spectroscopie vibrationnelle infrarouge et Raman. In 2013 [cité 10 avr 2023]. Disponible sur: <https://www.semanticscholar.org/paper/D%C3%A9tection%2C-caract%C3%A9risation-et-identification-des-et-Lecellier/0fb38e96fdd5d083ab6b4a03258e6f37e14370e0>
- 61-**Champion R. Identifier les champignons transmis par les semences. 1ère édition. France; 1997. 400 p.
- 62-**Latgé JP. *Aspergillus fumigatus* and Aspergillosis. Clin Microbiol Rev. avr 1999;12(2):310-50.
- 63-**Vong O. Champignon du mois - Octobre 2020 [Internet]. Société Française de Microbiologie. 2020 [cité 12 avr 2023]. Disponible sur: <https://www.sfm-microbiologie.org/2020/10/12/champignon-du-mois-octobre-2020/>
- 64-**Fig. 1 -Représentation schématique d'une tête aspergillaire. Des... [Internet]. ResearchGate. [cité 13 avr 2023]. Disponible sur: [https://www.researchgate.net/figure/Representation-schematique-dune-tete-aspergillaire-Des-chaines-de-conidies-ou-spores\\_fig1\\_288097279](https://www.researchgate.net/figure/Representation-schematique-dune-tete-aspergillaire-Des-chaines-de-conidies-ou-spores_fig1_288097279)
- 65-**Ma LJ, Geiser DM, Proctor RH, Rooney AP, O'Donnell K, Trail F, et al. Fusarium Pathogenomics. Annual Review of Microbiology. 2013;67(1):399-416.
- 66-**Gélinas P. Répertoire des microorganismes pathogènes transmis par les aliments [Internet]. Saint-Hyacinthe, Québec: Edisem; 1995 [cité 13 avr 2023]. 211 p. Disponible sur: <http://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb374955908>
- 67-**Figure 1. The three different spores produced by *Fusarium oxysporum* .... [Internet]. ResearchGate. [cité 15 avr 2023]. Disponible sur: [https://www.researchgate.net/figure/The-three-different-spores-produced-by-Fusarium-oxysporum-a-microconidia-b\\_fig1\\_292243135](https://www.researchgate.net/figure/The-three-different-spores-produced-by-Fusarium-oxysporum-a-microconidia-b_fig1_292243135)
- 68-**Visagie CM, Houbraken J, Frisvad JC, Hong SB, Klaassen CHW, Perrone G, et al. Identification and nomenclature of the genus *Penicillium*. Stud Mycol. juin 2014;78:343-71.
- 69-**Mukhopadhyay R, Kumar D. Trichoderma: a beneficial antifungal agent and insights into its mechanism of biocontrol potential. Egyptian Journal of Biological Pest Control. 29 oct 2020;30(1):133.
- 70-**Samuels GJ. Trichoderma: systematics, the sexual state, and ecology. Phytopathology. févr 2006;96(2):195-206.
- 71-**Tan SH. Morphological characterization and sequence analysis of 5.8s-its region of trichoderma species. In 2013 [cité 15 avr 2023]. Disponible sur: <https://www.semanticscholar.org/paper/Morphological-characterization-and-sequence-of-of-Tan/0b2811df28b950aaea1282e9fe2d5d25aaa5aa21/figure/1>

- 72-**Hoffmann K, Pawłowska J, Walther G, Wrzosek M, de Hoog GS, Benny GL, et al. The family structure of the Mucorales: a synoptic revision based on comprehensive multigene-genealogies. *Persoonia*. juin 2013;30:57-76.
- 73-**Garcia-Hermoso D. Diagnostic microbiologique des mucormycoses. *Med Sci (Paris)*. 1 mars 2013;29:13-8.
- 74-**Redman RS, Dunigan DD, Rodriguez RJ. Fungal symbiosis from mutualism to parasitism: who controls the outcome, host or invader? *New Phytologist*. sept 2001;151(3):705-16.
- 75-**Jeanne É par. Les champignons bénéfiques pour vos plantes [Internet]. Blog GrowShop. 2022 [cité 18 avr 2023]. Disponible sur: <https://legrowshop.com/blog/les-champignons-benefiques-pour-vos-plantes/>
- 76-**Boutiba S, Khelifi T. Inventaire des champignons des sols rhizosphériques du pistachier de l'Atlas de dayate El Gouffa (Laghouat, Algérie). [Tizi Ouzou]: Mouloud Mammeri; 2021.
- 77-**Baldrian P, Valášková V. Degradation of cellulose by basidiomycetous fungi. *FEMS Microbiology Reviews*. 1 mai 2008;32(3):501-21.
- 78-**Deroy A. Évolution et adaptation des champignons saprophytes : les systèmes impliqués dans la dégradation du bois chez *Trametes versicolor*. 2015.
- 79-**Mandyam K, Jumpponen A. Seeking the elusive function of the root-colonising dark septate endophytic fungi. *Studies in Mycology*. 2005;53:173-89.
- 80-**Mathieu C. et Lozet J. Dictionnaire encyclopédique de science du sol : avec index anglais-français. Lavoisier ;2011.
- 81-**Bousseboua H.. Element de microbiologie générale.Edition d'Université Mentouri d'Oran ;2002.
- 82-**Baldacci, E.Tendances actuelles de la classification des actinomycètes. (éd. 4ème). *Ann Soc Belge Méd Trop* ;1962.
- 83-**Kitouni M. Isolement de bactéries actinomycétales productrices d'antibiotiques à partir d'écosystèmes extrêmes. Identification moléculaire des souches actives et caractérisation préliminaires des substances élaborées. Thèse de Doctorat. Université Mentouri de Constantine. Algérie ;2007.
- 84-**Kitouni, M.Isolation of Bacteria Producing Actinomycetes Antibiotics from Extreme Ecosystems. Molecular Identification of Active Strains and Preliminary Characterization of the Developed Substances. Applied Microbiology Thesis, Mentouri Constantine University, Algeria ;2007.170 p.
- 85-**Boucheffa, K. Criblage de souches d'actinomycètes productrices d'antifongiques non-polyéniques : Identification des souches productrices et Essai de caractérisation des antifongiques produits. Mémoire de Magister. En microbiologie appliquée aux substances antimicrobiennes. Université Abderrahmane Mira Bejaia ;2011.

- 86-**Meji A., Wezel G., Worsley S., & Hutchings M. Chemical ecology of antibiotic production by actinomycetes. *FEMS journals*.2017; 41(3): 392–416
- 87-**Mahajan G., & Balachandran L. Antibacterial agents from Actinomycetes. India,1 janvier2012.
- 88-**Djaballah C. Biodiversité des actinomycètes Halophiles et Halotolerants isolés de la sebkha de Ain M'lila. Mémoire de Magister. Université Mentouri Constatine.2010 ; P :5
- 89-**Barka E., Vatsa P., Sanchez L., Gaveau-Vaillant N., Jacquard C., Clément C., . . . Wezel V. G. Taxonomy, Physiology, and Natural Products of Actinobacteria. *American Society For Microbiology*.2016; 80(1): 1-43
- 90-**Perry J. J., Staley J. T. et Lory S. *Microbiologie*. Dunod. 204;912p.
- 91-**Barka E., Vatsa P., Sanchez L., Gaveau-Vaillant N., Jacquard C., Clément C., . . . Wezel V. G. Taxonomy, Physiology, and Natural Products of Actinobacteria. *American Society For Microbiology* .2016;80(1): 1-43.
- 92-**Braun E., Sénéchal A., Karsenty J., Valour F., Ferry T., Ader F., . . . Boussel L. Actinomycosis: etiology, clinical features, diagnosis, treatment, and management. *Dove Press journal*.2014;183–197.
- 93-**Chavan D., Mulaje S., & Mohalkar R. A review on actinomycetes and their biotechnological application. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research* .2013;4(5): 1730-1742.
- 94-**Omura S. Trends in the search for bioactive microbial metabolites. *J. ind. Microbiol*.1992;10, 135-156.
- 95-**Kim S.B., Seong C.N., Jeon S.J., Bae K.S., et Goodfellow M. Taxonomic study of neurotolerant acidophilic actinomycetes isolated from soil. Land description of *Streptomyces yeochonensis* sp.nov. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol*.2004;54, 211-214.
- 96-**Jakimowicz D. Chromosome segregation and cell division during the growth and differentiation of *Streptomyces*. *Postepy Hig.Med.Dosw*.2007 ; 61: 565-575.)
- 97-**Theilleux J. Les actinomycètes In : *Microbiologie industrielle : Les microorganismes d'intérêt industriel*, Lavoisier, Tech et Doc, V.1993 ; 612p, pp.
- 98-**Suzuki K., Nagai K., Shimizu Y. and Suzuki Y. Search for actinomycetes in screening for new bioactive compounds. *Actinomycetologica*.1994; 8, 122–127.
- 99-**Ensign J.C., Normand p., Burden J.P. and Yallop C.A. Physiology of some actinomycetes genera. *Rev. Microbiol*.1993;144, 657-660.
- 100-**Lacey J. Actinomycetes in soils, composts and fodders. *Soc. Appl. Bacteriol. Symp. Ser*.1973; 2, 231-51.
- 101-**Elwan S.H., Dab A. and Al-Gounaim Y. Ecology of the *Streptomyces* flora in the desert soil of Kuwait. *Syst. Appl. Microbiol*.1985 ;6, 99-104.

- 102-**Dommergues Y., et Mangenot F. *Ecologie microbienne du sol*. Masson et Cie (Eds.), Paris.,1970.
- 103-**Suzuki K., Nagai K., Shimizu Y. and Suzuki Y. Search for actinomycetes in screening for new bioactive compounds. *Actinomycetologica*.1994 ; 8, 122–127.
- 104-**Bawazir A., & Shantaram M. *Ecology And Distribution Of Actinomycetes In Nature*. *International Journal Of Current Research*.2018;10: 71664-71668.
- 105-**Moncheva. P; Tishkov. S; Dimitrova. N; Chipeva. V; Antonova-Nikolova. S; and Bogatzevska. N. Characteristics of soil actinomycetes from Antarctica. *J of Culture Collections*.2002; 3 (1), 3-1
- 106-**Sabaou N., Hacene H., Bennadji A., Bennadji H., Bounaga N. Distribution quantitative et qualitative des actinomycètes dans les horizons de sol de surface et profonds d’une palmeraie algérienne, *Can. J. Microbiol.* 1992 ;38 :1066–1073.
- 107-**Singh. S.L; Baruah. I; and Bora. T.C. Actinomycetes of lake Loktat Habitat: Isolation and screening for Antimicrobial Activities. *Biotechnol*.2006; 5 (2), 217- 221.
- 108-**Imada. C; Koseki. N; Kamata. M; Kobayashi. T; and Hamada-Sato. N. Isolation and characterization of antibacterial substances produced by marine actinomycetes in the presence of seawater. *Actinomycetologica*,2007; 21 (1), 27-31.
- 109-**Khattabi A, Hilali L, Dari K, Assobhei O, Gavini F. Isolement de microorganismes d’origine marine (Maroc) antagonistes de *Yersinia ruckeri* et *Yersinia pseudotuberculosis*. *Rev. Biol. Biotech*.2002;2:28–32.
- 110-**Lechevalier M.P. Ecological associations involving actinomycetes. In: *Actinomycetes*. Shaal and Pulverer (Eds.). *Zbl. Bakt. suppl*.1981 ; 11, 159-166.
- 111-**Badji B. Etude de la taxonomie et des antibiotiques antifongiques de trois souches d’actinomycètes d’origine saharienne appartenant aux genres *Actinomadura* et *Nonomurea*. Thèse de Doctorat. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.2006 ;p 226.
- 112-**Coombs J.T., and Franco. Isolation and identification of actinobactéria from surface sterilised weat roots. *Ame. Soc. Microbiol*.2003; 69 (9), 5603-5608.
- 113-**Sarkonen N., Könönen O., Summanen P., Kanervo A., Takala A., et JousimiesSommer H. Oral Colonization with Actinomyces Species in Infants by Two Years of Age. *J Dent Res*.2000;79: 864-867
- 114-**Zhang J., Liu Z. et Goodfellow M. *Nocardia caishijiensis* sp. nov., a novel soil Actinomycete. *Inter J of Syst and Evol Microbiol*.2003;53 : 999–1004.
- 115-**Vijayakumar R., Muthukumar C., Thajuddin N., Panneerselvam A., and Saravanamuthu R. Studies on the diversity of actinomycetes in the Palk Strait region of Bay of Bengal, India.,2007.
- 116-**Goodfellow M. and Williams S. T. Ecology of actinomycetes. *Ann. Rev. Microbiol*.1983;37:189-216. Lechevalier,1981.

- 117**-Goodfellow M., Williams S.T. and Mordarski M. Introduction to and importance of the actinomycetes. In: « The biology of the actinomycetes », Goodfellow M., Williams S. and Mordarski M. (Eds.). London: Academic Press,1984; pp. 1-6.
- 118**-Holzapfel W., Brost I., Faerber P., Geisen R., Bresch H., Jany K-D., Mengu M., Jakobsen M., Steyn P. S., Teniola D., Addo P. Bacterial degradation of aflatoxin B1, ochratoxin A and/or zearalenone . PCT Int. Appl.2002;p. 19.
- 119**-Valois D., Fayad K., Barasubiye T., Garon M., De'Ry C., Brezezinski R., et Beaulieu C. Glucanolytic actinomycetes antagonistic to *Phytophthora fragariae* var. *rubi*, the causal agent raspbrry root rot. Applied and Environment Microbiol.1996; 62. 5 : 1630-1635..
- 120**-Becking J.H. Family III. Frankiaceae. In: Bergey Manual of Determinative Bacteriology. 8th Eds. Buchanan R.E. and Gibbons N.E. (Eds.). Williams and Wilkins Co. Baltimore.1974; pp. 701-706.
- 121**-Goodfellow M. and Williams S.T.Ecology of actinomycetes. Ann. Rev. Microbiol.1983; 37, 189-216.
- 122**-Abbas I.H. A biological and biochemical studies of Actinomycetes isolated from Kuwait saline soil-Kuwait. J. Appl. Sci. Res.2006;2.10:809-815.
- 123**-Li S., Chena C., Zhang H., Guo H., Wang H., Wang L., Zhang X., Huac S., Yu J., Xiao P.,Li R., Tan X. Identification of natural compounds with antiviral activities against SARS-associated coronavirus. Antiv. Res.2005;67, 18–23.
- 124**-Rawasheh R., Saadoun I., et Mahasneh A. Effect of culturel conditions on xylanase production by *Streptomyces* sp. (strain Ib 24D) an dits potential to utilize tomato pomace. Afri. J. of Biotechnol.2005;4: 251-255.
- 125**-Oskay M., Tamer A. and Azeri C. Antibacterial activity of some actinomycetes isolated from farming soils of Turkey. Afr J Biotechnol.2004;3(9), 441–446.
- 126**-Thakur D., Yadav A., Gogoi B.K., et Bora T.S. Isolation and screening *Streptomyces* in soil from areas from the states of Assam and Tripura, India, for antimicrobial metabolites. J. Microbiol. Médi.2007;17 : 242-249.
- 127**-Sanglier J.J., Haag H., Huck T.A., Fehr T. Novel bioactive compounds from Actinomycetes: a short review (1988-1992). Res. Microbiol.1993 ;144 (8), 633-642.
- 128**-Rapilly F. Les techniques de mycologie en pathologie vegetale [Internet]. Institut national de la recherche agronomique; 1968 [cité 6 mai 2023].
- 129**-Lecellier A. Caractérisation et identification des champignons filamenteux par spectroscopie vibrationnelle. [France]: Université de Reims Champagne-Ardenne; 2013.
- 130**-Ekelund F, Rønn R, Christensen S. Distribution with depth of protozoa, bacteria and fungi in soil profiles from three Danish forest sites. Soil Biol Biochem. 1 avr 2001;33(4):475-81.
- 131**-Chesters CGC, Thornton RH. A comparison of techniques for isolating soil fungi. Trans Br Mycol Soc. 1 sept 1956;39(3):301-13.

**132-**Peterson SW. Multilocus sequence analysis of *Penicillium* and *Eupenicillium* species. *Rev Iberoam Micol.* sept 2006;23(3):134-8.

**133-**Ruark GA, Zarnoch SJ. Soil Carbon, Nitrogen, and Fine Root Biomass Sampling in a Pine Stand. *Soil Sci Soc Am J* [Internet]. 1992 [cité 3 juin 2023]; Disponible sur: <https://dx.doi.org/10.2136/sssaj1992.03615995005600060049x>

**134-**Madigan M, Martinko J. *Brock Biology of Micro-Organisms*. Prenticehall Inc. 1 janv 1997.

**135-**Subler S, Kirsch AS. Spring dynamics of soil carbon, nitrogen, and microbial activity in earthworm middens in a no-till cornfield. *Biol Fertil Soils*. 1998;26(3):243-9.

**136-**Sanders IR. *Mycorrhizal Symbiosis*. By S. E. SMITH and D. J. READ. 25×17 cm. Pp. ix+605 with 172 text-figures and black+white photographs and 4 colour plates. London: Academic Press, 1997. Price h/b: £65.00, ISBN 0 12 652840 3. *New Phytol.* nov 1997;137(3):563-8.

## RESUME :

Les recherches actuelles consistent à inventorier les genres fongiques présents dans les sols agricoles du Nord-Est algérien. L'échantillonnage est effectué sur les sols agricoles prélevés de la wilaya de Biskra. L'isolement a été réalisé en utilisant la méthode suspension-dilution sur les milieux de cultures PDA et ISP2. Les résultats obtenus après la caractérisation macroscopique et microscopique indiquent la présence de 10 genres fongiques et des *Actinomycètes* : *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Verticillium*, *Alernaria*, *Mucor*, *Phialophora*, *Ulocladium*, *Fusarium*, *Trichoderma*. Dont les genres les plus fréquents sont : *Aspergillus* avec 42,50% et *Penicillium* 18,65%.

**Les mots clés** : Sol agricole ; Genres fongiques ; Biodiversité ; Lutte biologique.

## المخلص

يتمثل هذا البحث في جرد الأجناس الفطرية الموجودة في التربة الزراعية في شمال شرق الجزائر، ويجري أخذ العينات على التربة الزراعية التي يتم جمعها من ولاية بكرة. تم إجراء العزل بطريقة التعليق-التخفيف في الوسط المغذي. حيث كشفت النتائج التي تم الحصول عليها بعد الدراسة العينية والمجهريّة عن وجود إحدى عشرة (10) جنس فطري *Actinomycètes*

*Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Verticillium*, *Alernaria*, *Mucor*, *Phialophora*, *Ulocladium*, *Fusarium*, *Trichoderma* الاكثر تواجدا هي: *Aspergillus* 42,50% et *Penicillium* 18,65%

**الكلمات المفتاحية**: فطريات التربة، التنوع البيولوجي، المقاومة البيولوجية، تربة فلاحية.

## ABSTARCT :

Current research consists in inventorying the fungal genera present in the agricultural soils of Northeast Algeria. Sampling is carried out on agricultural soils collected from the wilaya of Biskra.

Isolation was performed using the suspension-dilution method on PDA and ISP2 culture media. Results obtained after macroscopic and microscopic characterization indicate the presence of 10 fungal genera and *Actinomycetes* : *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Verticillium*, *Alernaria*, *Mucor*, *Phialophora*, *Ulocladium*, *Fusarium*, *Trichoderma*. The most common genera are *Aspergillus* with 42.50% and *Penicillium* 18.65%.

**Keywords** : Agricultural soil; Fungal genera; Biodiversity; Biological control.



## Inventaire de la microflore rhizosphérique des cucurbitacées dans la région de Biskra.

Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en science biologique Domaine :  
Sciences de la Nature et de la Vie  
Filière : Sciences Biologiques  
Spécialité : *Biodiversité et physiologie végétale*

### Résumé :

Les recherches actuelles consistent à inventorier les genres fongiques présents dans les sols agricoles du Nord-Est algérien. L'échantillonnage est effectué sur les sols agricoles prélevés de la wilaya de Biskra.

L'isolement a été réalisé en utilisant la méthode suspension-dilution sur les milieux de cultures PDA et ISP2. Les résultats obtenus après la caractérisation macroscopique et microscopique indiquent la présence de 10 genres fongiques « *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Verticillium*, *Alternaria*, *Mucor*, *Phialophora*, *Ulocladium*, *Fusarium* et *Trichoderma* » et plusieurs Actinomycètes.

Dont les genres les plus fréquents sont : *Aspergillus* avec 42,50% et *Penicillium* 18,65%.

**Mots clé :** Rhizosphère ; Microorganismes ; Biodiversité ; Région aride ; Cucurbitacées ; Biskra.

**Laboratoire de recherche :** Laboratoire microbiologie / INRAA-Constantine

### Jury d'évaluation :

**Président du jury :** Dr. ABDELAZIZ Widad (MCB UFM Constantine)  
**Rapporteur :** Dr. HARRAT Wahiba (MCB – INRAA Constantine)  
**Examineur :** Dr. ZERMANE Férial (MCA - UFM Constantine)

**Date de soutenance :** --/06/2023